

# TA - Shofarina Ika JS - 3336200007 (1).pdf

*by cek turnitin*

---

**Submission date:** 31-Jul-2024 04:53AM (UTC-0500)

**Submission ID:** 2409398093

**File name:** TA\_-\_Shofarina\_Ika\_JS\_-\_3336200007\_1\_.pdf (26.55M)

**Word count:** 38425

**Character count:** 169310

20  
ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI BERDASARKAN DATA SPT DAN  
4  
ALTERNATIF PERBAIKANNYA DENGAN METODE STONE COLUMN  
(Studi Kasus : Proyek Pembangunan Bethsaida Hospital Serang)

SKRIPSI

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T)



Disusun oleh :  
SHOFARINA IKA JUNIAR SUSANTI  
3336200007

76  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
TAHUN 2024

**SKRIPSI**

**ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI BERDASARKAN DATA SPT DAN  
ALTERNATIF PERBAIKANNYA DENGAN METODE STONE COLUMN**

**(Studi Kasus : Proyek Pembangunan Bethsaida Hospital Serang)**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

**SHOFARINA IKA JUNIAR SUSANTI/ 3336200007**

57

Telah Dipertahankan di depan Dewan Penguji

Pada Tanggal: 09 Juli 2024

Dewan Penguji

Pembimbing I

Pembimbing II

Rama Indera Kusuma, S.T., M.T  
NIP. 198108222006041001

Woelandari Fathonah, S.T., M.T  
NIP. 199012292019032021

Penguji I

Penguji II

Enden Mina, S.T., M.T  
NIP. 197305062006042001

Ngakan Putu Purnaditya, S.T., M.T  
NIP. 198909142019031008

32

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal: .....

Ketua Jurusan Teknik Sipil

4

Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T.  
NIP: 198212062010122001

## PRAKATA

Puji syukur dipanjatkan kepada Allah SWT karena berkat rahmatnya Skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh derajat kesarjanaan Strata-1 pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten.

Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu saya mengucapkan terimakasih kepada :

- a. Ibu Dr.Rindu Twidi Bethary, ST.,MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- b. Ibu Woelandari Fathonah, ST.,M.T selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- c. Bapak Rama Indera Kusuma, ST.,MT dan Ibu Woelandari Fathonah, ST.,MT selaku dosen pembimbing I dan II.
- d. Ibu Enden Mina,ST.,MT dan Bapak Ngakan Putu Purnaditya, ST.,MT selaku dosen penguji I dan II.
- e. Ibu Siti Asyiah, S.Pd., M.T. selaku koordinator skripsi.
- f. Bapak, Ibu dan adik-adiku yang selalu memberikan motivasi baik berupa moril dan material untuk mengerjakan skripsi ini.
- g. Keluarga Koning, yang telah memberikan semangat dan dukungan kepada penulis.
- h. Keluarga Rofien, para senior dan juga adik-adik yang telah memberikan semangat dan masukan kepada penulis.

Akhir kata semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa pada umumnya dan penulis pada khususnya.

Cilegon, Juni 2024

Penulis

## INTISARI

8  
Likui-faksi merupakan fenomena menurunnya kekuatan dan kekakuan tanah akibat gempa bumi atau pergerakan tanah lainnya yang dapat menyebabkan kerusakan serius pada infrastruktur selama gempa bumi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi likui-faksi di suatu daerah dengan menggunakan data *Standard Penetration Test* (SPT) dan mengevaluasi efektivitas metode *stone column* sebagai alternatif mitigasi. Data SPT yang diperoleh dari lokasi penelitian dianalisis untuk menentukan nilai faktor keamanan terhadap likui-faksi menggunakan metode Seed dan Idriss. Hasil analisis menunjukkan bahwa beberapa lapisan tanah di lokasi penelitian memiliki potensi likui-faksi karena terdapat pasir jenuh air pada kedalaman 7,5 – 40 m. Sebagai langkah perbaikan, metode *stone column* diusulkan dan dievaluasi berdasarkan kemampuannya meningkatkan kapasitas daya dukung tanah dan mengurangi potensi likui-faksi dengan pemasangan konfigurasi *stone column* pola segitiga sama sisi dan diameter 1 m serta spasi antar kolom 1,6 m. Hasil perhitungan menunjukkan peningkatan signifikan dalam kapasitas daya dukung tanah setelah pemasangan *stone column* dengan nilai faktor keamanan semula 0,549 – 0,897 menjadi 1,703 – 3,057 hal ini memungkinkan struktur bangunan di atas tanah yang dipadatkan memiliki fondasi yang lebih kuat dan stabil. Studi ini menyimpulkan bahwa metode *stone column* merupakan salah satu metode perbaikan tanah yang cukup baik untuk tanah yang berpotensi likui-faksi khususnya pada tanah pasir lepas. Dalam analisisnya, *stone column* dapat meningkatkan nilai FS atau daya dukung tanah beserta dapat mereduksi *settlement* yang terjadi.

Kata Kunci : Likui-faksi, *Stone Column*, *Safety Factor*, *Settlement*.

Liquefaction is a phenomenon of decreasing soil strength and stiffness due to earthquakes or other ground movements that can cause serious damage to infrastructure during earthquakes. This study aims to analyze the liquefaction potential in an area using Standard Penetration Test (SPT) data and evaluate the effectiveness of the stone column method as a mitigation alternative. The SPT data obtained from the research site was analyzed to determine the value of the safety factor against liquefaction using the Seed and Idriss method. The results of the analysis show that some soil layers at the study site have liquefaction potential due to the presence of water-saturated sand at a depth of 7.5 - 40 m. As a remedial measure, the stone column method is proposed. As a remedial measure, the stone column method was proposed and evaluated based on its ability to increase the soil bearing capacity and reduce liquefaction potential by installing an equilateral triangle stone column configuration with a diameter of 1 m and a spacing of 1.6 m between columns. The calculation results show a significant increase in the bearing capacity of the soil after the installation of stone columns with the original factor of safety values of 0.549 - 0.897 to 1.703 - 3.057 this allows the building structure on the improved soil to have a stronger and more stable foundation. This study concludes that the stone column method is one of the best soil improvement methods for liquefaction potential soils, especially in loose sand soils. In the analysis, stone column can increase the FS value or bearing capacity of the soil and can reduce the settlement that occurs.

**Keywords:** Liquefaction, Stone Column, Safety Factor, Settlement.

## DAFTAR ISI

|                                                   | Halaman |
|---------------------------------------------------|---------|
| HALAMAN JUDUL .....                               | i       |
| LEMBAR PENGESAHAN .....                           | ii      |
| PRAKATA .....                                     | iii     |
| INTISARI .....                                    | iv      |
| ABSTRACT .....                                    | v       |
| DAFTAR ISI .....                                  | vi      |
| DAFTAR TABEL .....                                | viii    |
| DAFTAR GAMBAR .....                               | ix      |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>                          |         |
| 1.1 Latar Belakang .....                          | 1       |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                         | 2       |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                       | 2       |
| 1.4 Batasan Masalah .....                         | 2       |
| 1.5 Manfaat Penelitian .....                      | 3       |
| 1.6 Keaslian Penelitian .....                     | 3       |
| <b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>                     |         |
| 2.1 Hasil Penelitian Terdahulu yang Relevan ..... | 4       |
| 2.2 Keterkaitan Penelitian .....                  | 7       |
| <b>BAB 3 LANDASAN TEORI</b>                       |         |
| 3.1 Tanah .....                                   | 8       |
| 3.2 Gempa Bumi .....                              | 10      |
| 3.3 Likuifaksi .....                              | 15      |
| 3.4 Stone Column .....                            | 26      |
| <b>BAB 4 METODOLOGI PENELITIAN</b>                |         |
| 4.1 Tahapan Penelitian .....                      | 29      |
| 4.2 Lokasi Penelitian .....                       | 30      |
| 4.3 Analisis Likuifaksi .....                     | 30      |
| 4.4 Perhitungan Stone Column .....                | 35      |
| 4.5 Jadwal Penelitian .....                       | 37      |

**BAB 5 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| 5.1 Umum .....                                              | 38 |
| 5.2 Pengumpulan Data Parameter Tanah .....                  | 38 |
| 5.3 Motion Gempa Sintetik .....                             | 43 |
| 5.4 Nilai Percepatan Gempa Maksimum di Permukaan .....      | 46 |
| 5.5 Analisis Potensi Likuifaksi .....                       | 49 |
| 5.6 Analisis Data SPT .....                                 | 50 |
| 5.7 Analisis Perbaikan Tanah Menggunakan Stone Column ..... | 77 |

**BAB 6 KESIMPULAN SARAN**

|                      |    |
|----------------------|----|
| 6.1 Kesimpulan ..... | 90 |
| 6.2 Saran .....      | 91 |

**DAFTAR PUSTAKA****LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

|                                                                   | Halaman |
|-------------------------------------------------------------------|---------|
| Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka Penelitian Sebelumnya .....            | 6       |
| Tabel 3.1 Sistem Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO .....       | 9       |
| Tabel 3.2 Sistem Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS .....         | 10      |
| Tabel 4.1 Estimasi Waktu Penelitian .....                         | 36      |
| Tabel 5.1 Hubungan N-SPT Terhadap Konsistensi Tanah Pasir .....   | 38      |
| Tabel 5.2 Hubungan N-SPT Terhadap Konsistensi Tanah Lempung ..... | 38      |
| Tabel 5.3 Karakteristik N-SPT DB-01 .....                         | 38      |
| Tabel 5.4 Korelasi Empiris antara Nilai N-SPT dengan UCS .....    | 39      |
| Tabel 5.5 Korelasi N-SPT dengan Berat Volume .....                | 39      |
| Tabel 5.6 Berat Volume pada DB-01 .....                           | 40      |
| Tabel 5.7 Shear wave velocity DB-01 .....                         | 42      |
| Tabel 5.8 Perhitungan Nilai CSR pada DB-01 .....                  | 56      |
| Tabel 5.9 Perhitungan Nilai CSR pada DB-02 .....                  | 57      |
| Tabel 5.10 Perhitungan Nilai CSR pada DB-03 .....                 | 58      |
| Tabel 5.11 Perhitungan Nilai CSR pada DB-04 .....                 | 59      |
| Tabel 5.12 Perhitungan Nilai CRR pada DB-01 .....                 | 67      |
| Tabel 5.13 Perhitungan Nilai CRR pada DB-02 .....                 | 68      |
| Tabel 5.14 Perhitungan Nilai CRR pada DB-03 .....                 | 69      |
| Tabel 5.15 Perhitungan Nilai CRR pada DB-04 .....                 | 70      |
| Tabel 5.16 Perhitungan Nilai Faktor Keamanan DB-01 .....          | 72      |
| Tabel 5.17 Perhitungan Nilai Faktor Keamanan DB-02 .....          | 73      |
| Tabel 5.18 Perhitungan Nilai Faktor Keamanan DB-03 .....          | 73      |
| Tabel 5.19 Perhitungan Nilai Faktor Keamanan DB-04 .....          | 74      |
| Tabel 5.20 Rekapitulasi Faktor Keamanan Perbaikan DB-01 .....     | 85      |
| Tabel 5.21 Rekapitulasi Faktor Keamanan Perbaikan DB-02 .....     | 86      |
| Tabel 5.22 Rekapitulasi Faktor Keamanan Perbaikan DB-03 .....     | 88      |
| Tabel 5.23 Rekapitulasi Faktor Keamanan Perbaikan DB-04 .....     | 88      |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                    | <b>Halaman</b> |
|--------------------------------------------------------------------|----------------|
| Gambar 2.1 Flowchart Tugas Akhir Terhadap Penelitian Sebelum ..... | 7              |
| Gambar 3.1 Peta Zona Gempa Indonesia .....                         | 14             |
| Gambar 3.2 Kondisi Partikel Tanah Saat Normal .....                | 19             |
| Gambar 3.3 Kondisi Partikel Tanah saat Mengalami Getaran .....     | 20             |
| Gambar 3.4 Pola Pemasangan Stone column Tringular .....            | 26             |
| Gambar 3.5 Pola Pemasangan Stone column Square .....               | 26             |
| Gambar 3.6 Grafik hubungan kenaikan N-SPT dengan nilai as .....    | 27             |
| Gambar 4.1 Flow Chart Penelitian Skripsi .....                     | 28             |
| Gambar 4.2 Lokasi Penelitian .....                                 | 29             |
| Gambar 4.3 Diagram Alir Perhitungan Likuifaksi .....               | 33             |
| Gambar 4.4 Diagram Alir Perhitungan Stone column .....             | 35             |
| Gambar 5.1 Input Data Kejadian Gempa .....                         | 43             |
| Gambar 5.2 Data Kejadian Gempa .....                               | 43             |
| Gambar 5.3 Input Nama Kota yang Ditinjau .....                     | 44             |
| Gambar 5.4 Grafik Respon Spektrum .....                            | 44             |
| Gambar 5.5 Input Data Profil Tanah DB-01 .....                     | 45             |
| Gambar 5.6 Soil Profil Plot pada DB-01 .....                       | 45             |
| Gambar 5.7 Input Data Riwayat Gempa .....                          | 46             |
| Gambar 5.8 Proses Data Gempa .....                                 | 46             |
| Gambar 5.9 Percepatan Gempa Maksimum (amax) .....                  | 47             |
| Gambar 5.10 Faktor Amplifikasi DB-01 .....                         | 47             |
| Gambar 5.11 Acceleration DB-01 .....                               | 48             |
| Gambar 5.12 Velocity DB-01 .....                                   | 48             |
| Gambar 5.13 Displacement DB-01 .....                               | 48             |
| Gambar 5.14 Grafik Hubungan Nilai N-SPT dengan Kedalaman .....     | 49             |
| Gambar 5.15 Grafik CRR, CSR,FS vs Kedalaman DB-01 .....            | 74             |
| Gambar 5.16 Grafik CRR, CSR,FS vs Kedalaman DB-02 .....            | 75             |
| Gambar 5.17 Grafik CRR, CSR,FS vs Kedalaman DB-03 .....            | 75             |
| Gambar 5.18 Grafik CRR, CSR,FS vs Kedalaman DB-04 .....            | 75             |

|             |                                                       |    |
|-------------|-------------------------------------------------------|----|
| Gambar 5.19 | Peta Zona Likuifaksi Bethsaida Hospital Serang .....  | 76 |
| Gambar 5.20 | Pola Pemasangan Stone Column Segitiga Sama Sisi ..... | 77 |
| Gambar 5.21 | Pola Pemasangan Stone Column Persegi .....            | 77 |
| Gambar 5.22 | Tampak Depan Ilustrasi Pemasangan Stone Column .....  | 78 |
| Gambar 5.23 | Grafik Kompreabilitas Stone Column.....               | 80 |
| Gambar 5.24 | Grafik Kompreabilitas Stone Column.....               | 83 |

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Gempa bumi sering menyebabkan kerusakan pada bangunan yang berada jauh dari pusat gempa. Variasi tingkat kerusakan pada bangunan menunjukkan bahwa kondisi lapisan tanah memiliki dampak signifikan terhadap karakteristik gelombang seismik. Tanah lunak memperkuat frekuensi tertentu dari getaran gempa. Hal ini bisa sangat ekstrem di daerah dengan lapisan tanah lunak yang tebal, di mana perubahan kekakuan material pada batas antara lapisan batuan dasar dan tanah lunak dapat menyebabkan amplifikasi. (Tohari et al., 2019).

Likuifaksi adalah fenomena di mana kekuatan dan kekakuan tanah menurun akibat gempa bumi atau pergerakan tanah lainnya. Proses ini mengubah tanah dari keadaan padat menjadi cair karena pembebanan siklik selama getaran seismik, yang menyebabkan peningkatan tekanan air pori hingga mendekati atau melebihi tegangan vertikal. Zona lemah dan likuifaksi ini mengakibatkan penurunan rumah dan pondasi bangunan, keretakan jalan dan bantaran sungai, serta perpindahan lateral dan tanah longsor. (Setiawan & Kurniawan, 2021).

Gempa bumi merupakan bencana alam yang datanganya secara tiba-tiba dan dalam waktu yang relatif singkat menghancurkan semua yang ada di muka bumi ini baik harta, benda dan manusia. Gempa bumi yang perlu mendapatkan perhatian karena mempunyai pengaruh yang sangat mengerikan adalah gempa tektonik. Hal yang perlu diketahui adalah besarnya frekuensi yang terjadi, energi yang dibebaskan dan luas pengaruhnya dalam kaitannya dengan pergerakan lempeng tektonik. Akibat gempa bumi tektonik dapat menimbulkan pergeseran sepanjang bidang patahan dengan kisaran 1 – 10 m dan umumnya 0,2 – 0,8 m (Hidayat & Santoso, 1997).

Karena banyaknya dampak negatif yang diakibatkan dari peristiwa likuifaksi ini maka diperlukannya analisis awal guna mengetahui daerah mana saja yang berpotensi untuk terjadi likuifaksi. Dengan dilakukannya analisis potensi likuifaksi ini bermanfaat guna untuk mencegah terjadinya bangunan roboh akibat pondasi yang tidak dapat menahan beban bangunan ketika terjadi likuifaksi.

Untuk menganalisis potensi terjadinya likuifaksi pada suatu titik/daerah dapat menggunakan data pengujian SPT (*Standard penetration test*). Dalam tugas akhir ini, penulis akan membahas salah satu kegagalan struktur tanah akibat gempa, yaitu likuifaksi. Lokasi yang ditinjau untuk penelitian ini adalah proyek pembangunan Bethsaida *Hospital* Serang, yang terletak di Banten.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut :

- Bagaimana mengetahui potensi likuifaksi di daerah proyek pembangunan Bethsaida *Hospital* Serang dengan data SPT ?
- Berapa faktor keamanan terhadap likuifaksi pada lokasi yang ditinjau ?
- Bagaimana perubahan yang terjadi pada faktor keamanan akibat pemasangan *stone column* sebagai metode perbaikan tanah ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

- Menganalisis potensi likuifaksi di daerah proyek pembangunan Bethsaida *Hospital* Serang dengan data SPT.
- Mengetahui nilai faktor keamanan terhadap likuifaksi pada lokasi yang ditinjau.
- Mengetahui perubahan yang terjadi pada faktor keamanan akibat pemasangan *stone column* sebagai metode perbaikan tanah.

## 1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut :

- Pengambilan data tanah pada penelitian ini dilakukan pada lokasi proyek pembangunan Bethsaida *Hospital* Serang.
- Data yang digunakan untuk menganalisis potensi likuifaksi menggunakan data SPT.
- Analisis nilai percepatan gempa di permukaan menggunakan software *Deepsoil*.
- Analisis pemasangan *stone column* untuk mengetahui faktor keamanan setelah perbaikan.

15

### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memperluas pemahaman tentang analisis potensi likuifaksi dan meningkatkan pengetahuan di bidang geoteknik terkait likuifaksi.

3

### 1.6 Keaslian Penelitian

Penelitian analisis potensi likuifaksi berdasarkan data SPT dan alternatif perbaikannya dengan metode *stone column* dengan studi kasus di proyek pembangunan Bethsaida *Hospital* Serang, Banten belum pernah dilakukan sebelumnya sehingga penelitian ini bersifat asli.

20

4

### 2.1 Hasil Penelitian Terdahulu yang Relevan

Berikut adalah beberapa hasil penelitian yang pernah melakukan analisis tentang likuifaksi, yaitu:

- a. Analisis Penggunaan *Stone column* Pada Tanah Yang Berpotensi Likuifaksi yang dilakukan oleh Rosyida Hutami (2019) studi kasus Tol Serang – Panimbang STA.17+543 dari Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Berdasarkan hasil penelitian, daerah studi kasus memiliki potensi likuifaksi pada kedalaman 4,45 m hingga 32,45 m. Dengan pemasangan *stone column* dalam konfigurasi segitiga sama sisi, diameter 1,5 m, dan jarak antar kolom 2,4 m, nilai faktor keamanan meningkat dari kisaran 0,217 – 0,739 menjadi 1,004 – 9,427. Hal ini terjadi karena *stone column* dapat mempengaruhi parameter tanah di sekitarnya, seperti penurunan void ratio, peningkatan tegangan efektif tanah, penurunan air pori, peningkatan kepadatan relatif, peningkatan daya dukung tanah, peningkatan *shear wave velocity* dan pereduksian nilai percepatan gempa pada batuan dasar (PGA) sehingga dapat mengurangi adanya potensi likuifaksi pada daerah studi kasus dengan rencana pemasangan sebanyak 2241 buah.
- b. Analisis Potensi Likuifaksi Pada Pesisir Pulau Oba, Maluku Utara yang dilakukan oleh Farras Puti Dzakhirah (2020) dari Universitas Gunadarma. Hasil penelitian menunjukkan indikasi likuifaksi di titik pengujian pada kedalaman tertentu, ditandai oleh nilai faktor keamanan kurang dari satu ( $CRR < CSR$ ). Potensi likuifaksi terdeteksi pada kedalaman 10-12 meter di titik DH-01 dan pada kedalaman 4-6 meter serta 12-14 meter di titik DH-02. Analisis ini diperkuat oleh nilai gradasi butiran tanah pada kedalaman yang terdeteksi likuifaksi, yang menunjukkan tahanan tanah rendah karena gradasi yang buruk, termasuk dalam zona "*potentially liquefiable soil*." Semakin besar nilai  $(N_1)_{60cs}$ , semakin padat tanahnya dan semakin kecil potensi likuifaksi.
- c. Analisis Kerentanan Tanah Terhadap Bahaya Likuifaksi Berdasarkan Data Pengujian SPT yang dilakukan oleh Muhammad Kautsar Rizki (2021) dari Universitas Syiah Kuala Banda Aceh. Berdasarkan hasil analisis likuifaksi pada

penelitian ini menggunakan metode *simplified procedure* untuk menganalisis lapisan tanah berpasir di lokasi penelitian. Tujuan akhirnya adalah mengetahui potensi likuifaksi di lokasi tersebut dan memahami pengaruh parameter gempa terhadap potensi likuifaksi. Nilai CSR sangat dipengaruhi oleh nilai  $a_{max}$  dan magnitudo gempa. Berdasarkan data SPT, lapisan tanah pada kedalaman 0,80 m – 3,50 m dan 13,00 m – 15,75 m akan mengalami likuifaksi jika terjadi gempa dengan magnitudo  $\geq 8$ . Sementara itu, lapisan tanah pada kedalaman 3,5 m – 13,00 m memiliki nilai  $(N_1)_{60cs} > 30$ , yang diklasifikasikan sebagai tanah non-likuifaksi.

- d. Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT dan CPT Binjeita, Sulawesi Utara yang dilakukan oleh Muchammad Fikri Alfaqih (2022) dari Universitas Trisakti Jakarta. Data tanah yang digunakan yaitu data SPT dan CPT pada lokasi Binjeita, Sulawesi Utara yang didapat dari CV ENVIRO. Sedangkan untuk data gempa berupa percepatan gempa didapat dari respon spektra situs puskim dan variasi gempa yang digunakan yaitu gempa Mw 7.5. Penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa keseluruhan titik yang diuji memiliki nilai FS kurang dari 1, sehingga dapat disimpulkan bahwa kawasan ini berpotensi mengalami likuifaksi. Selain itu, ditemukan bahwa faktor yang mempengaruhi nilai faktor keamanan ada tiga, yaitu letak muka air tanah, percepatan gempa ( $a_{max}$ ), dan nilai magnitudo gempa (Mw).

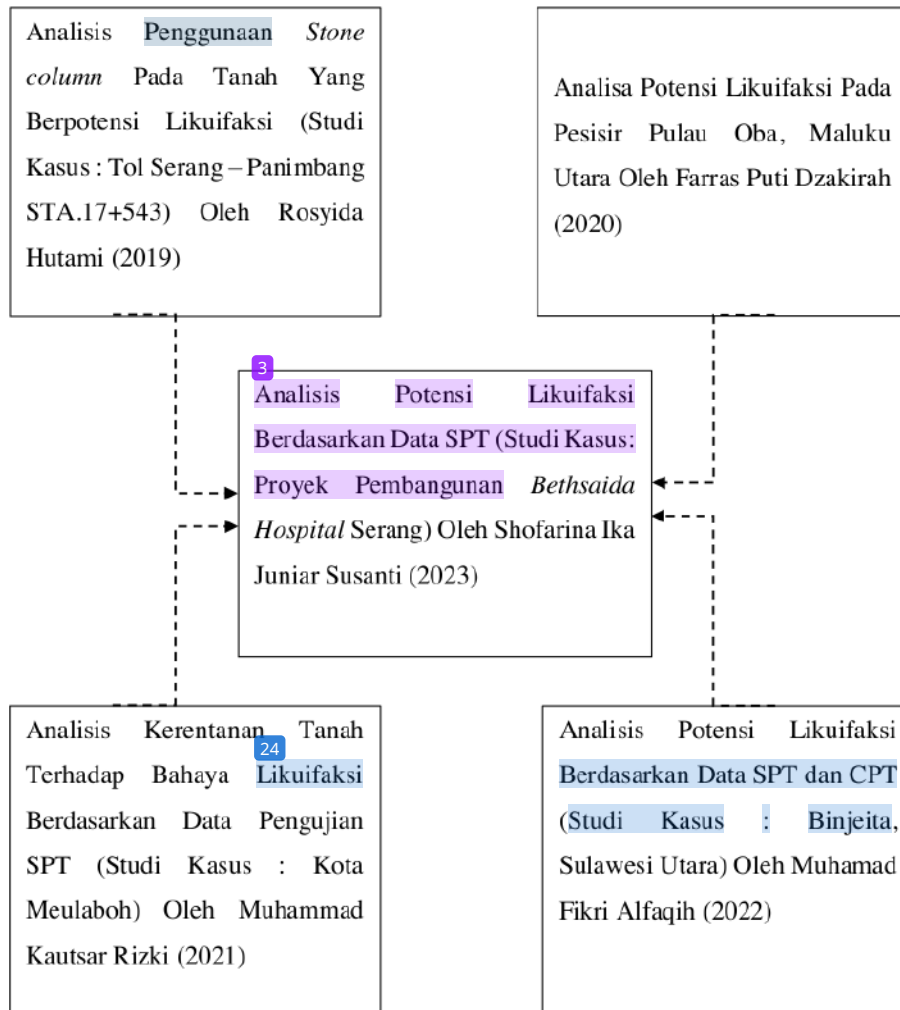
**Tabel 2.1** Tinjauan Pustaka Penelitian Sebelumnya

| Peneliti       | Rosyida Hutami (2019)                                                                                                                                                                                                                                 | Farras Putri Dzakhirah (2020)                                                                                                                                | Muhammad Kautsar Rizki (2021)                                                                                                                                                                                                                                                           | Muhamad Fikri Alfaqih (2022)                                                                                                                                                                                              | Shofarina Ika Juniar Susanti (2024)                                                                                                                                                                                                           |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Judul          | Analisis Penggunaan <i>Stone column</i> Pada Tanah Yang Berpotensi Likuifaksi Tol Serang – Panimbang STA.17+543                                                                                                                                       | Analisa Potensi Likuifaksi Pada Pesisir Pulau Oba, Maluku Utara                                                                                              | Analisis Kerentanan Tanah Terhadap Bahaya Likuifaksi Berdasarkan Data Pengujian SPT (Studi Kasus : Daerah Pesisir Barat, Aceh)                                                                                                                                                          | Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT dan CPT (Studi Kasus : Binjeita, Sulawesi Utara)                                                                                                                         | Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Dan Alternatif Perbaikannya Dengan Metode Stone Column                                                                                                                                       |
| Metode Analisa | Data SPT                                                                                                                                                                                                                                              | Data SPT dan Uji Laboratorium                                                                                                                                | Data SPT                                                                                                                                                                                                                                                                                | Data SPT dan CPT                                                                                                                                                                                                          | Data SPT                                                                                                                                                                                                                                      |
| Hasil          | <p>Nilai faktor keamanan yang di dapat meningkat dari rentang nilai 0,217 – 0,739 menjadi 1,004 – 9,427 karena adanya <i>stone column</i>, pemasangan <i>stone column</i> pola segitiga sama sisi, diameter 1,5 m spasi antar kolom sejauh 2,4 m.</p> | <p>Berdasarkan perhitungan, tebal lapisan tanah bervariasi antara 6 meter dan 14 meter saat terjadi gempa dengan magnitudo minimum yang juga bervariasi.</p> | <p>Berdasarkan data SPT pada kedalaman 0,8 m – 3,5 m dan 13 m – 15,75 m terjadi likuifaksi apabila adanya gempa dengan magnitude <math>\geq 8</math>, pada kedalaman 3,5 m – 13 m memiliki nilai <math>NI_{60cs} &gt; 30</math> yang diklasifikasikan tanah <i>non-liquefiable</i>.</p> | <p>Berdasarkan perhitungan, secara keseluruhan dari titik yang telah dianalisis menunjukkan nilai FS kurang dari 1. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa kawasan ini memiliki potensi untuk mengalami likuifaksi.</p> | <p>Berdasarkan perhitungan menunjukkan peningkatan signifikan setelah adanya pemasangan <i>stone column</i> pola segitiga sama sisi diameter 1 m dan spasi 1,6 m dengan nilai faktor keamanan semula 0,549 – 0,897 menjadi 1,703 – 3,057.</p> |

Sumber : Hasil Analisis (2024)

## 2.2 Keterkaitan Penelitian

Berikut merupakan keterkaitan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian yang terdahulu.



**Gambar 2.1** Flowchart Positioning Penelitian Tugas Akhir Terhadap Penelitian Sebelumnya

Sumber : Hasil Analisis (2024)

Keterangan :

---> = Berhubungan langsung dengan penelitian

—> = Berhubungan tidak langsung dengan penelitian

## BAB 3

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Tanah

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1995).

Tanah merupakan dasar sebuah konstruksi yang berfungsi sebagai penahan dan penerima akhir dalam sistem pembebanan struktur yang berada di atasnya baik berupa konstruksi bangunan, jalan maupun bangunan air yang harus memiliki stabilitas dan daya dukung yang cukup (Pandiangan et al., 2016).

Tanah memiliki peran penting sebagai bahan konstruksi dalam berbagai proyek teknik sipil dan juga sebagai pendukung fondasi bangunan. Oleh karena itu, seorang insinyur sipil perlu mempelajari sifat-sifat dasar tanah, termasuk asal-usulnya, distribusi ukuran butiran, kemampuan permeabilitas, sifat pemampatan ketika diberi beban (*compressibility*), kekuatan geser, kapasitas daya dukung terhadap beban, dan lain-lain. (Das, 1995).

Pembentukan tanah terjadi melalui proses fisik atau kimiawi. Proses fisik melibatkan perubahan batuan menjadi partikel-partikel kecil yang disebabkan oleh faktor seperti angin, erosi, es, aktivitas manusia, suhu, atau cuaca. Sementara itu, proses kimiawi terjadi karena pengaruh zat-zat di sekitarnya, seperti oksigen, karbon dioksida, air terutama yang mengandung asam atau alkali dan reaksi kimia lainnya. Tanah yang hasil pelapukannya masih berada di lokasi asal disebut tanah residual, sedangkan tanah yang hasil pelapukannya berpindah dari tempat asalnya disebut tanah terangkut. (Mina et al., 2018a).

##### 3.1.1 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah merupakan sistem yang mengatur dalam pengelompokan beberapa jenis tanah berbeda namun memiliki sifat yang sama berdasarkan

pemakaiannya (Das, 1995). Sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan ialah AASHTO (*American Association of State Highway Transportation Officials*) dan USCS (*Unified Soil Classification System*). Sistem klasifikasi AASHTO berkembang sebagai *Public Road Administration Classification System* pada tahun 1929. Setelah dilakukan beberapa perbaikan, pada tahun 1945 berlaku versi terbaru yang diajukan oleh *Committee on Classification of Materials for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* (ASTM Standard no D-3282, AASHTO metode M145). Pada sistem klasifikasi AASHTO, tanah diklasifikasikan menjadi 2 ialah tanah berbutir (lolos ayakan No. 200  $\leq$  35%) dan tanah lanau-lempung (lolos ayakan No. 200  $>$  35%) juga berdasarkan pada kriteria plastisitas (Das, 1995).

**Tabel 3.1** Sistem Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO

| Klasifikasi umum                                                                                         | Tanah berbutir<br>(35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)       |                    |                    |                                                    |                   |                       |                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------------------------------------|-------------------|-----------------------|------------------|
| Klasifikasi kelompok                                                                                     | A-1                                                                                     |                    | A-3                | A-2                                                |                   |                       |                  |
|                                                                                                          | A-1-a                                                                                   | A-1-b              |                    | A-2-4                                              | A-2-5             | A-2-6                 | A-2-7            |
| Analisis ayakan<br>(% lolos)<br>No. 10<br>No. 40<br>No. 200                                              | Maks 50<br>Maks 30<br>Maks 15                                                           | Maks 50<br>Maks 25 | Min 51<br>Maks 10  | Maks 35                                            | Maks 35           | Maks 35               | Maks 35          |
| Sifat fraksi yang lolos<br>ayakan No. 40<br>Batas cair ( <i>LL</i> )<br>Indeks plastisitas ( <i>PI</i> ) | Maks 6                                                                                  |                    | NP                 | Maks 40<br>Maks 10                                 | Min 41<br>Maks 10 | Maks 40<br>Min 11     | Min 41<br>Min 11 |
| Tipe material yang paling<br>dominan                                                                     | Batu pecah, kerikil<br>dan pasir                                                        |                    | Pasir<br>halus     | kerikil dan pasir yang berlanau<br>atau berlempung |                   |                       |                  |
| Penilaian sebagai bahan<br>tanah dasar                                                                   | Bak sekali sampai baik                                                                  |                    |                    |                                                    |                   |                       |                  |
| Klasifikasi umum                                                                                         | Tanah lanau - lempung<br>(Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200) |                    |                    |                                                    |                   |                       |                  |
| Klasifikasi kelompok                                                                                     | A-4                                                                                     |                    | A-5                | A-6                                                |                   | A-7<br>A-7.5<br>A-7.6 |                  |
| Analisis ayakan<br>(% lolos)<br>No. 10<br>No. 40<br>No. 200                                              | Min 36                                                                                  |                    | Min 36             | Min 36                                             |                   | Min 36                |                  |
| Sifat fraksi yang lolos<br>ayakan No. 40<br>Batas cair ( <i>LL</i> )<br>Indeks plastisitas ( <i>PI</i> ) | Maks 40<br>Maks 10                                                                      |                    | Maks 41<br>Maks 10 | Maks 40<br>Min 11                                  |                   | Min 41<br>Min 11      |                  |
| Tipe material yang paling<br>dominan                                                                     | Tanah berlanau                                                                          |                    |                    | Tanah berlempung                                   |                   |                       |                  |
| Penilaian sebagai bahan<br>tanah dasar                                                                   | Biasa sampai jelek                                                                      |                    |                    |                                                    |                   |                       |                  |

Sumber : Braja M. Das (1995)

Sistem klasifikasi USCS dikembangkan oleh *Cassagrande* pada tahun 1942 dan digunakan oleh *The Army Corps of Engineers* pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang. Kemudian diadopsi oleh ASTM (*American Society for Testing and*

66  
8  
Materials) sebagai metode klasifikasi tanah (ASTM D 2487) pada tahun 1969. Pada sistem klasifikasi USCS, tanah diklasifikasikan menjadi 2 ialah tanah berbutir kasar (lolos ayakan No. 200  $\leq$  50%) dan tanah berbutir halus (lolos ayakan No. 200 > 50%) juga berdasarkan pada kriteria plastisitas (Das, 1995).

Tabel 3.2 Sistem Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS

| Divisi Utama                                                        | Simbol Kelompok | Nama Jenis                                                                                                                                              | Nama Jenis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tanah berbutir kasar 50% butiran lebih besar dari 0,075 mm          | GW              | Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus                                                            | $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ , $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}}$ antara 1 dan 3<br>Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GWW<br>Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau P = 4<br>Batas-batas Atterberg di atas garis A atau P = 7<br>$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ , $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}}$ antara 1 dan 3<br>Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW<br>Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau P = 4<br>Batas-batas Atterberg di atas garis A atau P = 7 |
|                                                                     | GP              | Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil atau tidak mengandung butiran halus                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                                     | GM              | Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir-lempung                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                                     | GC              | Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lempung                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                                     | SW              | Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                                     | SP              | Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan no. 200 (0,075 mm) | SM              | Pasir berlanau, campuran pasir-lempau                                                                                                                   | Diagram plastisitas untuk mengidentifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir kasar. Batas-batas yang tertera akan sesuai yang telah tertera dalam klasifikasi menggunakan metode ini.                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                     | SC              | Pasir berlempung, campuran pasir lempung                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                                     | ML              | Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan no. 200 (0,075 mm) | CL              | Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, berlempung berlanau, lempung berkerikil (lean clays) | Diagram plastisitas untuk mengidentifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir kasar. Batas-batas yang tertera akan sesuai yang telah tertera dalam klasifikasi menggunakan metode ini.                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                     | OL              | Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                                     | MI              | Lanau tak organik atau pasir halus diatomase, lanau silika                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Tanah dengan kadar organik tinggi                                   | CH              | Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (fat clays)                                                                                | Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                     | OH              | Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

Sumber : Braja M. Das (1995)

## 50 3.2 Gempa Bumi

### 3.2.1 Pengertian Gempa Bumi

77  
52  
Gempa bumi terjadi ketika energi yang terkumpul di dalam bumi dilepaskan secara tiba-tiba, menyebabkan lapisan batuan di kerak bumi retak. Energi ini dihasilkan dari pergerakan lempeng tektonik. Saat energi dilepaskan, maka akan menyebar ke segala arah dalam bentuk gelombang gempa bumi, sehingga getarannya dapat dirasakan hingga ke permukaan bumi (Ukuran, n.d.).

Pusat gempa yang merupakan tempat pelepasan energi akibat patahan, mengirimkan getaran yang merambat melalui lapisan batuan dan terus berlanjut melalui lapisan-lapisan tanah hingga mencapai permukaan tanah (Soehaimi, 2008).

Definisi-definisi yang berkaitan dengan gempa tektonik mencakup berbagai istilah dan konsep yang menjelaskan fenomena ini :

- a. Pusat gempa (*focus*) adalah titik di bawah tanah tempat energi gempa pertama kali dilepaskan, yang juga dikenal sebagai hiposenter atau hipofokus.
- b. Kedalaman gempa (*focus depth*) adalah jarak vertikal dari permukaan tanah ke pusat gempa. Jika kedalaman pusat gempa berada antara 300 km hingga 700 km, maka itu disebut gempa dalam. Jika kedalamannya antara 70 km hingga 300 km, disebut gempa sedang, dan jika kurang dari 70 km, disebut gempa dangkal. Di Indonesia, gempa dangkal adalah jenis gempa yang paling sering terjadi.
- c. Intensitas adalah ukuran efek kerusakan yang disebabkan oleh gempa tektonik di suatu lokasi, dinyatakan dalam beberapa tingkatan dan bersifat objektif.
- d. Seismisitas merujuk pada kumpulan data yang mencatat persebaran gempa, termasuk gempa utama yang merupakan gempa yang terjadi pertama kali. Tingkat seismisitas suatu wilayah dapat diindikasikan oleh banyaknya titik yang terdapat pada peta persebaran seismisitas.
- e. Pelepasan energi terjadi ketika lapisan bumi yang terdeformasi mengumpulkan energi secara terakumulasi, yang pada suatu saat menyebabkan bergesernya lapisan bumi di patahan yang sudah ada atau bahkan dapat menciptakan patahan baru. Proses ini dimulai dari titik paling lemah pada patahan, di mana tekanan meningkat di sekitarnya sehingga menyebabkan bergesernya titik-titik tersebut. Bergesernya ini dapat menjalar hingga beberapa kilometer dari titik awal.

Pusat-pusat gempa bumi dangkal sering terjadi di zona-zona khusus. Salah satu penyebabnya adalah pergerakan magma atau sirkulasi magma yang menyebabkan penipisan pada lempeng samudera. Proses ini lambat laun dapat menyebabkan terbentuknya patahan atau fenomena yang dikenal sebagai *sea floor spreading*, yang dapat menjadi sumber gempa dangkal. Sumber gempa dangkal lainnya adalah sesar bawah laut yang memotong pegunungan tengah samudera, serta zona subduksi dari interaksi dua lempeng tektonik. Di zona ini, terjadi banyak patahan yang dapat mencapai permukaan bumi dan menyebabkan gempa bumi (Purbandini et al., 2017).

Ketika lempeng tektonik bergerak kembali, getaran besar dan kuat dapat merambat ke atas melalui zona-zona yang sudah melemah, seperti patahan-patahan. Akibat

penekanan lempeng, terjadi pergesekan antara dua lempeng yang menghasilkan pelelehan batuan yang terakumulasi di suatu titik. Magma ini kemudian naik ke permukaan dan membentuk gunung berapi. Selain itu, pada zona ini juga terbentuk patahan-patahan transform yang secara alamiah merupakan sumber gempa dangkal (Purbandini et al., 2017).

### 3.2.2 Proses Terjadinya Gempa Tektonik

Gempa tektonik adalah jenis gempa bumi yang terjadi karena pergeseran tiba-tiba antara dua atau lebih lempeng tektonik. Pergeseran ini terjadi dalam berbagai jenis sesar, sesuai dengan arah geraknya. Umumnya, setelah gempa tektonik terjadi, seringkali diikuti oleh gempa-gempa susulan lainnya, tergantung pada kedalaman pusat gempa. Dampak dari gempa tektonik termasuk potensi tsunami yang dapat terjadi. Selain itu, gempa tektonik juga dapat menyebabkan likuifaksi, di mana tanah yang longgar menjadi cair akibat getaran, yang bisa menyebabkan runtuhnya bangunan yang berdiri di atasnya secara mendadak (Reni Anggraini, 2023).

### 3.2.3 Besaran Kekuatan Gempa

Terdapat dua metode dasar untuk mengukur kekuatan gempa bumi, yaitu berdasarkan magnitudo gempa (*earthquake magnitude*) dan berdasarkan intensitas kerusakan yang diakibatkannya (*earthquake intensity*). Magnitudo gempa tidak bergantung pada jenis konstruksi bangunan di wilayah tersebut. Sementara itu, intensitas gempa terkait dengan kerusakan yang dialami bangunan dan respons masyarakat di suatu wilayah, serta tekanan berlebih yang terjadi pada kedalaman tertentu. Nilai "amax" dapat diperoleh dari peta zona gempa Indonesia (Mina & Kusuma, 2013).

#### a. Magnitudo Gempa (*Earthquake Magnitude*)

Jika ingin membandingkan besarnya gempa di berbagai lokasi tanpa bergantung pada intensitas gempa, kepadatan penduduk, atau jenis bangunan di wilayah tersebut, maka dapat menggunakan metode perhitungan berdasarkan magnitudo gempa. Magnitudo gempa adalah skala kuantitatif yang dapat diterapkan pada daerah dengan penduduk maupun tanpa penduduk, sehingga memungkinkan perbandingan yang lebih obyektif terhadap kekuatan gempa di berbagai lokasi.

##### 1) *Local Magnitude Scale*

5 Pada tahun 1935, Prof Charles Richter dari Institut Teknologi California mengembangkan skala besaran gempa untuk gempa dangkal dan lokal serta memiliki episentrum berjarak kurang dari 600 km di daerah selatan California. Skala besaran gempa ini disebut sebagai skala besaran Richter karena skala besaran gempa ini dikembangkan untuk gempa dangkal dan lokal. Richter mendefinisikan magnitudo lokal gempa maksimum dalam micron direkam menggunakan seismograf wood-Anderson yang terletak pada jarak 100 km dari episentrum gempa.

$$ML = \log A - \log A_0 = \log A/A_0 \quad (3.1)$$

Dimana:

ML = Besaran gempa

A = Amplitudo maksimum jejak gempa (mm) yang direkam oleh seismograf standar Wood-Anderson dengan periode natural 0,8 detik, faktor redaman 80%, dan magnifikasi statis sebesar 2800 adalah hasil dari pengukuran yang menunjukkan intensitas getaran maksimum yang terjadi selama gempa tersebut.

5  $A_0 = 0,001$  mm (Skala gempa lokal non yang berhubungan dengan besaran gempa terkecil yang pernah direkam)

## 2) Surface Wave Magnitude Scale

Skala yang digunakan untuk mengukur besaran gempa yang dominan ditimbulkan oleh gempa permukaan dengan periode sekitar 20 detik, terutama pada gempa yang episentrumnya cukup jauh (lebih dari 200 km) dari tempat pengukuran, didasarkan pada pengukuran amplitudo gelombang gempa permukaan tersebut. Guenberg mendefinisikan jenis gempa ini berdasarkan pengukuran amplitudo gelombang gempa permukaan dengan periode 20 detik (Mina et al., 2018a).

## 3) Body Wave Magnitude

Gempa yang memiliki fokus dalam cenderung menghasilkan sedikit gelombang permukaan. Oleh karena itu, untuk mengukur besaran gempa ini, penting untuk mengukur amplitudo gelombang P. Gelombang P merupakan jenis gelombang primer yang tidak dipengaruhi oleh kedalaman fokus sumber gempa, sehingga memberikan informasi yang lebih konsisten

dalam menentukan kekuatan seismik dari gempa tersebut (Mina et al., 2018a).

#### 4) *Moment Magnitude*

Besaran gempa dengan magnitudo menggunakan pendekatan momen seismik langsung berhubungan dengan ukuran seismik sumber gempa yang dihitung menggunakan persamaan terkait. Metode ini mengukur jumlah energi yang dilepaskan oleh gempa, yang dapat memberikan gambaran lebih akurat tentang kekuatan sebenarnya dari gempa tersebut :

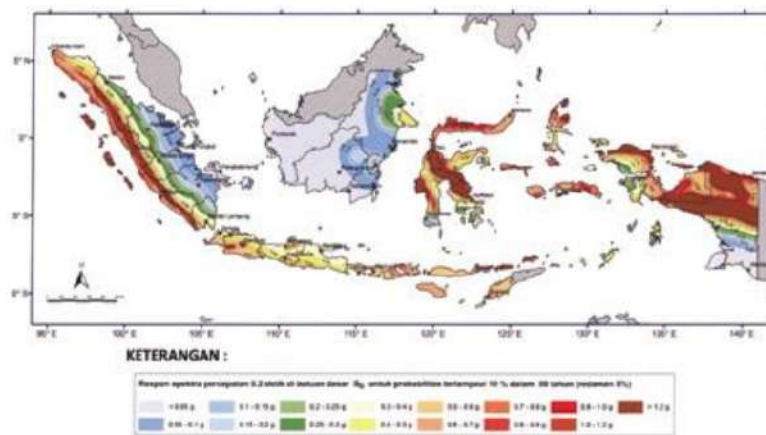
$$M_w = (\log Mo / 1,5) - 10,7 \quad (3.2)$$

dimana :

$Mo$  = Momen seismic (dyn-cm)

#### b. Skala Intensitas Gempa (*Earthquake Intensity*)

Skala intensitas gempa bumi pertama kali dikembangkan oleh de Rossi dari Italia dan Forel dari Swiss pada tahun 1880, kemudian diperbaiki dan dikembangkan lebih lanjut oleh Mercalli pada tahun 1931. Versi lain dari skala ini juga disusun oleh O Wood dan Frank Neumann, serta Jepang juga mengembangkan versi intensitas gempa mereka sendiri.



**Gambar 3.1** Peta Zona Gempa Indonesia

Sumber : Simantu.pu.go.id

#### 3.2.4 Sumber Gempa Wilayah Banten

Wilayah Banten lebih dari 45% merupakan daerah rawan gempa. Wilayah selatan dan barat Banten memiliki potensi yang signifikan untuk mengalami gempa

tektonik. Selain dari interaksi lempeng Indo-Australia dan Eurasia, lempeng mikro Sunda juga berkontribusi sebagai sumber gempa di Banten. Terdapat beberapa zona penunjaman lempeng mikro di sekitar Banten serta struktur seismogenik yang dapat memicu atau telah menyebabkan gempa, khususnya di Selat Sunda. Di sepanjang pesisir barat Banten, selain rawan gempa tektonik, juga terdapat potensi untuk gempa vulkanik (Mina et al., 2018a).

### 3.3 Likuifaksi

#### 3.3.1 Pengertian Likuifaksi

Likuifaksi adalah fenomena dimana kekuatan dan kekakuan tanah menurun karena gempa bumi atau pembebanan cepat lainnya. Ini terjadi ketika sifat tanah berubah dari keadaan padat menjadi keadaan cair akibat tekanan air pori yang meningkat mendekati atau melebihi tegangan vertikal selama gempa. Sebelum gempa terjadi, tekanan air dalam tanah biasanya rendah. Namun, setelah terjadi getaran gempa, tekanan air pori meningkat secara signifikan, yang memungkinkan partikel tanah untuk bergerak dengan lebih bebas.

#### 3.3.2 Faktor-Faktor yang mempengaruhi terjadinya potensi likuifaksi

Berdasarkan pengamatan lapangan, uji laboratorium, dan studi ilmiah yang telah dilakukan oleh para ahli, dapat disimpulkan bahwa ada banyak faktor yang dapat meningkatkan potensi terjadinya likuifaksi pada suatu lapisan tanah (Mina et al., 2018b).

##### a. Intensitas dan durasi dari gempa bumi

Getaran merupakan faktor utama yang diperlukan untuk terjadinya likuifaksi. Sumber getaran yang paling umum adalah gempa bumi. Karakteristik gerakan gempa bumi, seperti percepatan dan durasi getaran, sangat menentukan tingkat regangan geser yang akan menggerakkan partikel-partikel tanah. Dorongan ini mengurangi kontraksi atau ikatan antara butiran-butiran tanah, yang pada akhirnya menyebabkan terjadinya likuifaksi.

Efek dari gempa bumi yang paling berpengaruh dalam meningkatkan potensi terjadinya likuifaksi adalah energi yang dilepaskan saat gempa terjadi. Potensi likuifaksi meningkat seiring dengan meningkatnya intensitas gempa bumi dan durasi getarannya. Oleh karena itu, gempa bumi dengan magnitudo besar dan

durasi yang lama merupakan yang paling berpotensi menyebabkan likuifaksi yang berbahaya. Selain gempa bumi, kondisi lain juga dapat menyebabkan likuifaksi, seperti ledakan di bawah permukaan tanah, pemancangan tiang pondasi, serta getaran dari lalu lintas dan kereta api.

b. Posisi letak permukaan air tanah

Tanah yang berpotensi mengalami likuifaksi adalah yang memiliki lapisan air tanah mendekati permukaan tanah. Lapisan tanah yang tak jenuh di atas lapisan air tanah dekat permukaan tanah dapat mengalami likuifaksi, sedangkan lapisan tanah yang tak jenuh di atas air tanah yang lebih dalam cenderung tidak mengalami likuifaksi. Oleh karena itu, lahan yang terletak di atas air tanah yang tidak mungkin terendam umumnya tidak perlu dievaluasi untuk potensi likuifaksi.

Di lokasi-lokasi di mana permukaan air tanah sering berfluktuasi, potensi terjadinya likuifaksi juga akan bervariasi. Secara umum, dalam analisis likuifaksi, tingkat tertinggi dari permukaan air tanah yang tercatat dalam sejarah harus dipertimbangkan, kecuali ada informasi lain yang menunjukkan adanya tingkat air tanah yang lebih rendah atau lebih tinggi.

c. Jenis tanah

Secara umum, banyak jenis tanah di bumi berpotensi mengalami likuifaksi. Ishihara (1985) menyatakan bahwa "Tanah yang berisiko likuifaksi selama gempa bumi biasanya ditemukan dalam lapisan tanah yang terdiri dari butiran pasir halus hingga sedang, serta pasir yang mengandung debu dengan plastisitas rendah." Namun, likuifaksi juga dapat terjadi pada tanah berkerikil. Oleh karena itu, jenis tanah yang rentan terhadap likuifaksi adalah tanah yang tidak berplastisitas (*non-plastic*) atau memiliki plastisitas rendah (*low plasticity*). Jika diurutkan dari yang paling kecil sampai yang paling besar daya tahannya terhadap likuifaksinya maka akan diperoleh data sebagai berikut:

- 1) Pasir bersih
- 2) Pasir berlanau tidak berplastis
- 3) Lanau tidak berplastis
- 4) Kerikil-kerikil

d. Rapat *relative* tanah ( $D_r$ )

Berdasarkan uji lapangan, tanah dengan kepadatan rendah dan rapat relatif rendah diketahui memiliki potensi likuifaksi yang tinggi. Pada pasir lepas yang tidak berplastisitas, kenaikan tegangan air pori saat gempa akan lebih cepat dibandingkan dengan pasir padat. Poulos et al. (1985) menyatakan bahwa jika suatu lapisan tanah bersifat relatif padat, maka tidak perlu dievaluasi terhadap likuifaksi, karena tegangan geser basah pada tanah yang relatif padat lebih besar dibandingkan dengan tegangan geser keringnya.

e. Gradasi ukuran partikel

Butiran tanah yang seragam cenderung membentuk tanah yang kurang stabil dibandingkan dengan tanah yang memiliki gradasi baik. Pada tanah yang bergradasi baik, butiran-butiran yang lebih kecil mengisi rongga-rongga yang ada, sehingga mengurangi ruang-ruang yang dapat diisi oleh air. Hal ini membantu mengurangi tekanan air pori saat terjadi gempa.

f. Letak geologis tanah

Tanah yang berada di dalam air lebih cenderung mengalami likuifaksi karena partikel tanah di daerah tersebut biasanya memiliki sifat butiran yang lepas. Misalnya, tanah di sungai, danau, atau samudra memiliki partikel tanah yang tidak saling mengikat. Saat terjadi getaran, tanah dengan partikel yang lepas akan terurai lebih cepat dibandingkan dengan tanah yang partikel-partikelnya saling terikat.

Oleh karena itu, potensi likuifaksi lebih besar pada tanah dengan butiran lepas. Jenis tanah yang cenderung memiliki butiran lepas meliputi tanah lakustrin (danau), tanah endapan, dan tanah atau daratan yang terbentuk akibat turunnya muka air laut.

g. Kondisi-kondisi drainase

Jika air dalam suatu lapisan tanah dapat segera dialirkan, maka likuifaksi tidak akan terjadi pada lahan tersebut. Oleh karena itu, pembangunan sistem drainase pada lahan yang berpotensi mengalami likuifaksi sangat penting untuk memastikan air dapat segera dialirkan keluar dari lahan tersebut.

h. Tegangan selimut

Semakin besar tegangan selimut pada suatu lapisan tanah, semakin kecil potensi likuifaksi pada lapisan tersebut. Tegangan selimut di lapisan tanah yang lebih

dalam biasanya lebih tinggi dibandingkan dengan di permukaan tanah. Dari beberapa kasus likuifaksi, diketahui bahwa daerah yang berpotensi mengalami likuifaksi biasanya hanya sampai kedalaman sekitar 50 kaki (15 meter). Pada lapisan tanah yang lebih dalam, likuifaksi umumnya tidak terjadi karena tegangan selimut yang lebih tinggi.

Namun, ini tidak berarti bahwa analisis likuifaksi hanya perlu dilakukan sampai kedalaman 15 meter saja. Dalam beberapa kasus, likuifaksi juga terjadi pada kedalaman lebih dari 15 meter. Oleh karena itu, analisis likuifaksi harus dilakukan pada setiap lapisan tanah yang memiliki rongga berisi air, walaupun kedalamannya melebihi 15 meter.

12  
i.

#### Bentuk partikel

Bentuk partikel tanah juga mempengaruhi potensi terjadinya likuifaksi. Tanah dengan partikel berbentuk bulat cenderung memiliki lebih banyak rongga atau pori dibandingkan dengan tanah yang partikel-partikelnya bersudut. Banyaknya rongga ini memungkinkan lebih banyak air mengisi tanah, sehingga meningkatkan potensi terjadinya likuifaksi dibandingkan dengan tanah yang partikel-partikelnya bersudut.

#### j. Lamanya waktu konsolidasi

Potensi terjadinya likuifaksi pada tanah timbun yang belum terkonsolidasi lebih besar dibandingkan dengan tanah yang sudah terkonsolidasi dalam jangka waktu yang lama. Semakin lama tanah tersebut dibiarkan terkonsolidasi, semakin besar daya tahannya terhadap bahaya likuifaksi. Hal ini disebabkan oleh ikatan antar partikel yang lebih kuat pada tanah yang sudah terkonsolidasi dibandingkan dengan tanah yang belum terkonsolidasi. Oleh karena itu, lamanya waktu konsolidasi suatu lapisan endapan tanah berbanding lurus dengan daya tahan lapisan tanah tersebut terhadap potensi likuifaksi.

#### k. Beban bangunan

Konstruksi bangunan yang berat di atas lapisan pasir dapat mengurangi ketahanan tanah terhadap likuifaksi. Hal ini dapat dianalogikan seperti sebuah permukaan tanah yang memikul beban berat dari endapan pasir akan mengalami penurunan ketahanan terhadap likuifaksi. Dasar keset akan menyebabkan tegangan geser pada tanah. Tegangan geser ini akan mempercepat terjadinya

likuifaksi apabila ada tambahan tegangan geser saat gempa terjadi. Secara ringkas, lokasi dan jenis tanah paling berpotensi terjadinya likuifaksi adalah sebagai berikut:

#### 1) Lokasi Tanah

a) Lokasi yang dekat dengan episenter atau sumber getaran dari suatu gempa bumi yang utama.

b) Lokasi yang memiliki letak permukaan air tanah yang dekat dengan permukaan bumi.

#### 2) Jenis Tanah

Pasir yang mempunyai gradasi yang seragam dengan partikel tanah berbentuk bulat yang tersebar.

12

### 3.3.3 Syarat Terjadinya Likuifaksi

Likuifaksi hanya bisa terjadi dengan syarat tertentu, apabila suatu tanah tidak memenuhi syarat-syarat tersebut, maka tanah tersebut tidak berpotensi untuk terjadi likuifaksi. Oleh karena itu perencanaan pembangunan harus menghindari tanah-tanah yang telah memenuhi syarat-syarat terjadinya likuifaksi. Likuifaksi biasanya terjadi pada tanah atau lahan yang tidak padat atau tanah lepas. Misalnya tanah yang terbentuk dari pasir, endapan bekas delta sungai, dan bahan-bahan lainnya (Mina et al., 2018b). Tanah semacam itu cenderung tidak padat sehingga memiliki rongga yang banyak. Secara umum dapat disimpulkan bahwa syarat-syarat terjadinya likuifaksi pada suatu wilayah adalah :

- a. Lapisan tanah berupa pasir atau lanau
- b. Lapisan tanah jenuh air
- c. Lapisan tanah bersifat lepas (tidak padat)
- d. Terjadi gempa bermagnitudo di atas 5,0, dan
- e. Berkecepatan gempa lebih dari 0.1 g.

### 3.3.4 Proses terjadinya likuifaksi

Dalam memahami proses terjadinya likuifaksi, penting untuk memahami bahwa suatu endapan tanah terdiri dari partikel-partikel yang saling berdekatan dan saling menopang satu sama lain. Kondisi ini menguntungkan tanah karena beban yang diterapkan di atasnya akan dipikul bersama oleh seluruh partikel, dan akhirnya

beban tersebut akan ditransmisikan ke lapisan batuan dasar di bagian bawah lapisan tanah tersebut. Namun, saat terjadi gempa, getaran yang berulang dan cepat menyebabkan air dalam tanah tidak memiliki waktu cukup untuk keluar melalui rongga-rongga tanah. Akibatnya, air ini mendorong partikel-partikel tanah menjauh satu sama lain. Akibatnya, partikel-partikel tanah tidak lagi dapat mendistribusikan beban dengan baik.



**Gambar 3.2** Kondisi Partikel Tanah Saat Normal

Sumber : M.Mabrur (2009)

Pada kondisi tanah di atas, terlihat banyaknya rongga antar partikel tanah yang diisi oleh air. Biasanya, dalam kondisi normal, air akan terdesak dan meningkatkan tekanannya untuk mencari jalan keluar. Namun, saat terjadi gempa, air tidak memiliki waktu cukup untuk keluar dari tanah melalui rongga-rongga tersebut. Sebagai gantinya, air ini mendorong partikel-partikel tanah sehingga beberapa partikel yang sebelumnya saling berdekatan menjadi menjauh. Akibatnya, partikel tanah tidak lagi dapat mendistribusikan beban dengan efektif.



**Gambar 3.3** Kondisi Partikel Tanah saat Mengalami Getaran

Sumber : M.Mabrur (2009)

Pada kondisi seperti ini, sebagian besar beban diangkat oleh air, menyebabkan pemikulan beban pada tanah menjadi tidak stabil. Analoginya adalah seperti kapal yang mengapung di atas air; jika air tidak dapat menahan beban kapal, kapal akan

tenggelam. Hal serupa terjadi pada gedung yang berdiri di atas tanah yang mengalami likuifaksi; gedung tersebut bisa tenggelam ke dalam tanah.

Dalam kasus yang lebih ekstrem, tekanan air pori bisa sangat tinggi sehingga lebih banyak partikel tanah terdorong dan tidak lagi bersentuhan satu sama lain. Dalam situasi seperti ini, kekuatan tanah menjadi sangat rendah dan berperilaku lebih seperti zat cair daripada zat padat.

### 3.3.5 Bahaya yang disebabkan oleh peristiwa likuifaksi

Likuifaksi terjadi hanya pada tanah yang tersaturasi air, sehingga dampaknya seringkali hanya terlihat di area yang dekat dengan badan air seperti sungai, danau, atau laut. Efek dari likuifaksi dapat berupa longsor besar atau terbentuknya retakan-retakan pada tanah sejajar dengan badan air. Ketika likuifaksi terjadi, kekuatan tanah berkurang dan kemampuannya untuk mendukung pondasi bangunan di atasnya juga menurun. Likuifaksi juga dapat menimbulkan tekanan besar pada dinding penahan tanah, yang dapat menyebabkan dinding tersebut miring atau bergeser.

Selama kejadian likuifaksi, kekuatan tanah berkurang dan kemampuannya untuk mendukung pondasi bangunan di atasnya juga menurun. Likuifaksi juga dapat menimbulkan tekanan besar pada dinding penahan tanah, yang dapat menyebabkan dinding tersebut miring atau bergeser. Naiknya tekanan air pori juga dapat memicu terjadinya longsor.

### 3.3.6 Parameter Untuk Menganalisis Potensi Likuifaksi

Pada dasarnya, analisis potensi likuifaksi adalah mencari 2 parameter utama yaitu : *Cyclic Stress Ratio* (CSR), yang menggambarkan tegangan siklik yang terjadi selama gempa dibagi dengan tegangan efektif, dan *Cyclic Resistance Ratio* (CRR), yang menunjukkan kemampuan tanah untuk menahan likuifaksi.

#### a. Tegangan Tanah

Tegangan pada lapisan tanah yang berasal dari beban tanah di atasnya, tanpa memperhitungkan tegangan air pori ( $\mu$ ), disebut sebagai tegangan vertikal total.

Pada kondisi tanah kering, ini merujuk pada tekanan pada bidang datar di dalam

tanah. Tanah dapat bermacam-macam sesuai dengan  $\gamma$  kering =  $\gamma_d$ , atau basah =  $\gamma_{sat}$ . Jika tanah berlapis-lapis dan ada beban, maka tekanan pada tanah dasar:

$$\gamma = h_1 \gamma_1 + h_2 \gamma_2 \quad (3.3)$$

Tekanan pada tanah yang terdapat air tanah dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu tekanan total dan tekanan pori (tekanan air pori atau tekanan hidrostatik). Tanah terdiri dari dua lapis yaitu :

- 1) Muka air sedalam  $h_1$  dari muka tanah, dengan berat volume tanah  $\gamma$
- 2) Tanah dasar sedalam  $h_2$  dari muka air tanah, dengan berat volume tanah kenyal air  $\gamma_{sat}$ .

Tekanan total sama dengan berat total prisma tanah, maka tekanan pada tanah :

$$\sigma = \gamma \times h \quad (3.4)$$

b. Percepatan Gempa Dasar ( $\sigma_{max}$ )

Percepatan puncak muka tanah yang disebut juga sebagai *Peak Ground Acceleration* (PGA) atau dapat dilambangkan dengan  $\sigma_{max}$  adalah hasil dari getaran gempa bumi yang terjadi. Perhitungan PGA untuk wilayah Indonesia dapat menggunakan berbagai data literatur yang telah tersedia sebelumnya, seperti Peta Zona Gempa Indonesia (SNI 03-1726-2002), standar SNI 2012, perhitungan fungsi atenuasi yang bergantung pada kondisi alam di suatu area, data dari Pusat Studi Gempa Bumi dan Tsunami (PusKIM), serta perangkat lunak seperti *Deepsoil*.

c. Faktor Reduksi ( $r_d$ )

Secara umum, faktor reduksi mencerminkan hubungan antara tegangan dan kekuatan batuan di bawah permukaan tanah. Nilai faktor reduksi juga mengindikasikan kemampuan untuk mengurangi tegangan dalam tanah. Seiring dengan kedalaman tanah, nilai faktor reduksi cenderung menurun. Variasi nilai faktor reduksi terjadi pada setiap kedalaman tertentu dan harus dihitung secara spesifik untuk masing-masing kedalaman tersebut. Faktor reduksi ( $r_d$ ) memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai *Cyclic Stress Ratio* (CSR) di lapisan tanah. Semakin kecil nilai  $r_d$ , semakin rendah pula nilai CSR, sehingga potensi likuifaksi juga akan menurun. Nilai  $r_d$  dapat diketahui dengan rumus dibawah ini :

$$rd = \frac{(1-0,4113z^{0,5}+0,04052z+0,001753z^{1,5})}{(1-0,4177z^{0,5}+0,05729z-0,006205z^{1,5}+0,001210z^2)} \quad (3.5)$$

dimana z merupakan nilai kedalaman tanah (m) yang ditinjau.

d. *Cyclic Stress Ratio (CSR)*

CSR adalah rasio antara tegangan geser rata-rata yang disebabkan oleh gempa dan tegangan vertikal efektif di setiap lapisan. Nilai CSR di sebuah lapisan tanah dipengaruhi secara signifikan oleh percepatan gempa (a). Seed dan Idriss (1971) merumuskan persamaan untuk menghitung rasio tegangan siklik (CSR), yaitu :

$$CSR = \left( \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} \right) = 0,65 \left( \frac{amax}{g} \right) \left( \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \right) rd \quad (3.6)$$

Dimana :

$amax$  = Percepatan horizontal maksimum tanah (g)

$g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

$\sigma'_{vo}$  = tegangan vertikal overbuden efektif (kN)

Menurut metode yang disarankan oleh Seed dan Idriss, tegangan geser yang menyebabkan likuifaksi dapat dihitung dari tegangan geser siklik  $\tau_{av}$  yang dihasilkan pada setiap titik pada lapisan tanah, dan dinyatakan dengan rumus :

$$\tau_{av} = 0,65 \cdot z \cdot \frac{amax}{g} \cdot rd \quad (3.7)$$

Dimana :

$z$  = kedalaman (m)

$g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

$amax$  = percepatan horizontal maksimum tanah (g)

$rd$  = faktor reduksi kedalaman

Faktor 0,65 adalah asumsi bahwa tegangan geser seragam ekuivalen adalah 65% dari tegangan geser maksimum absolut yang dihasilkan oleh gempa.

e. *Cyclic Resistance Ratio (CRR)*

CRR adalah salah satu parameter penting dalam menghitung potensi likuifaksi. Ini mencerminkan ketahanan lapisan tanah terhadap tegangan siklik (CSR) atau likuifaksi. Sebelum menghitung CRR, perlu menghitung faktor skala gempa dan faktor koreksi overburden. Metode perhitungan CRR didasarkan pada

metode NCEER/NSF tahun 1998 yang menggambarkan analisis potensi likuifaksi. Metode ini melibatkan evaluasi nilai CRR menggunakan hasil uji SPT (*Standard penetration test*) yang telah dikoreksi selama bertahun-tahun, menghasilkan kurva hubungan antara *Cyclic Resistance Ratio* (CRR) dengan nilai N-spt yang terkoreksi. Metode ini hanya berlaku untuk perhitungan dengan magnitudo 7.5 SR.

NCEER atau *National Center for Earthquake Engineering Research* adalah *workshop* yang melibatkan ahli dan pengamat yang pertama kali dilaksanakan pada tahun 1985. Tujuannya adalah untuk menyusun laporan tentang pengetahuan terkait likuifaksi dan bahayanya. Laporan ini telah menjadi standar atau referensi yang umum digunakan dalam penelitian tentang bahaya likuifaksi hingga saat ini.

Nilai *Cyclic Resistance Ratio* dapat diperoleh melalui pengujian lapangan seperti *Standart Penetration Test* (SPT). Dalam mengevaluasi potensi likuifaksi menggunakan metode SPT, terdapat beberapa langkah penting yang harus dilakukan :

1) Menentukan nilai (N1)60.

Youd dan Idriss (2001) dan Cetin dll (2004) menjelaskan koreksi-koreksi untuk memperoleh nilai (N1)60:

$$(N1)60 = N_m C_N C_E C_B C_R C_S \quad (3.8)$$

Dimana :

$N_m$  = Nilai N SPT yang diperoleh dari test lapangan

$C_N$  = Faktor normalisasi  $N_m$  terhadap tegangan overbuden pada Umumnya

Karena nilai N-SPT meningkat seiring dengan meningkatnya tegangan overburden efektif, perlu digunakan faktor koreksi tegangan overburden (Seed dan Idriss, 1980). Faktor ini umumnya digunakan dari persamaan berikut (Seed dan Idriss, 1982) :

$$C_N = \frac{2,2}{(1,2 + \frac{\sigma'_v}{p_a})} \quad (3.9)$$

$C_E = 1$

$$CB = 1$$

$$CR = 0,75$$

$$CS = 1$$

$$(N1)_{60} = N_m CN CE CB CR CS \quad (3.10)$$

Di mana nilai CN tidak boleh melebihi 1,7 dan nilai faktor koreksi (normalisasi) untuk *Standard penetration test* (SPT) harus diperhatikan.

2) Menghitung *magnitude scale factor*.

Untuk mencari nilai MSF digunakan rumus sebagai berikut :

$$MSF = \frac{10^{2,24}}{M_w^{2,36}} \quad (3.12)$$

Dimana  $M_w$  merupakan besaran magnitudo yang terjadi.

3) Menentukan nilai  $CRR_{7.5}$ .

Menentukan nilai CRR pada besaran skala gempa ( $M_w$ ) 7.5 :

$$CRR_{7,5} = \left[ \frac{I}{34-x} + \frac{x}{135} + \frac{50}{(10x+45)^2} - \frac{I}{200} \right] \quad (3.13)$$

Dimana nilai x adalah  $N_{(60)}$

4) Menghitung  $CRR_M$

Nilai CRR dapat dihitung dengan mengalikan nilai  $CRR_{7,5}$  dan MSF

$$CRR_M = CRR_{7,5} \times MSF \quad (3.14)$$

d. *Factor of Safety* (FS)

*Factor of safety* merupakan nilai yang digunakan untuk menentukan faktor keamanan terhadap likuifaksi. Faktor keamanan tanah terhadap likuifaksi dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$FS = CRR/CSR \quad (3.15)$$

Jika  $FS < 1$  (terjadi Likuifaksi)

Jika  $FS = 1$  (kondisi kritis)

Jika  $FS > 1$  (tidak terjadi Likuifaksi)

Jika hasil akhir perhitungan faktor keamanan kurang dari 1, maka tanah berpotensi mengalami likuifaksi. Jika hasilnya sama dengan 1, kondisi tanah dianggap kritis. Namun, jika hasilnya lebih dari 1, tidak ada potensi likuifaksi di area tersebut.

### 23 3.4 Stone column

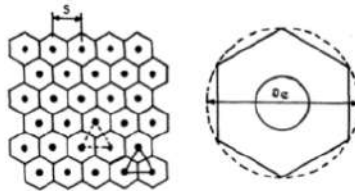
Stone column adalah metode penggalian yang menggantikan sebagian tanah yang akan digunakan sebagai dasar konstruksi dengan kolom vertikal yang dipadatkan. Fungsi utama dari pemasangan stone column adalah untuk meningkatkan daya dukung tanah yang kurang stabil, sehingga mampu menahan beban yang lebih besar dan mengurangi penurunan tanah (Barksdale & Bachus, 1983). Menurut Barksdale dan Bachus (1982), selain untuk meningkatkan daya dukung tanah, pemasangan stone column juga memiliki fungsi tambahan lainnya, fungsi lain dari stone column adalah :

- Mengurangi total *settlement* tanah.
- Memperpendek waktu konsolidasi.
- Mengurangi bahaya *liquefaction*.

16  
Dalam perencanaan stone column, terdapat tiga parameter umum yang harus ditentukan terlebih dahulu, yaitu :

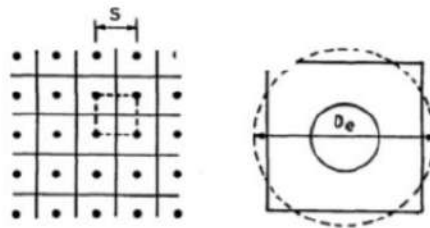
- Konfigurasi pemasangan stone column

Konfigurasi pemasangan stone column umumnya terdiri dari konfigurasi *Triangular* dan *Square*



Gambar 3.4 Pola Pemasangan Stone column Tringular

Sumber : Cardina (2022)



Gambar 3.5 Pola Pemasangan Stone column Square

Sumber : Cardina (2022)

b. <sup>16</sup> **Diameter *stone column***

Ukuran diameter *stone column* ditentukan berdasarkan seberapa efektif diameter tersebut dibutuhkan untuk mencapai tujuan perencanaan (Listiyanti et al., 2022).

c. <sup>16</sup> **Jarak atau spasi antar *stone column***

Jarak atau spasi antar *stone column*, dari pusat ke pusat, disesuaikan dengan kebutuhan untuk mencapai desain yang efektif (Listiyanti et al., 2022).

<sup>5</sup> Kedua bentuk penampang, yaitu pola persegi dan pola segitiga sama sisi, dapat dihitung menggunakan bentuk lingkaran dengan  $D_c$  (diameter ekuivalen) sebagai berikut :

$$D_c = 1,05 + s \text{ (untuk pola segitiga sama sisi)} \quad (3.16)$$

$$D_c = 1,13 + s \text{ (untuk pola persegi)} \quad (3.17)$$

<sup>5</sup> dimana  $s$  adalah jarak antar *stone column* (Listiyanti et al., 2022).

Volume tanah yang digantikan oleh *stone column* memiliki pengaruh penting terhadap hasil perkuatan tanah (Barksdale, R.D. and Bachus, 1983). Untuk menghitung jumlah pergantian tanah, ditetapkan rasio pergantian luas *stone column* ( $a_c$ ) dan rasio pergantian luas tanah ( $a_s$ ) menggunakan rumus sebagai berikut :

$$a_s = \frac{A_c}{A} \quad (3.18)$$

$$a_s = \frac{A - A_c}{A} \quad (3.19)$$

dimana :

<sup>5</sup>  $A$  = luas penampang ( $m^2$ )

$A_c$  = luas penampang *stone column* ( $m^2$ )

Nilai basic improvement merupakan nilai yang dibutuhkan dalam perencanaan desain *stone column* adapun rumusnya adalah sebagai berikut :

$$n_0 = 1 + \frac{A_c}{A} \left[ \frac{5 - \frac{A_c}{A}}{4K_{ac} (1 - \frac{A_c}{A})} - 1 \right] \quad (3.20)$$

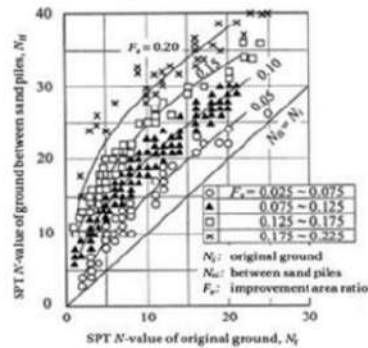
Dimana  $K_{ac}$  adalah koefisien tekanan tanah aktif, nilai sudut geser material *Stone Column* pada sudut  $40^\circ$  -  $45^\circ$  terbukti efektif karena mampu meningkatkan daya dukung tanah yang cukup besar, nilai sudut geser yang diambil yaitu  $45^\circ$  (Fathonah et al., 2021). Selanjutnya untuk menghitung  $K_{ac}$  sebagai berikut.

$$K_{ac} = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi_c}{2} \right) \quad (3.21)$$

Kemampuan material stone column ini memiliki pengaruh reduksi terhadap basic improvement factor ( $n_0$ ) sehingga menghasilkan nilai reduksi ( $n_1$ ). Perhitungan besarnya nilainya reduksi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$n_1 = 1 + \frac{\bar{A}_c}{\bar{A}} \left[ \frac{5 - \frac{\bar{A}_c}{\bar{A}}}{4K_{ac} \left( 1 - \frac{\bar{A}_c}{\bar{A}} \right)} - 1 \right]$$

Peningkatan N-SPT tanah diantara stone column yang diakibatkan oleh getaran vibroprobe yang digambarkan oleh grafik hubungan kenaikan N-SPT dengan area replacement ratio (as). penggunaan grafik ini pada desain stone column merupakan adaptasi dari metode perbaikan tanah sand compaction pile (Sihombing, 2012). Grafik yang dimaksud adalah sebagai berikut.



**Gambar 3.6** Grafik hubungan kenaikan N-SPT dengan nilai as

Sumber : Cardina (2022)

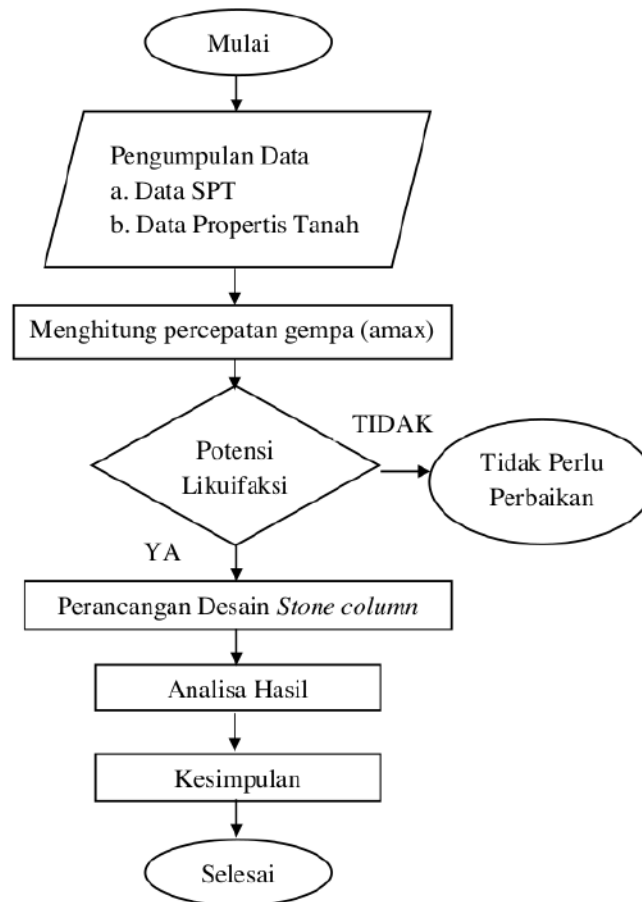
Nilai N-SPT tanah di antara stone column akan digunakan dalam perhitungan untuk menentukan Cyclic Resistance Ratio (CRR), yang kemudian akan digunakan untuk menghitung nilai tahanan tanah terhadap likuifaksi. Hal ini akan menghasilkan nilai FS' (faktor keamanan) setelah pemasangan stone column (Listiyanti et al., 2022)

## BAB 4

### 4. METODOLOGI PENELITIAN

#### 4.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini mengambil studi kasus pada proyek pembangunan Bethsaida Hospital Serang. Data yang diperlukan mencakup nilai N-SPT, profil tanah dari setiap lapisan, kedalaman muka air tanah, dan informasi tentang percepatan gempa. Penulis menyusun diagram metodologi penelitian sebagai berikut :



**Gambar 4.1** Flow Chart Penelitian Skripsi (Analisa Penulis)

Sumber: Analisis Penulis (2024)

3

#### 4.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan mengambil studi kasus pada proyek pembangunan Bethsaida Hospital Serang. Secara keseluruhan, penelitian ini menganalisis faktor keamanan terhadap likuifaksi yang dihasilkan dari data Standar Penetration Test (SPT).

Dalam penelitian ini peneliti hanya meninjau tanah yang berpotensi likuifaksi di Bethsaida Hospital Serang, lokasi yang dimaksud dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 4.2** Lokasi Penelitian

Sumber : Data Proyek (2024)

#### 4.3 Analisis Likuifaksi

Dalam analisis potensi likuifaksi, diperlukan suatu parameter untuk menentukan apakah likuifaksi dapat terjadi atau tidak. Parameter ini umumnya disebut sebagai faktor keamanan. Faktor keamanan  $< 1$  menyatakan bahwa tanah tersebut

mengalami likuifaksi, sedangkan faktor keamanan = 1 menyatakan bahwa kondisi kritis tanah menuju likuifaksi, dan faktor keamanan > 1 menyatakan bahwa potensi likuifaksi tidak terjadi.

Dalam analisis faktor keamanan, terdapat beberapa nilai yang perlu dievaluasi terlebih dahulu. Nilai-nilai tersebut meliputi CSR (*Cyclic Stress Ratio*) dan CRR (*Cyclic Resistance Ratio*), yang dinyatakan sebagai berikut :

$$FS = \frac{CRR}{CSR} \quad (4.1)$$

#### 4.3.1 Perhitungan Percepatan Gempa

Percepatan gempa ( $a_{max}$ ) adalah nilai maksimum percepatan tanah akibat getaran gempa. Metode untuk menentukan percepatan gempa dapat menggunakan perangkat lunak DEEPSOIL karena dapat memberikan nilai percepatan gempa yang lebih akurat untuk lokasi tertentu. Perangkat lunak DEEPSOIL digunakan untuk menghitung percepatan puncak tanah di permukaan dan mengevaluasi efek penguatan akibat stratifikasi tanah. Dengan menentukan frekuensi gempa di berbagai lokasi di wilayah tersebut (Alizadeh Mansouri & Dabiri, 2021). Data yang dibutuhkan oleh perangkat lunak DEEPSOIL termasuk data riwayat gempa di lokasi tersebut, profil tanah, dan data nilai N-SPT. Langkah-langkah dalam menjalankan perangkat lunak tersebut adalah sebagai berikut :

- Mempersiapkan data profil tanah, data gempa
- Memasukan profil tanah
- Memasukan data gempa
- Running data yang telah dimasukkan
- Menentukan nilai maksimum percepatan gempa ( $a_{max}$ )

#### 4.3.2 Menghitung Nilai *Cyclic Stress Ratio* (CSR)

- Menghitung tegangan total ( $\sigma$ ) dan tegangan efektif ( $\sigma'$ )

$$\sigma = \gamma \times h \quad (4.2)$$

untuk menentukan nilai tegangan efektif menggunakan rumus :

$$\sigma' = \gamma' \times h \quad (4.3)$$

- Menghitung koefisien tegangan reduksi ( $r_d$ )

Koefisien pengurangan tegangan ( $r_d$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan yang diberikan oleh Liao dan Whiteman (1986), sebagai berikut :

$$r_d = \frac{(1-0,4113z^{0,5}+0,04052z+0,001753z^{1,5})}{(1-0,4177z^{0,5}+0,05729z-0,006205z^{1,5}+0,001210z^2)} \quad (4.4)$$

dimana  $z$  merupakan nilai kedalaman tanah (m) yang ditinjau.

#### 4.3.3 Menghitung CSR

$$CSR = \left( \frac{\tau_{cyc}}{\sigma'} \right) = 0,65 \left( \frac{\sigma_{max}}{g} \right) \left( \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \right) r_d \quad (4.5)$$

#### 4.3.4 Menghitung Nilai *Cyclic Resistance Ratio* (CRR)

Menghitung nilai CRR dengan menggunakan data NSPT

- Menentukan nilai  $(N_1)_{60}$ .

Youd dan Idriss (2001) dan Cetin dll (2004) memberikan koreksi-koreksi untuk memperoleh nilai  $(N_1)_{60}$ :

$$(N_1)_{60} = N_m C_N C_E C_B C_R C_S \quad (4.6)$$

Dimana :

$N_m$  = Nilai  $N$  SPT yang diperoleh dari test lapangan

$C_N$  = Faktor normalisasi  $N_m$  terhadap tegangan overburden pada Umumnya

Karena nilai  $N$ -SPT meningkat seiring dengan peningkatan tegangan overburden efektif, diperlukan penggunaan faktor koreksi tegangan overburden (Seed dan Idriss, 1980). Faktor ini biasanya diterapkan dengan menggunakan persamaan yang diberikan oleh Seed dan Idriss (1982) :

$$C_N = \frac{2,2}{(1,2 + \frac{\sigma'_p}{p_a})} \quad (4.7)$$

$$C_E = 1$$

$$C_B = 1$$

$$C_R = 0,75$$

$$C_S = 1$$

$$(N_1)_{60} = N_m C_N C_E C_B C_R C_S \quad (4.8)$$

Nilai  $C_N$  seharusnya tidak melebihi 1,7, sedangkan untuk nilai faktor koreksi (normalisasi) dari *Standard penetration test* (SPT).

- b. Menghitung *magnitude scale factor*.

Untuk mencari nilai MSF digunakan rumus sebagai berikut :

$$MSF = \frac{10^{2.24}}{M_w^{2.56}} \quad (4.9)$$

Dimana  $M_w$  merupakan besaran magnitudo yang terjadi.

- c. Menentukan nilai  $CRR_{7.5}$ .

Menentukan nilai  $CRR$  pada besaran skala gempa ( $M_w$ ) 7.5 :

$$CRR_{7.5} = \left[ \frac{I}{34-x} + \frac{x}{135} + \frac{50}{(10x+45)^2} - \frac{I}{200} \right] \quad (4.10)$$

Dimana nilai  $x$  adalah  $N_{(60)}$

- d. Menghitung  $CRR_M$

Nilai  $CRR$  dapat dihitung dengan mengalikan nilai  $CRR_{7.5}$  dan  $MSF$

$$CRR_M = CRR_{7.5} \times MSF \quad (4.11)$$

#### 4.3.5 Menghitung Nilai Faktor Keamanan (FS)

Dalam analisis potensi terjadinya likuifaksi, penting untuk mengetahui faktor keamanan (FS), yang dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$FS = CRR/CSR \quad (4.12)$$

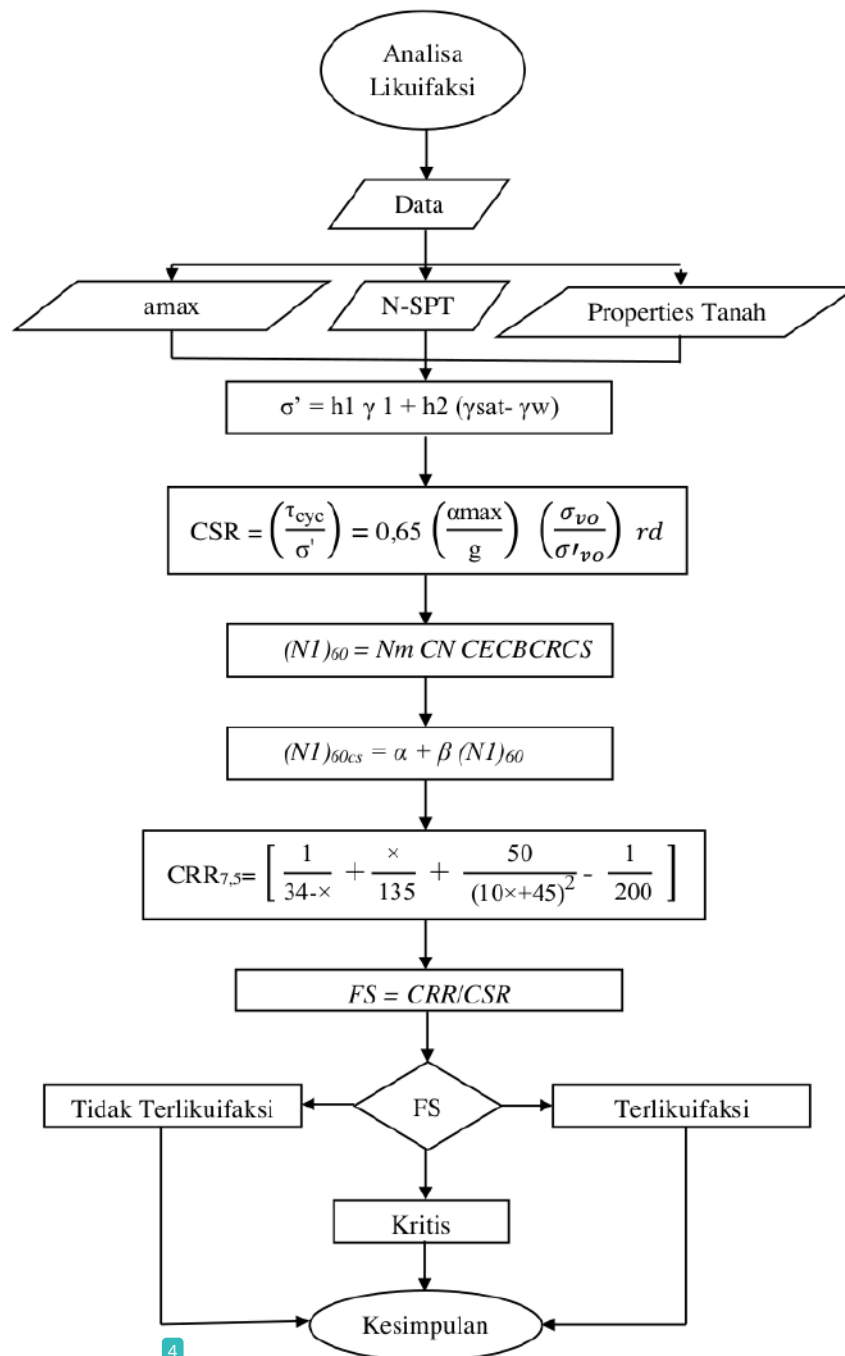
Apabila  $FS < 1$  (terjadi Likuifaksi)

Apabila  $FS = 1$  (kondisi kritis)

Apabila  $FS > 1$  (tidak terjadi Likuifaksi)

#### 4.3.6 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan nilai FS, pada tahap akhir adalah membuat kesimpulan. Jika nilai FS kurang dari 1, maka lapisan tanah tersebut mengalami likuifaksi. Sebaliknya, jika nilai FS lebih dari 1, lapisan tanah tersebut dianggap aman dari potensi likuifaksi.



**Gambar 4.3** Diagram Alir Perhitungan Likuifaksi

Sumber : Analisis Penulis (2024)

#### 4.4 Perhitungan *Stone column*

Setelah dilakukan evaluasi potensi likuifaksi pada daerah studi kasus apabila daerah tersebut tidak berpotensi likuifaksi ( $FS = 1$  atau  $FS > 1$ ) maka tidak perlu dilakukan perbaikan tanah sedangkan apabila daerah tersebut berpotensi likuifaksi ( $FS < 1$ ) maka perlu dilakukan perbaikan tanah agar potensi likuifaksi dapat ditanggulangi. Adapun tahapan untuk menganalisa perbaikan tanah dengan metode *stone column* yaitu sebagai berikut :

a. Membuat rencana desain *stone column*

Dalam membuat rencana desain *stone column* kita perlu menentukan diameter (D) dan spasi (s), semakin besar jarak antar *stone column* maka area *replacement ratio* akan semakin kecil sedangkan semakin besar diameter *stone column* maka area *replacement ratio* akan semakin besar. Pola pemasangan segitiga menghasilkan bentuk segienam pada penampang unit cell, sedangkan pola persegi menghasilkan bentuk bujur sangkar. Kedua bentuk penampang tersebut dapat didekati dengan bentuk lingkaran yang memiliki diameter ekuivalen sebesar 1,05s untuk pola segitiga dan 1,13s untuk pola persegi, di mana s adalah jarak antar *stone column*. Pola pemasangan *stone column* ada pola segitiga dan persegi. Dari segi keefektifan lebih efektif menggunakan pola segitiga. Dalam konstruksi pelaksanaannya pola segi empat lebih mudah pemasangan di lapangan sedangkan pola segitiga lebih stabil dan seragam penurunan tanahnya (Fajarwati & Kusuma, 2021).

b. Menghitung  $A_c/A$

$$\frac{A_c}{A} = \frac{I}{\frac{A}{A_c} + \frac{\Delta A}{A_c}} \quad (4.11)$$

c. Menghitung nilai *basic improvement factor* ( $n_0$ ) untuk menghitung nilai *basic improvement factor* dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$n_0 = 1 + \frac{A_c}{A} \left[ \frac{5 - \frac{A_c}{A}}{4K_{ac} (1 - \frac{A_c}{A})} - 1 \right] \quad (4.12)$$

d. Menentukan nilai  $\Delta A/A_c$  Untuk menentukan nilai  $\Delta A/A_c$  dapat dicari dengan menggunakan rasio diameter ekuivalen ( $D_e$ ) dibandingkan dengan diameter *stone column* ( $D_s$ ) melalui grafik kompresibilitas *stone column*.

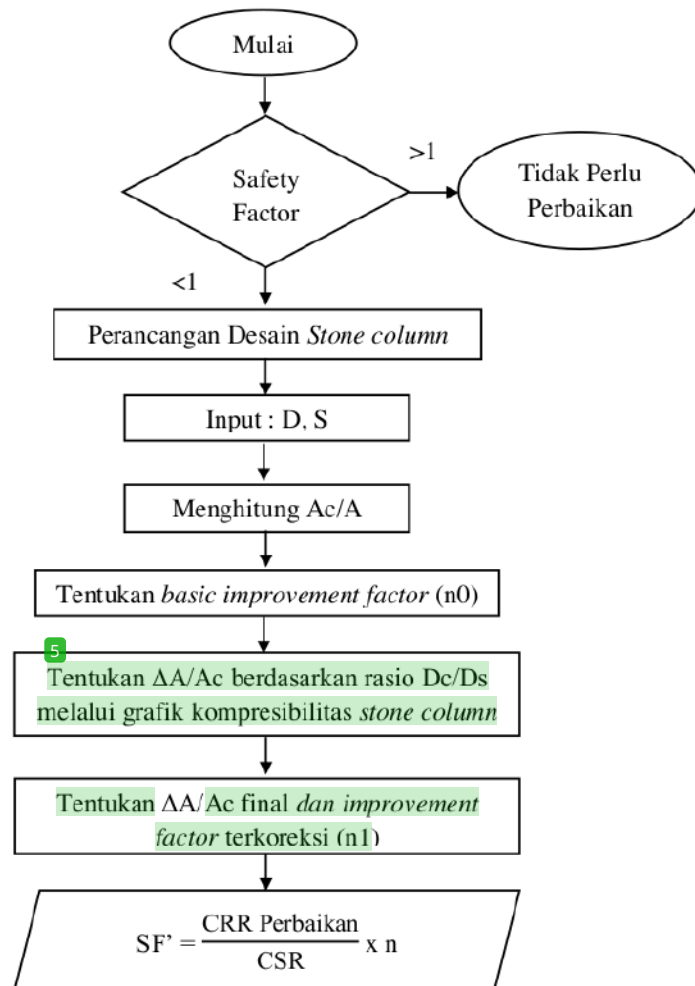
- e. Menghitung *basic improvement factor* terkoreksi ( $n_1$ )

Untuk menghitung nilai *basic improvement factor* terkoreksi ( $n_1$ ) dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$n_1 = 1 + \frac{A_c}{A} \left[ \frac{5 - \frac{A_c}{A}}{4K_{ac} (1 - \frac{A_c}{A})} - 1 \right] \quad (4.13)$$

- f. Menghitung faktor keselamatan setelah pemasangan *stone column*

$$SF' = \frac{\text{CRR Perbaikan}}{\text{CSR}} \times n \quad (4.14)$$



**Gambar 4.4** Diagram Alir Perhitungan *Stone column*

Sumber: Analisis Penulis (2024)

4.5 Jadwal Penelitian

Berdasarkan jadwal penulis yang sudah direncanakan dan dilaksanakan sebagai berikut :

Tabel 4.1 Estimasi Waktu Penelitian

| No | Kegiatan                  | Oktober |   |   |   | November |   |   |   | Desember |   |   |   | Januari |   |   |   | Februari |   |   |   | Maret |   |   |   | April |   |   |   | Mei |   |   |   | Juni |   |   |   |
|----|---------------------------|---------|---|---|---|----------|---|---|---|----------|---|---|---|---------|---|---|---|----------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-----|---|---|---|------|---|---|---|
|    |                           | 1       | 2 | 3 | 4 | 1        | 2 | 3 | 4 | 1        | 2 | 3 | 4 | 1       | 2 | 3 | 4 | 1        | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 | 1   | 2 | 3 | 4 | 1    | 2 | 3 | 4 |
| 1  | Perenutan Judul           |         |   |   |   |          |   |   |   |          |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |
| 2  | Pengumpulan data          |         |   |   |   |          |   |   |   |          |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |
| 3  | Pembuatan Proposal        |         |   |   |   |          |   |   |   |          |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |
| 4  | Seminar Proposal          |         |   |   |   |          |   |   |   |          |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |
| 5  | Pengolahan Data           |         |   |   |   |          |   |   |   |          |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |
| 6  | Pembuatan Laporan         |         |   |   |   |          |   |   |   |          |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |
| 7  | Seminar Hasil             |         |   |   |   |          |   |   |   |          |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |
| 8  | Revisi Skripsi            |         |   |   |   |          |   |   |   |          |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |
| 9  | Sidang Akhir              |         |   |   |   |          |   |   |   |          |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |
| 10 | Revisi Finalisasi Skripsi |         |   |   |   |          |   |   |   |          |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |

Sumber : Hasil Analisis (2024)

Keterangan :

Rencana      Aktual

## BAB 5

3

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Umum

Dalam Bab pembahasan ini, fokus akan diberikan pada analisa potensi likuifaksi berdasarkan data SPT serta alternatif perbaikannya menggunakan metode *Stone Column*. Langkah-langkah analisis akan diuraikan secara terperinci, disertai dengan interpretasi hasil dan implikasinya terhadap penelitian ini. Perhitungan pada bab ini hanya dipaparkan contoh perhitungan pada titik DB-01 namun keseluruhan analisa semua titik tetap dipaparkan. Data yang dibutuhkan untuk menganalisa potensi likuifaksi antara lain yaitu data N-SPT, muka air tanah, profil tanah, dan percepatan gempa.

5

Langkah awal dalam menganalisis likuifaksi adalah menentukan apakah tanah tersebut rentan terhadap likuifaksi. Hal ini dilakukan dengan mencari nilai CSR dan CRR, lalu membandingkan kedua nilai tersebut untuk mendapatkan nilai faktor keamanan (FS). Berdasarkan data FS ini, dapat disimpulkan apakah lapisan tanah tersebut aman atau tidak dari potensi likuifaksi.

4

#### 5.2 Pengumpulan Data Parameter Tanah

Tahap pengumpulan data adalah langkah penting untuk menentukan penyelesaian masalah secara ilmiah. Data yang dikumpulkan mencakup data primer dan data sekunder.

82

Bagian ini membahas proses pengumpulan data parameter tanah yang merupakan tahap krusial dalam penelitian ini. Pengumpulan data dilakukan dengan cermat untuk memperoleh informasi yang akurat dan relevan terkait karakteristik tanah di lokasi studi.

48

Berdasarkan hasil pengujian di lapangan menggunakan SPT (*Standard Penetration Test*) didapatkan nilai N-SPT per lapisan tanah secara vertikal dan untuk menentukan hubungan antara N-SPT dengan konsistensi tanah pasir dan lempung dapat dilihat berdasarkan Tabel 5.1 dan Tabel 5.2

2

23

**Tabel 5.1** Hubungan N-SPT Dengan Konsistensi Tanah Pasir

| Consistency | Relative Density (%) | N-SPT (blows per ft) | Angle of Internal Friction (deg) | Unit Weight |                 |
|-------------|----------------------|----------------------|----------------------------------|-------------|-----------------|
|             |                      |                      |                                  | Moist (psf) | Submerged (psf) |
| Very loose  | 0 - 15               | 0 - 4                | < 28                             | < 100       | < 60            |
| Loose       | 16 - 35              | 5 - 10               | 28 - 30                          | 95 - 125    | 55 - 65         |
| Medium      | 36 - 65              | 11 - 30              | 31 - 36                          | 110 - 130   | 60 - 70         |
| Dense       | 66 - 85              | 31 - 50              | 37 - 41                          | 110 - 140   | 65 - 85         |
| Very dense  | 86 - 100             | > 51                 | > 41                             | > 130       | > 75            |

Sumber : Mayerhoff, 1956

**Tabel 5.2** Hubungan N-SPT Dengan Konsistensi Tanah Lempung

| Consistency | Unconfined Compression Strength, $q_u$ (KN/m <sup>2</sup> ) | N-SPT (blows per ft) | Saturated Unit Weight (KN/M <sup>3</sup> ) |
|-------------|-------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------|
| Very Soft   | 0 - 25                                                      | 0 - 2                | < 16                                       |
| Soft        | 25 - 50                                                     | 2 - 4                | 16 - 19                                    |
| Medium      | 50 - 100                                                    | 4 - 8                | 17 - 20                                    |
| Stiff       | 100 - 200                                                   | 8 - 15               | 18 - 20                                    |
| Very Stiff  | 200 - 400                                                   | 15 - 30              | 19 - 22                                    |
| Hard        | > 400                                                       | > 30                 | > 20                                       |

Sumber : Terzaghi & Peck, 1967

**Tabel 5.3** Karakteristik N-SPT DB-01

| Borehole Log DB-01 Bethesda Hospital Serang |             |         |               |                 |             |       |
|---------------------------------------------|-------------|---------|---------------|-----------------|-------------|-------|
| Layer                                       | Elevasi (m) | MAT (m) | Kondisi Tanah | Tebal Tanah (m) | Jenis Tanah | N-SPT |
| 1                                           | 1           | 8       | Tidak Jenuh   | 1               | Batu        | 50    |
| 2                                           | 2           |         | Tidak Jenuh   | 1               | Lempung     | 3     |
| 3                                           | 4           |         | Tidak Jenuh   | 2               | Lempung     | 10    |
| 4                                           | 6           |         | Tidak Jenuh   | 2               | Lanau       | 37    |
| 5                                           | 8           |         | Tidak Jenuh   | 2               | Pasir       | 50    |
| 6                                           | 10          |         | Jenuh         | 2               | Pasir       | 50    |
| 7                                           | 12          |         | Jenuh         | 2               | Pasir       | 50    |
| 8                                           | 14          |         | Jenuh         | 2               | Pasir       | 50    |
| 9                                           | 16          |         | Jenuh         | 2               | Pasir       | 50    |
| 10                                          | 18          |         | Jenuh         | 2               | Pasir       | 50    |

| Borehole Log DB-01 Bethesda Hospital Serang |                |            |               |                    |             |       |
|---------------------------------------------|----------------|------------|---------------|--------------------|-------------|-------|
| Layer                                       | Elevasi<br>(m) | MAT<br>(m) | Kondisi Tanah | Tebal Tanah<br>(m) | Jenis Tanah | N-SPT |
| 11                                          | 20             | 8          | Jenuh         | 2                  | Pasir       | 50    |
| 12                                          | 22             |            | Jenuh         | 2                  | Pasir       | 50    |
| 13                                          | 24             |            | Jenuh         | 2                  | Pasir       | 50    |
| 14                                          | 26             |            | Jenuh         | 2                  | Pasir       | 50    |
| 15                                          | 28             |            | Jenuh         | 2                  | Pasir       | 50    |
| 16                                          | 30             |            | Jenuh         | 2                  | Lanau       | 50    |
| 17                                          | 32             |            | Jenuh         | 2                  | Lanau       | 50    |
| 18                                          | 34             |            | Jenuh         | 2                  | Lanau       | 38    |
| 19                                          | 36             |            | Jenuh         | 2                  | Lanau       | 47    |
| 20                                          | 38             |            | Jenuh         | 2                  | Lanau       | 50    |
| 21                                          | 40             |            | Jenuh         | 2                  | Lanau       | 50    |

Sumber : PT Totalindo Eka Persada Tbk

Adapun untuk menentukan berat volume dengan korelasi nilai N-SPT dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan Tabel 5.5

**Tabel 5.4** Korelasi Empiris antara Nilai N-SPT dengan Kekuatan Tekan Bebas dan Berat Jenis untuk Tanah Kohesif

| N SPT<br>(blows/ft) | Konsistensi | $q_u$<br>(Unconfined Compressive<br>Strength)<br>tons / ft <sup>2</sup> | $\gamma_{sat}$<br>kN/ m <sup>3</sup> |
|---------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| < 2                 | Very soft   | < 0,25                                                                  | 16 – 19                              |
| 2 – 4               | Soft        | 0,25 – 0,50                                                             | 16 – 19                              |
| 4 – 8               | Medium      | 0,50 – 1,00                                                             | 17 – 20                              |
| 8 – 15              | Stiff       | 1,00 – 2,00                                                             | 19 – 22                              |
| 15 – 30             | Very stiff  | 2,00 – 4,00                                                             | 19 – 22                              |
| > 30                | Hard        | > 4,00                                                                  | 19 – 22                              |

Sumber : Soil Mechanics, Lambe & Whitman, from Terzaghi and Peck 1948, Internasional Edition 1969

**Tabel 5.5** Korelasi N-SPT dengan Berat Volume

| SPT Penetration, N-Value<br>(blows/ foot) | $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )<br>Range |        |
|-------------------------------------------|----------------------------------------|--------|
| 0 - 4                                     | 10.997                                 | 15.710 |
| 4 - 10                                    | 14.139                                 | 18.067 |
| 10 - 30                                   | 17.281                                 | 20.423 |
| 30 - 50                                   | 17.281                                 | 21.994 |
| >50                                       | 20.423                                 | 23.565 |

Sumber : Bowles, 1996

**Tabel 5.6 Berat Volume pada DB-01**

| Borehole Log DB-01 Bethesda Hospital Serang |                |            |                                                                                              |       |                                  |
|---------------------------------------------|----------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------------------------|
| Layer                                       | Elevasi<br>(m) | MAT<br>(m) | Deskripsi Tanah                                                                              | N-SPT | $\gamma$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
| 1                                           | 1              | 8          | Batu                                                                                         | 50    | 23.565                           |
| 2                                           | 2              |            | Lempung Berlumpur, Coklat Tua, Lembab, Plastisitas Rendah                                    | 3     | 15.710                           |
| 3                                           | 4              |            | Lempung Berlumpur, Coklat Keabu-abuan, Lunak Lembab, Plastisitas Tinggi                      | 10    | 18.067                           |
| 4                                           | 6              |            | Lempung Berlumpur, Coklat Keabu-abuan, Lunak Lembab, Plastisitas Tinggi                      | 37    | 21.994                           |
| 5                                           | 8              |            | Pasir Tersemen Berwarna Keputihan, Abu-Abu Kekuningan, Basah, Sangat Padat, Bergradasi       | 50    | 23.565                           |
| 6                                           | 10             |            | Bunuk                                                                                        | 50    | 23.565                           |
| 7                                           | 12             |            | Pasir Tersemen Berwarna Keputihan, Abu-Abu Kekuningan, Basah, Sangat Padat, Bergradasi Bunuk | 50    | 23.565                           |
| 8                                           | 14             |            |                                                                                              | 50    | 23.565                           |
| 9                                           | 16             |            |                                                                                              | 50    | 23.565                           |
| 10                                          | 18             |            |                                                                                              | 50    | 23.565                           |
| 11                                          | 20             |            |                                                                                              | 50    | 23.565                           |
| 12                                          | 22             |            |                                                                                              | 50    | 23.565                           |
| 13                                          | 24             |            |                                                                                              | 50    | 23.565                           |
| 14                                          | 26             |            |                                                                                              | 50    | 23.565                           |
| 15                                          | 28             |            |                                                                                              | 50    | 23.565                           |
| 16                                          | 30             |            | Lanau Berpasir Abu-Abu, Lembab, Keras, Plastisitas Rendah                                    | 50    | 23.565                           |
| 17                                          | 32             |            | Lanau Berpasir, Abu-Abu Kecoklatan Keputihan, Lembab, Keras, Plastisitas Rendah              | 50    | 23.565                           |
| 18                                          | 34             |            |                                                                                              | 38    | 21.994                           |
| 19                                          | 36             |            |                                                                                              | 47    | 21.994                           |
| 20                                          | 38             |            | Lanau Tersementasi Berwarna Coklat Keabu-Abuan, Lembab, Keras, Plastisitas Rendah            | 50    | 23.565                           |
| 21                                          | 40             |            |                                                                                              | 50    | 23.565                           |

Sumber : Hasil Analisis, 2024

Selanjutnya yaitu mencari nilai *shear wave velocity* ( $V_s$ ). Nilai  $V_s$  (m/s) didapatkan dari rumus korelasi dengan N-SPT sebagai berikut :

$$V_s = 97(N-SPT)^{0.314}$$

Nilai *shear wave velocity* ( $V_s$ ) pada layer 5

$$N-SPT = 50$$

$$\begin{aligned}
 V_{s\text{Layer}10} &= 97(N-SPT)^{0.314} \\
 &= 97(50)^{0.314} \\
 &= 331,321 \text{ m/s} \\
 &= 1087,010 \text{ ft/s}
 \end{aligned}$$

Nilai *shear wave velocity* (Vs) pada layer 16

$$\begin{aligned} \text{N-SPT} &= 30 \\ V_{s\text{Layer10}} &= 97(\text{N-SPT})^{0.314} \\ &= 97(30)^{0.314} \\ &= 331,321 \text{ m/s} \\ &= 1087,010 \text{ ft/s} \end{aligned}$$

Nilai *shear wave velocity* (Vs) pada layer 17

$$\begin{aligned} \text{N-SPT} &= 32 \\ V_{s\text{Layer10}} &= 97(\text{N-SPT})^{0.314} \\ &= 97(32)^{0.314} \\ &= 331,321 \text{ m/s} \\ &= 1087,010 \text{ ft/s} \end{aligned}$$

Nilai *shear wave velocity* (Vs) pada layer 18

$$\begin{aligned} \text{N-SPT} &= 34 \\ V_{s\text{Layer10}} &= 97(\text{N-SPT})^{0.314} \\ &= 97(34)^{0.314} \\ &= 303,965 \text{ m/s} \\ &= 997,261 \text{ ft/s} \end{aligned}$$

Nilai *shear wave velocity* (Vs) pada layer 19

$$\begin{aligned} \text{N-SPT} &= 36 \\ V_{s\text{Layer10}} &= 97(\text{N-SPT})^{0.314} \\ &= 97(36)^{0.314} \\ &= 324,945 \text{ m/s} \\ &= 1066,094 \text{ ft/s} \end{aligned}$$

Nilai *shear wave velocity* (Vs) pada layer 20

$$\begin{aligned} \text{N-SPT} &= 38 \\ V_{s\text{Layer10}} &= 97(\text{N-SPT})^{0.314} \\ &= 97(38)^{0.314} \\ &= 331,321 \text{ m/s} \\ &= 1087,010 \text{ ft/s} \end{aligned}$$

Nilai *shear wave velocity* ( $V_s$ ) pada layer 21

$$N\text{-SPT} = 40$$

$$V_{s\text{Layer10}} = 97(N\text{-SPT})^{0.314}$$

$$= 97(40)^{0.314}$$

$$= 331,321 \text{ m/s}$$

$$= 1087,010 \text{ ft/s}$$

**Tabel 5.7** *Shear wave velocity* DB-01

| <i>Shear wave velocity</i> ( $V_s$ ) DB-01 |       |         |          |
|--------------------------------------------|-------|---------|----------|
| Depth                                      | N-SPT | $V_s$   | $V_s$    |
|                                            |       | (m/s)   | ft/s     |
| 1                                          | 50    | 331.321 | 1087.010 |
| 2                                          | 3     | 136.958 | 449.338  |
| 4                                          | 10    | 199.881 | 655.778  |
| 6                                          | 37    | 301.430 | 988.945  |
| 8                                          | 50    | 331.321 | 1087.010 |
| 10                                         | 50    | 331.321 | 1087.010 |
| 12                                         | 50    | 331.321 | 1087.010 |
| 14                                         | 50    | 331.321 | 1087.010 |
| 16                                         | 50    | 331.321 | 1087.010 |
| 18                                         | 50    | 331.321 | 1087.010 |
| 20                                         | 50    | 331.321 | 1087.010 |
| 22                                         | 50    | 331.321 | 1087.010 |
| 24                                         | 50    | 331.321 | 1087.010 |
| 26                                         | 50    | 331.321 | 1087.010 |
| 28                                         | 50    | 331.321 | 1087.010 |
| 30                                         | 50    | 331.321 | 1087.010 |
| 32                                         | 50    | 331.321 | 1087.010 |
| 34                                         | 38    | 303.965 | 997.261  |
| 36                                         | 47    | 324.945 | 1066.094 |
| 38                                         | 50    | 331.321 | 1087.010 |
| 40                                         | 50    | 331.321 | 1087.010 |

Sumber : Hasil Analisis, 2024

### 5.3 Motion Gempa Sintetik

Dalam analisis nilai percepatan gempa di permukaan, ditemukan variasi yang signifikan di berbagai lokasi, yang mempengaruhi secara langsung respons struktural dan kerentanan masyarakat terhadap guncangan gempa. Data gempa

yang diperlukan yaitu data riwayat gempa, PGA,  $\Delta T$ . Riwayat gempa di dapatkan melalui website PEER *Strong Motion Database* menggunakan data kejadian gempa Borrego Mountain pada tahun 1968. Database ini menyediakan kumpulan data gerakan tanah dari berbagai kejadian gempa di seluruh dunia, memungkinkan para peneliti untuk menganalisis pola, intensitas, dan dampak gempa secara lebih mendalam.

Karena tidak tersedia rekaman gempa dengan magnitudo dan jarak yang sama dengan gempa yang ditentukan, maka perlu dicari rekaman percepatan seismik yang karakteristiknya sesuai dengan karakteristik gempa dominan di lokasi yang ditinjau. *Ground motion* yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari pencatatan *accelerogram* alami yang memenuhi kriteria jarak dan magnitudo gempa di wilayah Cilegon.

**Gambar 5.1** Input Data Kejadian Gempa

Sumber : PEER *Ground motion*, 2024

| Event       | Year | Station                    | Mag  | Mechanism   | Rjb(km) | Rrup(km) | Vs30(m/s) | Lowest useable freq (Hz) | Initial-Search SF | H1 Acc. File Name |
|-------------|------|----------------------------|------|-------------|---------|----------|-----------|--------------------------|-------------------|-------------------|
| Borrego Mtn | 1968 | San Onofre - So Cal Edison | 6.53 | strike slip | 129.11  | 129.11   | 442.88    | 0.1625                   | 1.0               | BORREGO_SON033.AT |

**Gambar 5.2** Data Kejadian Gempa

Sumber : PEER *Ground motion*, 2024

Langkah berikutnya adalah menganalisis respon spektrum yang nantinya dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan nilai percepatan dan amax. Untuk

3 mendapatkan respon spektrum dengan cepat, dapat dilakukan dengan menginput lokasi kajian ke dalam desain spektra Indonesia, dan hasilnya bisa dibandingkan dengan analisis manual yang telah dibuat. Grafik respon spektrum menggunakan desain spektra Indonesia dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut.

Jenis Input:

Nama Kota ▼

Kota:

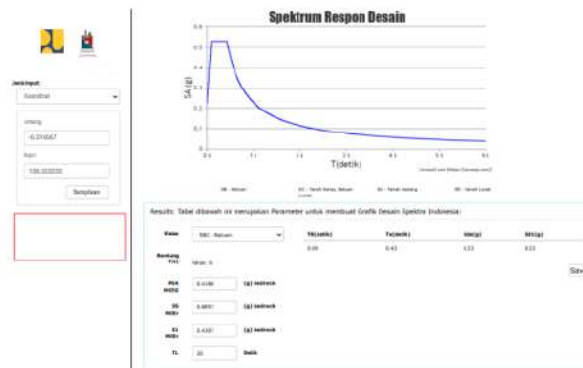
Cilegon ▼

Tampilkan



Gambar 5.3 Input Nama Kota yang Ditinjau

Sumber : rsa.ciptakarya.pu.go.id



3 Gambar 5.4 Grafik Respon Spektrum

Sumber : rsa.ciptakarya.pu.go.id

Setelah menginput koordinat maka akan dihasilkan grafik respon spektrum, berikut hasil dari perhitungan grafik respon spektrum melalui desain spektra Indonesia.

$$PGA = 0,4188 \text{ g}$$

$$SS = 0,8857 \text{ g}$$

$$S1 = 0,4307 \text{ g}$$

$T_L = 20$  detik  
 $T_0 = 0,09$  detik  
 $T_s = 0,43$  detik  
 $S_{ds} = 0,53$  g  
 $S_{d1} = 0,23$  g

#### 5.4 Nilai Percepatan Gempa Maksimum di Permukaan

Percepatan maksimum atau *Peak Ground Acceleration* (PGA) adalah nilai percepatan tanah tertinggi yang terjadi di permukaan suatu wilayah dalam periode waktu tertentu akibat getaran gempa bumi (Massinai et al., 2016). Analisis ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak DeepSoil, dengan menginput data percepatan pada batuan dasar (*ground motion*) sintetik serta data properti tanah.

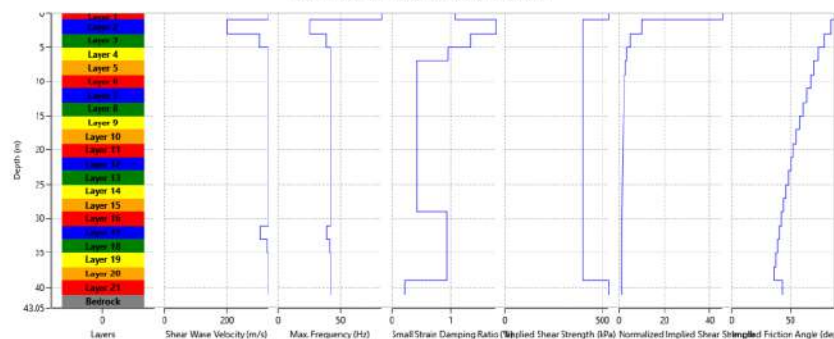
Adapun langkah-langkah menggunakan *software DeepSoil* sebagai berikut:

- Memasukan data profil tanah

| Parameter                        | Value   |
|----------------------------------|---------|
| Thickness (m)                    | 1       |
| Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> ) | 23.565  |
| Shear Wave Velocity              | 331.321 |
| Effective Vertical Stress        | 11.7825 |
| Shear Strength (kPa)             | 558.979 |

**Gambar 5.5** Input Data Profil Tanah DB-01

Sumber : Hasil Analisis, 2024



**Gambar 5.6** Soil Profile Plot pada DB-01

Sumber : Hasil Analisis, 2024

b. Memasukan data riwayat gempa

```

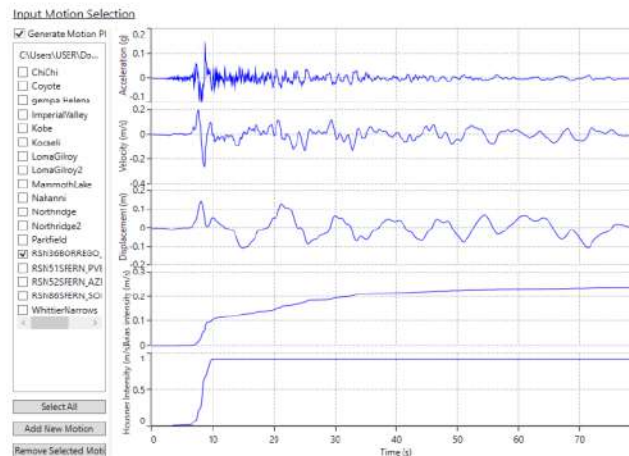
Line[1]: PEER NGA STRONG MOTION DATABASE RECORD
Line[2]: Borrego Mtn, 4/9/1968, San Onofre - So Cal Edison, 33
Line[3]: ACCELERATION TIME SERIES IN UNITS OF G
Line[4]: NPTS= 9041, DT= .0050 SEC,
Line[5]: -.1179558E-03 -.1179976E-03 -.1180434E-03 -.1180875E-03 -.1181336E-03
Line[6]: -.1181768E-03 -.1182207E-03 -.1182631E-03 -.1183048E-03 -.1183434E-03
Line[7]: -.1183831E-03 -.1184168E-03 -.1184463E-03 -.1184646E-03 -.1184719E-03
Line[8]: -.1184606E-03 -.1184293E-03 -.1183828E-03 -.1183459E-03 -.1183413E-03
Line[9]: -.1183991E-03 -.1185326E-03 -.1187556E-03 -.1190789E-03 -.1195246E-03
Line[10]: -.1201110E-03 -.1208715E-03 -.1218335E-03 -.1230361E-03 -.1245010E-03
Line[11]: -.1262323E-03 -.1282113E-03 -.1302346E-03 -.1319454E-03 -.1330854E-03
Line[12]: -.1335345E-03 -.1333358E-03 -.1326002E-03 -.1314669E-03 -.1299457E-03
Line[13]: -.1279401E-03 -.1252889E-03 -.1218467E-03 -.1174711E-03 -.1120878E-03
Line[14]: -.1058177E-03 -.9970021E-04 -.9520254E-04 -.9327079E-04 -.9410600E-04
Line[15]: -.9728278E-04 -.1020702E-03 -.1077682E-03 -.1139045E-03 -.1203521E-03
Line[16]: -.1271266E-03 -.1342498E-03 -.1417684E-03 -.1498334E-03 -.1584254E-03
Line[17]: -.1671263E-03 -.1753665E-03 -.1828901E-03 -.1897318E-03 -.1962334E-03
Line[18]: -.2027752E-03 -.2097589E-03 -.2173900E-03 -.2257591E-03 -.2336533E-03
Line[19]: -.2388775E-03 -.2397047E-03 -.2356272E-03 -.2271582E-03 -.2153989E-03
Line[20]: -.1994115E-03 -.1753536E-03 -.1393127E-03 -.8960777E-04 -.2685808E-04
Line[21]: .4480033E-04 .1191757E-03 .1916353E-03 .2605291E-03 .3268560E-03
Line[22]: .3876108E-03 .4351870E-03 .4645856E-03 .4752390E-03 .4708037E-03
Line[23]: .4520191E-03 .4170251E-03 .3652287E-03 .2979912E-03 .2177206E-03
Line[24]: .1272694E-03 .2888724E-04 .6872005E-04 .1514903E-03 .2061154E-03
Line[25]: -.2254790E-03 -.2120479E-03 -.1747104E-03 -.1245791E-03 -.7051757E-04
Line[26]: -.1709663E-04 .3486687E-04 .8726054E-04 .1427192E-03 .2033713E-03
Line[27]: .2583659E-03 .2862777E-03 .2718505E-03 .2121318E-03 .1164132E-03

```

**Gambar 5.7** Input Data Riwayat Gempa

Sumber : Hasil Analisis,2024

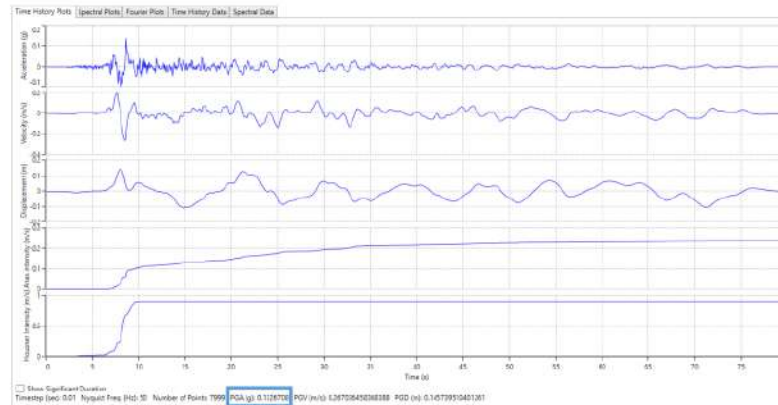
c. Memproses data gempa yang telah diinput



**Gambar 5.8** Proses Data Gempa

Sumber : Hasil Analisis,2024

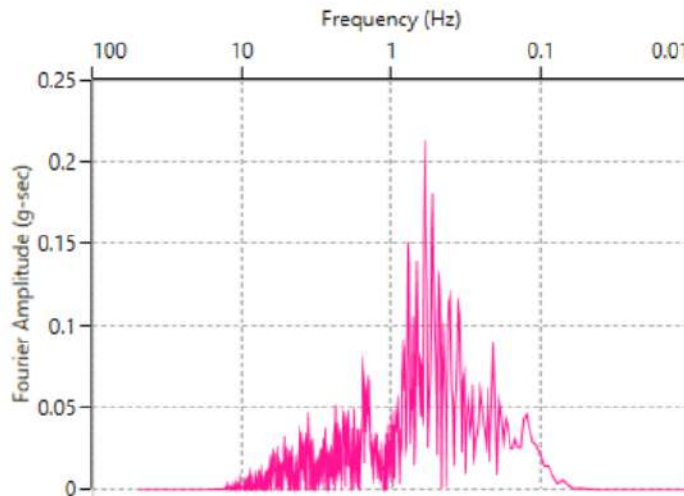
d. Percepatan gempa maksimum hasil dari proses output



**Gambar 5.9** Percepatan Gempa Maksimum (amax)

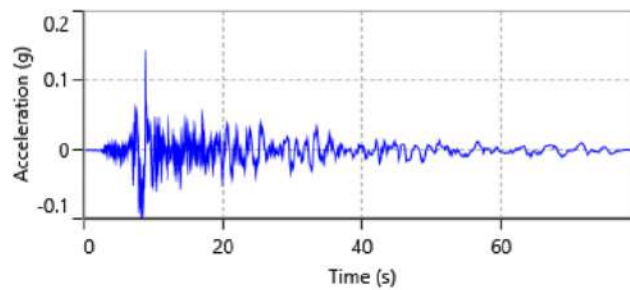
Sumber : Hasil Analisis,2024

20 Berdasarkan hasil analisa didapatkan nilai PGAdi DB-01 sebesar 0,1326708 g. Berdasarkan hasil output analisa *DeepSoil* didapatkan nilai amplifikasi nilai percepatan gempa di batuan dasar sampai di permukaan tanah, respon spectra percepatan, respon spectra kecepatan dan respon spectra pergerakan di permukaan tanah.



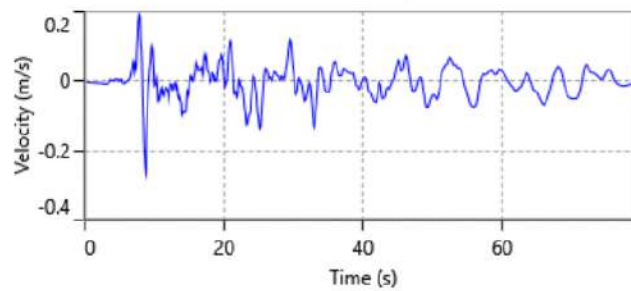
**Gambar 5.10** Faktor Amplifikasi DB-01

Sumber : Hasil Analisis,2024



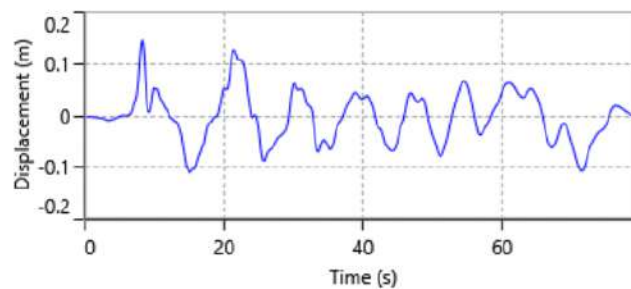
**Gambar 5.11** Acceleration DB-01

Sumber : Hasil Analisis,2024



**Gambar 5.12** Velocity DB-01

Sumber : Hasil Analisis,2024



**Gambar 5.13** Displacement DB-01

Sumber : Hasil Analisis,2024

### 5.5 Analisis Potensi Likuifaksi

Likuifaksi adalah fenomena di mana tanah jenuh kehilangannya dengan cepat akibat getaran gempa bumi, yang menyebabkan peningkatan tekanan air dan penurunan daya ikat dalam lapisan tanah. Potensi likuifaksi dapat diidentifikasi menggunakan data laboratorium atau data lapangan, salah satunya adalah data SPT.

### 5.6 Analisis Data SPT

Perhitungan analisis likuifaksi menggunakan data SPT memerlukan bantuan perangkat lunak yaitu Microsoft Excel, yang nantinya akan digunakan untuk membuat grafik guna mempermudah analisis potensi likuifaksi pada tanah tersebut.

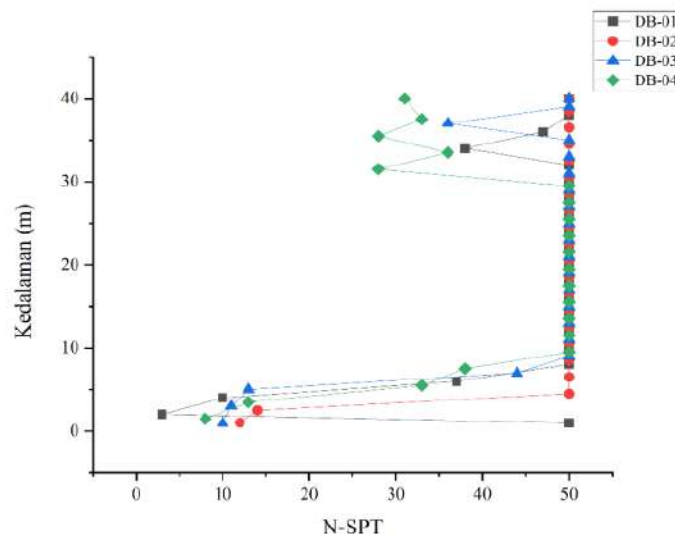
Kedalaman Lapisan : 40 meter

Percepatan gravitasi :  $9,81 \text{ m/s}^2$

Berat volume air ( $\gamma_w$ ) :  $9,81 \text{ kN/m}^3$

Adapun grafik hubungan antara nilai N-SPT dengan kedalaman dapat dilihat pada

**Gambar 5.14**



**Gambar 5.14** Grafik Hubungan Nilai N-SPT dengan Kedalaman

Sumber : Hasil Analisis, 2024

a. Menghitung Percepatan Gempa Maksimum di Permukaan ( $a_{max}$ )

Didapatkan hasil analisis percepatan gempa maksimum ( $a_{max}$ ) menggunakan software *DeepSoil* yaitu sebesar  $0,1326708 \text{ g}$ .

b. Menghitung Berat Isi Tanah Kering

1) Nilai *dry density* pada layer 5

$$\begin{aligned}\gamma' &= \gamma - \gamma_{\text{water}} \\ &= 23,565 - 9,81\end{aligned}$$

$$= 13,755 \text{ kN/m}^3$$

2) Nilai *dry density* pada layer 16

$$\begin{aligned}\gamma' &= \gamma - \gamma_{\text{water}} \\ &= 23,565 - 9,81 \\ &= 13,755 \text{ kN/m}^3\end{aligned}$$

3) Nilai *dry density* pada layer 17

$$\begin{aligned}\gamma' &= \gamma - \gamma_{\text{water}} \\ &= 23,565 - 9,81 \\ &= 13,755 \text{ kN/m}^3\end{aligned}$$

4) Nilai *dry density* pada layer 18

$$\begin{aligned}\gamma' &= \gamma - \gamma_{\text{water}} \\ &= 21,994 - 9,81 \\ &= 12,184 \text{ kN/m}^3\end{aligned}$$

5) Nilai *dry density* pada layer 19

$$\begin{aligned}\gamma' &= \gamma - \gamma_{\text{water}} \\ &= 12,184 - 9,81 \\ &= 12,184 \text{ kN/m}^3\end{aligned}$$

6) Nilai *dry density* pada layer 20

$$\begin{aligned}\gamma' &= \gamma - \gamma_{\text{water}} \\ &= 23,565 - 9,81 \\ &= 13,755 \text{ kN/m}^3\end{aligned}$$

7) Nilai *dry density* pada layer 21

$$\begin{aligned}\gamma' &= \gamma - \gamma_{\text{water}} \\ &= 23,565 - 9,81 \\ &= 13,755 \text{ kN/m}^3\end{aligned}$$

c. Menghitung Tegangan Efektif

1) Nilai tegangan efektif pada layer 5

$$\begin{aligned}\sigma' &= \gamma' \times h \\ &= 13,755 \times 8 \\ &= 110,04 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

2) Nilai tegangan efektif pada layer 16

$$\sigma' = \gamma' \times h$$

$$= 13,755 \times 30$$

$$= 412,65 \text{ kN/m}^2$$

3) Nilai tegangan efektif pada layer 17

$$\sigma' = \gamma' \times h$$

$$= 13,755 \times 32$$

$$= 440,16 \text{ kN/m}^2$$

4) Nilai tegangan efektif pada layer 18

$$\sigma' = \gamma' \times h$$

$$= 13,755 \times 34$$

$$= 414,25 \text{ kN/m}^2$$

5) Nilai tegangan efektif pada layer 19

$$\sigma' = \gamma' \times h$$

$$= 13,755 \times 36$$

$$= 438,62 \text{ kN/m}^2$$

6) Nilai tegangan efektif pada layer 20

$$\sigma' = \gamma' \times h$$

$$= 13,755 \times 38$$

$$= 522,69 \text{ kN/m}^2$$

7) Nilai tegangan efektif pada layer 21

$$\sigma' = \gamma' \times h$$

$$= 13,755 \times 40$$

$$= 550,20 \text{ kN/m}^2$$

d. Menghitung Nilai Koefisien Tegangan Reduksi (rd)

1) Nilai koefisien tegangan reduksi pada layer 5

$$rd = \frac{(1-0,4113z^{0,5}+0,04052z+0,001753z^{1,5})}{(1-0,4177z^{0,5}+0,05729z-0,006205z^{1,5}+0,001210z^2)}$$

$$= \frac{(1-0,4113(8)^{0,5}+0,04052(8)+0,001753(8)^{1,5})}{(1-0,4177(8)^{0,5}+0,05729(8)-0,006205(8)^{1,5}+0,001210(8)^2)}$$

$$= 1,282$$

2) Nilai koefisien tegangan reduksi pada layer 16

$$\begin{aligned}
 rd &= \frac{(1-0,4113z^{0,5}+0,04052z+0,001753z^{1,5})}{(1-0,4177z^{0,5}+0,05729z-0,006205z^{1,5}+0,001210z^2)} \\
 &= \frac{(1-0,4113(30)^{0,5}+0,04052(30)+0,001753(30)^{1,5})}{(1-0,4177(30)^{0,5}+0,05729(30)-0,006205(30)^{1,5}+0,001210(30)^2)} \\
 &= 1,472
 \end{aligned}$$

3) Nilai koefisien tegangan reduksi pada layer 17

$$\begin{aligned}
 rd &= \frac{(1-0,4113z^{0,5}+0,04052z+0,001753z^{1,5})}{(1-0,4177z^{0,5}+0,05729z-0,006205z^{1,5}+0,001210z^2)} \\
 &= \frac{(1-0,4113(32)^{0,5}+0,04052(32)+0,001753(32)^{1,5})}{(1-0,4177(32)^{0,5}+0,05729(32)-0,006205(32)^{1,5}+0,001210(32)^2)} \\
 &= 1,449
 \end{aligned}$$

4) Nilai koefisien tegangan reduksi pada layer 18

$$\begin{aligned}
 rd &= \frac{(1-0,4113z^{0,5}+0,04052z+0,001753z^{1,5})}{(1-0,4177z^{0,5}+0,05729z-0,006205z^{1,5}+0,001210z^2)} \\
 &= \frac{(1-0,4113(34)^{0,5}+0,04052(34)+0,001753(34)^{1,5})}{(1-0,4177(34)^{0,5}+0,05729(34)-0,006205(34)^{1,5}+0,001210(34)^2)} \\
 &= 1,471
 \end{aligned}$$

5) Nilai koefisien tegangan reduksi pada layer 19

$$\begin{aligned}
 rd &= \frac{(1-0,4113z^{0,5}+0,04052z+0,001753z^{1,5})}{(1-0,4177z^{0,5}+0,05729z-0,006205z^{1,5}+0,001210z^2)} \\
 &= \frac{(1-0,4113(36)^{0,5}+0,04052(36)+0,001753(36)^{1,5})}{(1-0,4177(36)^{0,5}+0,05729(36)-0,006205(36)^{1,5}+0,001210(36)^2)} \\
 &= 1,494
 \end{aligned}$$

6) Nilai koefisien tegangan reduksi pada layer 20

$$\begin{aligned}
 rd &= \frac{(1-0,4113z^{0,5}+0,04052z+0,001753z^{1,5})}{(1-0,4177z^{0,5}+0,05729z-0,006205z^{1,5}+0,001210z^2)} \\
 &= \frac{(1-0,4113(38)^{0,5}+0,04052(38)+0,001753(38)^{1,5})}{(1-0,4177(38)^{0,5}+0,05729(38)-0,006205(38)^{1,5}+0,001210(38)^2)} \\
 &= 1,519
 \end{aligned}$$

7) Nilai koefisien tegangan reduksi pada layer 21

$$\begin{aligned}
 r_d &= \frac{(1-0,4113z^{0,5}+0,04052z+0,001753z^{1,5})}{(1-0,4177z^{0,5}+0,05729z-0,006205z^{1,5}+0,001210z^2)} \\
 &= \frac{(1-0,4113(40)^{0,5}+0,04052(40)+0,001753(40)^{1,5})}{(1-0,4177(40)^{0,5}+0,05729(40)-0,006205(40)^{1,5}+0,001210(40)^2)} \\
 &= 1,545
 \end{aligned}$$

e. Menghitung Tegangan Total

1) Nilai tegangan total pada layer 5

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \gamma \times h \\
 &= 23,565 \times 8 \\
 &= 188,52 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

2) Nilai tegangan total pada layer 16

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \gamma \times h \\
 &= 23,565 \times 30 \\
 &= 706,95 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

3) Nilai tegangan total pada layer 17

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \gamma \times h \\
 &= 23,565 \times 32 \\
 &= 754,08 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

4) Nilai tegangan total pada layer 18

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \gamma \times h \\
 &= 21,994 \times 34 \\
 &= 747,79 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

5) Nilai tegangan total pada layer 19

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \gamma \times h \\
 &= 21,994 \times 36 \\
 &= 791,784 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

6) Nilai tegangan total pada layer 20

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \gamma \times h \\
 &= 23,565 \times 38 \\
 &= 895,47 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

7) Nilai tegangan total pada layer 21

$$\begin{aligned}\sigma &= \gamma \times h \\ &= 23,565 \times 40 \\ &= 942,60 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

f. Menghitung Nilai <sup>3</sup>CSR

Perhitungan nilai CSR menggunakan rumus Youd & Idriss (2001) sebagai berikut ini.

1) Nilai CSR pada layer 5

$$\begin{aligned}\text{CSR} &= 0,65 \left( \frac{\sigma_{\text{max}}}{g} \right) \left( \frac{\sigma_{\text{vo}}}{\sigma'_{\text{vo}}} \right) r_d \\ &= 0,65 \times \left( \frac{0,1326708 \text{ g}}{g} \right) \times \left( \frac{188,52}{110,04} \right) \times 1,282 \\ &= 0,189\end{aligned}$$

2) Nilai CSR pada layer 16

$$\begin{aligned}\text{CSR} &= 0,65 \left( \frac{\sigma_{\text{max}}}{g} \right) \left( \frac{\sigma_{\text{vo}}}{\sigma'_{\text{vo}}} \right) r_d \\ &= 0,65 \times \left( \frac{0,1326708 \text{ g}}{g} \right) \times \left( \frac{706,95}{412,65} \right) \times 1,427 \\ &= 0,211\end{aligned}$$

3) Nilai CSR pada layer 17

$$\begin{aligned}\text{CSR} &= 0,65 \left( \frac{\sigma_{\text{max}}}{g} \right) \left( \frac{\sigma_{\text{vo}}}{\sigma'_{\text{vo}}} \right) r_d \\ &= 0,65 \times \left( \frac{0,1326708 \text{ g}}{g} \right) \times \left( \frac{754,08}{440,16} \right) \times 1,449 \\ &= 0,214\end{aligned}$$

4) Nilai CSR pada layer 18

$$\begin{aligned}\text{CSR} &= 0,65 \left( \frac{\sigma_{\text{max}}}{g} \right) \left( \frac{\sigma_{\text{vo}}}{\sigma'_{\text{vo}}} \right) r_d \\ &= 0,65 \times \left( \frac{0,1326708 \text{ g}}{g} \right) \times \left( \frac{747,796}{414,256} \right) \times 1,471 \\ &= 0,229\end{aligned}$$

5) Nilai CSR pada layer 19

$$\text{CSR} = 0,65 \left( \frac{\sigma_{\text{max}}}{g} \right) \left( \frac{\sigma_{\text{vo}}}{\sigma'_{\text{vo}}} \right) r_d$$

$$= 0,65 \times \left( \frac{0,1326708 \text{ g}}{\text{g}} \right) \times \left( \frac{791,784}{438,624} \right) \times 1,494$$

$$= 0,233$$

6) Nilai CSR pada layer 20

$$\text{CSR} = 0,65 \left( \frac{\alpha_{\text{max}}}{\text{g}} \right) \left( \frac{\sigma_{\text{vo}}}{\sigma'_{\text{vo}}} \right) \text{rd}$$

$$= 0,65 \times \left( \frac{0,1326708 \text{ g}}{\text{g}} \right) \times \left( \frac{895,47}{522,69} \right) \times 1,519$$

$$= 0,224$$

7) Nilai CSR pada layer 21

$$\text{CSR} = 0,65 \left( \frac{\alpha_{\text{max}}}{\text{g}} \right) \left( \frac{\sigma_{\text{vo}}}{\sigma'_{\text{vo}}} \right) \text{rd}$$

$$= 0,65 \times \left( \frac{0,1326708 \text{ g}}{\text{g}} \right) \times \left( \frac{942,60}{550,20} \right) \times 1,545$$

$$= 0,228$$

Berikut adalah hasil rekapitulasi perhitungan nilai CSR pada setiap lapisan tanah di semua titik :

Tabel 5.8 Perhitungan Nilai CSR pada DB-01

| Layer | Depth<br>m | Thickness<br>m | N-SPT | $\gamma$<br>kN/m <sup>2</sup> | $\gamma_{water}$<br>kN/m <sup>3</sup> | $\gamma'$<br>kN/m <sup>3</sup> | $\sigma$ teg total<br>kN/m <sup>2</sup> | $\sigma'$ teg efektif<br>kN/m <sup>2</sup> | $a_{max}$<br>g | Rd    | CSR   |
|-------|------------|----------------|-------|-------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|----------------|-------|-------|
| 1     | 1          | 1              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 23.565                                  | 13.755                                     | 0.1326708      | 0.973 | 0.144 |
| 2     | 2          | 1              | 3     | 15.71                         | 9.81                                  | 5.9                            | 31.42                                   | 11.8                                       | 0.1326708      | 0.875 | 0.201 |
| 3     | 4          | 2              | 10    | 18.067                        | 9.81                                  | 8.257                          | 72.268                                  | 33.028                                     | 0.1326708      | 1.782 | 0.336 |
| 4     | 6          | 2              | 37    | 21.994                        | 9.81                                  | 12.184                         | 131.964                                 | 73.104                                     | 0.1326708      | 1.326 | 0.206 |
| 5     | 8          | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 188.52                                  | 110.04                                     | 0.1326708      | 1.282 | 0.189 |
| 6     | 10         | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 235.65                                  | 137.55                                     | 0.1326708      | 1.276 | 0.189 |
| 7     | 12         | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 282.78                                  | 165.06                                     | 0.1326708      | 1.281 | 0.189 |
| 8     | 14         | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 329.91                                  | 192.57                                     | 0.1326708      | 1.292 | 0.191 |
| 9     | 16         | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 377.04                                  | 220.08                                     | 0.1326708      | 1.304 | 0.193 |
| 10    | 18         | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 424.17                                  | 247.59                                     | 0.1326708      | 1.319 | 0.195 |
| 11    | 20         | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 471.3                                   | 275.1                                      | 0.1326708      | 1.335 | 0.197 |
| 12    | 22         | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 518.43                                  | 302.61                                     | 0.1326708      | 1.351 | 0.200 |
| 13    | 24         | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 565.56                                  | 330.12                                     | 0.1326708      | 1.369 | 0.202 |
| 14    | 26         | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 612.69                                  | 357.63                                     | 0.1326708      | 1.388 | 0.205 |
| 15    | 28         | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 659.82                                  | 385.14                                     | 0.1326708      | 1.407 | 0.208 |
| 16    | 30         | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 706.95                                  | 412.65                                     | 0.1326708      | 1.427 | 0.211 |
| 17    | 32         | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 754.08                                  | 440.16                                     | 0.1326708      | 1.449 | 0.214 |
| 18    | 34         | 2              | 38    | 21.994                        | 9.81                                  | 12.184                         | 747.796                                 | 414.256                                    | 0.1326708      | 1.471 | 0.229 |
| 19    | 36         | 2              | 47    | 21.994                        | 9.81                                  | 12.184                         | 791.784                                 | 438.624                                    | 0.1326708      | 1.494 | 0.233 |
| 20    | 38         | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 895.47                                  | 522.69                                     | 0.1326708      | 1.519 | 0.224 |
| 21    | 40         | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 942.6                                   | 550.20                                     | 0.1326708      | 1.545 | 0.228 |

Sumber : Hasil Analisis, 2024

**Tabel 5.9** Perhitungan Nilai CSR pada DB-02

| Layer | Depth<br>m | Thickness<br>m | N-SPT | $\gamma$<br>kN/m <sup>2</sup> | $\gamma_{water}$<br>kN/m <sup>3</sup> | $\gamma'$<br>kN/m <sup>3</sup> | $\sigma$<br>kN/m <sup>2</sup> | $\sigma'$<br>kN/m <sup>2</sup> | amax<br>g | Rd    | CSR   |
|-------|------------|----------------|-------|-------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------|-------|-------|
| 1     | 1          | 1              | 12    | 20.423                        | 9.81                                  | 10.613                         | 20.423                        | 10.613                         | 0.1326708 | 0.973 | 0.161 |
| 2     | 2.5        | 1.5            | 14    | 20.423                        | 9.81                                  | 10.613                         | 51.0575                       | 26.5325                        | 0.1326708 | 0.733 | 0.122 |
| 3     | 4.5        | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 106.0425                      | 61.8975                        | 0.1326708 | 1.506 | 0.222 |
| 4     | 6.5        | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 153.1725                      | 89.4075                        | 0.1326708 | 1.307 | 0.193 |
| 5     | 8.5        | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 200.3025                      | 116.9175                       | 0.1326708 | 1.279 | 0.189 |
| 6     | 10.5       | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 247.4325                      | 144.4275                       | 0.1326708 | 1.277 | 0.189 |
| 7     | 12.5       | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 294.5625                      | 171.9375                       | 0.1326708 | 1.284 | 0.190 |
| 8     | 14.5       | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 341.6925                      | 199.4475                       | 0.1326708 | 1.295 | 0.191 |
| 9     | 16.5       | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 388.8225                      | 226.9575                       | 0.1326708 | 1.308 | 0.193 |
| 10    | 18.5       | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 435.9525                      | 254.4675                       | 0.1326708 | 1.323 | 0.195 |
| 11    | 20.5       | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 483.0825                      | 281.9775                       | 0.1326708 | 1.339 | 0.198 |
| 12    | 22.5       | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 530.2125                      | 309.4875                       | 0.1326708 | 1.356 | 0.200 |
| 13    | 24.5       | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 577.3425                      | 336.9975                       | 0.1326708 | 1.374 | 0.203 |
| 14    | 26.5       | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 624.4725                      | 364.5075                       | 0.1326708 | 1.392 | 0.206 |
| 15    | 28.5       | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 671.6025                      | 392.0175                       | 0.1326708 | 1.412 | 0.209 |
| 16    | 30.5       | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 718.7325                      | 419.5275                       | 0.1326708 | 1.433 | 0.212 |
| 17    | 32.5       | 2              | 50    | 23.565                        | 10.81                                 | 12.755                         | 765.8625                      | 414.5375                       | 0.1326708 | 1.454 | 0.232 |
| 18    | 34.5       | 2              | 50    | 23.565                        | 11.81                                 | 11.755                         | 812.9925                      | 405.5475                       | 0.1326708 | 1.477 | 0.255 |
| 19    | 36.5       | 2              | 50    | 23.565                        | 12.81                                 | 10.755                         | 860.1225                      | 392.5575                       | 0.1326708 | 1.500 | 0.284 |
| 20    | 38.5       | 2              | 50    | 23.565                        | 13.81                                 | 9.755                          | 907.2525                      | 375.5675                       | 0.1326708 | 1.525 | 0.318 |
| 21    | 40         | 1.5            | 50    | 23.565                        | 14.81                                 | 8.755                          | 942.6                         | 350.2                          | 0.1326708 | 1.545 | 0.359 |

Sumber : Hasil Analisis, 2024

**Tabel 5.10** Perhitungan Nilai CSR pada DB-03

| Layer | Depth<br>m | Thickness<br>m | N-SPT | $\gamma$<br>kN/m <sup>2</sup> | $\gamma_{water}$<br>kN/m <sup>3</sup> | $\gamma'$<br>kN/m <sup>3</sup> | $\sigma$<br>kN/m <sup>2</sup> | $\sigma'$<br>kN/m <sup>2</sup> | $a_{max}$<br>g | Rd    | CSR   |
|-------|------------|----------------|-------|-------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|-------|-------|
| 1     | 1          | 1              | 10    | 20.423                        | 9.81                                  | 10.613                         | 20.423                        | 10.613                         | 0.1326708      | 0.973 | 0.161 |
| 2     | 3          | 2              | 11    | 20.423                        | 9.81                                  | 10.613                         | 61.269                        | 31.839                         | 0.1326708      | 0.223 | 0.037 |
| 3     | 5          | 2              | 13    | 20.423                        | 9.81                                  | 10.613                         | 102.115                       | 53.065                         | 0.1326708      | 1.405 | 0.233 |
| 4     | 7          | 2              | 44    | 21.994                        | 9.81                                  | 12.184                         | 153.958                       | 85.288                         | 0.1326708      | 1.295 | 0.202 |
| 5     | 9          | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 212.085                       | 123.795                        | 0.1326708      | 1.277 | 0.189 |
| 6     | 11         | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 259.215                       | 151.305                        | 0.1326708      | 1.278 | 0.189 |
| 7     | 13         | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 306.345                       | 178.815                        | 0.1326708      | 1.286 | 0.190 |
| 8     | 15         | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 353.475                       | 206.325                        | 0.1326708      | 1.298 | 0.192 |
| 9     | 17         | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 400.605                       | 233.835                        | 0.1326708      | 1.311 | 0.194 |
| 10    | 19         | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 447.735                       | 261.345                        | 0.1326708      | 1.326 | 0.196 |
| 11    | 21         | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 494.865                       | 288.855                        | 0.1326708      | 1.343 | 0.198 |
| 12    | 23         | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 541.995                       | 316.365                        | 0.1326708      | 1.360 | 0.201 |
| 13    | 25         | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 589.125                       | 343.875                        | 0.1326708      | 1.378 | 0.204 |
| 14    | 27         | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 636.255                       | 371.385                        | 0.1326708      | 1.397 | 0.206 |
| 15    | 29         | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 683.385                       | 398.895                        | 0.1326708      | 1.417 | 0.209 |
| 16    | 31         | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 730.515                       | 426.405                        | 0.1326708      | 1.438 | 0.212 |
| 17    | 33         | 2              | 50    | 23.565                        | 10.81                                 | 12.755                         | 777.645                       | 420.915                        | 0.1326708      | 1.460 | 0.233 |
| 18    | 35         | 2              | 50    | 23.565                        | 11.81                                 | 11.755                         | 824.775                       | 411.425                        | 0.1326708      | 1.483 | 0.256 |
| 19    | 37         | 2              | 36    | 21.994                        | 12.81                                 | 9.184                          | 813.778                       | 339.808                        | 0.1326708      | 1.506 | 0.311 |
| 20    | 39         | 2              | 50    | 23.565                        | 13.81                                 | 9.755                          | 919.035                       | 380.445                        | 0.1326708      | 1.532 | 0.319 |
| 21    | 40         | 1              | 50    | 23.565                        | 14.81                                 | 8.755                          | 942.6                         | 350.2                          | 0.1326708      | 1.545 | 0.359 |

Sumber : Hasil Analisis, 2024

**Tabel 5.11** Perhitungan Nilai CSR pada DB-04

| Layer | Depth<br>m | Thickness<br>m | N-SPT | $\gamma$<br>kN/m <sup>2</sup> | $\gamma_{water}$<br>kN/m <sup>3</sup> | $\gamma'$<br>kN/m <sup>3</sup> | $\sigma$<br>kN/m <sup>2</sup> | $\sigma'$<br>kN/m <sup>2</sup> | amax<br>g | Rd    | CSR   |
|-------|------------|----------------|-------|-------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------|-------|-------|
| 1     | 1.5        | 1.5            | 8     | 15.71                         | 9.81                                  | 5.9                            | 23.565                        | 8.85                           | 0.1326708 | 0.939 | 0.220 |
| 2     | 3.5        | 2              | 13    | 20.423                        | 9.81                                  | 10.613                         | 71.4805                       | 37.1455                        | 0.1326708 | 4.883 | 0.826 |
| 3     | 5.5        | 2              | 33    | 21.994                        | 9.81                                  | 12.184                         | 120.967                       | 67.012                         | 0.1326708 | 1.355 | 0.215 |
| 4     | 7.5        | 2              | 38    | 21.994                        | 9.81                                  | 12.184                         | 164.955                       | 91.38                          | 0.1326708 | 1.288 | 0.204 |
| 5     | 9.5        | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 223.8675                      | 130.6725                       | 0.1326708 | 1.276 | 0.192 |
| 6     | 11.5       | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 270.9975                      | 158.1825                       | 0.1326708 | 1.280 | 0.193 |
| 7     | 13.5       | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 318.1275                      | 185.6925                       | 0.1326708 | 1.289 | 0.194 |
| 8     | 15.5       | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 365.2575                      | 213.2025                       | 0.1326708 | 1.301 | 0.196 |
| 9     | 17.5       | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 412.3875                      | 240.7125                       | 0.1326708 | 1.315 | 0.198 |
| 10    | 19.5       | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 459.5175                      | 268.2225                       | 0.1326708 | 1.330 | 0.200 |
| 11    | 21.5       | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 506.6475                      | 295.7325                       | 0.1326708 | 1.347 | 0.203 |
| 12    | 23.5       | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 553.7775                      | 323.2425                       | 0.1326708 | 1.365 | 0.205 |
| 13    | 25.5       | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 600.9075                      | 350.7525                       | 0.1326708 | 1.383 | 0.208 |
| 14    | 27.5       | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 648.0375                      | 378.2625                       | 0.1326708 | 1.402 | 0.211 |
| 15    | 29.5       | 2              | 50    | 23.565                        | 9.81                                  | 13.755                         | 695.1675                      | 405.7725                       | 0.1326708 | 1.422 | 0.214 |
| 16    | 31.5       | 2              | 28    | 20.423                        | 9.81                                  | 10.613                         | 643.3245                      | 334.3095                       | 0.1326708 | 1.443 | 0.244 |
| 17    | 33.5       | 2              | 36    | 21.994                        | 10.81                                 | 11.184                         | 736.799                       | 374.664                        | 0.1326708 | 1.465 | 0.230 |
| 18    | 35.5       | 2              | 28    | 20.423                        | 11.81                                 | 8.613                          | 725.0165                      | 305.7615                       | 0.1326708 | 1.488 | 0.258 |
| 19    | 37.5       | 2              | 33    | 21.994                        | 12.81                                 | 9.184                          | 824.775                       | 344.4                          | 0.1326708 | 1.513 | 0.244 |
| 20    | 40         | 2.5            | 31    | 21.994                        | 13.81                                 | 8.184                          | 879.76                        | 327.36                         | 0.1326708 | 1.545 | 0.259 |

Sumber : Hasil Analisis, 2024

<sup>σ</sup>  
3 Menghitung Nilai Faktor Koreksi (N1)<sub>60cs</sub>

Untuk menghitung nilai N<sub>60</sub> dengan metode Youd-Idriss (2001) digunakan rumus sebagai berikut.

$$CN = \frac{2,2}{(1,2 + \frac{\sigma'_v}{pa})}$$

$$(N1)_{60} = N_m \times CN \times CE \times CB \times CR \times CS$$

Keterangan :

CN<sub>46</sub> = Faktor koreksi tegangan efektif,

CE = Faktor koreksi rasio energi,

CB = Faktor koreksi diameter lubang,

CR = Faktor koreksi panjang rod,

CS = Faktor koreksi metode sampling, dan

N<sub>m</sub> = Faktor koreksi nilai SPT terstruktur

1) Nilai (N1)<sub>60cs</sub> pada layer 5

$$CN = \frac{2,2}{(1,2 + \frac{\sigma'_v}{pa})}$$

$$= \frac{2,2}{(1,2 + \frac{110,04}{98,066})}$$

$$= 0,947$$

$$(N1)_{60} = N_m \times CN \times CE \times CB \times CR \times CS$$

$$= 50 \times 0,947 \times 1 \times 1 \times 0,75 \times 1$$

$$= 35,528$$

$$(N1)_{60cs} = \alpha + \beta \times (N1)_{60}$$

$$= 0 + 1 \times 35,528$$

$$= 35,528$$

2) Nilai (N1)<sub>60cs</sub> pada layer 16

$$CN = \frac{2,2}{(1,2 + \frac{\sigma'_v}{pa})}$$

$$= \frac{2,2}{(1,2 + \frac{412,650}{98,066})}$$

$$\begin{aligned}
&= 0,407 \\
&\textcircled{3} (N1)_{60} = N_m \times CN \times CE \times CB \times CR \times CS \\
&= 30 \times 0,407 \times 1 \times 1 \times 0,75 \times 1 \\
&= 15,255 \\
&\textcircled{4} (N1)_{60cs} = \alpha + \beta \times (N1)_{60} \\
&= 0 + 1 \times 15,255 \\
&= 15,255
\end{aligned}$$

3) Nilai  $(N1)_{60cs}$  pada layer 17

$$\begin{aligned}
CN &= \frac{2,2}{(1,2 + \frac{\sigma'_v}{p_a})} \\
&= \frac{2,2}{(1,2 + \frac{440,160}{98,066})} \\
&= 0,387 \\
&\textcircled{3} (N1)_{60} = N_m \times CN \times CE \times CB \times CR \times CS \\
&= 32 \times 0,387 \times 1 \times 1 \times 0,75 \times 1 \\
&= 14,503 \\
&\textcircled{4} (N1)_{60cs} = \alpha + \beta \times (N1)_{60} \\
&= 0 + 1 \times 14,503 \\
&= 14,503
\end{aligned}$$

4) Nilai  $(N1)_{60cs}$  pada layer 18

$$\begin{aligned}
CN &= \frac{2,2}{(1,2 + \frac{\sigma'_v}{p_a})} \\
&= \frac{2,2}{(1,2 + \frac{414,256}{98,066})} \\
&= 0,406 \\
&\textcircled{3} (N1)_{60} = N_m \times CN \times CE \times CB \times CR \times CS \\
&= 34 \times 0,406 \times 1 \times 1 \times 0,75 \times 1 \\
&= 11,559 \\
&\textcircled{4} (N1)_{60cs} = \alpha + \beta \times (N1)_{60} \\
&= 0 + 1 \times 11,559 \\
&= 11,559
\end{aligned}$$

5) Nilai  $(N1)_{60cs}$  pada layer 19

$$\begin{aligned}
 CN &= \frac{2,2}{(1,2 + \frac{\sigma'_v}{p_a})} \\
 &= \frac{2,2}{(1,2 + \frac{438,624}{98,066})} \\
 &= 0,388 \\
 (N1)_{60} &= N_m \times CN \times CE \times CB \times CR \times CS \\
 &= 36 \times 0,388 \times 1 \times 1 \times 0,75 \times 1 \\
 &= 13,670 \\
 (N1)_{60cs} &= \alpha + \beta \times (N1)_{60} \\
 &= 0 + 1 \times 13,670 \\
 &= 13,670
 \end{aligned}$$

6) Nilai  $(N1)_{60cs}$  pada layer 20

$$\begin{aligned}
 CN &= \frac{2,2}{(1,2 + \frac{\sigma'_v}{p_a})} \\
 &= \frac{2,2}{(1,2 + \frac{522,690}{98,066})} \\
 &= 0,337 \\
 (N1)_{60} &= N_m \times CN \times CE \times CB \times CR \times CS \\
 &= 38 \times 0,337 \times 1 \times 1 \times 0,75 \times 1 \\
 &= 12,634 \\
 (N1)_{60cs} &= \alpha + \beta \times (N1)_{60} \\
 &= 0 + 1 \times 12,634 \\
 &= 12,634
 \end{aligned}$$

7) Nilai  $(N1)_{60cs}$  pada layer 21

$$\begin{aligned}
 CN &= \frac{2,2}{(1,2 + \frac{\sigma'_v}{p_a})} \\
 &= \frac{2,2}{(1,2 + \frac{550,200}{98,066})} \\
 &= 0,323 \\
 (N1)_{60} &= N_m \times CN \times CE \times CB \times CR \times CS
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 40 \times 0,323 \times 1 \times 1 \times 0,75 \times 1 \\
 &= 12,113 \\
 (N1)_{60cs} &= \alpha + \beta \times (N1)_{60} \\
 &= 0 + 1 \times 12,113 \\
 &= 12,113
 \end{aligned}$$

h. Menghitung nilai  $CRR_{7,5}$

Untuk mencari nilai CRR dengan metode Youd – Idriss (2001) dapat dilakukan dengan persamaan dibawah ini

1) Nilai  $CRR_{7,5}$  pada layer 5

$$\begin{aligned}
 CRR_{7,5} &= \frac{1}{34-(N1)_{60cs}} + \frac{(N1)_{60cs}}{135} + \frac{50}{(10.(N1)_{60cs}+45)^2} - \frac{1}{200} \\
 &= \frac{1}{34-12,113} + \frac{12,113}{135} + \frac{50}{(10.(12,113)+45)^2} - \frac{1}{200} \\
 &= -0,395
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MSF &= \frac{10^{2,24}}{Mw^{2,56}} \\
 &= \frac{10^{2,24}}{6,9^{2,56}} \\
 &= 1,237
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 CRR &= CRR_{7,5} \times MSF \\
 &= -0,395 \times 1,237 \\
 &= -0,489
 \end{aligned}$$

2) Nilai  $CRR_{7,5}$  pada layer 16

$$\begin{aligned}
 CRR_{7,5} &= \frac{1}{34-(N1)_{60cs}} + \frac{(N1)_{60cs}}{135} + \frac{50}{(10.(N1)_{60cs}+45)^2} - \frac{1}{200} \\
 &= \frac{1}{34-15,255} + \frac{15,255}{135} + \frac{50}{(10.(15,255)+45)^2} - \frac{1}{200} \\
 &= 0,162
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MSF &= \frac{10^{2,24}}{Mw^{2,56}} \\
 &= \frac{10^{2,24}}{6,9^{2,56}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,237 \\
 \text{CRR} &= \text{CRR}_{7,5} \times \text{MSF} \\
 &= 0,162 \times 1,237 \\
 &= 0,201
 \end{aligned}$$

3) Nilai  $\text{CRR}_{7,5}$  pada layer 17

$$\begin{aligned}
 \text{CRR}_{7,5} &= \frac{1}{34 - (\text{N1})_{60\text{cs}}} + \frac{(\text{N1})_{60\text{cs}}}{135} + \frac{50}{(10 \cdot (\text{N1})_{60\text{cs}} + 45)^2} - \frac{1}{200} \\
 &= \frac{1}{34 - 14,503} + \frac{14,503}{135} + \frac{50}{(10 \cdot (14,503 + 45))^2} - \frac{1}{200} \\
 &= 0,155
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MSF} &= \frac{10^{2,24}}{\text{Mw}^{2,56}} \\
 &= \frac{10^{2,24}}{6,9^{2,56}} \\
 &= 1,237
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CRR} &= \text{CRR}_{7,5} \times \text{MSF} \\
 &= 0,155 \times 1,237 \\
 &= 0,191
 \end{aligned}$$

4) Nilai  $\text{CRR}_{7,5}$  pada layer 18

$$\begin{aligned}
 \text{CRR}_{7,5} &= \frac{1}{34 - (\text{N1})_{60\text{cs}}} + \frac{(\text{N1})_{60\text{cs}}}{135} + \frac{50}{(10 \cdot (\text{N1})_{60\text{cs}} + 45)^2} - \frac{1}{200} \\
 &= \frac{1}{34 - 11,559} + \frac{11,559}{135} + \frac{50}{(10 \cdot (11,559 + 45))^2} - \frac{1}{200} \\
 &= 0,127
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MSF} &= \frac{10^{2,24}}{\text{Mw}^{2,56}} \\
 &= \frac{10^{2,24}}{6,9^{2,56}} \\
 &= 1,237
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CRR} &= \text{CRR}_{7,5} \times \text{MSF} \\
 &= 0,127 \times 1,237 \\
 &= 0,157
 \end{aligned}$$

5) Nilai  $CRR_{7,5}$  pada layer 19

$$\begin{aligned}
 CRR_{7,5}^{25} &= \frac{1}{34-(N1)_{60cs}} + \frac{(N1)_{60cs}}{135} + \frac{50}{(10.(N1)_{60cs}+45)^2} - \frac{1}{200} \\
 &= \frac{1}{34-13,670} + \frac{13,670}{135} + \frac{50}{(10.(13,670+45))^2} - \frac{1}{200} \\
 &= 0,146
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MSF^{21} &= \frac{10^{2,24}}{Mw^{2,56}} \\
 &= \frac{10^{2,24}}{6,9^{2,56}} \\
 &= 1,237
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 CRR &= CRR_{7,5} \times MSF \\
 &= 0,146 \times 1,237 \\
 &= 0,181
 \end{aligned}$$

6) Nilai  $CRR_{7,5}$  pada layer 20

$$\begin{aligned}
 CRR_{7,5}^{25} &= \frac{1}{34-(N1)_{60cs}} + \frac{(N1)_{60cs}}{135} + \frac{50}{(10.(N1)_{60cs}+45)^2} - \frac{1}{200} \\
 &= \frac{1}{34-12,634} + \frac{12,634}{135} + \frac{50}{(10.(12,634+45))^2} - \frac{1}{200} \\
 &= 0,137
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MSF^{21} &= \frac{10^{2,24}}{Mw^{2,56}} \\
 &= \frac{10^{2,24}}{6,9^{2,56}} \\
 &= 1,237
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 CRR &= CRR_{7,5} \times MSF \\
 &= 0,137 \times 1,237 \\
 &= 0,169
 \end{aligned}$$

7) Nilai  $CRR_{7,5}$  pada layer 21

$$\begin{aligned}
 CRR_{7,5}^{25} &= \frac{1}{34-(N1)_{60cs}} + \frac{(N1)_{60cs}}{135} + \frac{50}{(10.(N1)_{60cs}+45)^2} - \frac{1}{200}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{34-12,113} + \frac{12,113}{135} + \frac{50}{(10.(12,113+45))^2} - \frac{1}{200}$$

$$= 0,132$$

$$^{21} \text{MSF} = \frac{10^{2,24}}{M_w^{2,56}}$$

$$= \frac{10^{2,24}}{6,9^{2,56}}$$

$$= 1,237$$

$$\text{CRR} = \text{CRR}_{7,5} \times \text{MSF}$$

$$= 0,132 \times 1,237$$

$$= 0,163$$

Berikut adalah hasil rekapitulasi perhitungan nilai CSR pada setiap lapisan tanah di semua titik :

**Tabel 5.12** Perhitungan Nilai CRR pada DB-01

| Layer | Depth<br>(m) | Thickness<br>(m) | N-SPT | 36 $\gamma$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | $\sigma'$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | Faktor SPT Terukur |  | N(60)  | N(60) <sub>cs</sub> | CSR   | CRR7.5 | MSF   | CRR    |
|-------|--------------|------------------|-------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--|--------|---------------------|-------|--------|-------|--------|
|       |              |                  |       |                                     |                                   | CN                 |  |        |                     |       |        |       |        |
| 1     | 1            | 1                | 50    | 23.565                              | 13.755                            | 1.641              |  | 61.555 | 61.555              | 0.144 | 0.415  | 1.238 | 0.513  |
| 2     | 2            | 1                | 3     | 31.420                              | 11.800                            | 1.666              |  | 3.749  | 3.749               | 0.201 | 0.063  | 1.238 | 0.078  |
| 3     | 4            | 2                | 10    | 72.268                              | 33.028                            | 1.432              |  | 10.737 | 10.737              | 0.336 | 0.120  | 1.238 | 0.148  |
| 4     | 6            | 2                | 37    | 131.964                             | 73.104                            | 1.131              |  | 31.381 | 31.381              | 0.206 | 0.610  | 1.238 | 0.754  |
| 5     | 8            | 2                | 50    | 188.520                             | 110.040                           | 0.947              |  | 35.528 | 35.528              | 0.189 | -0.396 | 1.238 | -0.490 |
| 6     | 10           | 2                | 50    | 235.630                             | 137.550                           | 0.845              |  | 31.699 | 31.699              | 0.189 | 0.665  | 1.238 | 0.823  |
| 7     | 12           | 2                | 50    | 282.780                             | 165.060                           | 0.763              |  | 28.615 | 28.615              | 0.189 | 0.393  | 1.238 | 0.486  |
| 8     | 14           | 2                | 50    | 329.910                             | 192.570                           | 0.695              |  | 26.077 | 26.077              | 0.191 | 0.315  | 1.238 | 0.390  |
| 9     | 16           | 2                | 50    | 377.040                             | 220.080                           | 0.639              |  | 23.953 | 23.953              | 0.193 | 0.273  | 1.238 | 0.337  |
| 10    | 18           | 2                | 50    | 424.170                             | 247.590                           | 0.591              |  | 22.149 | 22.149              | 0.195 | 0.244  | 1.238 | 0.302  |
| 11    | 20           | 2                | 50    | 471.300                             | 275.100                           | 0.549              |  | 20.598 | 20.598              | 0.197 | 0.223  | 1.238 | 0.276  |
| 12    | 22           | 2                | 50    | 518.430                             | 302.610                           | 0.513              |  | 19.250 | 19.250              | 0.200 | 0.206  | 1.238 | 0.255  |
| 13    | 24           | 2                | 50    | 565.560                             | 330.120                           | 0.482              |  | 18.067 | 18.067              | 0.202 | 0.193  | 1.238 | 0.238  |
| 14    | 26           | 2                | 50    | 612.690                             | 357.630                           | 0.454              |  | 17.021 | 17.021              | 0.205 | 0.181  | 1.238 | 0.224  |
| 15    | 28           | 2                | 50    | 659.820                             | 385.140                           | 0.429              |  | 16.090 | 16.090              | 0.208 | 0.171  | 1.238 | 0.212  |
| 16    | 30           | 2                | 50    | 706.950                             | 412.650                           | 0.407              |  | 15.256 | 15.256              | 0.211 | 0.163  | 1.238 | 0.201  |
| 17    | 32           | 2                | 50    | 754.080                             | 440.160                           | 0.387              |  | 14.503 | 14.503              | 0.214 | 0.155  | 1.238 | 0.192  |
| 18    | 34           | 2                | 38    | 747.796                             | 414.256                           | 0.406              |  | 11.559 | 11.559              | 0.229 | 0.137  | 1.238 | 0.157  |
| 19    | 36           | 2                | 47    | 791.784                             | 438.624                           | 0.388              |  | 13.671 | 13.671              | 0.233 | 0.147  | 1.238 | 0.182  |
| 20    | 38           | 2                | 50    | 895.470                             | 522.690                           | 0.337              |  | 12.634 | 12.634              | 0.224 | 0.137  | 1.238 | 0.170  |
| 21    | 40           | 2                | 50    | 942.600                             | 550.200                           | 0.323              |  | 12.114 | 12.114              | 0.228 | 0.132  | 1.238 | 0.164  |

8  
Sumber : Hasil Analisis, 2024

**Tabel 5.13** Perhitungan Nilai CRR pada DB-02

| Layer | Depth<br>(m) | Thickness<br>(m) | N-SPT | $\sigma'$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | Faktor SPT Temkur                      |        | CSR   | CRR7.5 | MSF   | CRR    |
|-------|--------------|------------------|-------|-----------------------------------|----------------------------------------|--------|-------|--------|-------|--------|
|       |              |                  |       |                                   | $\sigma'_{60}$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | CN     |       |        |       |        |
| 1     | 1            | 1                | 12    | 10.613                            | 1.682                                  | 15.135 | 0.161 | 0.161  | 1.238 | 0.200  |
| 2     | 2.5          | 1.5              | 14    | 26.533                            | 1.496                                  | 15.708 | 0.122 | 0.167  | 1.238 | 0.207  |
| 3     | 4.5          | 2                | 50    | 61.898                            | 1.201                                  | 45.053 | 0.222 | 0.238  | 1.238 | 0.295  |
| 4     | 6.5          | 2                | 50    | 89.408                            | 1.042                                  | 39.068 | 0.193 | 0.087  | 1.238 | 0.108  |
| 5     | 8.5          | 2                | 50    | 116.918                           | 0.920                                  | 34.487 | 0.189 | -1.804 | 1.238 | -2.233 |
| 6     | 10.5         | 2                | 50    | 144.428                           | 0.823                                  | 30.867 | 0.189 | 0.543  | 1.238 | 0.672  |
| 7     | 12.5         | 2                | 50    | 171.938                           | 0.745                                  | 27.935 | 0.190 | 0.367  | 1.238 | 0.455  |
| 8     | 14.5         | 2                | 50    | 199.448                           | 0.680                                  | 25.312 | 0.191 | 0.302  | 1.238 | 0.374  |
| 9     | 16.5         | 2                | 50    | 226.958                           | 0.626                                  | 23.475 | 0.193 | 0.265  | 1.238 | 0.327  |
| 10    | 18.5         | 2                | 50    | 254.468                           | 0.580                                  | 21.740 | 0.195 | 0.238  | 1.238 | 0.295  |
| 11    | 20.5         | 2                | 50    | 281.978                           | 0.540                                  | 20.243 | 0.198 | 0.218  | 1.238 | 0.270  |
| 12    | 22.5         | 2                | 50    | 309.488                           | 0.505                                  | 18.940 | 0.200 | 0.203  | 1.238 | 0.251  |
| 13    | 24.5         | 2                | 50    | 336.998                           | 0.475                                  | 17.794 | 0.203 | 0.190  | 1.238 | 0.235  |
| 14    | 26.5         | 2                | 50    | 364.508                           | 0.447                                  | 16.779 | 0.206 | 0.178  | 1.238 | 0.221  |
| 15    | 28.5         | 2                | 50    | 392.018                           | 0.423                                  | 15.873 | 0.209 | 0.169  | 1.238 | 0.209  |
| 16    | 30.5         | 2                | 50    | 419.528                           | 0.402                                  | 15.060 | 0.212 | 0.161  | 1.238 | 0.199  |
| 17    | 32.5         | 2                | 50    | 447.038                           | 0.405                                  | 15.201 | 0.232 | 0.162  | 1.238 | 0.201  |
| 18    | 34.5         | 2                | 50    | 474.548                           | 0.412                                  | 15.463 | 0.255 | 0.165  | 1.238 | 0.204  |
| 19    | 36.5         | 2                | 50    | 502.058                           | 0.423                                  | 15.856 | 0.284 | 0.169  | 1.238 | 0.209  |
| 20    | 38.5         | 2                | 50    | 529.568                           | 0.437                                  | 16.402 | 0.318 | 0.174  | 1.238 | 0.216  |
| 21    | 40           | 1.5              | 50    | 557.078                           | 0.461                                  | 17.292 | 0.359 | 0.184  | 1.238 | 0.228  |

Sumber : Hasil Analisis, 2024

Tabel 5.14 Perhitungan Nilai CRR pada DB-03

| Depth<br>(m) | Thickness<br>(m) | N-SPT | 36σ<br>(kN/m2) | σ'<br>(kN/m2) | Faktor SPT Terukur |       | N(60)  | CSR   | CRR7,5 | MSF   | CRR    |
|--------------|------------------|-------|----------------|---------------|--------------------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
|              |                  |       |                |               | CN                 |       |        |       |        |       |        |
| 1            | 1                | 10    | 20.423         | 10.613        |                    | 1.682 | 12.613 | 0.161 | 0.137  | 1.238 | 0.169  |
| 3            | 2                | 11    | 61.269         | 31.839        |                    | 1.443 | 11.904 | 0.037 | 0.130  | 1.238 | 0.161  |
| 5            | 2                | 13    | 102.115        | 53.065        |                    | 1.264 | 12.320 | 0.233 | 0.134  | 1.238 | 0.166  |
| 7            | 2                | 44    | 153.958        | 85.288        |                    | 1.063 | 35.078 | 0.202 | -0.673 | 1.238 | -0.833 |
| 9            | 2                | 50    | 212.085        | 123.795       |                    | 0.893 | 33.504 | 0.189 | 2.261  | 1.238 | 2.798  |
| 11           | 2                | 50    | 259.215        | 151.305       |                    | 0.802 | 30.078 | 0.189 | 0.473  | 1.238 | 0.586  |
| 13           | 2                | 50    | 306.345        | 178.815       |                    | 0.728 | 27.287 | 0.190 | 0.347  | 1.238 | 0.429  |
| 15           | 2                | 50    | 353.475        | 206.325       |                    | 0.666 | 24.970 | 0.192 | 0.291  | 1.238 | 0.360  |
| 17           | 2                | 50    | 400.605        | 233.835       |                    | 0.614 | 23.016 | 0.194 | 0.257  | 1.238 | 0.318  |
| 19           | 2                | 50    | 447.735        | 261.345       |                    | 0.569 | 21.345 | 0.196 | 0.233  | 1.238 | 0.288  |
| 21           | 2                | 50    | 494.865        | 288.855       |                    | 0.531 | 19.901 | 0.198 | 0.214  | 1.238 | 0.265  |
| 23           | 2                | 50    | 541.995        | 316.365       |                    | 0.497 | 18.640 | 0.201 | 0.199  | 1.238 | 0.246  |
| 25           | 2                | 50    | 589.125        | 343.875       |                    | 0.467 | 17.529 | 0.204 | 0.187  | 1.238 | 0.231  |
| 27           | 2                | 50    | 636.255        | 371.385       |                    | 0.441 | 16.543 | 0.206 | 0.176  | 1.238 | 0.218  |
| 29           | 2                | 50    | 683.385        | 398.895       |                    | 0.418 | 15.662 | 0.209 | 0.167  | 1.238 | 0.206  |
| 31           | 2                | 50    | 730.515        | 426.405       |                    | 0.397 | 14.870 | 0.212 | 0.159  | 1.238 | 0.196  |
| 33           | 2                | 50    | 777.645        | 420.915       |                    | 0.401 | 15.021 | 0.233 | 0.160  | 1.238 | 0.198  |
| 35           | 2                | 50    | 824.775        | 411.425       |                    | 0.408 | 15.291 | 0.256 | 0.163  | 1.238 | 0.202  |
| 37           | 2                | 36    | 813.778        | 339.808       |                    | 0.472 | 12.733 | 0.311 | 0.138  | 1.238 | 0.171  |
| 39           | 2                | 50    | 919.035        | 380.445       |                    | 0.433 | 16.242 | 0.319 | 0.173  | 1.238 | 0.214  |
| 40           | 1                | 50    | 942.600        | 350.200       |                    | 0.461 | 17.292 | 0.359 | 0.184  | 1.238 | 0.228  |

Sumber : Hasil Analisis, 2024

**Tabel 5.15** Perhitungan Nilai CRR pada DB-04

| Layer | Depth<br>(m) | Thickness<br>(m) | N-SPT | $\sigma'_v$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | $\sigma'_v$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | Faktor SPT Tenkur |        | CSR   | CRR7,5 | MSF   | CRR   |
|-------|--------------|------------------|-------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|--------|-------|--------|-------|-------|
|       |              |                  |       |                                     |                                     | CN                | N(60)  |       |        |       |       |
| 1     | 1.5          | 1.5              | 8     | 8.850                               | 37.146                              | 1.705             | 10.231 | 0.220 | 0.115  | 1.238 | 0.143 |
| 2     | 3.5          | 2                | 13    | 71.481                              | 67.012                              | 1.393             | 13.586 | 0.826 | 0.146  | 1.238 | 0.181 |
| 3     | 5.5          | 2                | 33    | 120.967                             | 91.380                              | 1.168             | 28.911 | 0.215 | 0.406  | 1.238 | 0.503 |
| 4     | 7.5          | 2                | 38    | 164.955                             | 130.673                             | 1.032             | 29.411 | 0.204 | 0.431  | 1.238 | 0.534 |
| 5     | 9.5          | 2                | 50    | 223.868                             | 158.183                             | 0.869             | 32.577 | 0.192 | 0.939  | 1.238 | 1.162 |
| 6     | 11.5         | 2                | 50    | 270.998                             | 185.693                             | 0.782             | 29.328 | 0.193 | 0.427  | 1.238 | 0.528 |
| 7     | 13.5         | 2                | 50    | 318.128                             | 213.203                             | 0.711             | 26.668 | 0.194 | 0.329  | 1.238 | 0.408 |
| 8     | 15.5         | 2                | 50    | 365.258                             | 240.713                             | 0.652             | 24.451 | 0.196 | 0.281  | 1.238 | 0.348 |
| 9     | 17.5         | 2                | 50    | 412.388                             | 268.223                             | 0.602             | 22.574 | 0.198 | 0.250  | 1.238 | 0.310 |
| 10    | 19.5         | 2                | 50    | 459.518                             | 295.733                             | 0.559             | 20.965 | 0.200 | 0.228  | 1.238 | 0.282 |
| 11    | 21.5         | 2                | 50    | 506.648                             | 323.243                             | 0.522             | 19.570 | 0.203 | 0.210  | 1.238 | 0.260 |
| 12    | 23.5         | 2                | 50    | 553.778                             | 350.753                             | 0.489             | 18.349 | 0.205 | 0.196  | 1.238 | 0.242 |
| 13    | 25.5         | 2                | 50    | 600.908                             | 378.263                             | 0.461             | 17.271 | 0.208 | 0.184  | 1.238 | 0.227 |
| 14    | 27.5         | 2                | 50    | 648.038                             | 405.773                             | 0.435             | 16.313 | 0.211 | 0.174  | 1.238 | 0.215 |
| 15    | 29.5         | 2                | 50    | 695.168                             | 434.310                             | 0.412             | 15.456 | 0.214 | 0.165  | 1.238 | 0.204 |
| 16    | 31.5         | 2                | 28    | 736.799                             | 305.762                             | 0.477             | 10.024 | 0.244 | 0.113  | 1.238 | 0.140 |
| 17    | 33.5         | 2                | 36    | 824.775                             | 344.400                             | 0.438             | 11.831 | 0.230 | 0.130  | 1.238 | 0.160 |
| 18    | 35.5         | 2                | 28    | 879.760                             | 327.360                             | 0.510             | 10.700 | 0.258 | 0.119  | 1.238 | 0.148 |
| 19    | 37.5         | 2                | 33    |                                     |                                     | 0.467             | 11.556 | 0.244 | 0.127  | 1.238 | 0.157 |
| 20    | 40           | 2.5              | 31    |                                     |                                     | 0.485             | 11.271 | 0.259 | 0.124  | 1.238 | 0.154 |

Sumber : Hasil Analisis, 2024

i. Menghitung <sup>3</sup> Faktor Keamanan (FS)

Analisis faktor keamanan menggunakan metode Youd-Idriss (2001) bisa dilihat di analisis berikut ini.

1) Nilai faktor keamanan pada layer 5

$$\begin{aligned} FS &= \frac{CRR}{CSR} \\ &= \frac{-0,489}{0,189} \\ &= -2,585 \end{aligned}$$

2) Nilai faktor keamanan pada layer 16

$$\begin{aligned} FS &= \frac{CRR}{CSR} \\ &= \frac{0,201}{0,211} \\ &= 0,954 \end{aligned}$$

3) Nilai faktor keamanan pada layer 17

$$\begin{aligned} FS &= \frac{CRR}{CSR} \\ &= \frac{0,191}{0,214} \\ &= 0,896 \end{aligned}$$

4) Nilai faktor keamanan pada layer 18

$$\begin{aligned} FS &= \frac{CRR}{CSR} \\ &= \frac{0,157}{0,229} \\ &= 0,686 \end{aligned}$$

5) Nilai faktor keamanan pada layer 19

$$\begin{aligned} FS &= \frac{CRR}{CSR} \\ &= \frac{0,181}{0,233} \\ &= 0,781 \end{aligned}$$

6) Nilai faktor keamanan pada layer 20

$$\begin{aligned}
 FS &= \frac{CRR}{CSR} \\
 &= \frac{0,169}{0,224} \\
 &= 0,756
 \end{aligned}$$

7) Nilai faktor keamanan pada layer 21

$$\begin{aligned}
 FS &= \frac{CRR}{CSR} \\
 &= \frac{0,163}{0,228} \\
 &= 0,717
 \end{aligned}$$

Berikut adalah **hasil** rekapitulasi **perhitungan** nilai faktor keamanan pada setiap lapisan tanah di semua titik :

**Tabel 5.16** Perhitungan Nilai Faktor Keamanan DB-01

| Layer | Depth (m) | Jenis Tanah | N-SPT | CSR   | CRR   | FS    | Keterangan |
|-------|-----------|-------------|-------|-------|-------|-------|------------|
| 1     | 1         | Batu        | 50    | 0.144 | 0.513 | 3.572 | NL         |
| 2     | 2         | Lempung     | 3     | 0.201 | 0.078 | 0.389 | NL         |
| 3     | 4         | Lempung     | 10    | 0.336 | 0.148 | 0.440 | NL         |
| 4     | 6         | Lanau       | 37    | 0.206 | 0.754 | 3.656 | NL         |
| 5     | 8         | Pasir       | 50    | 0.189 | 0.490 | 2.586 | NL         |
| 6     | 10        | Pasir       | 50    | 0.189 | 0.823 | 4.362 | NL         |
| 7     | 12        | Pasir       | 50    | 0.189 | 0.486 | 2.569 | NL         |
| 8     | 14        | Pasir       | 50    | 0.191 | 0.390 | 2.042 | NL         |
| 9     | 16        | Pasir       | 50    | 0.193 | 0.337 | 1.751 | NL         |
| 10    | 18        | Pasir       | 50    | 0.195 | 0.302 | 1.551 | NL         |
| 11    | 20        | Pasir       | 50    | 0.197 | 0.276 | 1.400 | NL         |
| 12    | 22        | Pasir       | 50    | 0.200 | 0.255 | 1.279 | NL         |
| 13    | 24        | Pasir       | 50    | 0.202 | 0.238 | 1.178 | NL         |
| 14    | 26        | Pasir       | 50    | 0.205 | 0.224 | 1.093 | NL         |
| 15    | 28        | Pasir       | 50    | 0.208 | 0.212 | 1.019 | NL         |
| 16    | 30        | Pasir       | 50    | 0.211 | 0.201 | 0.954 | L          |
| 17    | 32        | Pasir       | 50    | 0.214 | 0.192 | 0.897 | L          |
| 18    | 34        | Pasir       | 38    | 0.229 | 0.157 | 0.687 | L          |
| 19    | 36        | Pasir       | 47    | 0.233 | 0.182 | 0.782 | L          |
| 20    | 38        | Lanau       | 50    | 0.224 | 0.170 | 0.756 | NL         |
| 21    | 40        | Lanau       | 50    | 0.228 | 0.164 | 0.717 | NL         |

Sumber : Hasil Analisis, 2024

**Tabel 5.17** Perhitungan Nilai Faktor Keamanan DB-02

| Layer | Depth (m) | Jenis Tanah | N-SPT | CSR   | CRR    | FS      | Keterangan |
|-------|-----------|-------------|-------|-------|--------|---------|------------|
| 1     | 1         | Lanau       | 12    | 0.161 | 0.200  | 1.238   | NL         |
| 2     | 2.5       | Lempung     | 14    | 0.122 | 0.207  | 1.701   | NL         |
| 3     | 4.5       | Pasir       | 50    | 0.222 | 0.295  | 1.327   | NL         |
| 4     | 6.5       | Pasir       | 50    | 0.193 | 0.108  | 0.560   | NL         |
| 5     | 8.5       | Pasir       | 50    | 0.189 | -2.233 | -11.815 | L          |
| 6     | 10.5      | Pasir       | 50    | 0.189 | 0.672  | 3.563   | NL         |
| 7     | 12.5      | Pasir       | 50    | 0.190 | 0.455  | 2.397   | NL         |
| 8     | 14.5      | Pasir       | 50    | 0.191 | 0.374  | 1.956   | NL         |
| 9     | 16.5      | Pasir       | 50    | 0.193 | 0.327  | 1.694   | NL         |
| 10    | 18.5      | Pasir       | 50    | 0.195 | 0.295  | 1.509   | NL         |
| 11    | 20.5      | Pasir       | 50    | 0.198 | 0.270  | 1.367   | NL         |
| 12    | 22.5      | Pasir       | 50    | 0.200 | 0.251  | 1.252   | NL         |
| 13    | 24.5      | Pasir       | 50    | 0.203 | 0.235  | 1.156   | NL         |
| 14    | 26.5      | Pasir       | 50    | 0.206 | 0.221  | 1.074   | NL         |
| 15    | 28.5      | Pasir       | 50    | 0.209 | 0.209  | 1.002   | NL         |
| 16    | 30.5      | Pasir       | 50    | 0.212 | 0.199  | 0.939   | L          |
| 17    | 32.5      | Pasir       | 50    | 0.232 | 0.201  | 0.866   | L          |
| 18    | 34.5      | Pasir       | 50    | 0.255 | 0.204  | 0.799   | L          |
| 19    | 36.5      | Pasir       | 50    | 0.284 | 0.209  | 0.737   | L          |
| 20    | 38.5      | Pasir       | 50    | 0.318 | 0.216  | 0.680   | L          |
| 21    | 40        | Pasir       | 50    | 0.359 | 0.228  | 0.635   | L          |

Sumber : Hasil Analisis, 2024

**Tabel 5.18** Perhitungan Nilai Faktor Keamanan DB-03

| Layer | Depth (m) | Jenis Tanah | N-SPT | CSR   | CRR    | FS     | Keterangan |
|-------|-----------|-------------|-------|-------|--------|--------|------------|
| 1     | 1         | Lempung     | 10    | 0.161 | 0.169  | 1.050  | NL         |
| 2     | 3         | Lempung     | 11    | 0.037 | 0.161  | 4.358  | NL         |
| 3     | 5         | Pasir       | 13    | 0.233 | 0.166  | 0.712  | NL         |
| 4     | 7         | Pasir       | 44    | 0.202 | -0.833 | -4.129 | NL         |
| 5     | 9         | Pasir       | 50    | 0.189 | 2.798  | 14.830 | NL         |
| 6     | 11        | Pasir       | 50    | 0.189 | 0.586  | 3.101  | NL         |
| 7     | 13        | Pasir       | 50    | 0.190 | 0.429  | 2.257  | NL         |
| 8     | 15        | Pasir       | 50    | 0.192 | 0.360  | 1.880  | NL         |
| 9     | 17        | Pasir       | 50    | 0.194 | 0.318  | 1.643  | NL         |
| 10    | 19        | Pasir       | 50    | 0.196 | 0.288  | 1.471  | NL         |
| 11    | 21        | Pasir       | 50    | 0.198 | 0.265  | 1.336  | NL         |
| 12    | 23        | Pasir       | 50    | 0.201 | 0.246  | 1.226  | NL         |
| 13    | 25        | Pasir       | 50    | 0.204 | 0.231  | 1.134  | NL         |
| 14    | 27        | Pasir       | 50    | 0.206 | 0.218  | 1.055  | NL         |
| 15    | 29        | Pasir       | 50    | 0.209 | 0.206  | 0.986  | L          |
| 16    | 31        | Pasir       | 50    | 0.212 | 0.196  | 0.925  | L          |
| 17    | 33        | Pasir       | 50    | 0.233 | 0.198  | 0.853  | L          |
| 18    | 35        | Pasir       | 50    | 0.256 | 0.202  | 0.787  | L          |
| 19    | 37        | Pasir       | 36    | 0.311 | 0.171  | 0.549  | L          |
| 20    | 39        | Lanau       | 50    | 0.319 | 0.214  | 0.670  | NL         |
| 21    | 40        | Lanau       | 50    | 0.359 | 0.228  | 0.635  | NL         |

Sumber : Hasil Analisis, 2024

**Tabel 5.19** Perhitungan Nilai Faktor Keamanan DB-04

| Layer | Depth (m) | Jenis Tanah | N-SPT | CSR   | CRR   | SF    | Keterangan |
|-------|-----------|-------------|-------|-------|-------|-------|------------|
| 1     | 1.5       | Lempung     | 8     | 0.220 | 0.143 | 0.649 | NL         |
| 2     | 3.5       | Lempung     | 13    | 0.826 | 0.181 | 0.219 | NL         |
| 3     | 5.5       | Lanau       | 33    | 0.215 | 0.503 | 2.338 | NL         |
| 4     | 7.5       | Lanau       | 38    | 0.204 | 0.534 | 2.612 | NL         |
| 5     | 9.5       | Pasir       | 50    | 0.192 | 1.162 | 6.046 | NL         |
| 6     | 11.5      | Pasir       | 50    | 0.193 | 0.528 | 2.740 | NL         |
| 7     | 13.5      | Pasir       | 50    | 0.194 | 0.408 | 2.101 | NL         |
| 8     | 15.5      | Pasir       | 50    | 0.196 | 0.348 | 1.778 | NL         |
| 9     | 17.5      | Pasir       | 50    | 0.198 | 0.310 | 1.565 | NL         |
| 10    | 19.5      | Pasir       | 50    | 0.200 | 0.282 | 1.407 | NL         |
| 11    | 21.5      | Pasir       | 50    | 0.203 | 0.260 | 1.282 | NL         |
| 12    | 23.5      | Pasir       | 50    | 0.205 | 0.242 | 1.179 | NL         |
| 13    | 25.5      | Pasir       | 50    | 0.208 | 0.227 | 1.092 | NL         |
| 14    | 27.5      | Pasir       | 50    | 0.211 | 0.215 | 1.017 | NL         |
| 15    | 29.5      | Pasir       | 50    | 0.214 | 0.204 | 0.951 | L          |
| 16    | 31.5      | Lempung     | 28    | 0.244 | 0.140 | 0.574 | NL         |
| 17    | 33.5      | Lempung     | 36    | 0.230 | 0.160 | 0.698 | NL         |
| 18    | 35.5      | Lempung     | 28    | 0.258 | 0.148 | 0.573 | NL         |
| 19    | 37.5      | Lempung     | 33    | 0.244 | 0.157 | 0.645 | NL         |
| 20    | 40        | Lempung     | 31    | 0.259 | 0.154 | 0.594 | NL         |

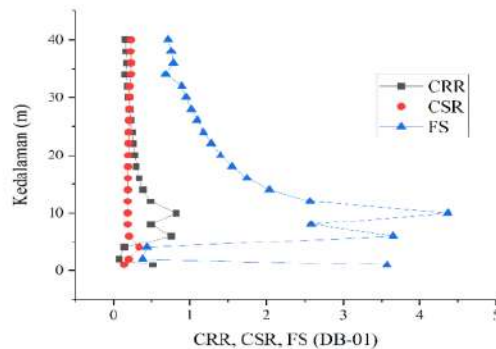
Sumber : Hasil Analisis, 2024

Keterangan

L = *Liquefaction*

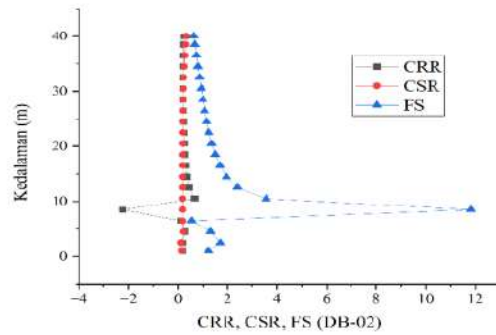
NL = *Non liquefaction*

Berdasarkan hasil rekapitulasi perhitungan maka dapat digambarkan hasilnya dalam bentuk grafik hubungan CSR, CRR, FS terhadap kedalaman.



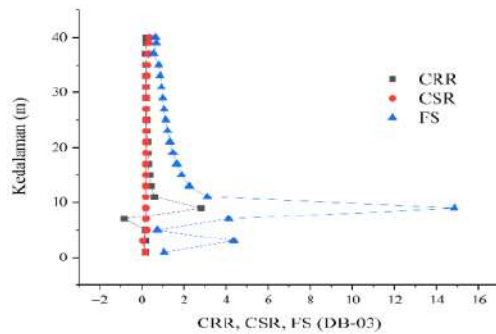
**Gambar 5.15** Grafik CRR, CSR, FS vs Kedalaman (DB-01)

Sumber : Hasil Analisis, 2024



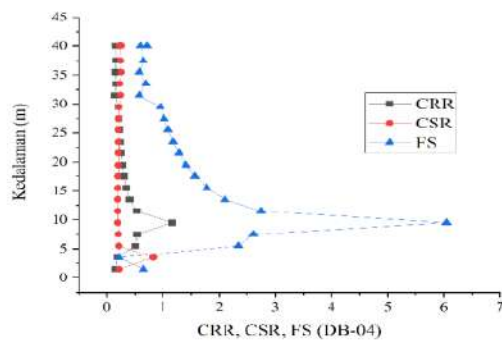
**Gambar 5.16** Grafik CRR, CSR, FS vs Kedalaman (DB-02)

Sumber : Hasil Analisis,2024



**Gambar 5.17** Grafik CRR, CSR, FS vs Kedalaman (DB-03)

Sumber : Hasil Analisis,2024



**Gambar 5.18** Grafik CRR, CSR, FS vs Kedalaman (DB-04)

Sumber : Hasil Analisis,2024

<sup>8</sup> Berdasarkan Gambar 5.16, Gambar 5.17, Gambar 5.18, warna abu-abu merupakan nilai CRR terhadap kedalaman sedangkan warna merah merupakan nilai CSR terhadap kedalaman dan warna biru merupakan nilai faktor keamanan terhadap kedalaman. Pada grafik diatas menunjukkan bahwa Potensi likuifaksi terjadi pada pasir jenuh air yang memiliki  $FS < 1$  sehingga pada keempat titik *bore hole* dengan kedalaman tertentu yang memiliki nilai  $FS < 1$  maka lokasi tersebut berpotensi terjadi likuifaksi sehingga pada area tersebut perlu diberikan perbaikan tanah dengan *Stone Column*. Pada titik DB-01, DB-02, DB-03, DB-04 berpotensi likuifaksi dengan beberapa variasi kedalaman. Lapisan yang paling dalam mengalami potensi likuifaksi ada pada titik DB-02 dengan kedalaman 40 m.



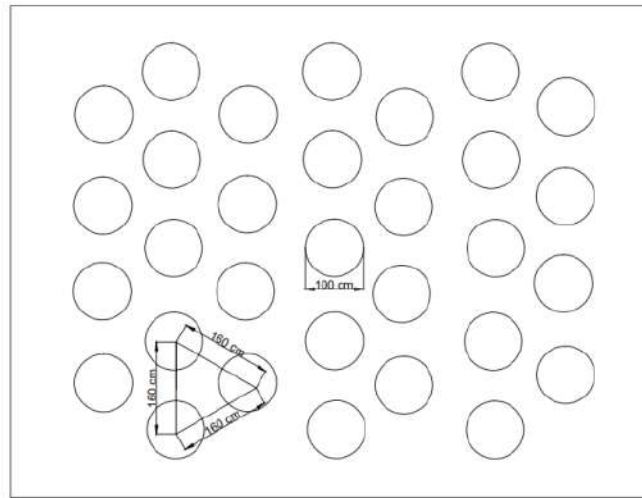
**Gambar 5.19** Peta Zona Likuifaksi Bethesda Hospital Serang

Sumber : Dokumen Penulis, 2024

## <sup>22</sup> 5.6 Analisis Perbaikan Tanah Menggunakan *Stone Column*

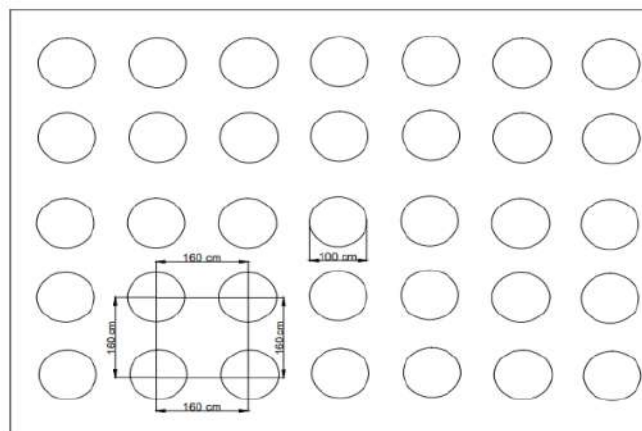
*Stone Column* adalah teknik perbaikan tanah lunak yang digunakan untuk menaikkan daya dukung tanah, mengurangi penurunan segera (*settlement*), mempercepat pemampatan, dan mengurangi terjadinya likuifaksi yang ditemukan oleh Louis Menard di France pada tahun 1960. Dalam proses desain *Stone Column* menggunakan metode Priebe (1995) untuk mengevaluasinya, sehingga didapatkan desain *Stone Column* yang paling optimum untuk mengatasi potensi kerusakan

yang akan terjadi akibat likuifaksi. Desain *Stone Column* melibatkan penentuan diameter, kedalaman, dan spasi antar kolom yang optimal, serta pemilihan material batu pecah yang sesuai. Desain ini harus disesuaikan dengan karakteristik tanah, untuk memastikan distribusi beban yang efektif dan peningkatan kapasitas dukung tanah secara keseluruhan. Dapat dilihat pola pemasangan segitiga sama sisi dan persegi pada Gambar 5.20 dan Gambar 5.21, dan juga ilustrasi pemasangan *Stone Column* pada Gambar 5.22



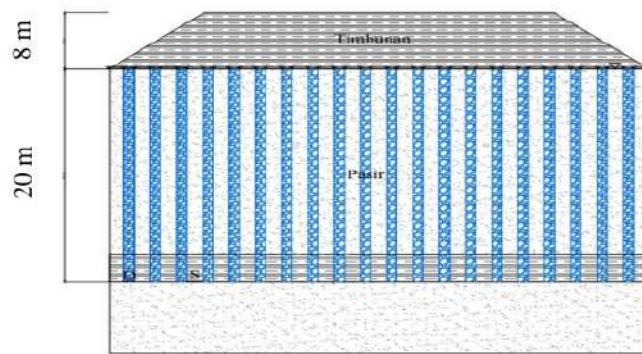
**Gambar 5.20** Pola Pemasangan *Stone Column* Segitiga Sama Sisi

Sumber : Dokumen Penulis, 2024



**Gambar 5.21** Pola Pemasangan *Stone Column* Persegi

Sumber : Dokumen Penulis, 2024



**Gambar 5.22** Tampak Depan Ilustrasi Pemasangan *Stone Column*

Sumber : Dokumen Penulis, 2024

Perhitungan yang akurat sangat penting dalam desain *Stone Column* untuk memastikan keamanan dan efisiensi struktur yang dibangun di atas tanah yang telah diperbaiki. Langkah-langkah perhitungan *Stone Column* mencakup penentuan diameter dan spasi kolom sebagai berikut.

a. *Stone Column* Pola Segitiga Sama Sisi

1) *Preliminary Design*

a) Diameter (D) = 1 m

b) *Pattern* = Pola Segitiga Sama Sisi

c) Spasi = 1,6 m

2) Diameter Ekuivalen ( $D_e$ )

Diameter ekuivalen merupakan tributary area yang terbentuk disekeliling *Stone Column*

$$\begin{aligned} D_e &= 1,05 \times S \\ &= 1,05 \times 1,6 \\ &= 1,68 \text{ m} \end{aligned}$$

3) *Replacement Ratio* ( $A_r$ )

Analisis dalam perencanaan *Stone Column* cukup kompleks karena perbaikan dilakukan pada area yang sangat luas dengan jumlah *Stone Column* yang sangat banyak. Untuk menyederhanakan analisis, area tersebut dapat dibagi menjadi unit-unit sel dengan luas  $A$  yang dianggap terdiri dari satu kolom dengan penampang  $A_c$  dan mempengaruhi tanah di sekitarnya. Parameter  $A_r$  digunakan sebagai berikut.

$$Ar = \frac{Ac}{A}$$

Dimana Ac adalah luas penampang *Stone Column*, A adalah luas unit cell. Untuk menghitung nilai Ac dan A sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Ac &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1^2 \\ &= 0,785 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \times \pi \times Dc^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1,68^2 \\ &= 2,216 \end{aligned}$$

#### 4) Faktor Perbaikan

Persamaan faktor perbaikan yang diusulkan Priebe (1995) dapat dinyatakan  $n_0$  sebagai berikut :

$$n_0 = 1 + \frac{Ac}{A} \left[ \frac{5 - \frac{Ac}{A}}{4Kac \left(1 - \frac{Ac}{A}\right)} - 1 \right]$$

Dimana Kac adalah koefisien tekanan tanah aktif, nilai sudut geser material *Stone Column* pada sudut  $40^\circ - 45^\circ$  terbukti efektif karena mampu meningkatkan daya dukung tanah yang cukup besar, nilai sudut geser yang diambil yaitu  $45^\circ$ . Selanjutnya untuk menghitung Kac sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Kac &= \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi_c}{2} \right) \\ &= \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{45}{2} \right) \\ &= 0,311 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_0 &= 1 + \frac{Ac}{A} \left[ \frac{5 - \frac{Ac}{A}}{4Kac \left(1 - \frac{Ac}{A}\right)} - 1 \right] \\ &= 1 + \frac{0,785}{2,216} \left[ \frac{5 - \frac{0,785}{2,216}}{4 \cdot (0,311) \left(1 - \frac{0,785}{2,216}\right)} - 1 \right] \end{aligned}$$

$$= 3,047$$

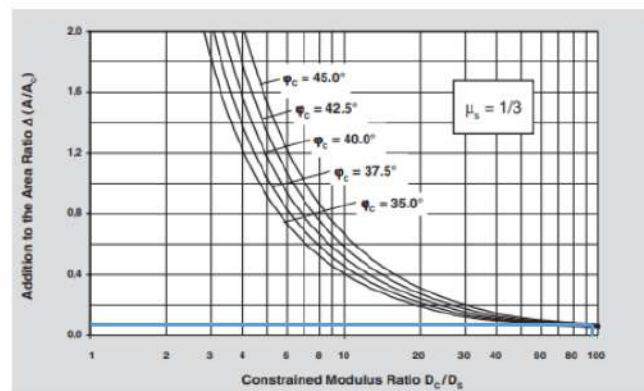
5) Mereduksi Nilai dari Faktor Perbaikan ( $n_1$ )

Material pengisi kolom yang sudah padat akan tetap mengalami pemampatan. Karena itu, setiap beban yang menyebabkan penurunan tidak dibarengi dengan penggelembungan pada kolom.

Persamaan faktor perbaikan yang diusulkan Priebe (1995) dapat dinyatakan  $n_1$  sebagai berikut :

$$n_1 = 1 + \frac{\bar{A}_c}{A} \left[ \frac{5 - \frac{\bar{A}_c}{A}}{4K_{ac} (1 - \frac{\bar{A}_c}{A})} - 1 \right]$$

Untuk mendapatkan nilai  $\Delta A$  melalui pembacaan grafik kompreibilitas *Stone Column* pada gambar 5.22 yang mana karena nilai  $\varphi_c$  diasumsikan  $45^\circ$  dan peralatan konstruksi *Stone Column* diasumsikan memiliki performa yang baik, maka didapatkan hasil  $D_c/D_s$  mendekati 100.



**Gambar 5.23** Grafik Kompreibilitas *Stone Column*

Sumber : Priebe, H.J. (1995)

Berdasarkan pembacaan grafik kompreibilitas *Stone Column* pada Gambar 5.5 menghasilkan nilai  $\Delta A/A_c$  sebesar 0,05 yang mana nilai  $\Delta A/A_c$  akan digunakan dalam perhitungan  $\bar{A}_c/A$  sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \frac{\bar{A}_c}{A} &= \frac{1}{\frac{A}{A_c} + \frac{\Delta A}{A_c}} \\ &= \frac{1}{\frac{2,216}{0,785} + 0,05} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 0,404 \\
n1 &= 1 + \frac{\overline{Ac}}{A} \left[ \frac{5 - \frac{\overline{Ac}}{A}}{4K_{ac} (1 - \frac{\overline{Ac}}{A})} - 1 \right] \\
&= 1 + 0,404 \left[ \frac{5 - 0,404}{4(0,311) (1 - 0,404)} - 1 \right] \\
&= 3,101
\end{aligned}$$

Didapatkan nilai *improvement factor* terkoreksi adalah sebesar 3,101 untuk pola pemasangan pola segitiga.

b. *Design Stone Column* Pola Pemasangan Persegi

1) Preliminary Desain

- a) Diameter (D) = 1 m
- b) *Pattern* = Pola Persegi
- c) Spasi = 1,6 m

2) **Diameter Ekuivalen (De)**

Diameter ekuivalen merupakan tributary area yang terbentuk disekeliling *Stone Column*

$$\begin{aligned}
De &= 1,13 \times S \\
&= 1,13 \times 1,6 \\
&= 1,808 \text{ m}
\end{aligned}$$

3) **Replacement Ratio (Ar)**

Analisis dalam perencanaan *Stone Column* cukup kompleks karena perbaikan dilakukan pada area yang sangat luas dengan jumlah *Stone Column* yang sangat banyak. Untuk menyederhanakan analisis, area tersebut dapat dibagi menjadi unit-unit sel dengan luas A yang dianggap terdiri dari satu kolom dengan penampang Ac dan mempengaruhi tanah di sekitarnya. Parameter Ar digunakan sebagai berikut.

$$Ar = \frac{Ac}{A}$$

Dimana Ac adalah luas penampang *Stone Column*, A adalah luas unit cell. Untuk menghitung nilai Ac dan A sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 A_c &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1^2 \\
 &= 0,785
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D_e^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1,808^2 \\
 &= 2,566
 \end{aligned}$$

#### 4) Faktor Perbaikan

Persamaan faktor perbaikan yang diusulkan Priebe (1995) dapat dinyatakan  $n_0$  sebagai berikut :

$$n_0 = 1 + \frac{A_c}{A} \left[ \frac{5 - \frac{A_c}{A}}{4K_{ac} (1 - \frac{A_c}{A})} - 1 \right]$$

Dimana  $K_{ac}$  adalah koefisien tekanan tanah aktif, nilai sudut geser material *Stone Column* pada sudut  $40^\circ$  -  $45^\circ$  terbukti efektif karena mampu meningkatkan daya dukung tanah yang cukup besar, nilai sudut geser yang diambil yaitu  $45^\circ$ . Selanjutnya untuk menghitung  $K_{ac}$  sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 K_{ac} &= \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi_c}{2} \right) \\
 &= \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{45}{2} \right) \\
 &= 0,311
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_0 &= 1 + \frac{A_c}{A} \left[ \frac{5 - \frac{A_c}{A}}{4K_{ac} (1 - \frac{A_c}{A})} - 1 \right] \\
 &= 1 + \frac{0,785}{2,566} \left[ \frac{5 - \frac{0,785}{2,566}}{4(0,311) (1 - \frac{0,785}{2,566})} - 1 \right] \\
 &= 2,662
 \end{aligned}$$

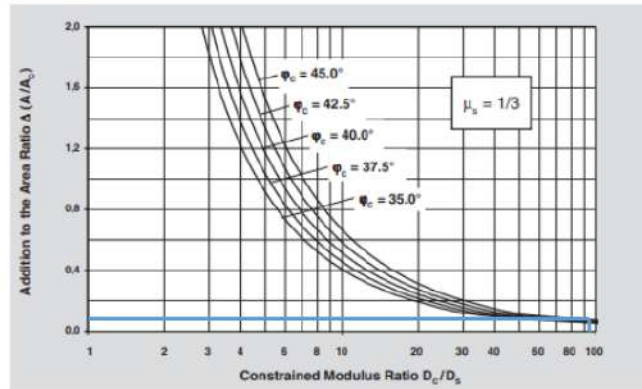
#### 5) Mereduksi Nilai dari Faktor Perbaikan ( $n_1$ )

Material pengisi kolom yang sudah padat akan tetap mengalami pemampatan. Karena itu, setiap beban yang menyebabkan penurunan tidak dibarengi dengan penggelembungan pada kolom.

Persamaan faktor perbaikan yang diusulkan Priebe (1995) dapat dinyatakan  $n_1$  sebagai berikut :

$$n_1 = 1 + \frac{\bar{A}_c}{A} \left[ \frac{5 - \frac{\bar{A}_c}{A}}{4K_{ac} (1 - \frac{\bar{A}_c}{A})} - 1 \right]$$

Untuk mendapatkan nilai  $\Delta A$  melalui pembacaan grafik kompreibilitas *Stone Column* pada gambar 5.1 yang mana karena nilai  $\varphi_c$  diasumsikan  $45^\circ$  dan peralatan konstruksi *Stone Column* diasumsikan memiliki performa yang baik, maka didapatkan hasil  $D_c/D_s$  mendekati 100.



Gambar 5.24 Grafik Kompreibilitas *Stone Column*

Sumber : Priebe, H.J. (1995)

Berdasarkan pembacaan grafik kompreibilitas *Stone Column* pada Gambar 5.23 menghasilkan nilai  $\Delta A/A_c$  sebesar 0,05 yang mana nilai  $\Delta A/A_c$  akan digunakan dalam perhitungan  $\bar{A}_c/A$  sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \frac{\bar{A}_c}{A} &= \frac{1}{\frac{A}{A_c} + \frac{\Delta A}{A_c}} \\ &= \frac{1}{\frac{2,216}{0,785} + 0,05} \\ &= 0,355 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n1 &= 1 + \frac{\overline{Ac}}{A} \left[ \frac{5 - \frac{\overline{Ac}}{A}}{4K_{ac} (1 - \frac{\overline{Ac}}{A})} - 1 \right] \\
 &= 1 + 0,355 \left[ \frac{5 - 0,355}{4,0(0,311) (1 - 0,355)} - 1 \right] \\
 &= 2,705
 \end{aligned}$$

Didapatkan nilai *improvement factor* terkoreksi adalah sebesar 2,705 untuk pola pemasangan pola segitiga.

### c. Faktor Keamanan Perbaikan DB-01

Faktor keamanan setelah adanya perbaikan didapatkan dengan cara mengalikan nilai *Cyclic Resistance Ratio* (CRR) dengan nilai *improvement factor* terkoreksi lalu dibagi dengan nilai *cyclic stress ratio* (CSR). Untuk nilai *improvement factor* terkoreksi dengan pola pemasangan segitiga sama sisi didapatkan sebesar 3,101 dan dengan pola pemasangan persegi didapatkan sebesar 2,705. Dari hasil nilai (n1) yang didapatkan menunjukkan bahwa jenis pola pemasangan segitiga sama sisi lebih besar dibandingkan jenis pola pemasangan persegi, maka pola pemasangan yang digunakan konfigurasi pola segitiga sama sisi agar pengaplikasian lebih efisien dan ekonomis. Berdasarkan kajian teori, pola segitiga lebih efektif dan gaya yang bekerja lebih stabil serta penurunan tanah akan lebih seragam (Fajarwati & Kusuma, 2021).

#### 1) Nilai faktor keamanan perbaikan pada Layer 16

$$\begin{aligned}
 FS' &= \frac{CRR \text{ Perbaikan} \times n1}{CSR} \\
 &= \frac{0,201 \times 3,101}{0,211} \\
 &= 2,960
 \end{aligned}$$

#### 2) Nilai faktor keamanan perbaikan pada Layer 17

$$\begin{aligned}
 FS' &= \frac{CRR \text{ Perbaikan} \times n1}{CSR} \\
 &= \frac{0,192 \times 3,101}{0,214} \\
 &= 2,781
 \end{aligned}$$

#### 3) Nilai faktor keamanan perbaikan pada Layer 18

$$\begin{aligned}
 FS' &= \frac{CRR \text{ Perbaikan} \times nI}{CSR} \\
 &= \frac{0,157 \times 3,101}{0,229} \\
 &= 2,131
 \end{aligned}$$

4) Nilai faktor keamanan perbaikan pada Layer 19

$$\begin{aligned}
 FS' &= \frac{CRR \text{ Perbaikan} \times nI}{CSR} \\
 &= \frac{0,182 \times 3,101}{0,233} \\
 &= 2,425
 \end{aligned}$$

**Tabel 5.20** Rekapitulasi Faktor Keamanan Perbaikan DB-01

| Pattern            | Layer | Depth (m) | Jenis Tanah | CSR   | CRR   | FS    | FS'   |
|--------------------|-------|-----------|-------------|-------|-------|-------|-------|
| Segitiga Sama Sisi | 16    | 30        | Pasir       | 0.211 | 0.201 | 0.954 | 2.960 |
|                    | 17    | 32        | Pasir       | 0.214 | 0.192 | 0.897 | 2.781 |
|                    | 18    | 34        | Pasir       | 0.229 | 0.157 | 0.687 | 2.131 |
|                    | 19    | 36        | Pasir       | 0.233 | 0.182 | 0.782 | 2.425 |

Sumber : Hasil Analisis, 2024

d. Faktor Keamanan Perbaikan DB-02

1) Nilai faktor keamanan perbaikan pada Layer 16

$$\begin{aligned}
 FS' &= \frac{CRR \text{ Perbaikan} \times nI}{CSR} \\
 &= \frac{0,199 \times 3,101}{0,212} \\
 &= 2,913
 \end{aligned}$$

2) Nilai faktor keamanan perbaikan pada Layer 17

$$\begin{aligned}
 FS' &= \frac{CRR \text{ Perbaikan} \times nI}{CSR} \\
 &= \frac{0,201 \times 3,101}{0,232} \\
 &= 2,685
 \end{aligned}$$

3) Nilai faktor keamanan perbaikan pada Layer 18

$$\begin{aligned}
 FS' &= \frac{CRR \text{ Perbaikan} \times nI}{CSR} \\
 &= \frac{0,204 \times 3,101}{0,255} \\
 &= 2,477
 \end{aligned}$$

4) Nilai faktor keamanan perbaikan pada Layer 19

$$\begin{aligned}
 FS' &= \frac{CRR \text{ Perbaikan} \times nI}{CSR} \\
 &= \frac{0,209 \times 3,101}{0,284} \\
 &= 2,285
 \end{aligned}$$

5) Nilai faktor keamanan perbaikan pada Layer 20

$$\begin{aligned}
 FS' &= \frac{CRR \text{ Perbaikan} \times nI}{CSR} \\
 &= \frac{0,216 \times 3,101}{0,318} \\
 &= 2,108
 \end{aligned}$$

6) Nilai faktor keamanan perbaikan pada Layer 21

$$\begin{aligned}
 FS' &= \frac{CRR \text{ Perbaikan} \times nI}{CSR} \\
 &= \frac{0,228 \times 3,101}{0,359} \\
 &= 1,970
 \end{aligned}$$

**Tabel 5.21** Rekapitulasi Faktor Keamanan Perbaikan DB-02

| Pattern            | Layer | Depth (m) | Jenis Tanah | CSR   | CRR   | FS    | FS'   |
|--------------------|-------|-----------|-------------|-------|-------|-------|-------|
| Segitiga Sama Sisi | 16    | 30.5      | Pasir       | 0.212 | 0.199 | 0.939 | 2.913 |
|                    | 17    | 32.5      | Pasir       | 0.232 | 0.201 | 0.866 | 2.685 |
|                    | 18    | 34.5      | Pasir       | 0.255 | 0.204 | 0.799 | 2.477 |
|                    | 19    | 36.5      | Pasir       | 0.284 | 0.209 | 0.737 | 2.285 |
|                    | 20    | 38.5      | Pasir       | 0.318 | 0.216 | 0.680 | 2.108 |
|                    | 21    | 40        | Pasir       | 0.359 | 0.228 | 0.635 | 1.970 |

Sumber : Hasil Analisis, 2024

e. Faktor Keamanan Perbaikan DB-03

1) Nilai faktor keamanan perbaikan pada Layer 15

$$\begin{aligned}FS' &= \frac{CRR \text{ Perbaikan} \times n1}{CSR} \\&= \frac{0,206 \times 3,101}{0,209} \\&= 3,057\end{aligned}$$

2) Nilai faktor keamanan perbaikan pada Layer 16

$$\begin{aligned}FS' &= \frac{CRR \text{ Perbaikan} \times n1}{CSR} \\&= \frac{0,196 \times 3,101}{0,212} \\&= 2,868\end{aligned}$$

3) Nilai faktor keamanan perbaikan pada Layer 17

$$\begin{aligned}FS' &= \frac{CRR \text{ Perbaikan} \times n1}{CSR} \\&= \frac{0,198 \times 3,101}{0,233} \\&= 2,645\end{aligned}$$

4) Nilai faktor keamanan perbaikan pada Layer 18

$$\begin{aligned}FS' &= \frac{CRR \text{ Perbaikan} \times n1}{CSR} \\&= \frac{0,202 \times 3,101}{0,256} \\&= 2,441\end{aligned}$$

5) Nilai faktor keamanan perbaikan pada Layer 19

$$\begin{aligned}FS' &= \frac{CRR \text{ Perbaikan} \times n1}{CSR} \\&= \frac{0,171 \times 3,101}{0,311} \\&= 1,703\end{aligned}$$

**Tabel 5.22** Rekapitulasi Faktor Keamanan Perbaikan DB-03

| Pattern            | Layer | Depth (m) | Jenis Tanah | CSR   | CRR   | FS    | FS'   |
|--------------------|-------|-----------|-------------|-------|-------|-------|-------|
| Segitiga Sama Sisi | 15    | 29        | Pasir       | 0.209 | 0.206 | 0.986 | 3.057 |
|                    | 16    | 31        | Pasir       | 0.212 | 0.196 | 0.925 | 2.868 |
|                    | 17    | 33        | Pasir       | 0.233 | 0.198 | 0.853 | 2.645 |
|                    | 18    | 35        | Pasir       | 0.256 | 0.202 | 0.787 | 2.441 |
|                    | 19    | 37        | Pasir       | 0.311 | 0.171 | 0.549 | 1.703 |

Sumber : Hasil Analisis, 2024

f. Faktor Keamanan Perbaikan DB-04

1) Nilai faktor keamanan perbaikan pada Layer 15

$$\begin{aligned}
 FS' &= \frac{CRR \text{ Perbaikan} \times n1}{CSR} \\
 &= \frac{0,204 \times 3,101}{0,214} \\
 &= 2,951
 \end{aligned}$$

**Tabel 5.23** Rekapitulasi Faktor Keamanan Perbaikan DB-04

| Pattern            | Layer | Depth (m) | Jenis Tanah | CSR   | CRR   | FS    | FS'   |
|--------------------|-------|-----------|-------------|-------|-------|-------|-------|
| Segitiga Sama Sisi | 15    | 29.5      | Pasir       | 0.214 | 0.204 | 0.951 | 2.951 |

Sumber : Hasil Analisis, 2024

Setelah pemasangan *Stone Column*, faktor keamanan tanah terhadap kegagalan geser dan penurunan diferensial meningkat secara signifikan. Hal ini disebabkan oleh peningkatan kapasitas dukung tanah serta distribusi beban yang lebih merata melalui *Stone Column*, sehingga memberikan stabilitas tambahan dan mengurangi risiko deformasi berlebih pada struktur di atasnya.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan potensi likuifaksi pada Proyek Pembangunan Bethsaida Hospital Serang yang berlokasi di Cilegon Banten, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Data tanah pengujian *Standart Penetration Test* (SPT) yang diperoleh dari lokasi penelitian menunjukkan adanya beberapa lapisan tanah yang rentan terhadap likuifaksi karena terdapat pasir jenuh air pada kedalaman 7,5 – 40 m. Akan terjadi likuifaksi pada titik DB-01 di kedalaman 30 - 36 m, titik DB-02 di kedalaman 30,5 – 40, titik DB-03 di kedalaman 29-37 m, titik DB-04 di kedalaman 29,5 apabila terjadi gempa dengan manitude > 6,9.
- Berdasarkan perhitungan faktor keamanan terhadap likuifaksi menunjukkan bahwa beberapa area dalam lokasi penelitian memiliki faktor keamanan yang rendah yang didapatkan pada nilai 0,549 – 0,897 dengan nilai  $FS < 1$ , maka perlu dilakukan perbaikan.
- Metode *stone column* terbukti efektif dalam meningkatkan stabilitas dan kapasitas dukung tanah di area yang rentan terhadap likuifaksi. Pemasangan *stone column* yang digunakan yaitu pola pemasangan segitiga sama sisi dengan diameter 1 m dan spasi 1,6 m. Hasil perhitungan menunjukkan peningkatan signifikan dalam kapasitas dukung tanah setelah pemasangan *stone column* dengan nilai faktor keamanan semula 0,549 – 0,897 menjadi 1,703 – 3,057 hal ini memungkinkan struktur bangunan di atas tanah yang diperbaiki memiliki fondasi yang lebih kuat dan stabil.

### 6.2 Saran

Adapun saran dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

- Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk melakukan pengujian tambahan, seperti CPT (*Cone Penetration Test*) atau uji laboratorium lainnya,

untuk memperoleh data yang lebih komprehensif dan akurat mengenai kondisi tanah.

- b. Penelitian ini dapat diperluas dengan memanfaatkan berbagai aplikasi khusus seperti *EduShake* atau *ProShake* untuk melakukan perhitungan. Selain itu, untuk mencapai hasil yang lebih optimal, data dari pengujian *sieve analysis* dapat dimasukkan sebagai tambahan dalam analisis potensi likuifaksi.
- c. Dalam proses desain *stone column*, metode evaluasi tambahan dapat digunakan seperti metode elemen hingga untuk meningkatkan akurasi analisis yang dilakukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alizadeh Mansouri, M., & Dabiri, R. (2021). Predicting the liquefaction potential of soil layers in Tabriz city via artificial neural network analysis. In *SN Applied Sciences* (Vol. 3, Issue 7). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04704-3>
- Barksdale, R.D. and Bachus, R. C. (1983). Design and construction of stone columns. *FHWA/RD-83/026, Federal Highway Administration, Washington, D.C.*
- Barksdale, R. D., & Bachus, R. C. (1983). Design and construction of stone columns volume 1. *Federal Highway Administration, I*(December), 1–212.
- Das, B. M. (1995). Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik. *Penerbit Erlangga*, 1–300.
- Fajarwati, Y., & Kusuma, R. I. (2021). Analisis Potensi Likuefaksi dan Perbaikan Tanah dengan Stone Column: Studi Kasus pada Coal Shelter PLTU Lontar, Banten. *INERSIA: LNformasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 17(1), 27–35. <https://doi.org/10.21831/inersia.v17i1.40570>
- Fathonah, W., Mina, E., Indera Kusuma, R., & Hutami, R. (2021). Analisis Potensi Likuefaksi Dan Alternatif Perbaikannya Dengan Metode Stone Column. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST)*, 2021.
- Hidayat, N., & Santoso, E. W. (1997). Gempa Bumi Dan Mekanismenya. In *Alami: Jurnal Teknologi Reduksi Resiko Bencana* (Vol. 2, Issue 3, p. 50).
- Listiyanti, C., Setiyarto, Y. D., & Meiwa, S. (2022). Analisis Metode Perbaikan Stone Column Di Tanah Pasir Lepas Pada Zona Potensi Likuefaksi. *CRANE: Civil Engineering Research Journal*, 3(2), 17–26. <https://doi.org/10.34010/crane.v3i2.8242>
- Mina, E., & Kusuma, R. I. (2013). Analisis Site Specific Response Spectra Gempa Berdasarkan Parameter Dinamis Tanah Untuk Wilayah Cilegon. *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*, 2(1), 49–56. <https://doi.org/10.36055/jft.v2i1.1990>
- Mina, E., Kusuma, R. I., & Sudirman, S. (2018a). Analisa Potensi Likuefaksi Berdasarkan Data Spt (Studi Kasus proyek Pembangunan Gedung Baru Untirta Sindang Sari ). *Jurnal Fondasi*, 7(1). <https://doi.org/10.36055/jft.v7i1.3298>

- Mina, E., Kusuma, R. I., & Sudirman, S. (2018b). Analisa Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data Spt (Studi Kasusproyek Pembangunan Gedung Baru Untirta Sindang Sari ). *Jurnal Fondasi*, 7(1), 11–21. <https://doi.org/10.36055/jft.v7i1.3298>
- Pandiangan, B., Jafri, M., & Iswan, I. (2016). Pengaruh Variasi Waktu Pemeraman Terhadap Daya Dukung Tanah Lempung dan Lanau yang Distabilisasi Menggunakan Semen pada Kondisi Tanpa Rendaman (Unsoaked). *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain*, 4(2), 256–275.
- Purbandini, P., Santosa, B. J., & Sunardi, B. (2017). Analisis Bahaya Kegempaan di Wilayah Malang Menggunakan Pendekatan Probabilistik. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 6(2). <https://doi.org/10.12962/j23373520.v6i2.25221>
- Reni Anggraini. (2023). *Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data Spt Pada Proyek Pembangunan Menara Bri Kota Medan*.
- Setiawan, H., & Kurniawan, S. (2021). Karakteristik Tanah Terdampak Dan Tidak Terdampak Likuifaksi Berdasarkan Uji Swedish Weight Sounding Pada Kelurahan Petobo. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil*, 13(1), 1–7. <https://doi.org/10.33369/ijts.13.1.1-7>
- Sihombing, I. H. S. M. (2012). *Studi Parameter Perencanaan Stone Column untuk Perbaikan Bearing Capacity dan Settlement pada Tanah Lempung*. 1–6.
- Soehaimi, A. (2008). Seismotektonik dan Potensi Kegempaan Wilayah Jawa. *Indonesian Journal on Geoscience*, 3(4), 227–240. <https://doi.org/10.17014/ijog.3.4.227-240>
- Tohari, A., Syahbana, A. J., Satriyo, N. A., & ... (2019). Karakteristik likuifaksi tanah pasir di kota padang berdasarkan metode microtremor. ... *Hasil Penelitian Puslit ...*, July, 978–979.
- Ukuran, B. D. A. N. (n.d.). *Buku-Gempabumi-Dan-Tsunami*.

# **LAMPIRAN 1**

## **BERKAS ADMINISTRASI**





KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Smp-01

Jl. Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

**SURAT PERMOHONAN SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI**

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya mahasiswa Program Sarjana Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,

Nama Mahasiswa : Shofarina Ika Juniar Susanti  
Nomor Mahasiswa : 3336200007  
Alamat Mahasiswa : Prm. Mediterania Blok A2/21, Ds. Sukamulya, Kec. Cikupa, Kab.  
Tangerang, Prov. Banten.  
Dosen Pembimbing : 1. Rama Indera Kusuma, S.T., M.T  
2. Woelandari Fathonah, S.T., M.T

dengan prestasi studi S1 sampai dengan tanggal: 22 Februari 2024 seperti terlampir. Dengan ini saya mengajukan permohonan untuk dapat menyelenggarakan seminar proposal skripsi.

Cilegon, 16 Februari 2024

Pemohon,

Shofarina Ika JS

**PEMERIKSAAN (oleh Koord. Skripsi)**

| No  | Perihal                                                                                                                           | Catatan            |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1.  | Hasil studi kumulatif ( $\geq 116$ sks dan IPK $\geq 2,00$ )                                                                      | 144 SKS & IPK 3,63 |
| 2.  | Nilai D maksimal 10% dari total SKS mata kuliah                                                                                   | 1 %                |
| 3.  | Kerja Praktek                                                                                                                     |                    |
| 4.  | Mengontrak mata kuliah Skripsi dalam KRS berjalan                                                                                 |                    |
| 5.  | Melakukan pendaftaran pada SISTA (TA-01)                                                                                          |                    |
| 6.  | Draf proposal telah disetujui Dosen Pembimbing (TA-02)<br>Salinan sebanyak 4 eksemplar masing-masing untuk pembimbing dan penguji |                    |
| 7.  | Naskah seminar telah disetujui Dosen Pembimbing (TA-02)<br>Salinan sebanyak 10-15 eksemplar untuk peserta sidang                  |                    |
| 8.  | Berita Acara Seminar Proposal (Smp-02)                                                                                            |                    |
| 9.  | Lembar saran & masukan (Smp-03)                                                                                                   |                    |
| 10. | Daftar hadir dosen (Smp-04)                                                                                                       |                    |
| 11. | Daftar hadir peserta seminar (Smp-05)                                                                                             |                    |

Seminar tersebut dapat dilaksanakan, waktu dan tempat seminar harap dikonsultasikan dengan Dosen Pembimbing dan Dosen Penguji.

Cilegon, 16 Februari 2024  
Koordinator Skripsi,

Siti Asyiah, S.Pd., M.T.  
NIP. 198601312019032009

Dibuat rangkap 2 untuk:

1. Mahasiswa ybs
2. Koord. Skripsi

\* Pendaftaran Seminar Proposal Skripsi selambat-lambatnya 2 hari kerja sebelum seminar dilaksanakan.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

Smp-02

BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI  
JURUSAN TEKNIK SIPIL UNTIRTA

Pada hari ini Kamis tanggal 22 bulan Februari  
tahun 2024, telah dilaksanakan Seminar Proposal Skripsi dari mahasiswa/mahasiswi,  
yaitu :

Nama : Shofarina Ika Juniar Susanti

NPM : 3336200007

Judul Skripsi : Analisis Potensi Likuifaksi Berdasakan Data SPT Dan Alternatif  
Perbaikannya Dengan Metode Stone Column

Dosen pembimbing I : Rama Indera Kusuma, S.T., M.T

Dosen pembimbing II: Woelandari Fathonah, S.T., M.T

Dosen Penguji I : Enden Mina, S.T., M.T

Dosen Penguji II : Ngakan Putu Purnaditya, S.T., M.T

Dari Seminar Proposal Skripsi ini dinyatakan bahwa mahasiswa tersebut telah dinyatakan  
~~MEMENUHI PERSYARATAN / TIDAK MEMENUHI PERSYARATAN~~ untuk melanjutkan  
Penelitian (Skripsi) \*)

Demikian Berita Acara ini dibuat dan selanjutnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana  
mestinya.

Cilegon, 22 Februari 2024

Dosen Penguji I

  
Enden Mina, S.T., M.T  
NIP. 197305062006042001

Dosen Pembimbing I

  
Rama Indera Kusuma, S.T., M.T  
NIP. 198108222006041001

Dosen Penguji II

  
Ngakan Putu Purnaditya, S.T., M.T  
NIP. 198909142019031008

Dosen Pembimbing II

  
Woelandari Fathonah, S.T., M.T  
NIP. 199012292019032021

Ket : \*) coret yang tidak perlu  
CC : Arsip



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

Smp-03

SARAN / MASUKAN  
SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Hari/Tgl : Kamis, 22 Februari 2024 Waktu : 13.00 WIB  
Nama Peserta : Shofarina Ika Juniar Susanti NPM : 3336200007  
Judul Skripsi : Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Dan Alternatif  
Perbaikannya Dengan Metode Stone Column

| NO | HAL | MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL                                                                               | KET. |
|----|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
|    |     | lanjutkan ke analisis  |      |

Cilegon, 22 Februari 2024  
Dosen Pembimbing 1



Rama Indera Kusuma, S.T., M.T  
NIP. 198108222006041001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

Smp-03

SARAN / MASUKAN  
SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Hari/Tgl : Kamis, 22 Februari 2024 Waktu : 13.00 WIB  
Nama Peserta : Shofarina Ika Juniar Susanti NPM : 3336200007  
Judul Skripsi : Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Dan Alternatif  
Perbaikannya Dengan Metode Stone Column

| NO | HAL | MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL | KET. |
|----|-----|---------------------------|------|
| 1. |     | Mengikuti penguji         |      |

Cilegon, 22 Februari 2024  
Dosen Pembimbing 2

Woelandari Fathonah, S.T., M.T.  
NIP. 199012292019032021



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

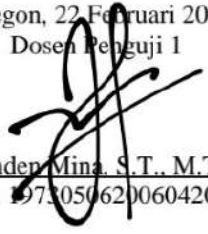
Smp-03

SARAN / MASUKAN  
SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Hari/Tgl : Kamis, 22 Februari 2024 Waktu : 13.00 WIB  
Nama Peserta : Shofarina Ika Juniar Susanti NPM : 3336200007  
Judul Skripsi : Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Dan Alternatif  
Perbaikannya Dengan Metode Stone Column

| NO | HAL | MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL          | KET. |
|----|-----|------------------------------------|------|
|    |     | kembalikan catatan waktu<br>Sempro |      |

Cilegon, 22 Februari 2024  
Dosen Penguji 1

  
Endang Mina S.T., M.T.  
NIP. 197305062006042001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: fl.untirta.ac.id

Smp-03

SARAN / MASUKAN  
SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Hari/Tgl : Kamis, 22 Februari 2024 Waktu : 13.00 WIB  
Nama Peserta : Shofarina Ika Juniar Susanti NPM : 3336200007  
Judul Skripsi : Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Dan Alternatif  
Perbaikannya Dengan Metode Stone Column

| NO | HAL | MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL     | KET. |
|----|-----|-------------------------------|------|
| 1. |     | Lanjutkan penelitian          |      |
| 2. |     | Tambahkan sumber stone column |      |
| 3. |     | Tambahkan gambar stone column |      |

Cilegon, 22 Februari 2024  
Dosen Penguji 2

  
Ngakan Putu Putraditya, S.T., M.T.  
NIP. 198909142012021008



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Smp-04

Jl. Jendral Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

**DAFTAR HADIR SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI**

Hari/Tgl : 22 Februari 2024  
Waktu : 13.00 WIB  
Nama Peserta : Sofarina Ika Juniar Susanti  
NPM : 3336200007  
Judul Skripsi : Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Dan Alternatif  
Perbaikannya Dengan Metode Stone Column

| NO | NAMA                              | NIP                | TANDA-TANGAN |
|----|-----------------------------------|--------------------|--------------|
| 1. | Rama Idera Kusuma, S.T., M.T      | 198108222006041001 | 1.           |
| 2. | Woelandari Fathonah, S.T., M.T    | 199012292019032021 | 2.           |
| 3. | Enden Mina, S.T, M.T              | 197305062006042001 | 3.           |
| 4. | Ngakan Putu Purnaditya, S.T., M.T | 198909142019031008 |              |

Cilegon, 22 Februari 2024  
Koordinator Skripsi

Siti Asyiah, S.Pd., M.T.  
NIP.198601312019032009



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

Smp-05

DAFTAR HADIR SEMINAR HASIL SKRIPSI

Hari/Tgl : Kamis, 22 Februari 2024  
Waktu : 13.00 WIB  
Nama Peserta : Shofarina Ika Juniar Susanti  
NPM : 3336200007  
Judul Skripsi : Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Dan Alternatif  
Perbaikannya Dengan Metode Stone Column

| NO  | NAMA                | NPM        | TANDA-TANGAN | KET. |
|-----|---------------------|------------|--------------|------|
| 1.  | Melvian Rizkiyah    | 3336200127 | 1.           |      |
| 2.  | Nabila Fatihah      | 3336200061 | 2.           |      |
| 3.  | Najwa Zhafirah      | 3336200029 | 3.           |      |
| 4.  | Ahmad Farhan Rizik  | 3336200071 | 4.           |      |
| 5.  | Shabrina Farhanadya | 3336200094 | 5.           |      |
| 6.  | Shofi Rohmania      | 3336200100 | 6.           |      |
| 7.  | Waode Siti Ruffiani | 3336200015 | 7.           |      |
| 8.  | Khairani Nofta      | 3336200052 | 8.           |      |
| 9.  | M. Recky Ersandi    | 3336200126 | 9.           |      |
| 10. | Rizky Januardi      | 3336200020 | 10.          |      |
| 11. |                     |            | 11.          |      |
| 12. |                     |            | 12.          |      |
| 13. |                     |            | 13.          |      |
| 14. |                     |            | 14.          |      |
| 15. |                     |            | 15.          |      |

Cilegon, 22 Februari 2024  
Koordinator Skripsi

Siti Asyiah, S.Pd.,M.T.  
NIP.198601312019032009



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

Smp-06

**BUKTI PERBAIKAN PROPOSAL SKRIPSI**

Nama Peserta : Shofarina Ika Juniar Susanti

NPM : 3336200007

| NO | HARI/<br>TANGGAL | PERIHAL | BAB | HALAMAN |
|----|------------------|---------|-----|---------|
|    |                  |         |     |         |

Cilegon, 23 Maret 2024  
Dosen Pembimbing 1

Rama Indera Kusuma, S.T., M.T  
NIP. 198108222006041001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

Smp-06

BUKTI PERBAIKAN PROPOSAL SKRIPSI

Nama Peserta : Shofarina Ika Juniar Susanti

NPM : 3336200007

| NO  | HARI/<br>TANGGAL | PERIHAL  | BAB | HALAMAN |
|-----|------------------|----------|-----|---------|
| 1). | 15/05/2024       | Lanjutan |     |         |

Cilegon, 23 Maret 2024  
Dosen Pembimbing 2

Woclandari Fathonah, S.T., M.T  
NIP. 19901229201903202



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

Smp-06

BUKTI PERBAIKAN PROPOSAL SKRIPSI

Nama Peserta : Shofarina Ika Juniar Susanti

NPM : 3336200007

| NO | HARI/<br>TANGGAL | PERIHAL             | BAB | HALAMAN |
|----|------------------|---------------------|-----|---------|
|    |                  | lengkapi penelitian |     |         |

Cilegon, 23 Maret 2024

Dosen Penguji 1

Enden Mina, S.T., M.T

NIP. 197305062006042001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

Smp-06

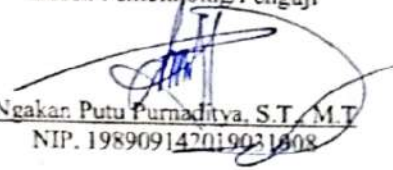
BUKTI PERBAIKAN PROPOSAL SKRIPSI

Nama Peserta : Shofarina Ika Juniar Susanti

NPM : 3336200007

| NO | HARI/<br>TANGGAL | PERIHAL  | BAB | HALAMAN |
|----|------------------|----------|-----|---------|
| 1. | 15 / 05 / 2024   | lanjutan |     |         |

Cilegon, 23 Maret 2024  
Dosen Pembimbing/Penguji

  
Ngakan Putu Purnaditva, S.T., M.T.  
NIP. 198909142019031808



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Hsl-01

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

BERITA ACARA SEMINAR HASIL SKRIPSI  
JURUSAN TEKNIK SIPIL UNTIRTA

Pada hari ini Kamis tanggal 30 bulan Mei  
tahun 2024, telah dilaksanakan Seminar Hasil Skripsi dari mahasiswa/mahasiswi,  
yaitu :

Nama : Shofarina Ika Juniar Susanti  
NPM : 3336200007  
Judul Skripsi : Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Dan Alternatif  
Perbaikannya Dengan Metode Stone Column  
Dosen pembimbing I : Rama Indera Kusuma, S.T., M.T  
Dosen pembimbing II: Woelandari Fathonah, S.T., M.T

Dari Seminar Hasil Skripsi ini dinyatakan bahwa mahasiswa tersebut telah dinyatakan  
MEMENUHI PERSYARATAN / TIDAK MEMENUHI PERSYARATAN untuk  
melanjutkan ke Sidang Akhir \*)

Demikian Berita Acara ini dibuat dan selanjutnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana  
mestinya.

Cilegon, 30 Mei 2024

Dosen Pembimbing I

Rama Indera Kusuma, S.T., M.T  
NIP. 198108222006041001

Dosen Pembimbing II

Woelandari Fathonah, S.T., M.T  
NIP. 199012292019032021

Ket : \*) coret yang tidak perlu  
CC : Arsip



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
**FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

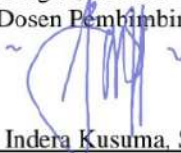
Hsl-02

**SARAN / MASUKAN  
SEMINAR HASIL SKRIPSI**

Hari/Tgl : Kamis, 30 Mei 2024 Waktu : 13.00 WIB  
Nama Peserta : Shofarina Ika Juniar Susanti NPM : 3336200007  
Judul Skripsi : Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Dan Alternatif  
Perbaikannya Dengan Metode Stone Column

| NO | HAL | MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL                                                                                                       | KET. |
|----|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
|    |     | ACC SEMINAR HASIL....SIAPKAN SIDANG AKHIR<br> |      |

Cilegon, 30 Mei 2024  
Dosen Pembimbing 1

  
Rama Indera Kusuma, S.T., M.T  
NIP. 198108222006041001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

Hsl-02

SARAN / MASUKAN  
SEMINAR HASIL SKRIPSI

Hari/Tgl : Kamis, 30 Mei 2024 Waktu : 13.00 WIB  
Nama Peserta : Shofarina Ika Juniar Susanti NPM : 3336200007  
Judul Skripsi : Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Dan Alternatif  
Perbaikannya Dengan Metode Stone Column

| NO | HAL | MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL   | KET. |
|----|-----|-----------------------------|------|
|    |     | Tambahkan satuan pada tabel |      |

Cilegon, 30 Mei 2024  
Dosen Pembimbing 2

Woelandari Fathonah, S.T., M.T  
NIP. 199012292019032021



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

Hsl-03

DAFTAR HADIR SEMINAR HASIL SKRIPSI

Hari/Tgl : 30 Mei 2024  
Waktu : 13.00 WIB  
Nama Peserta : Shofarina Ika Juniar Susanti  
NPM : 3336200007  
Judul Skripsi : Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Dan Alternatif  
Perbaikannya Dengan Metode Stone Column

| NO | NAMA                           | NIP                | TANDA-TANGAN                                                                           |
|----|--------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Rama Indera Kusuma, S.T., M.T  | 198108222006041001 | 1.   |
| 2. | Woelandari Fathonah, S.T., M.T | 199012292019032021 | 2.  |

Cilegon, 30 Mei 2024  
Koordinator Skripsi

  
Siti Asyiah, S.Pd., M.T.  
NIP.198601312019032009



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Hsl-04

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

DAFTAR HADIR SEMINAR HASIL SKRIPSI

Hari/Tgl : Kamis, 30 Mei 2024  
Waktu : 13.00 WIB  
Nama Peserta : Shofarina Ika Juniar Susanti  
NPM : 3336200007  
Judul Skripsi : Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Dan Alternatif  
Perbaikannya Dengan Metode Stone Column

| NO  | NAMA                | NPM        | TANDA-TANGAN | KET. |
|-----|---------------------|------------|--------------|------|
| 1.  | Melvian Rizkiyah    | 3336200127 | 1.           |      |
| 2.  | Nabila Fatihah      | 3336200061 | 2.           |      |
| 3.  | Najwa Zhafirah      | 3336200029 | 3.           |      |
| 4.  | Ahmad Farhan Rizik  | 3336200071 | 4.           |      |
| 5.  | Shabrina Farhanadya | 3336200094 | 5.           |      |
| 6.  | Shofi Rohmania      | 3336200100 | 6.           |      |
| 7.  | Waode Siti Ruffiani | 3336200015 | 7.           |      |
| 8.  | Khairani Nofta      | 3336200052 | 8.           |      |
| 9.  | M. Recky Ersandi    | 3336200126 | 9.           |      |
| 10. |                     |            | 10.          |      |
| 11. |                     |            | 11.          |      |
| 12. |                     |            | 12.          |      |
| 13. |                     |            | 13.          |      |
| 14. |                     |            | 14.          |      |
| 15. |                     |            | 15.          |      |

Cilegon, 30 Mei 2024  
Koordinator Skripsi

Siti Asyiah, S.Pd.,M.T.  
NIP.198601312019032009



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
**FAKULTAS TEKNIK**

Hsl-05

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

**BUKTI PERBAIKAN LAPORAN HASIL SKRIPSI**

Nama Peserta : Shofarina Ika Juniar Susanti

NPM : 3336200007

| NO | HARI/<br>TANGGAL | PERIHAL                                                                                                  | BAB | HALAMAN |
|----|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|---------|
|    | 7-6-2024         | SIAPKAN SIDANG AKHIR ~  |     |         |

Cilegon, 30 Mei 2024  
Dosen Pembimbing 1



Rama Indera Kusuma, S.T., M.T  
NIP. 198108222006041001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

Hsl-05

BUKTI PERBAIKAN LAPORAN HASIL SKRIPSI

Nama Peserta : Shofarina Ika Juniar Susanti

NPM : 3336200007

| NO | HARI/<br>TANGGAL | PERIHAL          | BAB | HALAMAN |
|----|------------------|------------------|-----|---------|
|    | 07/2024<br>06    | Acc sidang Akhir |     |         |

Cilegon, 30 Mei 2024  
Dosen Pembimbing 2

  
Woelاندari Fathonah, S.T., M.T  
NIP. 199012292019032021



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

Hs1-06

**BUKTI KEHADIRAN TELAH MENGIKUTI SEMINAR**

Nama Peserta : Shofarina Ika Juniar Susanti

NPM : 3336200007

**SEMINAR YANG PERNAH DIKUTI**

| NO | JUDUL                                                                                                                                                                                                                                                       | Mahasiswa               | Paraf <sup>1</sup> |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------|
| 1  | Analisis Deformasi Lateral Contiguous Bored Pile Pada Pekerjaan Galian Dalam Menggunakan Metode Elemen Hingga                                                                                                                                               | Nabila Fatihah          |                    |
| 2  | Permodelan Rembesan Air Dan Stabilitas Lereng Pada Bendungan Sindang Heula                                                                                                                                                                                  | Winda Kusuma Ningrum    |                    |
| 3  | Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Kapur Dan Ground Granulated Furnace Blast Slag (GGBS) Terhadap Nilai California Bearing Ratio Terendam (CBR) Soaked (Studi Kasus : Jalan Kampung Pasirmeong Desa Kauncaang, Kecamatan Cadasari, Kabupaten Pandeglang) | Shabrina Farhanadya     |                    |
| 4  | Pengaruh Stabilitas Tanah Lempung Menggunakan Slag Nikel Terhadap Nilai CBR Unsoaked (Studi Kasus : Jalan Kampung Pasirmeong Desa Kauncaang, Kecamatan Cadasari, Kabupaten Pandeglang)                                                                      | Rizki Januardi          |                    |
| 5  | Konsep Desain Infrastruktur Air Baku Waduk Sindangheula                                                                                                                                                                                                     | Reina Andriani          |                    |
| 6  | Analisis Perubahan Elevasi Muka Air Pada Fenomena Hidrologi Jangka Pendek                                                                                                                                                                                   | Dahlia Raudhotul Jannah |                    |

<sup>1</sup> paraf pembimbing 1 skripsi



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

**Hs1-06**

|    |                                                                                                                                                              |                          |                                                                                     |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 7  | Perencanaan Sistem Rambu (Sign System) Berbasis Warisan Budaya Lokal (Local Heritage) Di Kawasan Baduy Luar                                                  | Yoni Gunawan             |  |
| 8  | Analisis Regresi Data Hujan Terukur Otomatis dengan Data Hujan Satelit PDIR-Now                                                                              | Qonita Lutfiah           |                                                                                     |
| 9  | Analisis Kualitas Air Limpasan Permukaan Sebagai Artificial Groundwater Recharge di Wilayah Perkotaan (Studi Kasus : Perumahan Puri Krakatau Hijau, Cilegon) | Maharani Izmy Sekar Arum |                                                                                     |
| 10 | Analisis Kualitas Air Limpasan Permukaan Sebagai Artificial Groundwater Recharge di Wilayah Perkotaan (Studi Kasus : Kelurahan Gedong Dalem, Kota Cilegon)   | Muhammad Recky Ersandi   |                                                                                     |

<sup>1</sup> paraf pembimbing 1 skripsi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-01

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cikgon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

**SURAT PERMOHONAN SIDANG AKHIR SKRIPSI**

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya mahasiswa Program Sarjana Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,

Nama Mahasiswa : Shofarina Ika Juniar Susanti  
Nomor Mahasiswa : 3336200007  
Alamat Mahasiswa : Prm. Mediterania Blok A2/21, Ds.Sukamulya, Kec.Cikupa, Kab.  
Tangerang, Prov. Banten.  
Dosen Pembimbing : 1. Rama Indera Kusuma, S.T., M.T  
2. Woelandari Fathonah, S.T., M.T

dengan prestasi studi 3,63 sampai dengan tanggal: 21 Juni 2024 seperti terlampir. Dengan ini saya  
mengajukan permohonan untuk dapat menyelenggarakan sidang akhir skripsi.

Cilegon, 21 Juni 2024

Pemohon,

Shofarina Ika JS

**PEMERIKSAAN (oleh Koord. Skripsi)**

| No  | Perihal                                                                               | Catatan           |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 1.  | Hasil studi kumulatif ( $\geq 139$ sks dan $IPK \geq 2,00$ )                          | 145 sks, IPK 3,63 |
| 2.  | Hasil studi kumulatif (nilai D $\leq 10$ %)                                           | 1 %               |
| 3.  | Draf laporan telah disetujui Dosen Pembimbing (TA-02)<br>Salinan sebanyak 4 eksemplar |                   |
| 4.  | Formulir Pendaftaran (TA-03) dari Online: SISTA                                       |                   |
| 5.  | Berita Acara Sidang Akhir (TA-04) dari Online: SISTA                                  |                   |
| 6.  | Formulir Penilaian Skripsi (TA-05) dari Online: SISTA                                 |                   |
| 7.  | Formulir Revisi Laporan Skripsi (TA-06) dari Online: SISTA                            |                   |
| 8.  | Daftar hadir dosen (Ahr-02)                                                           |                   |
| 9.  | Formulir saran & masukan (Ahr-03)                                                     |                   |
| 10. | Transkrip Nilai Mahasiswa ditandatangani Mahasiswa                                    |                   |
| 11. | Form bukti pelaksanaan seminar hasil (Hsl-01 sampai Hsl-06)                           |                   |
| 12. | Sertifikat TOEFL Lab. Bahasa FT. Untirta (Min. Score 425)                             |                   |

Sidang Akhir tersebut dapat dilaksanakan, waktu dan tempat seminar harap dikonsultasikan  
dengan Dosen Pembimbing dan Dosen Penguji.

Cilegon, 21 Juni 2024

Koordinator Skripsi,

Siti Asyiah, S.Pd., M.T.

NIP. 198601312019032009

Dibuat rangkap 3 untuk:

1. Mahasiswa ybs
2. Koordinator Skripsi

\* Pendaftaran Sidang Akhir Skripsi selambat-lambatnya 5 hari kerja sebelum sidang dilaksanakan.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
**FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

Ahr-02

**DAFTAR HADIR SIDANG AKHIR SKRIPSI**

Hari/Tgl : 03 Juli 2024  
Waktu : 13.00 WIB  
Nama Peserta : Shofarina Ika Juniar Susanti  
NPM : 3336200007  
Judul Skripsi : Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Dan Alternatif  
Perbaikannya Dengan Metode Stone Column

| NO | NAMA                              | NIP                | TANDA-TANGAN |
|----|-----------------------------------|--------------------|--------------|
| 1. | Rama Indera Kusuma, S.T., M.T     | 198108222006041001 | 1.           |
| 2. | Woelandari Fathonah, S.T., M.T    | 199012292019032021 | 2.           |
| 3. | Enden Mina, S.T, M.T              | 197305062006042001 | 3.           |
| 4. | Ngakan Putu Purnaditya, S.T., M.T | 198909142019031008 | 4.           |

Cilegon, 03 Juli 2024  
Koordinator Skripsi

Siti Asyiah, S.Pd., M.T.  
NIP.198601312019032009



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

Ahr-03

**SARAN / MASUKAN  
SIDANG AKHIR SKRIPSI**

Hari/Tgl : Rabu, 03 Juli 2024 Waktu : 13.00 WIB  
Nama Peserta : Shofarina Ika Juniar Susanti NPM : 3336200007  
Judul Skripsi : Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Dan Alternatif  
Perbaikannya Dengan Metode Stone Column

| NO | HAL | MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL | KET. |
|----|-----|---------------------------|------|
|    |     |                           |      |

Cilegon, 03 Juli 2024  
Dosen Pembimbing I

Rama Indera Kusuma, S.T., M.T  
NIP. 198108222006041001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-03

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

**SARAN / MASUKAN  
SIDANG AKHIR SKRIPSI**

Hari/Tgl : Rabu, 03 Juli 2024 Waktu : 13.00 WIB  
Nama Peserta : Shofarina Ika Juniar Susanti NPM : 3336200007  
Judul Skripsi : Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Dan Alternatif  
Perbaikannya Dengan Metode Stone Column

| NO | HAL | MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL | KET. |
|----|-----|---------------------------|------|
|    |     |                           |      |

Cilegon, 03 Juli 2024  
Dosen Pembimbing 2

Woelandari Fathonah, S.T., M.T  
NIP. 199012292019032021



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

Ahr-03

**SARAN / MASUKAN  
SIDANG AKHIR SKRIPSI**

Hari/Tgl : Rabu, 03 Juli 2024 Waktu : 13.00 WIB  
Nama Peserta : Shofarina Ika Juniar Susanti NPM : 3336200007  
Judul Skripsi : Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Dan Alternatif  
Perbaikannya Dengan Metode Stone Column

| NO | HAL | MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL | KET. |
|----|-----|---------------------------|------|
|    |     |                           |      |

Cilegon, 03 Juli 2024  
Dosen Penguji I

Enden Mina, S.T., M.T  
NIP. 197305062006042001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, **Ahr-03**  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
**FAKULTAS TEKNIK**  
Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

**SARAN / MASUKAN  
SIDANG AKHIR SKRIPSI**

Hari/Tgl : Rabu, 03 Juli 2024 Waktu : 13.00 WIB  
Nama Peserta : Shofarina Ika Juniar Susanti NPM : 3336200007  
Judul Skripsi : Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Dan Alternatif  
Perbaikannya Dengan Metode Stone Column

| NO | HAL | MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL | KET. |
|----|-----|---------------------------|------|
|    |     |                           |      |

Cilegon, 03 Juli 2024  
Dosen Penguji 2

Ngakan Putu Purnaditya, S.T., M.T  
NIP. 198909142019031008



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-04

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

DRAFT FORMAT PENILAIAN SIDANG AKHIR SKRIPSI

Judul Tugas Akhir: Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT dan Alternatif Perbaikannya dengan Metode Stone Column  
Hari/Tgl : Rabu, 03 Juli 2024  
Waktu : 13.00 WIB  
Nama Mahasiswa : Shofarina Ika Juniar Susanti  
NPM : 3336200007

| NO                                  | ASPEK YANG DINILAI                        | PENGUASAAN<br>(0-100) |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|
| A                                   | METODOLOGI                                |                       |
| 1.                                  | Rumusan Masalah & Tujuan Penelitian       | .....                 |
| 2.                                  | Prosedur Pengumpulan Data & Analisis Data | .....                 |
| 3.                                  | Interpretasi Hasil                        | .....                 |
| 4.                                  | Penarikan Kesimpulan                      | .....                 |
|                                     | Jumlah Nilai                              | .....                 |
|                                     | Rata-Rata Nilai (RA) = Jumlah Nilai / 4   | .....                 |
| B                                   | ISI SKRIPSI                               |                       |
| 1.                                  | Relevansi Teori dan Pembahasan            | .....                 |
| 2.                                  | Tata Tulis                                | .....                 |
|                                     | Jumlah Nilai                              | .....                 |
|                                     | Rata-Rata Nilai (RB) = Jumlah Nilai / 2   | .....                 |
| C                                   | PROSES BIMBINGAN                          |                       |
| 1.                                  | Intensitas Bimbingan                      | .....                 |
| 2.                                  | Sikap Saat Bimbingan                      | .....                 |
|                                     | Jumlah Nilai                              | .....                 |
|                                     | Rata-Rata Nilai (RC) = Jumlah Nilai / 2   | .....                 |
| D                                   | PROSES SIDANG AKHIR                       |                       |
| 1.                                  | Kemampuan Presentasi                      | .....                 |
| 2.                                  | Penguasaan Materi                         | .....                 |
| 3.                                  | Kemampuan Menjawab                        | .....                 |
| 4.                                  | Sikap Saat Presentasi                     | .....                 |
|                                     | Jumlah Nilai                              | .....                 |
|                                     | Rata-Rata Nilai (RD) = Jumlah Nilai / 4   | .....                 |
| NILAI AKHIR = (RA + RB + RC + RD)/4 |                                           |                       |

Cilegon, 03 Juli 2024  
Dosen Pembimbing 1

Rama Indera Kusuma, S.T., M.T  
NIP. 198108222006041001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

Ahr-04

DRAFT FORMAT PENILAIAN SIDANG AKHIR SKRIPSI

Judul Tugas Akhir: Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT dan Alternatif Perbaikannya dengan Metode Stone Column  
Hari/Tgl : Rabu, 03 Juli 2024  
Waktu : 13.00 WIB  
Nama Mahasiswa : Shofarina Ika Juniar Susanti  
NPM : 3336200007

| NO                                  | ASPEK YANG DINILAI                        | PENGUASAAN<br>(0-100) |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|
| A                                   | METODOLOGI                                |                       |
| 1.                                  | Rumusan Masalah & Tujuan Penelitian       | .....                 |
| 2.                                  | Prosedur Pengumpulan Data & Analisis Data | .....                 |
| 3.                                  | Interpretasi Hasil                        | .....                 |
| 4.                                  | Penarikan Kesimpulan                      | .....                 |
|                                     | Jumlah Nilai                              | .....                 |
|                                     | Rata-Rata Nilai (RA) = Jumlah Nilai / 4   | .....                 |
| B                                   | ISI SKRIPSI                               |                       |
| 1.                                  | Relevansi Teori dan Pembahasan            | .....                 |
| 2.                                  | Tata Tulis                                | .....                 |
|                                     | Jumlah Nilai                              | .....                 |
|                                     | Rata-Rata Nilai (RB) = Jumlah Nilai / 2   | .....                 |
| C                                   | PROSES BIMBINGAN                          |                       |
| 1.                                  | Intensitas Bimbingan                      | .....                 |
| 2.                                  | Sikap Saat Bimbingan                      | .....                 |
|                                     | Jumlah Nilai                              | .....                 |
|                                     | Rata-Rata Nilai (RC) = Jumlah Nilai / 2   | .....                 |
| D                                   | PROSES SIDANG AKHIR                       |                       |
| 1.                                  | Kemampuan Presentasi                      | .....                 |
| 2.                                  | Penguasaan Materi                         | .....                 |
| 3.                                  | Kemampuan Menjawab                        | .....                 |
| 4.                                  | Sikap Saat Presentasi                     | .....                 |
|                                     | Jumlah Nilai                              | .....                 |
|                                     | Rata-Rata Nilai (RD) = Jumlah Nilai / 4   | .....                 |
| NILAI AKHIR = (RA + RB + RC + RD)/4 |                                           |                       |

Cilegon, 03 Juli 2024  
Dosen Pembimbing 2

Woelandari Fathonah, S.T., M.T  
NIP. 199012292019032021



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

Ahr-04

DRAFT FORMAT PENILAIAN SIDANG AKHIR SKRIPSI

Judul Tugas Akhir: Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT dan Alternatif Perbaikannya dengan Metode Stone Column  
Hari/Tgl : Rabu, 03 Juli 2024  
Waktu : 13.00 WIB  
Nama Mahasiswa : Shofarina Ika Juniar Susanti  
NPM : 3336200007

| NO | ASPEK YANG DINILAI                        | PENGUASAAN<br>(0-100) |
|----|-------------------------------------------|-----------------------|
| A  | METODOLOGI                                |                       |
| 1. | Rumusan Masalah & Tujuan Penelitian       |                       |
| 2. | Prosedur Pengumpulan Data & Analisis Data |                       |
| 3. | Interpretasi Hasil                        |                       |
| 4. | Penarikan Kesimpulan                      |                       |
|    | Jumlah Nilai                              |                       |
|    | Rata-Rata Nilai (RA) = Jumlah Nilai / 4   |                       |
| B  | ISI SKRIPSI                               |                       |
| 1. | Relevansi Teori dan Pembahasan            |                       |
| 2. | Tata Tulis                                |                       |
|    | Jumlah Nilai                              |                       |
|    | Rata-Rata Nilai (RB) = Jumlah Nilai / 2   |                       |
| C  | PROSES BIMBINGAN                          |                       |
| 1. | Intensitas Bimbingan                      |                       |
| 2. | Sikap Saat Bimbingan                      |                       |
|    | Jumlah Nilai                              |                       |
|    | Rata-Rata Nilai (RC) = Jumlah Nilai / 2   |                       |
| D  | PROSES SIDANG AKHIR                       |                       |
| 1. | Kemampuan Presentasi                      |                       |
| 2. | Penguasaan Materi                         |                       |
| 3. | Kemampuan Menjawab                        |                       |
| 4. | Sikap Saat Presentasi                     |                       |
|    | Jumlah Nilai                              |                       |
|    | Rata-Rata Nilai (RD) = Jumlah Nilai / 4   |                       |
|    | NILAI AKHIR = (RA + RB + RC + RD)/4       |                       |

Cilegon, 01 Juli 2024  
Dosen Penguji 1

Enden Mina, S.T., M.T  
NIP. 197305062006042001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-04

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435  
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

DRAFT FORMAT PENILAIAN SIDANG AKHIR SKRIPSI

Judul Tugas Akhir: Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT dan Alternatif Perbaikannya dengan Metode Stone Column  
Hari/Tgl : Rabu, 03 Juli 2024  
Waktu : 13.00 WIB  
Nama Mahasiswa : Shofarina Ika Juniar Susanti  
NPM : 3336200007

| NO                                  | ASPEK YANG DINILAI                        | PENGUASAAN<br>(0-100) |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|
| A                                   | METODOLOGI                                |                       |
| 1.                                  | Rumusan Masalah & Tujuan Penelitian       | .....                 |
| 2.                                  | Prosedur Pengumpulan Data & Analisis Data | .....                 |
| 3.                                  | Interpretasi Hasil                        | .....                 |
| 4.                                  | Penarikan Kesimpulan                      | .....                 |
|                                     | Jumlah Nilai                              | .....                 |
|                                     | Rata-Rata Nilai (RA) = Jumlah Nilai / 4   | .....                 |
| B                                   | ISI SKRIPSI                               |                       |
| 1.                                  | Relevansi Teori dan Pembahasan            | .....                 |
| 2.                                  | Tata Tulis                                | .....                 |
|                                     | Jumlah Nilai                              | .....                 |
|                                     | Rata-Rata Nilai (RB) = Jumlah Nilai / 2   | .....                 |
| C                                   | PROSES BIMBINGAN                          |                       |
| 1.                                  | Intensitas Bimbingan                      | .....                 |
| 2.                                  | Sikap Saat Bimbingan                      | .....                 |
|                                     | Jumlah Nilai                              | .....                 |
|                                     | Rata-Rata Nilai (RC) = Jumlah Nilai / 2   | .....                 |
| D                                   | PROSES SIDANG AKHIR                       |                       |
| 1.                                  | Kemampuan Presentasi                      | .....                 |
| 2.                                  | Penguasaan Materi                         | .....                 |
| 3.                                  | Kemampuan Menjawab                        | .....                 |
| 4.                                  | Sikap Saat Presentasi                     | .....                 |
|                                     | Jumlah Nilai                              | .....                 |
|                                     | Rata-Rata Nilai (RD) = Jumlah Nilai / 4   | .....                 |
| NILAI AKHIR = (RA + RB + RC + RD)/4 |                                           |                       |

Cilegon, 03 Juli 2024  
Dosen Penguji 2

Ngakan Putu Purnaditya, S.T., M.T  
NIP. 198909142019031008

**FORM PENDAFTARAN TUGAS AKHIR**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : SHOFARINA IKA JUNIAR SUSANTI  
NIM : 3336200007  
Tempat/Tgl Lahir : Kab. Tegal/29 Juni 2002  
Program Studi : Teknik Sipil  
Semester Mulai :  
Jumlah SKS yang sudah diselesaikan : 145 SKS  
IPK : 3.63  
Topik TA : Geoteknik  
Judul TA : Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Dan Alternatif Perbaikannya Dengan Metode Stone Column  
Judul Asing : Analysis of Liquefaction Potential Based on SPT Data and Alternative Repair with Stone Column Method

Dengan Persyaratan:

Cilegon, 26 Juni 2024  
Pendaftar



**SHOFARINA IKA JUNIAR SUSANTI**  
NIM. 3336200007

Mengetahui,  
Pembimbing Akademik,



**Ir. ANDI MADDEPPUNGENG, M.T.**  
NIP. 195910171988031003

Menyetujui  
Pembimbing I,

\_\_\_\_\_  
NIP.

**FORM BIMBINGAN TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : SHOFARINA IKA JUNIAR SUSANTI  
 NIM : 3336200007  
 Program Studi : TEKNIK SIPIL - S1 Reguler  
 Semester : Genap Tahun Akademik 2023/2024  
 Pembimbing 1 : RAMA INDERA KUSUMA, S.T., M.T.

Judul Tugas Akhir:

Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Dan Alternatif Perbaikannya Dengan Metode Stone Column

| No | Tanggal    | Topik Pembahasan                 | Paraf Pembimbing                                                                    |
|----|------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | 16-11-2023 | Buat proposal sampai BAB 4       |  |
| 2. | 30-11-2023 | ACC Seminar Proposal             |  |
| 3. | 17-05-2024 | Lanjutan permodelan stone column |  |
| 4. | 20-05-2024 | ACC Seminar Hasil                |  |
| 5. | 07-06-2024 | ACC Sidang Akhir                 |  |
|    |            |                                  |                                                                                     |
|    |            |                                  |                                                                                     |
|    |            |                                  |                                                                                     |

Cilegon, 21 Juni 2024  
 Mahasiswa



**SHOFARINA IKA JUNIAR SUSANTI**  
 NIM. 3336200007

Mengetahui,  
 Pembimbing Akademik,



**Ir. ANDI MADDEPPUNGENG, M.T.**  
 NIP. 195910171988031003

**FORM BIMBINGAN TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : SHOFARINA IKA JUNIAR SUSANTI  
 NIM : 3336200007  
 Program Studi : TEKNIK SIPIL - S1 Reguler  
 Semester : Genap Tahun Akademik 2023/2024  
 Pembimbing 2 : Woelandari Fathonah, ST., MT.

**Judul Tugas Akhir:**

Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Dan Alternatif Perbaikannya Dengan Metode Stone Column

| No | Tanggal    | Topik Pembahasan                    | Paraf Pembimbing |
|----|------------|-------------------------------------|------------------|
| 1. | 30/01/2024 | Cek potensi likuifaksi              |                  |
| 2. | 31/01/2024 | Acc Seminar proposal                |                  |
| 3. | 17/05/2024 | Jelaskan yang diinput pada Deepsoil |                  |
| 4. | 20/05/2024 | Acc Seminar Hasil                   |                  |
| 5. | 07/06/2024 | Acc sidang Akhir                    |                  |
|    |            |                                     |                  |
|    |            |                                     |                  |
|    |            |                                     |                  |

Cilegon, 21 Juni 2024  
 Mahasiswa,

**SHOFARINA IKA JUNIAR SUSANTI**  
 NIM. 3336200007

Mengetahui,  
 Pembimbing Akademik,

**Ir. ANDI MADDEPPUNGENG, M.T.**  
 NIP. 195910171988031003

**FORM PENDAFTARAN SIDANG TA**

Nama Mahasiswa : SHOFARINA IKA JUNIAR SUSANTI  
NIM : 3336200007  
Program Studi : Teknik Sipil  
Semester Mulai : Tahun Akademik 2023/2024  
Topik TA : Geoteknik  
Judul Tugas Akhir :  
Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Dan Alternatif Perbaikannya Dengan Metode Stone Column

Dengan ini mengajukan untuk pelaksanaan Sidang Ujian Tugas Akhir dengan menyampalkan persyaratan terlampir.

Cilegon, 26 Juni 2024  
Mahasiswa,



**SHOFARINA IKA JUNIAR SUSANTI**  
NIM 3336200007

Mengetahui,  
Pembimbing Akademik



**Ir. ANDI MADDEPPUNGENG, M.T.**  
NIP 195910171988031003

Menyetujui,

Pembimbing 1 : **RAMA INDERA KUSUMA, S.T., M.T.**  
NIP. 198108222006041001

  
: .....

Pembimbing 2 : **Wolandari Fathonah, ST., MT.**  
NIP. 199012292019032021

  
: .....

**Biodata Mahasiswa**

NAMA : SHOFARINA IKA JUNIAR SUSANTI  
NIM : 3336200007  
Tempat/Tanggal Lahir : Kab. Tegal / 29 Juni 2002  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Agama : ISLAM  
Alamat Email : 3336200007@untirta.ac.id  
No. Handphone : 085810213023  
Alamat : Ptm. Mediterania 1 Blok A2/21, Ds. Sukamulya, Kec. Cikupa, Kab. Tangerang, Banten.  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil  
Jumlah SKS : 145 SKS  
IPK : 3.63  
Angkatan : 2020

**Riwayat Pendidikan**

Sekolah Dasar : SDN CIKUPA 3  
SLTP : MTS. MIFTAHUL HUDA  
SLTA : MA. MIFTAHUL HUDA

**Pendidikan Khusus/Pelatihan**

Tidak ada Data

**Data Keluarga**

Nama Ayah : SUSANTO  
No. Handphone Ayah : 081218695505  
Nama Ibu : JUNIARSI  
No. Handphone Ibu : 081219468334  
Jumlah Kakak : 0  
Jumlah Adik : 2  
Alamat Orang Tua : Ptm. Mediterania 1 Blok A2/21, Ds. Sukamulya, Kec. Cikupa, Kab. Tangerang, Banten.  
Kantor Orang Tua : PT. Polikemas Sanputra  
Alamat Kantor Orang Tua : Jalan Bitung Jaya No.45, Bitung Jaya, Kec. Cikupa, Kabupaten Tangerang, Banten 15710

**Prestasi Terbaik Pribadi**

1. Finalis Lomba Soil Improvement National Competition Institut Teknologi Nasional Bandung Tahun 2024

**Riwayat Organisasi**

1. Sekretaris Departemen Eksternal HMS FT UNTIRTA 2. Anggota Bidang Manajemen Rekayasa Konstruksi Civil Engineering Research Innovation Club

**Riwayat Kepanitiaan**

1. 1. Humas Forum Silaturahmi Sipil HMS FT UNTIRTA 2. Mentor Forum Silaturahmi Sipil HMS FT UNTIRTA 3. Humas Latihan Kepemimpinan HMS FT UNTIRTA 4. Danusan Civil Festival HMS FT UNTIRTA

**Kompetensi yang dikuasai**

1. 1. Software Teknik Sipil (Autocad, SAP, Etabs, Sketcup, Plaxis) 2. Pengujian Laboratorium Mekanika Tanah 3. Pengujian Laboratorium Hidrolika

Serang, 26 Juni 2024  
Mahasiswa,

**SHOFARINA IKA JUNIAR SUSANTI**  
NIM. 3336200007

## **LAMPIRAN 2**

### **DATA TEKNIS PROYEK**



LEGEND :

- A KANTOR SUBCON
- B KANTOR TEP
- C TOKEN AIR EXISTING
- D RENCANA KANTOR OWNER & MK
- E BEDUNG PERBUJA
- F POS SECURITY 2
- G MCK BERDUA
- H MCK BERDUA
- I SITE OFFICE INSPEKTOR KONTAINER AIR
- J PABRIKASI (AYU & BESI)
- K TOKEN AIR EXISTING PROYEK
- L POS SECURITY 1
- M CAR WASH
- N AKSES KENDARAAN PROYEK
- 1 MARKING EXISTING (DI BUNGKAR)
- 2 MARKING EXISTING (DI BUNGKAR)
- 3 TOILET EXISTING (DI BUNGKAR)
- 4 TOILET EXISTING (DI BUNGKAR)

ZONA D

ZONA B

ZONA A

SITE PLAN  
SCALE : 1 : 400

BETHSAIDA HOSPITAL  
@ SERANG

PT. ADHER ENVI SIKUR

blueantz

PT. ADHER ENVI SIKUR

PT. ADHER ENVI SIKUR

PT. ADHER ENVI SIKUR

PT. ADHER ENVI SIKUR

PT. ADHER ENVI SIKUR

PT. ADHER ENVI SIKUR

PT. ADHER ENVI SIKUR

PT. ADHER ENVI SIKUR

PT. ADHER ENVI SIKUR

PT. ADHER ENVI SIKUR

PT. ADHER ENVI SIKUR

PT. ADHER ENVI SIKUR

PT. ADHER ENVI SIKUR

PT. ADHER ENVI SIKUR

PT. ADHER ENVI SIKUR

PT. ADHER ENVI SIKUR

PT. ADHER ENVI SIKUR

PT. ADHER ENVI SIKUR

PT. ADHER ENVI SIKUR

PT. ADHER ENVI SIKUR



TARUMANEGARA bumiyasa

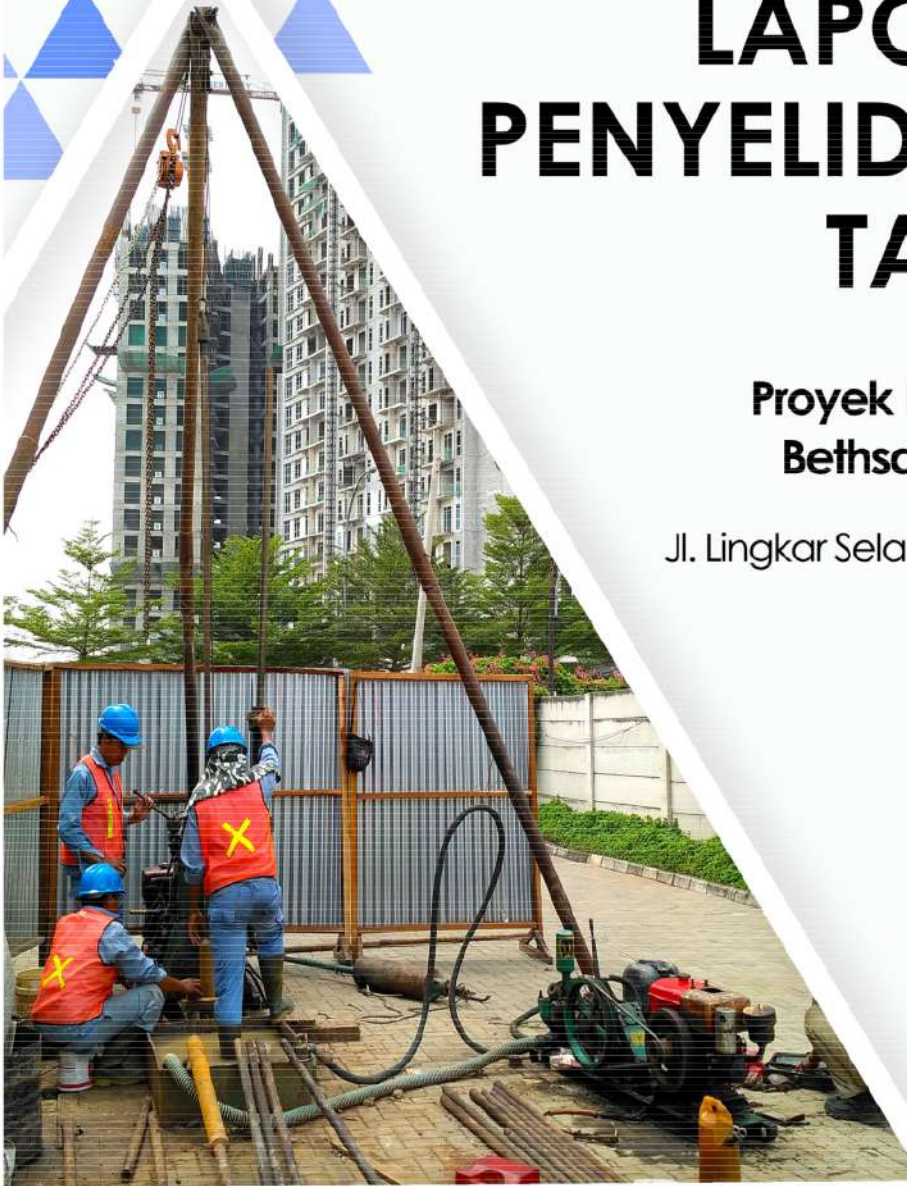
# LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH

**Proyek Rumah Sakit  
Bethsaida Cilegon**

Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8  
Cilegon  
Banten

Oktober 2021

JOB : 1S.21052



GRAHA TARUMANEGARA

Jl. Raya Kebayoran Lama No. 345

Kebon Jeruk, Jakarta Barat

Telp. (021) 5308689 (Hunting)

[bumiyasa@tarumanegara.co.id](mailto:bumiyasa@tarumanegara.co.id)

[marketing\\_tb@tarumanegara.co.id](mailto:marketing_tb@tarumanegara.co.id)

[www.tarumanegara.co.id](http://www.tarumanegara.co.id)

Kepada Yth,

Jakarta, 19 Oktober 2021

**PT. Bethsaida Hospital International**  
Jl. Boulevard Raya Gading Serpong Kav. 29  
Gading Serpong  
Curug Sangereng, Kelapa Dua  
Tangerang - Banten

Perihal : Laporan Penyelidikan Tanah Proyek  
**RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON**  
Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten

Dengan hormat,

Sesuai permintaan **PT. Bethsaida Hospital International**, maka pada tanggal 22 Agustus – 18 September 2021 **PT. TARUMANEGARA bumiyasa** Jakarta telah melakukan penyelidikan tanah pada proyek **RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON** yang berlokasi di Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten. Adapun jumlah dan macam pengujian ditentukan oleh pemberi tugas.

Dari hasil penyelidikan yang ada, dengan pengamatan secara langsung di lapangan dilakukan analisa dan evaluasi data untuk menentukan daya dukung tanah yang hasilnya dapat dilihat dalam laporan ini.

Semoga hasil penyelidikan ini bermanfaat adanya. Atas kepercayaan dan kerjasama yang baik, kami ucapkan banyak terima kasih.

Hormat kami  
**PT. TARUMANEGARA bumiyasa**

**Ir. Jo Lian Huat**  
**Direktur Utama**

**Amelia Yuwono, S.T, S.Kom., M.T.**  
*Geotechnical Advisor*

**Daniel Tri Purnomo, S.T.**  
*Project Manager*

**Justian Winata, S.T.**  
*Geotechnical Engineer*



**LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH**  
RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
PT. Bethesda Hospital International





---

**LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH**

RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
PT. Bethsaida Hospital International

---

**LOG BOR**  
**SNI 03-2436 / ASTM D-1452M-16 & D-1586-18**

# BORING LOG

Project No. : 1S.21052

Project : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON

Location : Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten

Coordinate : 0618360 - 9331511

Elevation : -

GWL : -8.00 m

Start Date : 22/08/2021

Finish Date : 11/09/2021

Bore Depth : 40.00 m

Cone Dia. : 7.30 cm

Casing Dia. : 8.90 cm

Driller : Hartanto Cs

Hammer Type : Automatic Trip Hammer

Hammer No : 09

Hammer Energy : 52.3 - 84.1 %

Log No.

DB1

Remarks :

Undisturbed Sample (UD)

Spore Sample

MZ Master Sample

Split Spoon

Casing

Bag Sample

| Date of Boring | Depth (m) | Legend | Symbol | Description                                             | Sampling | Standard Penetration Test |           |        |                      |    |    |     |                    |    |      | Laboratory Test |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
|----------------|-----------|--------|--------|---------------------------------------------------------|----------|---------------------------|-----------|--------|----------------------|----|----|-----|--------------------|----|------|-----------------|---------------|------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------|-------|------|----|----|----|----|
|                |           |        |        |                                                         |          | Recovery (%)              | Depth (m) | Sample | Blows Per Each 15 cm |    |    |     | N - Value          |    |      |                 | Strength Test |      |                                     |                   |                                     | Atterberg Limit (%)                             |       |      |    |    |    |    |
|                |           |        |        |                                                         |          |                           |           |        | N1                   | N2 | N3 | N   | 10                 | 20 | 30   | 40              | 50            | Type | $\frac{1}{2}$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | $\frac{4}{4}$ (°) | $\frac{4}{4}$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | $\frac{4}{4}$ (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ) | Gs    | e    | Wn | LL | PL | LI |
| 22/08/2021     | 1         |        |        | Concrete - 0.70 m                                       |          | 100                       | 2         | 1      | 40                   | -  | -  | >50 | N-SPT > 50 blow/ft |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
|                | 2         |        |        | STONE                                                   |          | 100                       | 2         | 1      | 40                   | -  | -  | >50 | N-SPT > 50 blow/ft |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
|                | 3         |        |        | SILTY CLAY, Dark brown, moist, low plasticity           |          | 100                       | 2         | 1      | 1                    | 1  | 2  | 3   | Bouncing           | UL | 0.57 | 11.77           | -             | 1.88 | 2.62                                | 0.76              | 26.08                               | 34.21                                           | 19.19 | 0.46 |    |    |    |    |
|                | 4         |        |        | DB1 - UD1 : 1.00 - 1.50 m                               |          | 100                       | 2         | 1      | 1                    | 1  | 2  | 3   | Bouncing           | UL | 0.28 | 6.35            | -             | 1.64 | 2.56                                | 0.86              | 33.19                               | 57.52                                           | 25.57 | 0.34 |    |    |    |    |
| 23/08/2021     | 5         |        |        | SILTY CLAY, Greyish brown, moist, soft, high plasticity |          | 100                       | 3         | 1      | 3                    | 4  | 6  | 10  |                    |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
|                | 6         |        |        | DB1 - UD2 : 2.00 - 2.50 m**                             |          | 100                       | 3         | 1      | 3                    | 4  | 6  | 10  |                    |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
|                | 7         |        |        | SILTY CLAY, Greyish brown, moist, stiff, low plasticity |          | 100                       | 4         | 1      | 3                    | 4  | 6  | 10  |                    |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
|                | 8         |        |        | DB1 - UD3 : 3.00 - 3.50 m                               |          | 100                       | 4         | 1      | 3                    | 4  | 6  | 10  |                    |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
| 24/08/2021     | 9         |        |        | SILT, Brownish grey, moist, hard, low plasticity        |          | 87                        | 6         | 1      | 10                   | 15 | 22 | 37  |                    |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
|                | 10        |        |        | ML SANDY SILT                                           |          | 80                        | 7         | 1      |                      |    |    |     |                    |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
|                | 11        |        |        | Blackish grey, moist, low plasticity                    |          | 80                        | 7         | 1      |                      |    |    |     |                    |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
|                | 12        |        |        | CEMENTED SAND                                           |          | 44                        | 8         | 1      | 16                   | 35 | -  | >50 | N-SPT > 50 blow/ft |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
| 25/08/2021     | 13        |        |        | Whitish yellowish grey, wet, very dense, poorly graded  |          | 80                        | 9         | 1      |                      |    |    |     |                    |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
|                | 14        |        |        | Bouncing                                                |          | 7                         | 10        | 1      | 40                   | -  | -  | >50 | N-SPT > 50 blow/ft |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
|                | 15        |        |        | CEMENTED SILT                                           |          | 87                        | 11        | 1      |                      |    |    |     |                    |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
|                | 16        |        |        | Brownish grey, wet, low plasticity                      |          | 87                        | 11        | 1      |                      |    |    |     |                    |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
| 26/08/2021     | 17        |        |        | CEMENTED SAND                                           |          | 7                         | 12        | 1      | 42                   | -  | -  | >50 | N-SPT > 50 blow/ft |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
|                | 18        |        |        | Grey, wet, very dense, poorly graded                    |          | 80                        | 13        | 1      |                      |    |    |     |                    |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
|                | 19        |        |        | Bouncing                                                |          | 4                         | 14        | 1      | 40                   | -  | -  | >50 | N-SPT > 50 blow/ft |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
|                | 20        |        |        | Bouncing                                                |          | 83                        | 15        | 1      |                      |    |    |     |                    |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
| 27/08/2021     | 21        |        |        | CEMENTED SAND*                                          |          | 9                         | 16        | 1      | 40                   | -  | -  | >50 | N-SPT > 50 blow/ft |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
|                | 22        |        |        | Grey, wet, very dense, poorly graded                    |          | 83                        | 17        | 1      |                      |    |    |     |                    |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
|                | 23        |        |        | Bouncing                                                |          | 11                        | 18        | 1      | 43                   | -  | -  | >50 | N-SPT > 50 blow/ft |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
|                | 24        |        |        | Bouncing                                                |          | 80                        | 19        | 1      |                      |    |    |     |                    |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
| 28/08/2021     | 25        |        |        | Bouncing                                                |          | 11                        | 20        | 1      | 40                   | -  | -  | >50 | N-SPT > 50 blow/ft |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
|                | 26        |        |        | Bouncing                                                |          | 87                        | 21        | 1      |                      |    |    |     |                    |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
|                | 27        |        |        | Bouncing                                                |          | 9                         | 22        | 1      | 35                   | -  | -  | >50 | N-SPT > 50 blow/ft |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
|                | 28        |        |        | Bouncing                                                |          | 87                        | 23        | 1      |                      |    |    |     |                    |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
| 29/08/2021     | 29        |        |        | Bouncing                                                |          | 11                        | 24        | 1      | 35                   | -  | -  | >50 | N-SPT > 50 blow/ft |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
|                | 30        |        |        | Bouncing                                                |          | 83                        | 25        | 1      |                      |    |    |     |                    |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
|                | 31        |        |        | Bouncing                                                |          | 16                        | 26        | 1      | 35                   | -  | -  | >50 | N-SPT > 50 blow/ft |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
|                | 32        |        |        | Bouncing                                                |          | 90                        | 27        | 1      |                      |    |    |     |                    |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
| 30/08/2021     | 33        |        |        | Bouncing                                                |          | 9                         | 28        | 1      | 40                   | -  | -  | >50 | N-SPT > 50 blow/ft |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
|                | 34        |        |        | Bouncing                                                |          | 80                        | 29        | 1      |                      |    |    |     |                    |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
|                | 35        |        |        | ML SANDY SILT                                           |          | 44                        | 30        | 1      | 25                   | 40 | -  | >50 | N-SPT > 50 blow/ft |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
|                | 36        |        |        | Grey, moist, hard, low plasticity                       |          | 44                        | 30        | 1      | 25                   | 40 | -  | >50 | N-SPT > 50 blow/ft |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |
|                | 37        |        |        | Continue                                                |          |                           |           |        |                      |    |    |     |                    |    |      |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                                                 |       |      |    |    |    |    |

Prepared By : Mursani

DB 1 - Page 1 of 2

PT. TARUMANEGARA Bumihasa

# BORING LOG

Project No. : 1S.21052

Project : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON

Location : Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten

Coordinate : 0618360 - 9331511

Elevation : -

GWL : -8.00 m

Start Date : 22/08/2021

Finish Date : 11/09/2021

Bore Depth : 40.00 m

Cone Dia. : 7.30 cm

Casing Dia. : 8.90 cm

Driller : Hartanto Cs

Hammer Type : Automatic Trip Hammer

Hammer No : 09

Hammer Energy : 52.3 - 84.1 %

Log No.

DB1

Remarks :

Undisturbed Sample (UD) ☒ MZ Master Sample

Spore Sample ☒ Split Spoon

☒ Casing

☒ Bag Sample

| Date of Boring | Depth (m) | Legend | Symbol | Description                                                                                                                          | Sampling     |           | Standard Penetration Test |                      |    |     |   | Laboratory Test |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|----------------|-----------|--------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------|---------------------------|----------------------|----|-----|---|-----------------|----|----|----|----|---------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|
|                |           |        |        |                                                                                                                                      | Recovery (%) | Depth (m) | Sample                    | Blows Per Each 15 cm |    |     |   | N - Value       |    |    |    |    | Strength Test |                                           |                                           |                                           |                                           | Atterberg Limit (%)                       |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                |           |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           | N1                   | N2 | N3  | N | 10              | 20 | 30 | 40 | 50 | Type          | $\frac{C}{\sigma'}$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | $\frac{C}{\sigma'}$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | $\frac{C}{\sigma'}$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | $\frac{C}{\sigma'}$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | $\frac{C}{\sigma'}$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | $\frac{C}{\sigma'}$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | $\frac{C}{\sigma'}$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | $\frac{C}{\sigma'}$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | W <sub>n</sub> | L <sub>L</sub> | P <sub>L</sub> | L <sub>I</sub> |  |
| 10/09/2021     | 31        |        | ML     | SANDY SILT<br>Whitish brownish grey, moist, hard, low plasticity                                                                     | 77           | 31        |                           |                      |    |     |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                | 32        |        |        |                                                                                                                                      | 83           | 32        | 21                        | 35                   | -  | >50 |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                | 33        |        | ML     | SANDY SILT<br>Whitish brownish grey, moist, hard, low plasticity                                                                     | 80           | 33        |                           |                      |    |     |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                | 34        |        |        |                                                                                                                                      | 100          | 34        | 10                        | 15                   | 23 | 38  |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                | 35        |        |        |                                                                                                                                      | 77           | 35        |                           |                      |    |     |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                | 36        |        |        |                                                                                                                                      | 89           | 36        | 12                        | 19                   | 28 | 47  |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
| 11/09/2021     | 37        |        | ML     | CEMENTED SILT<br>Greyish brown, moist, hard, low plasticity                                                                          | 73           | 37        |                           |                      |    |     |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                | 38        |        |        |                                                                                                                                      | 80           | 38        | 35                        | -                    | -  | >50 |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                | 39        |        |        |                                                                                                                                      | 73           | 39        |                           |                      |    |     |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                | 40        |        |        |                                                                                                                                      | 81           | 40        | 40                        | -                    | -  | >50 |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                | 41        |        |        | *Borehole was continued from different hole (1 meter from the origin hole due to the drilling rod was trapped at -25.50 meter depth) |              | 41        |                           |                      |    |     |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                | 42        |        |        |                                                                                                                                      |              | 42        |                           |                      |    |     |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                | 43        |        |        | **DB1-UD2 was taken from different hole (1 meter from the origin hole)                                                               |              | 43        |                           |                      |    |     |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                | 44        |        |        |                                                                                                                                      |              | 44        |                           |                      |    |     |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                | 45        |        |        |                                                                                                                                      |              | 45        |                           |                      |    |     |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                | 46        |        |        |                                                                                                                                      |              | 46        |                           |                      |    |     |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                | 47        |        |        |                                                                                                                                      |              | 47        |                           |                      |    |     |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                | 48        |        |        |                                                                                                                                      |              | 48        |                           |                      |    |     |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                | 49        |        |        |                                                                                                                                      |              | 49        |                           |                      |    |     |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                | 50        |        |        |                                                                                                                                      |              | 50        |                           |                      |    |     |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                | 51        |        |        |                                                                                                                                      |              | 51        |                           |                      |    |     |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                | 52        |        |        |                                                                                                                                      |              | 52        |                           |                      |    |     |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                | 53        |        |        |                                                                                                                                      |              | 53        |                           |                      |    |     |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                | 54        |        |        |                                                                                                                                      |              | 54        |                           |                      |    |     |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                | 55        |        |        |                                                                                                                                      |              | 55        |                           |                      |    |     |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                | 56        |        |        |                                                                                                                                      |              | 56        |                           |                      |    |     |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                | 57        |        |        |                                                                                                                                      |              | 57        |                           |                      |    |     |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                | 58        |        |        |                                                                                                                                      |              | 58        |                           |                      |    |     |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                | 59        |        |        |                                                                                                                                      |              | 59        |                           |                      |    |     |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |
|                | 60        |        |        |                                                                                                                                      |              | 60        |                           |                      |    |     |   |                 |    |    |    |    |               |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                |                |                |                |  |

Prepared By : Mursani

DB 1 - Page 2 of 2

PT. TARUMANEGARA BumiYasa

# BORING LOG

Project No. : 1S.21052

Project : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON

Location : Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten

Coordinate : 0618338 - 9331526

Elevation : -

GWL : -8.30 m

Start Date : 02/09/2021

Finish Date : 06/09/2021

Bore Depth : 40.00 m

Cone Dia. : 7.30 cm

Casing Dia. : 8.90 cm

Driller : Hartanto Cs

Hammer Type : Automatic Trip Hammer

Hammer No : 05

Hammer Energy : 61.1 - 79.7 %

Log No.

DB2

Remarks :

Undisturbed Sample (UD) ☒ Master Sample ☒ Casing

Spore Sample ☒ Split Spoon ☒ Bag Sample ☒

| Date of Boring | Depth (m) | Legend | Symbol | Description                                                                           | Sampling | Standard Penetration Test |           |        |                      |    |     |   |           |    |    | Laboratory Test |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|----------------|-----------|--------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------------|-----------|--------|----------------------|----|-----|---|-----------|----|----|-----------------|---------------|------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|---------------------|----------------|---|----------------|----------------|----------------|
|                |           |        |        |                                                                                       |          | Recovery (%)              | Depth (m) | Sample | Blows Per Each 15 cm |    |     |   | N - Value |    |    |                 | Strength Test |      |                                     |                   |                                     | Atterberg Limit (%) |                |   |                |                |                |
|                |           |        |        |                                                                                       |          |                           |           |        | N1                   | N2 | N3  | N | 10        | 20 | 30 | 40              | 50            | Type | $\frac{1}{2}$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | $\frac{1}{4}$ (°) | $\frac{1}{2}$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | $\frac{1}{4}$ (°)   | G <sub>s</sub> | e | W <sub>n</sub> | L <sub>L</sub> | P <sub>L</sub> |
| 02/09/2021     | 1         |        | ML     | Concrete - 0.40 m                                                                     |          | 100                       | 1         | 3      | 5                    | 7  | 12  |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 2         |        | CL     | CLAYEY SILT<br>Dark brown, moist, stiff, low plasticity                               |          | 100                       | 2         | 4      | 6                    | 8  | 14  |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 3         |        | CL     | SILTY CLAY, Blackish brown, moist, stiff, low plasticity<br>DB2 - UD1 : 1.50 - 2.00 m |          | 100                       | 2         | 4      | 6                    | 8  | 14  |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 4         |        | ML     | SANDY SILT<br>Whitish grayish yellow, moist, hard low plasticity                      |          | 87                        | 4         | 25     | 40                   | -  | >50 |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 5         |        |        |                                                                                       |          | 98                        | 6         |        |                      |    |     |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 6         |        |        |                                                                                       |          | 90                        | 6         |        |                      |    |     |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 7         |        |        |                                                                                       |          | 11                        | 7         | 34     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 8         |        | SP     | SILTY SAND<br>Whitish grayish yellow, wet, very dense, poorly graded                  |          | 90                        | 8         | 40     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 9         |        |        |                                                                                       |          | 13                        | 9         | 40     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 10        |        |        |                                                                                       |          | 93                        | 10        | 35     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 11        |        | SP     | CEMENTED SAND<br>Whitish gray, wet, very dense, poorly graded                         |          | 11                        | 11        | 40     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 12        |        |        |                                                                                       |          | 80                        | 12        | 40     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 13        |        |        |                                                                                       |          | 9                         | 13        | 40     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 14        |        |        |                                                                                       |          | 87                        | 14        | 40     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 15        |        |        |                                                                                       |          | 7                         | 15        | 40     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 16        |        |        |                                                                                       |          | 80                        | 16        | 44     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 17        |        |        |                                                                                       |          | 8                         | 17        | 40     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 18        |        |        |                                                                                       |          | 87                        | 18        | 45     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 19        |        | SP     | CEMENTED SAND<br>Gray, wet, very dense, poorly graded                                 |          | 7                         | 19        | 40     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 20        |        |        |                                                                                       |          | 83                        | 20        | 40     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 21        |        |        |                                                                                       |          | 11                        | 21        | 40     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 22        |        |        |                                                                                       |          | 90                        | 22        | 40     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 23        |        |        |                                                                                       |          | 11                        | 23        | 40     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 24        |        |        |                                                                                       |          | 93                        | 24        | 35     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 25        |        |        |                                                                                       |          | 13                        | 25        | 35     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 26        |        |        |                                                                                       |          | 93                        | 26        | 35     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 27        |        |        |                                                                                       |          | 11                        | 27        | 40     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 28        |        |        |                                                                                       |          | 80                        | 28        | 40     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 29        |        |        |                                                                                       |          | 13                        | 29        | 40     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                | 30        |        |        |                                                                                       |          | 90                        | 30        | 40     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |
|                |           |        |        | Continue                                                                              |          |                           |           |        |                      |    |     |   |           |    |    |                 |               |      |                                     |                   |                                     |                     |                |   |                |                |                |

Continue

Prepared By : Mursani

DB 2 - Page 1 of 2

PT. TARUMANEGARA Bumiyyasa

# BORING LOG

Project No. : 1S.21052

Project : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON

Location : Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten

Coordinate : 0618338 - 9331526

Elevation : -

GWL : -8.30 m

Start Date : 02/09/2021

Finish Date : 06/09/2021

Bore Depth : 40.00 m

Core Dia. : 7.30 cm

Casing Dia. : 8.90 cm

Driller : Hartanto Cs

Hammer Type : Automatic Trip Hammer

Hammer No : 05

Hammer Energy : 61.1 - 79.7 %

Log No.

DB2

Remarks :

Undisturbed Sample ( U.D )

M2 Master Sample

Coring

Spore Sample

Split Spoon

Bag Sample

| Date of Boring | Depth (m) | Legend | Symbol | Description                                                           | Sampling     |           | Standard Penetration Test |                      |    |    |     | Laboratory Test |          |    |    |    |               |                           |                           |                           |                           |
|----------------|-----------|--------|--------|-----------------------------------------------------------------------|--------------|-----------|---------------------------|----------------------|----|----|-----|-----------------|----------|----|----|----|---------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                |           |        |        |                                                                       | Recovery (%) | Depth (m) | Sample                    | Blows Per Each 15 cm |    |    |     | N - Value       |          |    |    |    | Strength Test |                           |                           |                           |                           |
|                |           |        |        |                                                                       |              |           |                           | N1                   | N2 | N3 | N   | 10              | 20       | 30 | 40 | 50 | Type          | 1/2<br>kg/cm <sup>2</sup> | 4/4<br>kg/cm <sup>2</sup> | 1/2<br>kg/cm <sup>2</sup> | 1/2<br>kg/cm <sup>2</sup> |
| 05/09/2021     | 31        |        | SP     | CEMENTED SAND, Grey, wet, very dense, poorly graded                   | 18           | 31        | 40                        | -                    | -  | -  | >50 | N-SPT>50        | Blows/ft |    |    |    |               |                           |                           |                           |                           |
|                | 32        |        | SP     | CEMENTED SAND, Greenish grey, wet, poorly graded                      | 18           | 32        | 40                        | -                    | -  | -  | >50 | N-SPT>50        | Blows/ft |    |    |    |               |                           |                           |                           |                           |
|                | 33        |        | SP     | SILTY SAND<br>Yellowish brownish grey, wet, very dense, poorly graded | 18           | 33        | 40                        | -                    | -  | -  | >50 | N-SPT>50        | Blows/ft |    |    |    |               |                           |                           |                           |                           |
|                | 34        |        |        |                                                                       | 18           | 34        | 40                        | -                    | -  | -  | >50 | N-SPT>50        | Blows/ft |    |    |    |               |                           |                           |                           |                           |
|                | 35        |        |        |                                                                       | 18           | 35        | 40                        | -                    | -  | -  | >50 | N-SPT>50        | Blows/ft |    |    |    |               |                           |                           |                           |                           |
|                | 36        |        |        |                                                                       | 18           | 36        | 40                        | -                    | -  | -  | >50 | N-SPT>50        | Blows/ft |    |    |    |               |                           |                           |                           |                           |
|                | 37        |        |        |                                                                       | 18           | 37        | 40                        | -                    | -  | -  | >50 | N-SPT>50        | Blows/ft |    |    |    |               |                           |                           |                           |                           |
|                | 38        |        |        |                                                                       | 18           | 38        | 40                        | -                    | -  | -  | >50 | N-SPT>50        | Blows/ft |    |    |    |               |                           |                           |                           |                           |
|                | 39        |        |        |                                                                       | 18           | 39        | 40                        | -                    | -  | -  | >50 | N-SPT>50        | Blows/ft |    |    |    |               |                           |                           |                           |                           |
|                | 40        |        |        |                                                                       | 18           | 40        | 40                        | -                    | -  | -  | >50 | N-SPT>50        | Blows/ft |    |    |    |               |                           |                           |                           |                           |
| 06/09/2021     | 41        |        | SP     | SILTY SAND<br>Greyish brown, wet, very dense, poorly graded           | 40           | 41        | 27                        | 35                   | -  | -  | >50 | N-SPT>50        | Blows/ft |    |    |    |               |                           |                           |                           |                           |
|                | 42        |        |        |                                                                       | 40           | 42        | 27                        | 35                   | -  | -  | >50 | N-SPT>50        | Blows/ft |    |    |    |               |                           |                           |                           |                           |
|                | 43        |        |        |                                                                       | 40           | 43        | 27                        | 35                   | -  | -  | >50 | N-SPT>50        | Blows/ft |    |    |    |               |                           |                           |                           |                           |
|                | 44        |        |        |                                                                       | 40           | 44        | 27                        | 35                   | -  | -  | >50 | N-SPT>50        | Blows/ft |    |    |    |               |                           |                           |                           |                           |
|                | 45        |        |        |                                                                       | 40           | 45        | 27                        | 35                   | -  | -  | >50 | N-SPT>50        | Blows/ft |    |    |    |               |                           |                           |                           |                           |
|                | 46        |        |        |                                                                       | 40           | 46        | 27                        | 35                   | -  | -  | >50 | N-SPT>50        | Blows/ft |    |    |    |               |                           |                           |                           |                           |
|                | 47        |        |        |                                                                       | 40           | 47        | 27                        | 35                   | -  | -  | >50 | N-SPT>50        | Blows/ft |    |    |    |               |                           |                           |                           |                           |
|                | 48        |        |        |                                                                       | 40           | 48        | 27                        | 35                   | -  | -  | >50 | N-SPT>50        | Blows/ft |    |    |    |               |                           |                           |                           |                           |
|                | 49        |        |        |                                                                       | 40           | 49        | 27                        | 35                   | -  | -  | >50 | N-SPT>50        | Blows/ft |    |    |    |               |                           |                           |                           |                           |
|                | 50        |        |        |                                                                       | 40           | 50        | 27                        | 35                   | -  | -  | >50 | N-SPT>50        | Blows/ft |    |    |    |               |                           |                           |                           |                           |
|                |           |        |        | End of Boring                                                         |              | 41        | 40                        | -                    | -  | -  | >50 | N-SPT>50        | Blows/ft |    |    |    |               |                           |                           |                           |                           |

Prepared By : Mursani

DB 2 - Page 2 of 2

PT. TARUMANEGARA BumiYasa

# BORING LOG

Project No. : 1S.21052

Project : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON

Location : Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten

Coordinate : 0618367 - 9331546

Elevation : -

GWL : -7.90 m

Start Date : 07/09/2021

Finish Date : 11/09/2021

Bore Depth : 40.00 m

Cone Dia. : 7.30 cm

Casing Dia. : 8.90 cm

Driller : Hartanto Cs

Hammer Type : Automatic Trip Hammer

Hammer No : 05

Hammer Energy : 61.1 - 79.7 %

Log No.

DB3

Remarks :

Undisturbed Sample (UD)

Spore Sample

M2 Master Sample

Split Spoon

Casing

Bag Sample

| Date of Boring | Depth (m) | Legend | Symbol        | Description                                              | Sampling     |           | Standard Penetration Test |                      |    |    |   |           |    |    |    |    | Laboratory Test |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
|----------------|-----------|--------|---------------|----------------------------------------------------------|--------------|-----------|---------------------------|----------------------|----|----|---|-----------|----|----|----|----|-----------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----|----|----|----|--|--|
|                |           |        |               |                                                          | Recovery (%) | Depth (m) | Sample                    | Blows Per Each 15 cm |    |    |   | N - Value |    |    |    |    | Strength Test   |                            |                            |                            |                            | Atterberg Limit (%)        |                            |    |    |    |    |  |  |
|                |           |        |               |                                                          |              |           |                           | N1                   | N2 | N3 | N | 10        | 20 | 30 | 40 | 50 | Type            | $\frac{q}{\text{kg/cm}^2}$ | $\frac{q}{\text{kg/cm}^2}$ | $\frac{q}{\text{kg/cm}^2}$ | $\frac{q}{\text{kg/cm}^2}$ | $\frac{q}{\text{kg/cm}^2}$ | $\frac{q}{\text{kg/cm}^2}$ | Wn | Ll | Pl | Li |  |  |
| 07/09/2021     | 1         | CL     |               | Concrete - 0.10 m                                        | 100          |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
|                | 100       |        |               | 1                                                        | 3            | 4         | 6                         | 10                   |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
|                | 80        |        |               | 2                                                        |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
|                | 2         |        |               |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
|                | 3         |        |               |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
|                | 100       | 3      | 3             | 5                                                        | 6            | 11        |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
|                | 100       | 3      | 3             | 5                                                        | 6            | 11        |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
|                | 4         | CH     |               | SILTY CLAY, Brownish grey, moist, stiff, high plasticity | 85           |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
|                | 90        |        |               | 4                                                        |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
|                | 100       |        |               | 5                                                        | 4            | 6         | 7                         | 13                   |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 5              | SP        |        | SILTY SAND    | 85                                                       |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 87             |           |        | 6             |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 100            |           |        | 7             | 12                                                       | 19           | 25        | 44                        |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 6              | SP        |        | SILTY SAND    | 87                                                       |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 87             |           |        | 8             |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 83             |           |        | 9             | 15                                                       | 21           | 29        | 50                        |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 7              | SP        |        | SILTY SAND    | 90                                                       |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 87             |           |        | 10            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 100            |           |        | 11            | 14                                                       | 22           | 30        | >50                       |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 8              | SP        |        | SILTY SAND    | 90                                                       |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 87             |           |        | 12            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 83             |           |        | 13            | 16                                                       | 25           | 34        | >50                       |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 9              | SP        |        | SILTY SAND    | 95                                                       |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 87             |           |        | 13            | 16                                                       | 25           | 34        | >50                       |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 80             |           |        | 14            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 10             | SP        |        | SILTY SAND    | 88                                                       |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 87             |           |        | 15            | 18                                                       | 27           | 35        | >50                       |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 44             |           |        | 17            | 28                                                       | 40           | -         | >50                       |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 11             | SP        |        | CEMENTED SAND | 87                                                       |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 87             |           |        | 16            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 44             |           |        | 17            | 28                                                       | 40           | -         | >50                       |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 12             | SP        |        | CEMENTED SAND | 87                                                       |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 87             |           |        | 18            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 80             |           |        | 19            | 40                                                       | -            | -         | >50                       |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 13             | SP        |        | CEMENTED SAND | 87                                                       |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 87             |           |        | 20            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 44             |           |        | 19            | 40                                                       | -            | -         | >50                       |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 14             | SP        |        | CEMENTED SAND | 87                                                       |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 87             |           |        | 21            | 35                                                       | -            | -         | >50                       |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 44             |           |        | 22            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 15             | SP        |        | CEMENTED SAND | 87                                                       |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 87             |           |        | 23            | 40                                                       | -            | -         | >50                       |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 44             |           |        | 24            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 16             | SP        |        | CEMENTED SAND | 87                                                       |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 87             |           |        | 25            | 40                                                       | -            | -         | >50                       |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 44             |           |        | 26            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 17             | SP        |        | CEMENTED SAND | 87                                                       |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 87             |           |        | 27            | 40                                                       | -            | -         | >50                       |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 44             |           |        | 28            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 18             | SP        |        | CEMENTED SAND | 87                                                       |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 87             |           |        | 29            | 45                                                       | -            | -         | >50                       |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 44             |           |        | 30            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 19             | SP        |        | CEMENTED SAND | 87                                                       |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 87             |           |        | 31            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 44             |           |        | 32            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 20             | SP        |        | CEMENTED SAND | 87                                                       |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 87             |           |        | 33            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 44             |           |        | 34            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 21             | SP        |        | CEMENTED SAND | 87                                                       |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 87             |           |        | 35            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 44             |           |        | 36            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 22             | SP        |        | CEMENTED SAND | 87                                                       |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 87             |           |        | 37            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 44             |           |        | 38            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 23             | SP        |        | CEMENTED SAND | 87                                                       |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 87             |           |        | 39            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 44             |           |        | 40            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 24             | SP        |        | CEMENTED SAND | 87                                                       |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 87             |           |        | 41            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 44             |           |        | 42            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 25             | SP        |        | CEMENTED SAND | 87                                                       |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 87             |           |        | 43            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 44             |           |        | 44            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 26             | SP        |        | CEMENTED SAND | 87                                                       |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 87             |           |        | 45            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 44             |           |        | 46            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 27             | SP        |        | CEMENTED SAND | 87                                                       |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 87             |           |        | 47            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 44             |           |        | 48            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 28             | SP        |        | CEMENTED SAND | 87                                                       |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 87             |           |        | 49            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 44             |           |        | 50            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 29             | SP        |        | CEMENTED SAND | 87                                                       |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 87             |           |        | 51            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 44             |           |        | 52            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 30             | SP        |        | CEMENTED SAND | 87                                                       |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 87             |           |        | 53            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 44             |           |        | 54            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 31             | SP        |        | CEMENTED SAND | 87                                                       |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 87             |           |        | 55            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 44             |           |        | 56            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 32             | SP        |        | CEMENTED SAND | 87                                                       |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 87             |           |        | 57            |                                                          |              |           |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |
| 44             |           |        | 58            |                                                          |              | </        |                           |                      |    |    |   |           |    |    |    |    |                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |    |    |    |    |  |  |

Prepared By : Mursani

DB 3 - Page 1 of 2

PT. TARUMANEGARA BumiYasa

# BORING LOG

Project No. : 1S.21052

Project : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON

Location : Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten

Coordinate : 0618367 - 9331546

Elevation : -

GWL : -7.90 m

Start Date : 07/09/2021

Finish Date : 11/09/2021

Bore Depth : 40.00 m

Core Dia. : 7.30 cm

Casing Dia. : 8.90 cm

Driller : Hartanto Cs

Hammer Type : Automatic Trip Hammer

Hammer No : 05

Hammer Energy : 61.1 - 79.7 %

Log No.

DB3

Remarks :

Undisturbed Sample ( U.D )

MZ Master Sample

Casing

Spore Sample

Split Spoon

Bag Sample

| Date of Boring | Depth (m) | Legend | Symbol | Description                                                 | Sampling     |           | Standard Penetration Test |                      |    |    |     | Laboratory Test |          |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|----------------|-----------|--------|--------|-------------------------------------------------------------|--------------|-----------|---------------------------|----------------------|----|----|-----|-----------------|----------|----|----|----|---------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
|                |           |        |        |                                                             | Recovery (%) | Depth (m) | Sample                    | Blows Per Each 15 cm |    |    |     | N - Value       |          |    |    |    | Strength Test |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                |           |        |        |                                                             |              |           |                           | N1                   | N2 | N3 | N   | 10              | 20       | 30 | 40 | 50 | Type          | q <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) | q <sub>u</sub> (t/m <sup>2</sup> ) | q <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) | q <sub>u</sub> (t/m <sup>2</sup> ) |
| 11/09/2021     | 31        |        | SP     | CEMENTED SAND<br>Gray, wet, very dense, poorly graded       | 11           | 31        | 45                        | -                    | -  | -  | >50 | N-SPT > 50      | Blows/ft |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                | 32        |        |        |                                                             | 80           | 32        | 5                         | Bouncing             |    |    |     |                 |          |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                | 33        |        |        |                                                             | 13           | 33        | 40                        | -                    | -  | -  | >50 | N-SPT > 50      | Blows/ft |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                | 34        |        |        |                                                             | 87           | 34        | 5                         | Bouncing             |    |    |     |                 |          |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                | 35        |        |        |                                                             | 13           | 35        | 35                        | -                    | -  | -  | >50 | N-SPT > 50      | Blows/ft |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
| 11/09/2021     | 36        |        | ML     | SANDY SILT<br>Brownish gray, moist, hard, low plasticity    | 83           | 36        | 6                         | Bouncing             |    |    |     |                 |          |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                | 37        |        |        |                                                             | 89           | 37        | 11                        | 15                   | 21 | 36 |     |                 |          |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                | 38        |        |        |                                                             | 83           | 38        |                           |                      |    |    |     |                 |          |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                | 39        |        |        |                                                             | 11           | 39        | 40                        | -                    | -  | -  | >50 | N-SPT > 50      | Blows/ft |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                | 40        |        |        |                                                             | 100          | 40        | 5                         | Bouncing             |    |    |     |                 |          |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                | 41        |        | ML     | CEMENTED SILT<br>Grayish brown, moist, hard, low plasticity | 13           | 40        | 40                        | -                    | -  | -  | >50 | N-SPT > 50      | Blows/ft |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                | 42        |        |        |                                                             |              |           | 6                         | Bouncing             |    |    |     |                 |          |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                | 43        |        |        |                                                             |              |           |                           |                      |    |    |     |                 |          |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                | 44        |        |        |                                                             |              |           |                           |                      |    |    |     |                 |          |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                | 45        |        |        |                                                             |              |           |                           |                      |    |    |     |                 |          |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                | 46        |        |        | End of Boring                                               |              | 46        |                           |                      |    |    |     |                 |          |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                | 47        |        |        |                                                             |              | 47        |                           |                      |    |    |     |                 |          |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                | 48        |        |        |                                                             |              | 48        |                           |                      |    |    |     |                 |          |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                | 49        |        |        |                                                             |              | 49        |                           |                      |    |    |     |                 |          |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                | 50        |        |        |                                                             |              | 50        |                           |                      |    |    |     |                 |          |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                | 51        |        |        |                                                             |              | 51        |                           |                      |    |    |     |                 |          |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                | 52        |        |        |                                                             |              | 52        |                           |                      |    |    |     |                 |          |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                | 53        |        |        |                                                             |              | 53        |                           |                      |    |    |     |                 |          |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                | 54        |        |        |                                                             |              | 54        |                           |                      |    |    |     |                 |          |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                | 55        |        |        |                                                             |              | 55        |                           |                      |    |    |     |                 |          |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                | 56        |        |        |                                                             |              | 56        |                           |                      |    |    |     |                 |          |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                | 57        |        |        |                                                             |              | 57        |                           |                      |    |    |     |                 |          |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                | 58        |        |        |                                                             |              | 58        |                           |                      |    |    |     |                 |          |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                | 59        |        |        |                                                             |              | 59        |                           |                      |    |    |     |                 |          |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |
|                | 60        |        |        |                                                             |              | 60        |                           |                      |    |    |     |                 |          |    |    |    |               |                                      |                                    |                                      |                                    |

Prepared By : Mursani

DB 3 - Page 2 of 2

PT. TARUMANEGARA BumiYasa

# BORING LOG

Project No. : 1S.21052

Project : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON

Location : Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten

Coordinate : 0618402 - 9331549

Elevation : -

GWL : -7.50 m

Start Date : 06/09/2021

Finish Date : 15/09/2021

Bore Depth : 40.00 m

Cone Dia. : 7.30 cm

Casing Dia. : 8.90 cm

Driller : Yustiadi Cs

Hammer Type : Automatic Trip Hammer

Hammer No : 03

Hammer Energy : 59.9 - 82.5 %

Log No.

DB4

Remarks :

Undisturbed Sample (UD) ☒ Master Sample

Spore Sample ☒ Split Spoon

☒ Casing

☒ Bag Sample

| Date of Boring | Depth (m) | Legend | Symbol | Description                                  | Sampling     |           |        |                      |    |     |   |           |    |    | Standard Penetration Test |                    |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       | Laboratory Test |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------|-----------|--------|--------|----------------------------------------------|--------------|-----------|--------|----------------------|----|-----|---|-----------|----|----|---------------------------|--------------------|---------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|-------|-----------------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|
|                |           |        |        |                                              | Recovery (%) | Depth (m) | Sample | Blows Per Each 15 cm |    |     |   | N - Value |    |    |                           |                    | Strength Test |                            |                            |                            |                            | Atterberg Limit (%)        |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                |           |        |        |                                              |              |           |        | N1                   | N2 | N3  | N | 10        | 20 | 30 | 40                        | 50                 | Type          | $\frac{q}{\text{kg/cm}^2}$ | $\frac{q}{\text{kg/cm}^2}$ | $\frac{q}{\text{kg/cm}^2}$ | $\frac{q}{\text{kg/cm}^2}$ | $\frac{q}{\text{kg/cm}^2}$ | W <sub>n</sub> | L     | PL              | LI   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 06/09/2021     | 1         |        |        | Concrete - 0.80 m                            | 80           | 1         |        |                      |    |     |   |           |    |    |                           |                    |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 2         |        |        | SILTY CLAY                                   | 100          | 2         | 2      | 4                    | 4  | 8   |   |           |    |    |                           |                    |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 3         |        |        | Greyish brown, moist, stiff, low plasticity  | 85           | 2         |        |                      |    |     |   |           |    |    |                           |                    |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 4         |        |        | DB4 - UD1 : 2.50 - 3.00 m                    | 80           | 3         | 4      | 6                    | 7  | 13  |   |           |    |    |                           | UU                 | 0.23          | 0.42                       | -                          | 1.93                       | 2.57                       | 0.64                       | 23.39          | 32.31 | 17.88           | 0.38 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 5         |        |        | SILT                                         | 100          | 4         |        |                      |    |     |   |           |    |    |                           |                    |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 6         |        |        | Brown, moist, hard, low plasticity           | 80           | 6         |        |                      |    |     |   |           |    |    |                           |                    |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 7         |        |        |                                              | 83           | 6         | 6      | 15                   | 18 | 33  |   |           |    |    |                           |                    |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 8         |        |        |                                              | 80           | 6         |        |                      |    |     |   |           |    |    |                           |                    |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 9         |        |        | SAND                                         | 83           | 7         | 12     | 17                   | 21 | 38  |   |           |    |    |                           |                    |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 10        |        |        | Whitish gray, wet, very dense, poorly graded | 86           | 8         |        |                      |    |     |   |           |    |    |                           |                    |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 11        |        |        |                                              | 83           | 9         | 16     | 35                   | -  | >50 |   |           |    |    |                           | N-SPT > 50 blow/ft |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 12        |        |        |                                              | 85           | 10        |        |                      |    |     |   |           |    |    |                           | 7 Bouncing         |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 13        |        |        | SAND                                         | 83           | 11        | 18     | 35                   | -  | >50 |   |           |    |    |                           | N-SPT > 50 blow/ft |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 14        |        |        | SILTY SAND                                   | 87           | 12        |        |                      |    |     |   |           |    |    |                           | 6 Bouncing         |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 15        |        |        | Yellowish gray, wet, very dense, well graded | 83           | 13        | 35     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                           | N-SPT > 50 blow/ft |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 16        |        |        |                                              | 87           | 14        |        |                      |    |     |   |           |    |    |                           | 7 Bouncing         |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 17        |        |        | SAND                                         | 87           | 15        | 35     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                           | N-SPT > 50 blow/ft |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 18        |        |        | CEMENTED SAND                                | 90           | 16        |        |                      |    |     |   |           |    |    |                           | 7 Bouncing         |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 19        |        |        | Yellowish gray, wet, very dense, well graded | 87           | 17        | 40     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                           | N-SPT > 50 blow/ft |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 20        |        |        |                                              | 87           | 18        |        |                      |    |     |   |           |    |    |                           | 5 Bouncing         |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 21        |        |        | SAND                                         | 87           | 19        | 40     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                           | N-SPT > 50 blow/ft |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 22        |        |        | CEMENTED SAND                                | 90           | 20        |        |                      |    |     |   |           |    |    |                           | 5 Bouncing         |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 23        |        |        | Gray, wet, very dense, well graded           | 87           | 21        | 45     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                           | N-SPT > 50 blow/ft |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 24        |        |        |                                              | 87           | 22        |        |                      |    |     |   |           |    |    |                           | 6 Bouncing         |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 25        |        |        | SAND                                         | 87           | 23        | 40     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                           | N-SPT > 50 blow/ft |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 26        |        |        | CEMENTED SAND                                | 90           | 24        |        |                      |    |     |   |           |    |    |                           | 6 Bouncing         |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 27        |        |        | Grayish brown, wet, very dense, well graded  | 87           | 25        | 40     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                           | N-SPT > 50 blow/ft |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 28        |        |        |                                              | 87           | 26        |        |                      |    |     |   |           |    |    |                           | 6 Bouncing         |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 29        |        |        | SAND                                         | 87           | 27        | 40     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                           | N-SPT > 50 blow/ft |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 30        |        |        | CEMENTED SAND                                | 87           | 28        |        |                      |    |     |   |           |    |    |                           | 7 Bouncing         |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 31        |        |        | Gray, wet, very dense, well graded           | 87           | 29        | 40     | -                    | -  | >50 |   |           |    |    |                           | N-SPT > 50 blow/ft |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 32        |        |        |                                              | 87           | 30        |        |                      |    |     |   |           |    |    |                           | 5 Bouncing         |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 33        |        |        | Continue                                     |              |           |        |                      |    |     |   |           |    |    |                           |                    |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 34        |        |        |                                              |              |           |        |                      |    |     |   |           |    |    |                           |                    |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 35        |        |        |                                              |              |           |        |                      |    |     |   |           |    |    |                           |                    |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                | 36        |        |        |                                              |              |           |        |                      |    |     |   |           |    |    |                           |                    |               |                            |                            |                            |                            |                            |                |       |                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |

Prepared By : Mursani

DB 4 - Page 1 of 2

PT. TARUMANEGARA Bumiyyasa

# BORING LOG

Project No. : 1S.21052

Project : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON

Location : Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten

Coordinate : 0618402 - 9331549

Elevation : -

GWL : -7.50 m

Start Date : 06/09/2021

Finish Date : 15/09/2021

Bore Depth : 40.00 m

Core Dia. : 7.30 cm

Casing Dia. : 8.90 cm

Driller : Yustiadi Cs

Hammer Type : Automatic Trip Hammer

Hammer No : 03

Hammer Energy : 59.9 - 82.5 %

Log No.

DB4

Remarks :

Undisturbed Sample ( U.D )

MZ Master Sample

Casing

Spore Sample

Split Spoon

Bag Sample

| Date of Boring | Depth (m) | Legend | Symbol | Description                                                                                                                          | Sampling     |           | Standard Penetration Test |                      |    |    |    | Laboratory Test |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|----------------|-----------|--------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------|---------------------------|----------------------|----|----|----|-----------------|----|----|----|----|---------------|------------------|------------------|---------------------|---------------------|----|---|----|----|----|----|
|                |           |        |        |                                                                                                                                      | Recovery (%) | Depth (m) | Sample                    | Blows Per Each 15 cm |    |    |    | N - Value       |    |    |    |    | Strength Test |                  |                  |                     | Atterberg Limit (%) |    |   |    |    |    |    |
|                |           |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           | N1                   | N2 | N3 | N  | 10              | 20 | 30 | 40 | 50 | Type          | $\frac{q}{cm^2}$ | $\frac{q}{in^2}$ | $\frac{q}{kg/cm^2}$ | $\frac{q}{t/m^2}$   | Gs | e | Wn | LL | PL | LI |
| 14/09/2021     | 31        |        | CH     | SILTY CLAY<br>Grayish brown, moist, very stiff, high plasticity                                                                      | 83           | 31        | ⊗                         | 8                    | 12 | 16 | 28 |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 32        |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 33        |        | CH     | SILTY CLAY<br>Brownish grey, moist, very stiff to hard, high plasticity                                                              | 87           | 32        |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 34        |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 35        |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 36        |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 37        |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 38        |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 39        |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 40        |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
| 15/09/2021     | 41        |        | CH     | SILTY CLAY<br>Greenish grey, moist, hard, high plasticity                                                                            | 83           | 38        | ⊗                         | 10                   | 15 | 18 | 33 |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 42        |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 43        |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 44        |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 45        |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 46        |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 47        |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 48        |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 49        |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 50        |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 51        |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 52        |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 53        |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 54        |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 55        |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 56        |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 57        |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 58        |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 59        |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 60        |        |        |                                                                                                                                      |              |           |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 61        |        |        | End of Boring                                                                                                                        |              | 41        |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 62        |        |        | *Borehole was continued from different hole (1 meter from the origin hole due to the drilling rod was trapped at ~21.50 meter depth) |              | 42        |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 63        |        |        |                                                                                                                                      |              | 43        |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 64        |        |        |                                                                                                                                      |              | 44        |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 65        |        |        |                                                                                                                                      |              | 45        |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 66        |        |        |                                                                                                                                      |              | 46        |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 67        |        |        |                                                                                                                                      |              | 47        |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 68        |        |        |                                                                                                                                      |              | 48        |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 69        |        |        |                                                                                                                                      |              | 49        |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 70        |        |        |                                                                                                                                      |              | 50        |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 71        |        |        |                                                                                                                                      |              | 51        |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 72        |        |        |                                                                                                                                      |              | 52        |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 73        |        |        |                                                                                                                                      |              | 53        |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 74        |        |        |                                                                                                                                      |              | 54        |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 75        |        |        |                                                                                                                                      |              | 55        |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 76        |        |        |                                                                                                                                      |              | 56        |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 77        |        |        |                                                                                                                                      |              | 57        |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 78        |        |        |                                                                                                                                      |              | 58        |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 79        |        |        |                                                                                                                                      |              | 59        |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |
|                | 80        |        |        |                                                                                                                                      |              | 60        |                           |                      |    |    |    |                 |    |    |    |    |               |                  |                  |                     |                     |    |   |    |    |    |    |

Prepared By : Mursani

DB 4 - Page 2 of 2

PT. TARUMANEGARA BumiYasa



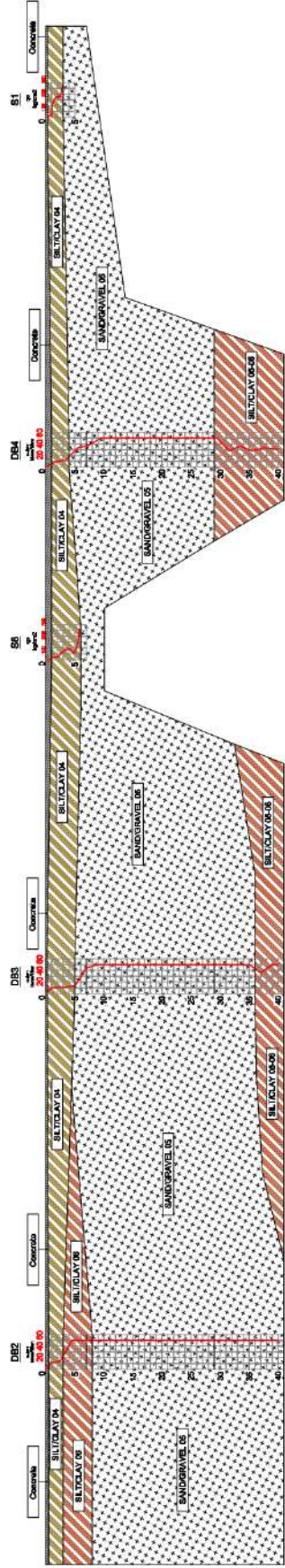
---

**LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH**

RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
PT. Bethsaida Hospital International

---

## SOIL PROFILE

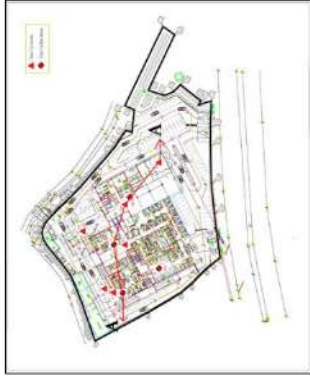


LEGEND :

| SOIL TYPE     | NSPT    | CONSISTENCY  |
|---------------|---------|--------------|
| SILTCLAY 01   | 0 - 2   | VERY SOFT    |
| SILTCLAY 02   | 2 - 4   | SOFT         |
| SILTCLAY 03   | 4 - 8   | MEDIUM STIFF |
| SILTCLAY 04   | 8 - 15  | STIFF        |
| SILTCLAY 05   | 15 - 30 | VERY STIFF   |
| SILTCLAY 06   | > 30    | HARD         |
| SANDGRAVEL 01 | 0 - 4   | VERY LOOSE   |
| SANDGRAVEL 02 | 4 - 10  | LOOSE        |
| SANDGRAVEL 03 | 10 - 30 | MEDIUM DENSE |
| SANDGRAVEL 04 | 30 - 50 | DENSE        |
| SANDGRAVEL 05 | > 50    | VERY DENSE   |

NOT TO SCALE

|                                  |                                      |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| <b>PT. TARUMANEGARA BumiYasa</b> |                                      |
| DRAWING TITLE                    | POTONGAN A-A (DB2-DB3-SB-DB4-S1)     |
| PROJECT                          | RUMAH SAKIT BETH-SAIDA               |
| LOCATION                         | CILEGON, BANTEN                      |
| SUBMIT                           | PT. BETHSAIDA HOSPITAL INTERNATIONAL |





## **RINGKASAN HASIL UJI LABORATORIUM**



**TARUMANEGARA bumiyasa**  
Soil Investigation, Geotechnical Services, Survey & Supervision

**RINGKASAN HASIL UJI  
LABORATORIUM**

**Job No.** : IS 21052  
**Project** : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
**Location** : Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten

| Hole No.                  | DB1                                                                      |                   | DB2         |             | DB3         |             |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Sample No.                | UDI                                                                      | UD2               | UD1         | UD1         | UD1         | DB4         |
| Depth of Sample           | 1.00 - 1.50                                                              | 2.00 - 2.50       | 3.00 - 3.50 | 2.00 - 2.40 | 2.00 - 2.50 | 2.50 - 3.00 |
| Pocket Torvane            | m                                                                        |                   |             |             |             |             |
|                           | kg/cm <sup>2</sup>                                                       | 0.85              | 0.75        | 0.30        | 0.50        | 0.90        |
|                           | %                                                                        | 0.09              | 0.61        | 3.76        | 0.24        | 0.24        |
|                           | %                                                                        | 21.77             | 24.33       | 28.48       | 21.64       | 14.10       |
|                           | %                                                                        | 69.61             | 60.60       | 59.35       | 66.30       | 72.74       |
| Gradation                 |                                                                          | 8.52              | 14.46       | 8.41        | 11.82       | 7.65        |
|                           | Classified                                                               | No.10 (2.00 mm)   |             |             |             |             |
|                           | Grading                                                                  | No.40 (0.425 mm)  |             |             |             |             |
|                           | Pass (%)                                                                 | No.200 (0.075 mm) |             |             |             |             |
| Liquid Limits, LL         |                                                                          | 78.13             | 75.07       | 67.77       | 78.12       | 85.66       |
|                           | %                                                                        | 34.210            | 57.521      | 46.112      | 32.432      | 51.466      |
|                           | %                                                                        | 15.025            | 31.946      | 22.042      | 12.781      | 22.995      |
|                           | %                                                                        | 0.459             | 0.238       | 0.336       | 0.347       | 0.103       |
| Liquidity Index, LI       |                                                                          | CL                | CH          | CL          | CL          | CH          |
|                           |                                                                          | 2.620             | 2.560       | 2.710       | 2.560       | 2.580       |
| Natural State             | Water Content, w <sub>n</sub>                                            | 26.077            | 33.191      | 31.471      | 31.612      | 30.831      |
|                           | 5 <sup>st</sup> Density, γ <sub>t</sub>                                  | 1.880             | 1.838       | 1.922       | 1.931       | 1.744       |
|                           | Void Ratio, e                                                            | 0.757             | 0.855       | 0.853       | 0.915       | 0.926       |
|                           | Degree Saturation, S <sub>r</sub>                                        | 90.246            | 99.396      | 99.948      | 97.084      | 84.999      |
| Triaxial Compression Test | Type of Test                                                             | UU                |             |             |             |             |
|                           | Cohesion, c                                                              | 0.570             | 0.283       | -           | 0.474       | 0.516       |
|                           | Angle of Internal Friction, φ                                            | 11.771            | 6.348       | -           | 9.831       | 8.220       |
|                           | Type of Test                                                             | CU                |             |             |             |             |
|                           | Cohesion, c (kg/cm <sup>2</sup> )                                        | -                 | -           | 0.37        | 0.42        | -           |
|                           | Angle of Int Friction, φ (deg)                                           | -                 | -           | 14.17       | 16.27       | -           |
|                           | Cohesion, c (kg/cm <sup>2</sup> )                                        | -                 | -           | 0.31        | 0.37        | -           |
|                           | Angle of Int Friction, φ (deg)                                           | -                 | -           | 23.82       | 26.25       | -           |
| Consolidation Test        | Field of Consolidation, Pe                                               | 4.000             | -           | -           | 3.680       | 3.120       |
|                           | Compression Index, C <sub>c</sub>                                        | 0.257             | -           | -           | 0.371       | 0.467       |
|                           | Swell Index or Recompression Swell Index, C <sub>s</sub> /C <sub>r</sub> | 0.028             | -           | -           | 0.066       | 0.052       |



---

**LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH**

RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
PT. Bethsaida Hospital International

---

**INDEX PROPERTIES**  
**SNI 1965:2008 / ASTM D-854-14 & D-2216-19**

1



**TARUMANEGARA bumiayasa**  
Soil Investigation, Geotechnical Services, Survey & Supervision

## INDEX PROPERTIES

**Job No.**  
**Project Name**  
**Location**

: 1S.21052  
: RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
: Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten

**Test by** : Mursani & Firman  
**Date of Testing** : 08/09/21

| Hole No. | Sample No.                        | DB1    |     |     | DB2         |     | DB3         |     | DB4         |     |
|----------|-----------------------------------|--------|-----|-----|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|
|          |                                   | UD1    | UD2 | UD3 | UD1         | UD1 | UD1         | UD2 | UD1         | UD1 |
|          | Depth of Sample                   | m      |     |     | 1.00 - 1.50 |     | 2.00 - 2.50 |     | 3.00 - 3.50 |     |
|          | Wt. of can + wet soil + ring (gr) | 90.740 |     |     | 87.150      |     | 89.180      |     | 88.200      |     |
|          | Wt. of can + dry soil + ring (gr) | 81.540 |     |     | 75.510      |     | 77.860      |     | 79.440      |     |
|          | Wt. of can + ring (gr)            | 46.260 |     |     | 40.440      |     | 41.890      |     | 40.860      |     |
|          | Wt. of dry soil (gr)              | 35.280 |     |     | 35.070      |     | 35.970      |     | 38.150      |     |
|          | Wt. of water (gr)                 | 9.200  |     |     | 11.640      |     | 11.320      |     | 10.470      |     |
|          | Wt. of wet soil (gr)              | 44.480 |     |     | 46.710      |     | 47.290      |     | 47.340      |     |
|          | Volume of ring (cm <sup>3</sup> ) | 23.660 |     |     | 25.410      |     | 24.599      |     | 22.571      |     |
|          | w <sub>n</sub>                    | 26.077 |     |     | 33.191      |     | 31.471      |     | 31.612      |     |
|          | G <sub>s</sub>                    | 2.620  |     |     | 2.560       |     | 2.710       |     | 2.810       |     |
|          | γ <sub>wet</sub>                  | 1.880  |     |     | 1.838       |     | 1.922       |     | 1.931       |     |
|          | γ <sub>dry</sub>                  | 1.491  |     |     | 1.380       |     | 1.462       |     | 1.467       |     |
|          | γ <sub>sat</sub>                  | 1.922  |     |     | 1.841       |     | 1.923       |     | 1.945       |     |
|          | S <sub>r</sub>                    | 90.246 |     |     | 99.396      |     | 99.948      |     | 97.084      |     |
|          | e                                 | 0.757  |     |     | 0.855       |     | 0.853       |     | 0.915       |     |
|          | n                                 | 0.431  |     |     | 0.461       |     | 0.460       |     | 0.478       |     |

23.360

23.360

23.360

23.360

23.360

23.360

23.360

23.360

23.360

23.360

23.360

23.360

23.360

23.360



---

**LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH**

RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
PT. Bethsaida Hospital International

---

**GRAIN SIZE ANALYSIS**  
**SNI 3423:2008 / ASTM D-6913-17 & D-7928-17**

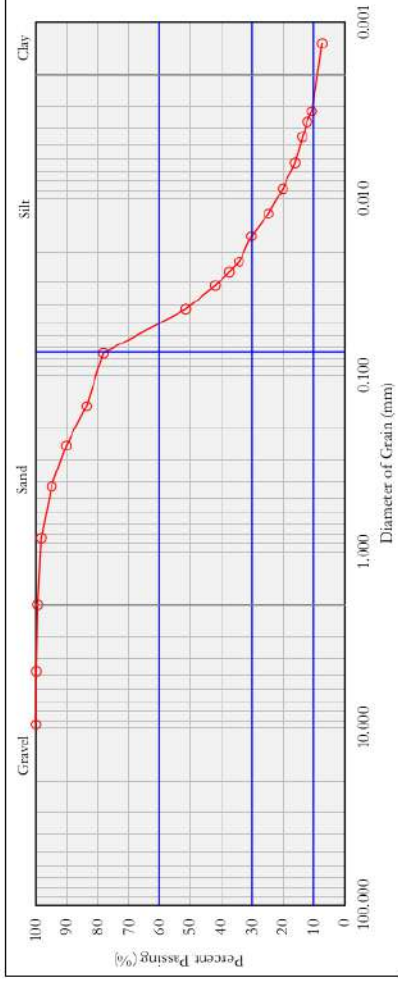


**GRAIN SIZE ANALYSIS**

Project : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Location : Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
Tested By : Mursanti & Ilham  
Project No : IS.21052

Date of testing : 1 September 14, 2021  
Boring : DB 1 - UD 1  
Depth of Sample : 01.00 - 01.50 m

| 1 Weight of soil = 150.00 gram |                        | 26.22              |                      |
|--------------------------------|------------------------|--------------------|----------------------|
| Sieve No                       | Diameter of grain (mm) | Mass Retained (gr) | Percent Retained (%) |
| #                              | (mm)                   | (gr)               | (%)                  |
| 1                              | 49.900                 | 0.00               | 0.00                 |
| 3/4                            | 25.000                 | 0.00               | 0.00                 |
| 1/2                            | 19.000                 | 0.00               | 0.00                 |
| 3/8                            | 12.500                 | 0.00               | 0.00                 |
| 4                              | 9.500                  | 0.14               | 0.09                 |
| 10                             | 4.750                  | 0.64               | 0.43                 |
| 20                             | 2.000                  | 1.62               | 1.08                 |
| 40                             | 0.840                  | 5.20               | 3.47                 |
| 60                             | 0.425                  | 7.01               | 4.67                 |
| 100                            | 0.250                  | 9.90               | 6.60                 |
| 200                            | 0.150                  | 8.29               | 5.53                 |
|                                | 0.075                  | 32.80              | 21.87                |



1 Gs : 2.62  
a (Table 6.2) : 1.0070  
Ws (Wt of soil) : 50.00  
Zero correction : -2  
Meniscus correction : 0.8  
Retained On # 200 : 78.13

D<sub>50</sub> = 0.0029  
D<sub>60</sub> = 0.0162  
D<sub>90</sub> = 0.0528  
Cu =  
Cc =

0.09  
21.77  
69.61  
8.52

25 silt  
Gravel  
Sand  
Silt  
Clay

18.274  
1.718

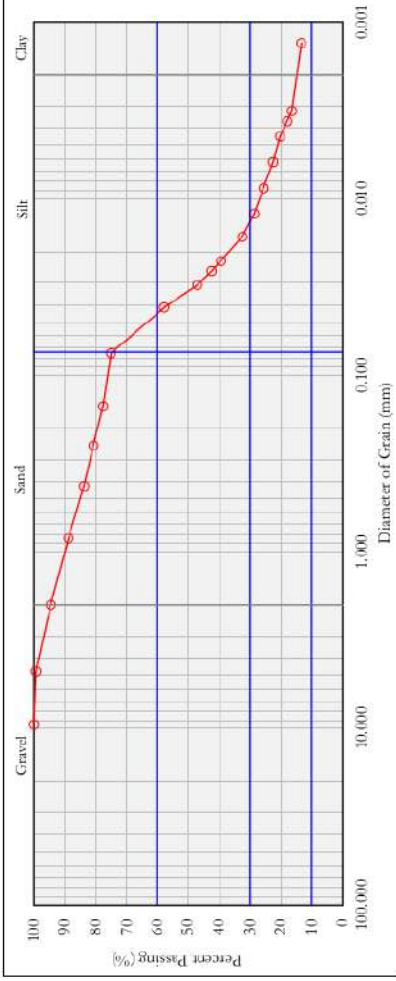
| Time of Reading | Temp (C) | Actual Hydro Reading | Table 6-3 Temp (C) | Corr Hydro (RC) | % Finer | Hyd Corr Only for Meniscus R | L from Table 6-5 | L / ε | L from Table 6-4 | Diameter (mm) | Final Finer % |
|-----------------|----------|----------------------|--------------------|-----------------|---------|------------------------------|------------------|-------|------------------|---------------|---------------|
| 1               | 28       | 31                   | 2.50               | 32.70           | 63.86   | 30.20                        | 11.36            | 11.36 | 0.01255          | 0.0423        | 51.4569       |
| 2               | 28       | 25                   | 2.50               | 26.70           | 53.77   | 24.20                        | 12.34            | 6.17  | 0.01255          | 0.0312        | 42.0153       |
| 3               | 28       | 22                   | 2.50               | 23.70           | 47.73   | 21.20                        | 12.86            | 4.29  | 0.01255          | 0.0260        | 37.2944       |
| 4               | 28       | 20                   | 2.50               | 21.70           | 43.70   | 19.20                        | 13.16            | 3.29  | 0.01255          | 0.0228        | 34.1472       |
| 8               | 28       | 17.5                 | 2.50               | 19.20           | 38.67   | 16.70                        | 13.56            | 1.70  | 0.01255          | 0.0163        | 30.2132       |
| 15              | 28       | 14                   | 2.50               | 15.70           | 31.62   | 13.20                        | 14.16            | 0.94  | 0.01255          | 0.0122        | 24.7056       |
| 30              | 28       | 11                   | 2.50               | 12.70           | 25.58   | 10.20                        | 14.66            | 0.49  | 0.01255          | 0.0088        | 19.9848       |
| 60              | 28       | 8.5                  | 2.50               | 10.20           | 20.54   | 7.70                         | 15.06            | 0.25  | 0.01255          | 0.0063        | 16.0508       |
| 120             | 28       | 7                    | 2.50               | 8.70            | 17.52   | 6.20                         | 15.29            | 0.13  | 0.01255          | 0.0045        | 13.6904       |
| 180             | 28       | 6                    | 2.50               | 7.70            | 15.51   | 5.20                         | 15.46            | 0.09  | 0.01255          | 0.0037        | 12.1168       |
| 240             | 28       | 5                    | 2.50               | 6.70            | 13.49   | 4.20                         | 15.74            | 0.07  | 0.01255          | 0.0032        | 10.5432       |
| 1440            | 28       | 3                    | 2.50               | 4.70            | 9.47    | 2.20                         | 15.96            | 0.01  | 0.01255          | 0.0013        | 7.3959        |



Project : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Location : Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
Tested By : Mursani & Ilham  
Project No : IS.21052

Date of testing : 1 September 14, 2021  
Boring : DB 1 - UD 2  
Depth of Sample : 02.00 - 02.50 m

| 1 Weight of soil = 150.00 gram |                        | 2.56               |                      |
|--------------------------------|------------------------|--------------------|----------------------|
| Sieve No                       | Diameter of grain (mm) | Mass Retained (gr) | Percent Retained (%) |
| #                              |                        | (gr)               | (%)                  |
| 1                              | 49.900                 | 0.00               | 0.00                 |
| 3/4                            | 25.000                 | 0.00               | 0.00                 |
| 1/2                            | 19.000                 | 0.00               | 0.00                 |
| 3/8                            | 12.500                 | 0.00               | 0.00                 |
| 4                              | 9.500                  | 0.00               | 0.00                 |
| 10                             | 4.750                  | 0.91               | 0.61                 |
| 20                             | 2.000                  | 7.16               | 4.77                 |
| 40                             | 0.840                  | 8.61               | 5.74                 |
| 60                             | 0.425                  | 7.59               | 5.06                 |
| 100                            | 0.250                  | 4.51               | 3.01                 |
| 200                            | 0.150                  | 4.75               | 3.17                 |
|                                | 0.075                  | 3.87               | 2.58                 |
|                                |                        | 37.40              |                      |



1 Gs : 2.56  
a (Table 6.2) : 10218  
Ws (Wt of soil) : 50.00  
Zero correction : -2  
Meniscus correction : 0.8  
Retained On # 200 : 75.07

D<sub>10</sub> = 0.0136  
D<sub>30</sub> = 0.0456  
D<sub>60</sub> =

Cu =  
Cc =

0.61  
24.33  
60.60  
14.46

25 silt  
Gravel  
Sand  
Silt  
Clay

| Time of Reading | Temp (C) | Actual Hydro Reading | Table 6-3 Temp (C) | Corr Hydro (RC) | % Finer | Hyd Corr Only for Meniscus R | L from Table 6-5 | L from Table 6-4 | Diameter (mm) | Final Finer % |
|-----------------|----------|----------------------|--------------------|-----------------|---------|------------------------------|------------------|------------------|---------------|---------------|
| 1               | 28       | 36                   | 2.50               | 37.70           | 77.04   | 35.20                        | 10.48            | 0.01278          | 0.0414        | 57.8342       |
| 2               | 28       | 29                   | 2.50               | 30.70           | 62.74   | 28.20                        | 11.65            | 0.01278          | 0.0308        | 47.0957       |
| 3               | 28       | 26                   | 2.50               | 27.70           | 56.61   | 25.20                        | 12.16            | 0.01278          | 0.0257        | 42.4935       |
| 4               | 28       | 24                   | 2.50               | 25.70           | 52.52   | 23.20                        | 12.48            | 0.01278          | 0.0226        | 39.4254       |
| 8               | 28       | 19.5                 | 2.50               | 21.20           | 43.32   | 18.70                        | 13.23            | 0.01278          | 0.0164        | 32.5221       |
| 15              | 28       | 17                   | 2.50               | 18.70           | 38.22   | 16.20                        | 13.66            | 0.01278          | 0.0122        | 28.6870       |
| 30              | 28       | 15                   | 2.50               | 16.70           | 34.13   | 14.20                        | 13.96            | 0.01278          | 0.0087        | 25.6188       |
| 60              | 28       | 13                   | 2.50               | 14.70           | 30.04   | 12.20                        | 14.28            | 0.01278          | 0.0062        | 22.5507       |
| 120             | 28       | 11.5                 | 2.50               | 13.20           | 26.98   | 10.70                        | 14.56            | 0.01278          | 0.0045        | 20.2496       |
| 180             | 28       | 10                   | 2.50               | 11.70           | 23.91   | 9.20                         | 14.78            | 0.01278          | 0.0037        | 17.9485       |
| 240             | 28       | 9                    | 2.50               | 10.70           | 21.87   | 8.20                         | 14.96            | 0.01278          | 0.0032        | 16.4145       |
| 1440            | 28       | 7                    | 2.50               | 8.70            | 17.78   | 6.20                         | 15.29            | 0.01278          | 0.0013        | 13.3463       |

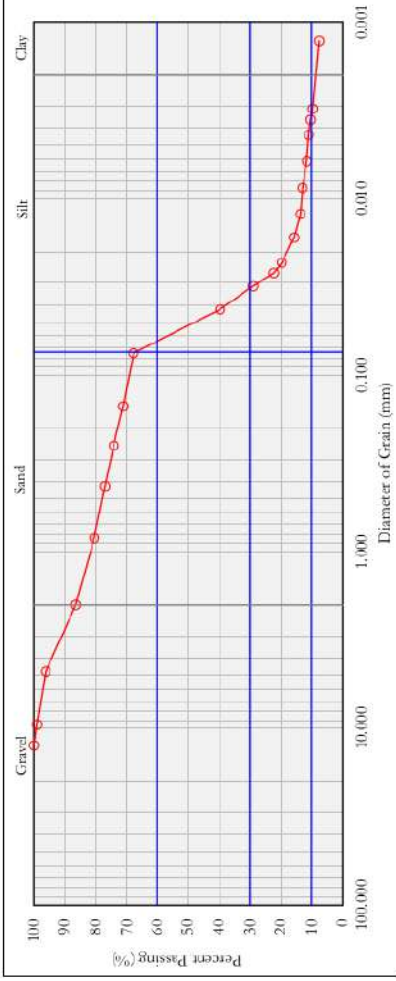


**GRAIN SIZE ANALYSIS**

Project : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Location : Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
Tested By : Mursanti & Ilham  
Project No : IS.21052

Date of testing : 1 September 8, 2021  
Boring : DB 1 - UD 3  
Depth of Sample : 03.00 - 03.50 m

| 1 Weight of soil = 199.39 gram |                        | 1                  |                      |
|--------------------------------|------------------------|--------------------|----------------------|
| Sieve No                       | Diameter of grain (mm) | Mass Retained (gr) | Percent Retained (%) |
| #                              | (mm)                   | (gr)               | (%)                  |
| 1                              | 49.900                 | 0.00               | 0.00                 |
| 3/4                            | 25.000                 | 0.00               | 0.00                 |
| 1/2                            | 19.000                 | 0.00               | 0.00                 |
| 3/8                            | 12.500                 | 1.83               | 0.92                 |
| 4                              | 9.500                  | 5.66               | 2.84                 |
| 10                             | 4.750                  | 19.52              | 9.79                 |
| 20                             | 2.000                  | 11.79              | 5.91                 |
| 40                             | 0.840                  | 7.00               | 3.51                 |
| 60                             | 0.425                  | 5.64               | 2.83                 |
| 100                            | 0.250                  | 6.18               | 3.10                 |
| 200                            | 0.150                  | 6.65               | 3.34                 |
|                                | 0.075                  | 64.27              |                      |



1 Gs : 2.71  
a (Table 6-2) : 0.9868  
Ws (Wt of soil) : 50.00  
Zero correction : -2  
Meniscus correction : 0.8  
Retained On # 200 : 67.77

D<sub>10</sub> = 0.0034  
D<sub>30</sub> = 0.0323  
D<sub>60</sub> = 0.0660  
Cu = 19.581  
Cc = 4.707

| Time of Reading | Temp (C.) | Actual Hydro Reading | Table 6-3<br>Temp (C.) | Corr Hydro (RC) | % Finer | Hyd Corr Only for Meniscus R | L from Table 6-5 | L / t | L from Table 6-4 | Diameter (mm ) | Final Finer % |
|-----------------|-----------|----------------------|------------------------|-----------------|---------|------------------------------|------------------|-------|------------------|----------------|---------------|
| 1               | 28        | 28                   | 2.50                   | 29.70           | 58.62   | 27.20                        | 12.06            | 12.06 | 0.01222          | 0.0424         | 39.7221       |
| 2               | 28        | 20                   | 2.50                   | 21.70           | 42.83   | 19.20                        | 13.16            | 6.58  | 0.01222          | 0.0313         | 29.0225       |
| 3               | 28        | 15                   | 2.50                   | 16.70           | 32.96   | 14.20                        | 13.96            | 4.65  | 0.01222          | 0.0264         | 22.3353       |
| 4               | 28        | 13                   | 2.50                   | 14.70           | 29.01   | 12.20                        | 14.28            | 3.57  | 0.01222          | 0.0231         | 19.6604       |
| 8               | 28        | 10                   | 2.50                   | 11.70           | 23.09   | 9.20                         | 14.78            | 1.85  | 0.01222          | 0.0166         | 15.6481       |
| 15              | 28        | 8.5                  | 2.50                   | 10.20           | 20.13   | 7.70                         | 15.06            | 1.00  | 0.01222          | 0.0122         | 13.6419       |
| 30              | 28        | 8                    | 2.50                   | 9.70            | 19.14   | 7.20                         | 15.16            | 0.51  | 0.01222          | 0.0087         | 12.9732       |
| 60              | 28        | 7                    | 2.50                   | 8.70            | 17.17   | 6.20                         | 15.29            | 0.25  | 0.01222          | 0.0062         | 11.6358       |
| 120             | 28        | 6.5                  | 2.50                   | 8.20            | 16.18   | 5.70                         | 15.36            | 0.13  | 0.01222          | 0.0044         | 10.9670       |
| 180             | 28        | 6                    | 2.50                   | 7.70            | 15.20   | 5.20                         | 15.46            | 0.09  | 0.01222          | 0.0036         | 10.2983       |
| 240             | 28        | 5.5                  | 2.50                   | 7.20            | 14.21   | 4.70                         | 15.53            | 0.06  | 0.01222          | 0.0031         | 9.6296        |
| 1440            | 28        | 4                    | 2.50                   | 5.70            | 11.25   | 3.20                         | 15.77            | 0.01  | 0.01222          | 0.0013         | 7.6234        |

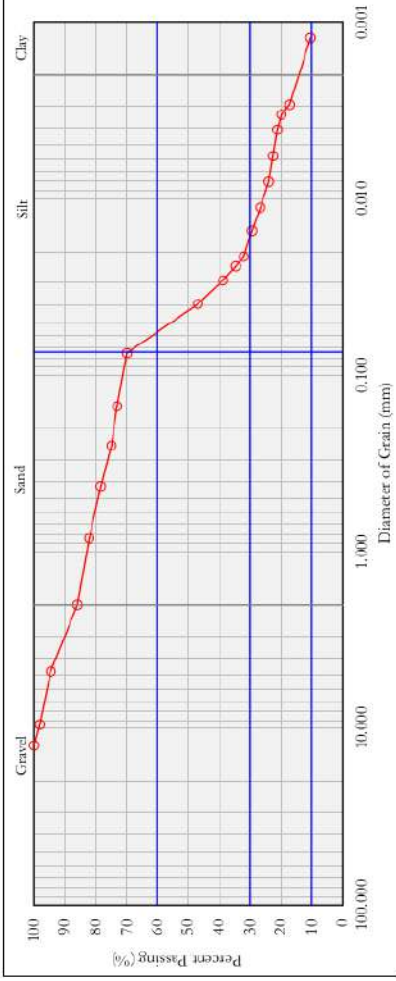


**GRAIN SIZE ANALYSIS**

Project : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Location : Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
Tested By : Mursani & Ilham  
Project No : IS.21052

Date of testing : September 8, 2021  
Boring : DB 2 - UD 1  
Depth of Sample : 01.50 - 02.00 m

| 1 Weight of soil = 152.97 gram |                        | 25 silt            |                      |
|--------------------------------|------------------------|--------------------|----------------------|
| Sieve No                       | Diameter of grain (mm) | Mass Retained (gr) | Percent Retained (%) |
| #                              |                        |                    |                      |
| 1                              | 49.900                 | 0.00               | 0.00                 |
| 3/4                            | 25.000                 | 0.00               | 0.00                 |
| 1/2                            | 19.000                 | 0.00               | 0.00                 |
| 3/8                            | 12.500                 | 0.00               | 0.00                 |
| 4                              | 9.500                  | 2.76               | 1.80                 |
| 10                             | 4.750                  | 5.45               | 3.56                 |
| 20                             | 2.000                  | 13.21              | 8.64                 |
| 40                             | 0.840                  | 5.88               | 3.84                 |
| 60                             | 0.425                  | 5.78               | 3.78                 |
| 100                            | 0.250                  | 5.27               | 3.45                 |
| 200                            | 0.150                  | 2.78               | 1.82                 |
|                                | 0.075                  | 4.93               | 3.22                 |
|                                |                        | 46.06              |                      |



1 Gs : 2.81  
a (Table 6.2) : 0.9666  
Ws (Wt of soil) : 50.00  
Zero correction : -2  
Meniscus correction : 0.8  
Retained On # 200 : 69.89

D<sub>50</sub> = 0.0168  
D<sub>60</sub> = 0.0597  
D<sub>90</sub> = -

| Time of Reading | Temp (C) | Actual Hydro Reading | Table 6-3 Temp (C) | Corr Hydro (RC) | % Finer | Hyd Corr Only for Meniscus R | L from Table 6-5 | L / $\epsilon$ | L from Table 6-4 | Diameter (mm) | Final Finer % |
|-----------------|----------|----------------------|--------------------|-----------------|---------|------------------------------|------------------|----------------|------------------|---------------|---------------|
| 1               | 28       | 33                   | 2.50               | 34.70           | 67.08   | 32.20                        | 11.06            | 11.06          | 0.01188          | 0.0395        | 46.8833       |
| 2               | 28       | 27                   | 2.50               | 28.70           | 55.48   | 26.20                        | 11.98            | 5.99           | 0.01188          | 0.0291        | 38.7767       |
| 3               | 28       | 24                   | 2.50               | 25.70           | 49.68   | 23.20                        | 12.48            | 4.16           | 0.01188          | 0.0242        | 34.7234       |
| 4               | 28       | 22                   | 2.50               | 23.70           | 45.82   | 21.20                        | 12.86            | 3.22           | 0.01188          | 0.0213        | 32.0212       |
| 8               | 28       | 20                   | 2.50               | 21.70           | 41.95   | 19.20                        | 13.16            | 1.65           | 0.01188          | 0.0152        | 29.3190       |
| 15              | 28       | 18                   | 2.50               | 19.70           | 38.08   | 17.20                        | 13.46            | 0.90           | 0.01188          | 0.0113        | 26.6168       |
| 30              | 28       | 16                   | 2.50               | 17.70           | 34.22   | 15.20                        | 13.78            | 0.46           | 0.01188          | 0.0081        | 23.9145       |
| 60              | 28       | 15                   | 2.50               | 16.70           | 32.28   | 14.20                        | 13.96            | 0.23           | 0.01188          | 0.0057        | 22.5634       |
| 120             | 28       | 14                   | 2.50               | 15.70           | 30.35   | 13.20                        | 14.16            | 0.12           | 0.01188          | 0.0041        | 21.2123       |
| 180             | 28       | 13                   | 2.50               | 14.70           | 28.42   | 12.20                        | 14.28            | 0.08           | 0.01188          | 0.0033        | 19.8612       |
| 240             | 28       | 11                   | 2.50               | 12.70           | 24.55   | 10.20                        | 14.66            | 0.06           | 0.01188          | 0.0029        | 17.1590       |
| 1440            | 28       | 6                    | 2.50               | 7.70            | 14.89   | 5.20                         | 15.46            | 0.01           | 0.01188          | 0.0012        | 10.4035       |

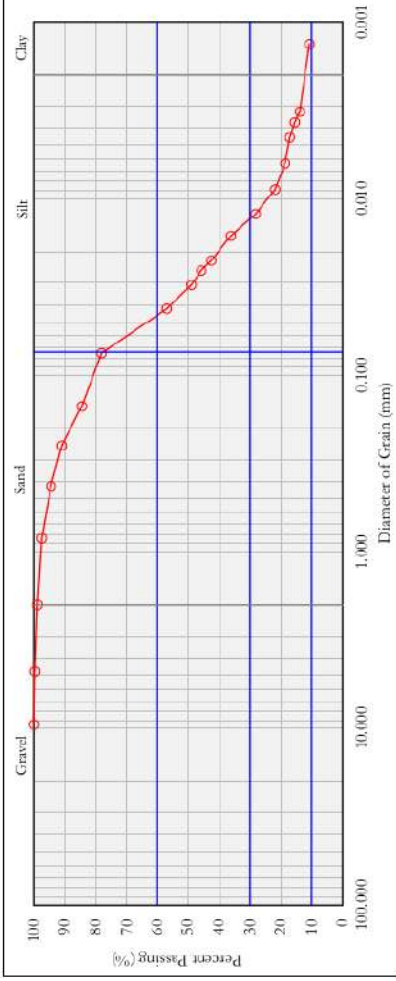


**GRAIN SIZE ANALYSIS**

Project : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Location : Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
Tested By : Mursani & Ilham  
Project No : IS.21052

Date of testing : September 14, 2021  
Boring : DB 3 - UD 1  
Depth of Sample : 02.00 - 02.50 m

| 1 Weight of soil = 150.00 gram |                        | 1                  |                      |
|--------------------------------|------------------------|--------------------|----------------------|
| Sieve No                       | Diameter of grain (mm) | Mass Retained (gr) | Percent Retained (%) |
| #                              | (mm)                   | (gr)               | (%)                  |
| 1                              | 49.900                 | 0.00               | 0.00                 |
| 3/4                            | 25.000                 | 0.00               | 0.00                 |
| 1/2                            | 19.000                 | 0.00               | 0.00                 |
| 3/8                            | 12.500                 | 0.00               | 0.00                 |
| 4                              | 9.500                  | 0.36               | 0.24                 |
| 10                             | 4.750                  | 1.17               | 0.78                 |
| 20                             | 2.000                  | 2.11               | 1.41                 |
| 40                             | 0.840                  | 4.56               | 3.04                 |
| 60                             | 0.425                  | 5.24               | 3.49                 |
| 100                            | 0.250                  | 9.72               | 6.48                 |
| 200                            | 0.150                  | 9.66               | 6.44                 |
|                                | 0.075                  | 32.82              |                      |



1 Gs 2.56  
a (Table 6.2) : 10218  
Ws (Wt of soil) : 50.00  
Zero correction : -2  
Meniscus correction : 0.8  
Retained On # 200 : 78.12

D<sub>10</sub> = 0.0131  
D<sub>30</sub> = 0.0468  
D<sub>60</sub> = 0.0468

Cu =  
Cc =

| Time of Reading | Temp (C) | Actual Hydro Reading | Table 6-3 Temp (C) | Corr Hydro (RC) | % Finer | Hyd Corr Only for Meniscus R | L from Table 6-5 | L / $\epsilon$ | L from Table 6-4 | Diameter (mm) | Final Finer % |
|-----------------|----------|----------------------|--------------------|-----------------|---------|------------------------------|------------------|----------------|------------------|---------------|---------------|
| 1               | 28       | 34                   | 2.50               | 35.70           | 72.96   | 33.20                        | 10.85            | 10.85          | 0.01278          | 0.0421        | 56.9936       |
| 2               | 28       | 29                   | 2.50               | 30.70           | 62.74   | 28.20                        | 11.65            | 5.83           | 0.01278          | 0.0308        | 49.0113       |
| 3               | 28       | 27                   | 2.50               | 28.70           | 58.65   | 26.20                        | 11.98            | 3.99           | 0.01278          | 0.0255        | 45.8184       |
| 4               | 28       | 25                   | 2.50               | 26.70           | 54.56   | 24.20                        | 12.34            | 3.09           | 0.01278          | 0.0225        | 42.6255       |
| 8               | 28       | 21                   | 2.50               | 22.70           | 46.39   | 20.20                        | 12.98            | 1.62           | 0.01278          | 0.0163        | 36.2396       |
| 15              | 28       | 16                   | 2.50               | 17.70           | 36.17   | 15.20                        | 13.78            | 0.92           | 0.01278          | 0.0123        | 28.2573       |
| 30              | 28       | 12                   | 2.50               | 13.70           | 28.00   | 11.20                        | 14.46            | 0.48           | 0.01278          | 0.0089        | 21.8715       |
| 60              | 28       | 10                   | 2.50               | 11.70           | 23.91   | 9.20                         | 14.78            | 0.25           | 0.01278          | 0.0063        | 18.6786       |
| 120             | 28       | 9                    | 2.50               | 10.70           | 21.87   | 8.20                         | 14.96            | 0.12           | 0.01278          | 0.0045        | 17.0821       |
| 180             | 28       | 8                    | 2.50               | 9.70            | 19.82   | 7.20                         | 15.16            | 0.08           | 0.01278          | 0.0037        | 15.4857       |
| 240             | 28       | 7                    | 2.50               | 8.70            | 17.78   | 6.20                         | 15.29            | 0.06           | 0.01278          | 0.0032        | 13.8892       |
| 1440            | 28       | 5                    | 2.50               | 6.70            | 13.69   | 4.20                         | 15.74            | 0.01           | 0.01278          | 0.0013        | 10.6963       |

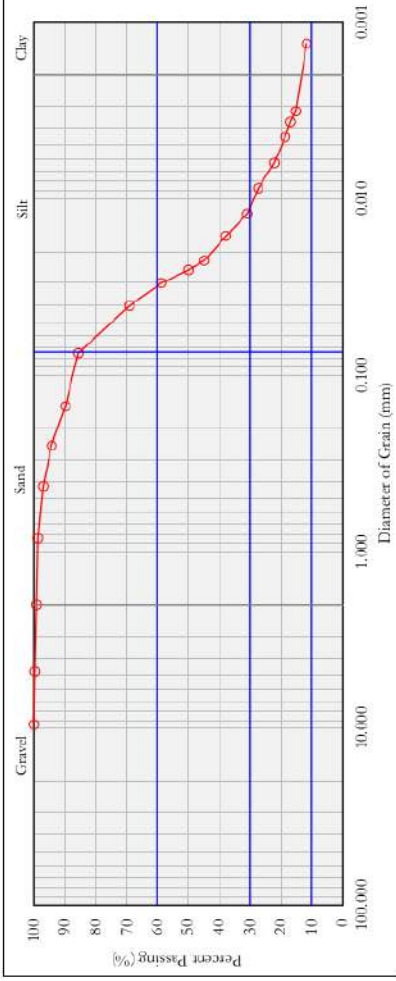


**GRAIN SIZE ANALYSIS**

Project : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Location : Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
Tested By : Mursani & Ilham  
Project No : IS.21052

Date of testing : September 14, 2021  
Boring : DB 3 - UD 2  
Depth of Sample : 04.00 - 04.50 m

| 1 Weight of soil = 150.00 gram |                        | 1                  |                      |
|--------------------------------|------------------------|--------------------|----------------------|
| Sieve No                       | Diameter of grain (mm) | Mass Retained (gr) | Percent Retained (%) |
| #                              | (mm)                   | (gr)               | (%)                  |
| 1                              | 49.900                 | 0.00               | 0.00                 |
| 3/4                            | 25.000                 | 0.00               | 0.00                 |
| 1/2                            | 19.000                 | 0.00               | 0.00                 |
| 3/8                            | 12.500                 | 0.00               | 0.00                 |
| 4                              | 9.500                  | 0.00               | 0.00                 |
| 10                             | 4.750                  | 0.36               | 0.24                 |
| 20                             | 2.000                  | 0.78               | 0.52                 |
| 40                             | 0.840                  | 0.62               | 0.41                 |
| 60                             | 0.425                  | 2.62               | 1.75                 |
| 100                            | 0.250                  | 4.10               | 2.73                 |
| 200                            | 0.150                  | 6.74               | 4.49                 |
|                                | 0.075                  | 6.29               | 4.19                 |
|                                |                        | 21.51              |                      |



1 Gs 2.58  
a (Table 6.2) : 10167  
Ws (Wt of soil) : 50.00  
Zero correction : -2  
Meniscus correction : 0.8  
Retained On # 200 : 85.66

D<sub>10</sub> = 0.0114  
D<sub>30</sub> = 0.0313  
D<sub>60</sub> =

Cu =  
Cc =

=  
=

| Time of Reading | Temp (C) | Actual Hydro Reading | Table 6-3 Temp (C) | Corr Hydro (RC) | % Finer | Hyd Corr Only for Meniscus R | L from Table 6-5 | L / $\epsilon$ | L from Table 6-4 | Diameter (mm) | Final Finer % |
|-----------------|----------|----------------------|--------------------|-----------------|---------|------------------------------|------------------|----------------|------------------|---------------|---------------|
| 1               | 28       | 38                   | 2.50               | 39.70           | 80.73   | 37.20                        | 10.18            | 10.18          | 0.01271          | 0.0405        | 69.1499       |
| 2               | 28       | 32                   | 2.50               | 33.70           | 68.53   | 31.20                        | 11.18            | 5.59           | 0.01271          | 0.0300        | 58.0590       |
| 3               | 28       | 27                   | 2.50               | 28.70           | 58.36   | 26.20                        | 11.98            | 3.99           | 0.01271          | 0.0254        | 49.9900       |
| 4               | 28       | 24                   | 2.50               | 25.70           | 52.26   | 23.20                        | 12.48            | 3.12           | 0.01271          | 0.0224        | 44.7645       |
| 8               | 28       | 20                   | 2.50               | 21.70           | 44.12   | 19.20                        | 13.16            | 1.65           | 0.01271          | 0.0163        | 37.7973       |
| 15              | 28       | 16                   | 2.50               | 17.70           | 35.99   | 15.20                        | 13.78            | 0.92           | 0.01271          | 0.0122        | 30.8300       |
| 30              | 28       | 14                   | 2.50               | 15.70           | 31.92   | 13.20                        | 14.16            | 0.47           | 0.01271          | 0.0087        | 27.3464       |
| 60              | 28       | 11                   | 2.50               | 12.70           | 25.82   | 10.20                        | 14.66            | 0.24           | 0.01271          | 0.0063        | 22.1210       |
| 120             | 28       | 9                    | 2.50               | 10.70           | 21.76   | 8.20                         | 14.96            | 0.12           | 0.01271          | 0.0045        | 18.6374       |
| 180             | 28       | 8                    | 2.50               | 9.70            | 19.72   | 7.20                         | 15.16            | 0.08           | 0.01271          | 0.0037        | 16.8956       |
| 240             | 28       | 7                    | 2.50               | 8.70            | 17.69   | 6.20                         | 15.29            | 0.06           | 0.01271          | 0.0032        | 15.1538       |
| 1440            | 28       | 5                    | 2.50               | 6.70            | 13.62   | 4.20                         | 15.74            | 0.01           | 0.01271          | 0.0013        | 11.6701       |

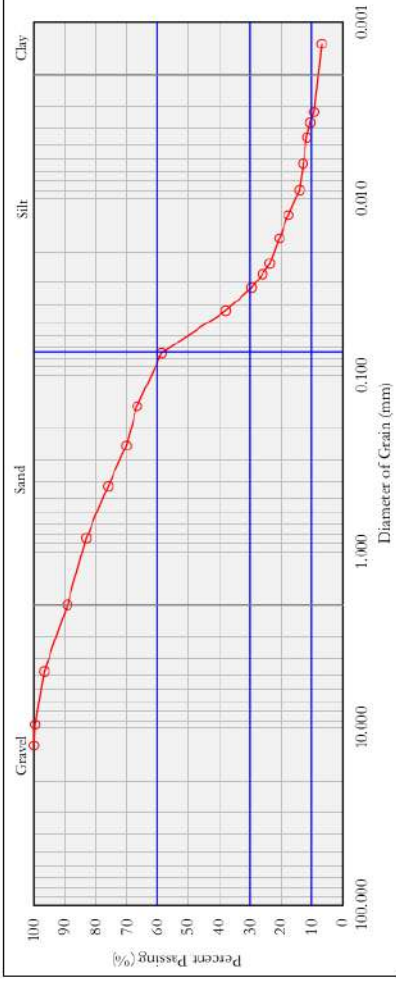


**GRAIN SIZE ANALYSIS**

Project : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Location : Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
Tested By : Mursani & Ilham  
Project No : IS.21052

Date of testing : September 14, 2021  
Boring : DB 4 - UD 1  
Depth of Sample : 02.50 - 03.00 m

| 1 Weight of soil = 150.00 gram |                        | 1                  |                      |
|--------------------------------|------------------------|--------------------|----------------------|
| Sieve No                       | Diameter of grain (mm) | Mass Retained (gr) | Percent Retained (%) |
| #                              | (mm)                   | (gr)               | (%)                  |
| 1                              | 49.900                 | 0.00               | 0.00                 |
| 3/4                            | 25.000                 | 0.00               | 0.00                 |
| 1/2                            | 19.000                 | 0.00               | 0.00                 |
| 3/8                            | 12.500                 | 0.53               | 0.35                 |
| 4                              | 9.500                  | 4.39               | 2.93                 |
| 10                             | 4.750                  | 11.32              | 7.55                 |
| 20                             | 2.000                  | 9.03               | 6.02                 |
| 40                             | 0.840                  | 10.62              | 7.08                 |
| 60                             | 0.425                  | 8.96               | 5.97                 |
| 100                            | 0.150                  | 5.19               | 3.46                 |
| 200                            | 0.075                  | 12.06              | 8.04                 |
|                                |                        | 62.10              |                      |



1 Gs 2.57  
a (Table 6-2) : 10192  
Ws (Wt of soil) : 50.00  
Zero correction : -2  
Meniscus correction : 0.8  
Retained On # 200 : 58.60

D<sub>10</sub> = 0.0036  
D<sub>30</sub> = 0.0327  
D<sub>60</sub> = 0.0881

Cu =  
Cc =

= 24.769  
= 3.419

| Time of Reading | Temp (C) | Actual Hydro Reading | Table 6-3 Temp (C) | Corr Hydro (RC) | % Finer | Hyd Corr Only for Meniscus R | L from Table 6-5 | L / $\epsilon$ | L from Table 6-4 | Diameter (mm) | Final Finer % |
|-----------------|----------|----------------------|--------------------|-----------------|---------|------------------------------|------------------|----------------|------------------|---------------|---------------|
| 1               | 28       | 30                   | 2.50               | 31.70           | 64.62   | 29.20                        | 11.48            | 11.48          | 0.01274          | 0.0432        | 37.8637       |
| 2               | 28       | 23                   | 2.50               | 24.70           | 50.35   | 22.20                        | 12.66            | 6.33           | 0.01274          | 0.0321        | 29.5042       |
| 3               | 28       | 20                   | 2.50               | 21.70           | 44.23   | 19.20                        | 13.16            | 4.39           | 0.01274          | 0.0267        | 25.9207       |
| 4               | 28       | 18                   | 2.50               | 19.70           | 40.16   | 17.20                        | 13.46            | 3.37           | 0.01274          | 0.0234        | 23.5317       |
| 8               | 28       | 15.5                 | 2.50               | 17.20           | 35.06   | 14.70                        | 13.86            | 1.73           | 0.01274          | 0.0168        | 20.5454       |
| 15              | 28       | 13                   | 2.50               | 14.70           | 29.96   | 12.20                        | 14.28            | 0.95           | 0.01274          | 0.0124        | 17.5592       |
| 30              | 28       | 10                   | 2.50               | 11.70           | 23.85   | 9.20                         | 14.78            | 0.49           | 0.01274          | 0.0089        | 13.9757       |
| 60              | 28       | 9                    | 2.50               | 10.70           | 21.81   | 8.20                         | 14.96            | 0.25           | 0.01274          | 0.0064        | 12.7812       |
| 120             | 28       | 8                    | 2.50               | 9.70            | 19.77   | 7.20                         | 15.16            | 0.13           | 0.01274          | 0.0045        | 11.5867       |
| 180             | 28       | 7                    | 2.50               | 8.70            | 17.73   | 6.20                         | 15.29            | 0.08           | 0.01274          | 0.0037        | 10.3922       |
| 240             | 28       | 6                    | 2.50               | 7.70            | 15.70   | 5.20                         | 15.46            | 0.06           | 0.01274          | 0.0032        | 9.1977        |
| 1440            | 28       | 4                    | 2.50               | 5.70            | 11.62   | 3.20                         | 15.77            | 0.01           | 0.01274          | 0.0013        | 6.8087        |



---

**LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH**

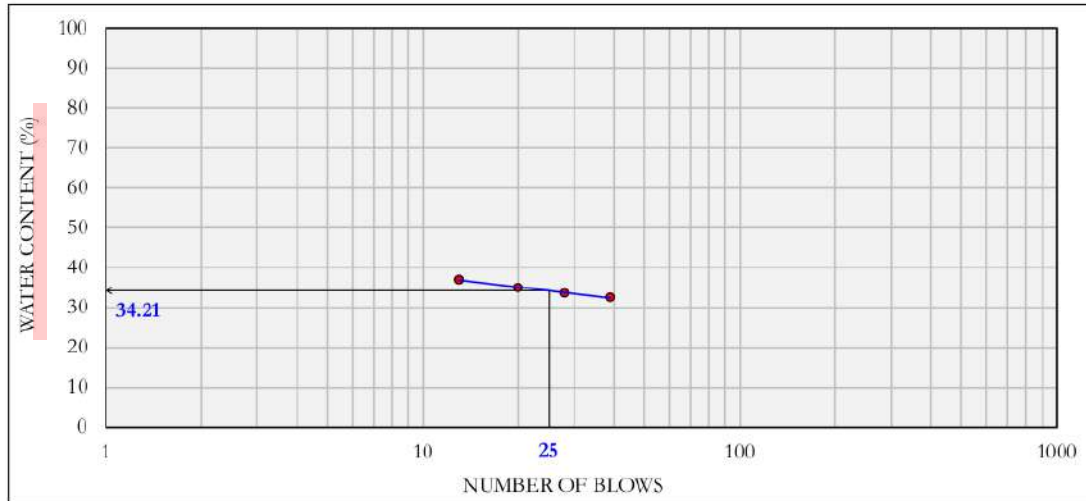
RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
PT. Bethesda Hospital International

---

**ATTERBERG LIMITS**  
**SNI 3422:2008 / ASTM D-4318-17**

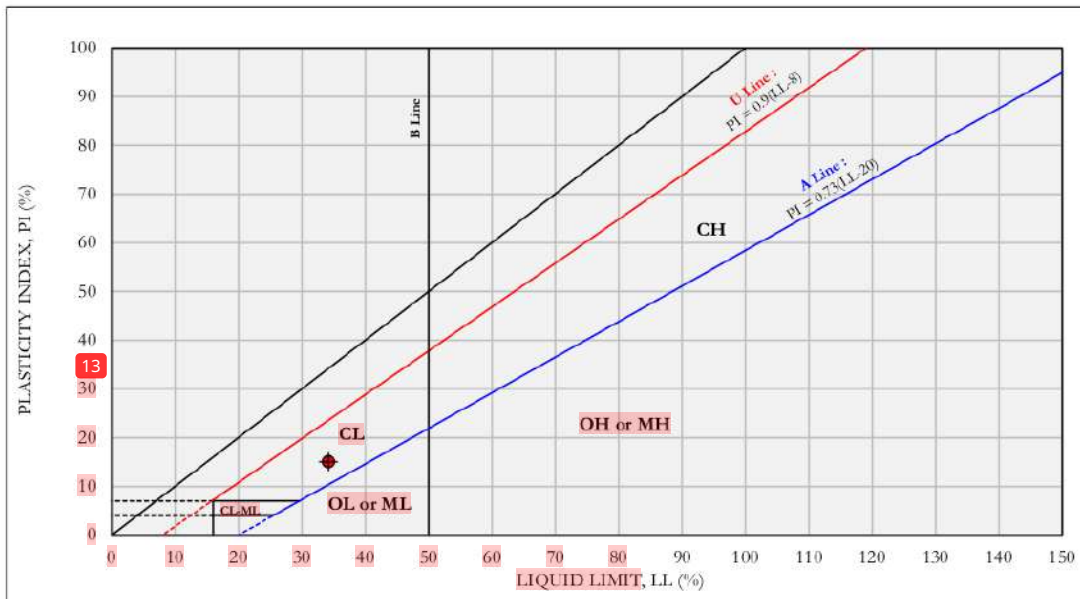
**Project Name** : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
**Location** : Jl. Lingkar Selatan KM.2 No. 8, Cilegon - Banten  
**Date** : September 15, 2021.

**Project No.** : IS.21052  
**Hole No.** : DB1 - UD1  
**Depth of Sample** : 01.00 - 01.50 m



|                                 |                      |   |        |   |
|---------------------------------|----------------------|---|--------|---|
| <b>NATURAL MOISTURE CONTENT</b> | <b>W<sub>n</sub></b> | = | 26.077 | % |
| <b>FLOW INDEX</b>               | <b>FI</b>            | = | 9.407  | % |
| <b>LIQUID LIMIT</b>             | <b>LL</b>            | = | 34.210 | % |
| <b>PLASTIC LIMIT</b>            | <b>PL</b>            | = | 19.185 | % |
| <b>PLASTICITY INDEX</b>         | <b>PI</b>            | = | 15.025 | % |
| <b>LIQUIDITY INDEX</b>          | <b>LI</b>            | = | 0.459  |   |

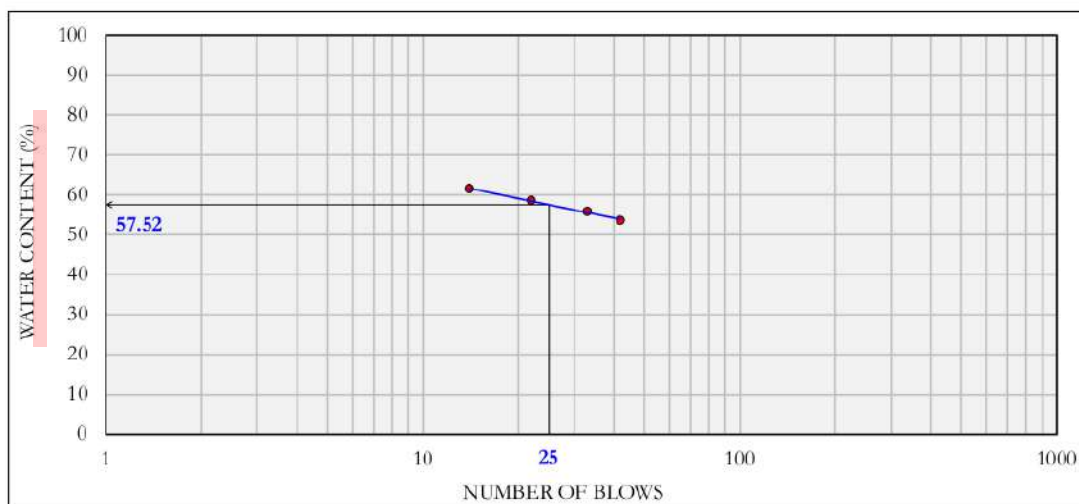
**CLASSIFICATION = CL**



**Tested By** : Muryadi

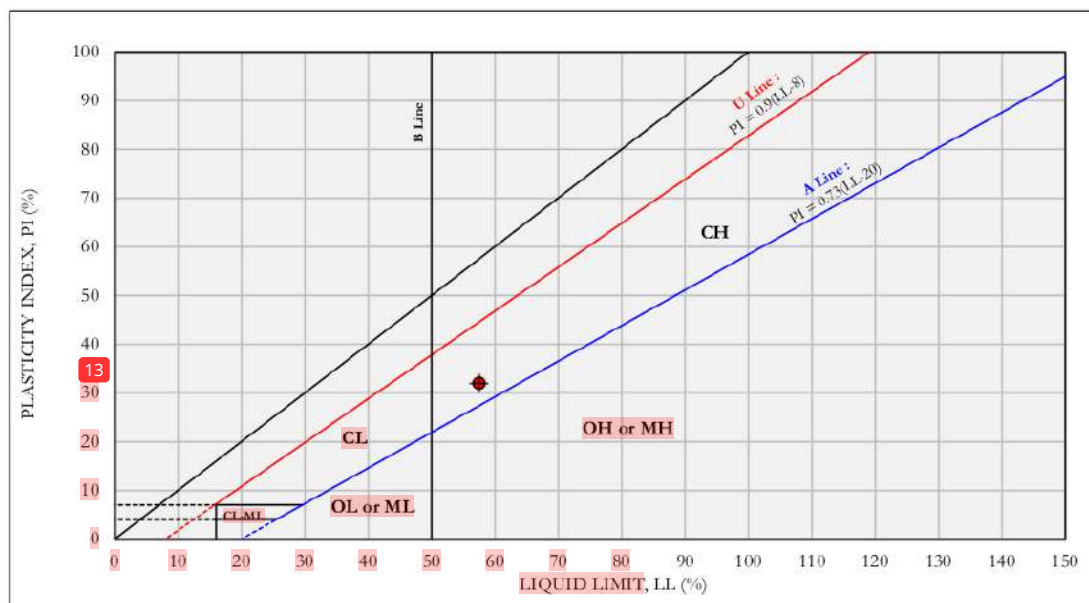
**Project Name** : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
**Location** : Jl. Lingkar Selatan KM.2 No. 8, Cilegon - Banten  
**Date** : September 16, 2021.

**Project No.** : IS.21052  
**Hole No.** : DB1 - UD2  
**Depth of Sample** : 02.00 - 02.50 m



|                                   |                        |        |   |
|-----------------------------------|------------------------|--------|---|
| <b>1</b> NATURAL MOISTURE CONTENT | <b>W<sub>n</sub></b> = | 33.191 | % |
| FLOW INDEX                        | <b>FI</b> =            | 16.195 | % |
| LIQUID LIMIT                      | <b>LL</b> =            | 57.521 | % |
| PLASTIC LIMIT                     | <b>PL</b> =            | 25.574 | % |
| PLASTICITY INDEX                  | <b>PI</b> =            | 31.946 | % |
| LIQUIDITY INDEX                   | <b>LI</b> =            | 0.238  |   |

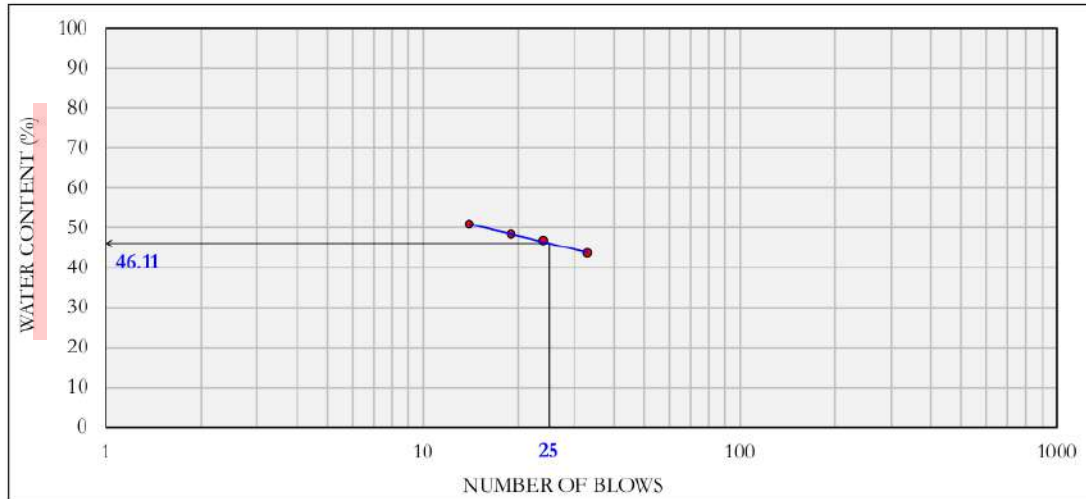
**CLASSIFICATION = CH**



**Tested By** : Muryadi

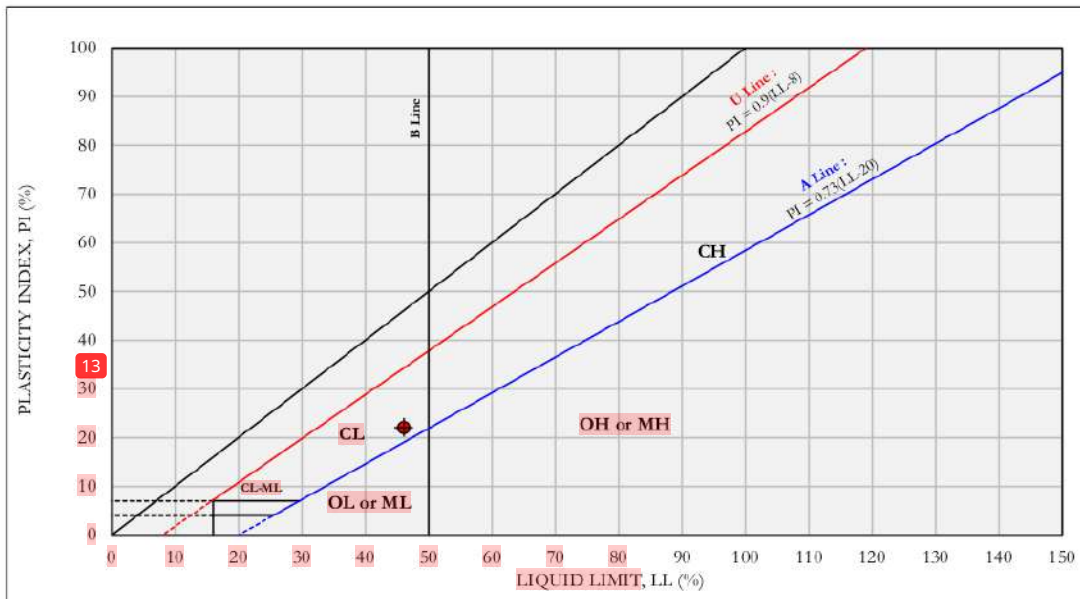
**Project Name** : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
**Location** : Jl. Lingkar Selatan KM.2 No. 8, Cilegon - Banten  
**Date** : September 9, 2021.

**Project No.** : IS.21052  
**Hole No.** : DB1 - UD3  
**Depth of Sample** : 03.00 - 03.50 m



|                                 |                      |   |        |   |
|---------------------------------|----------------------|---|--------|---|
| <b>NATURAL MOISTURE CONTENT</b> | <b>W<sub>n</sub></b> | = | 31.471 | % |
| <b>FLOW INDEX</b>               | <b>FI</b>            | = | 19.046 | % |
| <b>LIQUID LIMIT</b>             | <b>LL</b>            | = | 46.112 | % |
| <b>PLASTIC LIMIT</b>            | <b>PL</b>            | = | 24.070 | % |
| <b>PLASTICITY INDEX</b>         | <b>PI</b>            | = | 22.042 | % |
| <b>LIQUIDITY INDEX</b>          | <b>LI</b>            | = | 0.336  |   |

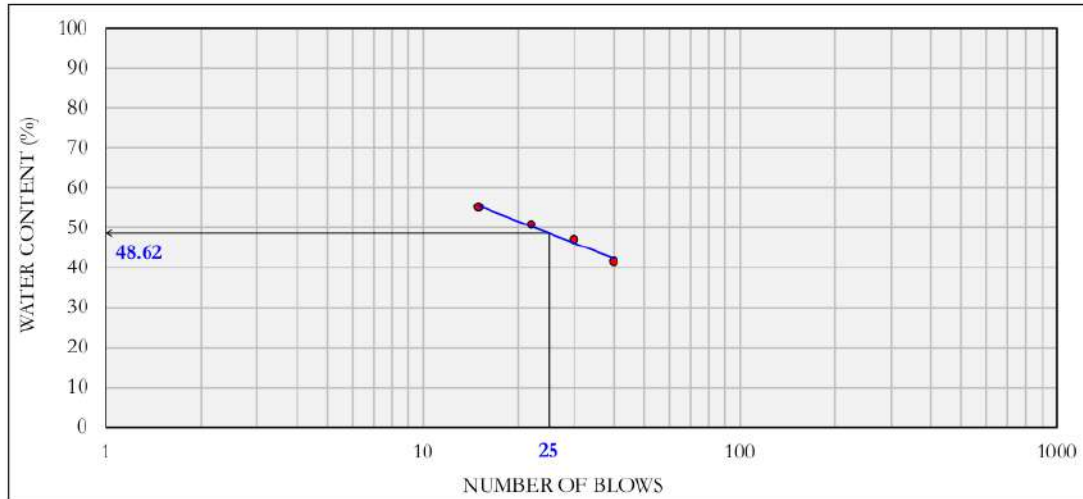
**CLASSIFICATION = CL**



**Tested By** : Muryadi

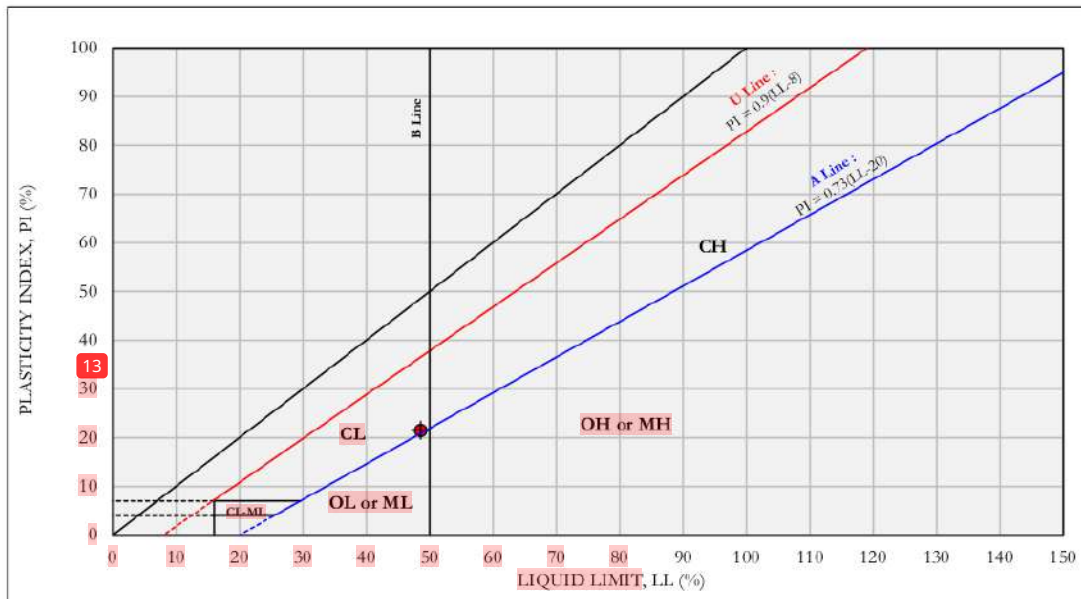
**Project Name** : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
**Location** : Jl. Lingkar Selatan KM.2 No. 8, Cilegon - Banten  
**Date** : September 9, 2021.

**Project No.** : 18.21052  
**Hole No.** : DB2 - UD1  
**Depth of Sample** : 01.50 - 02.00 m



|                                   |                        |        |   |
|-----------------------------------|------------------------|--------|---|
| <b>1</b> NATURAL MOISTURE CONTENT | <b>W<sub>n</sub></b> = | 31.612 | % |
| FLOW INDEX                        | <b>FI</b> =            | 30.667 | % |
| LIQUID LIMIT                      | <b>LL</b> =            | 48.618 | % |
| PLASTIC LIMIT                     | <b>PL</b> =            | 27.156 | % |
| PLASTICITY INDEX                  | <b>PI</b> =            | 21.462 | % |
| LIQUIDITY INDEX                   | <b>LI</b> =            | 0.208  |   |

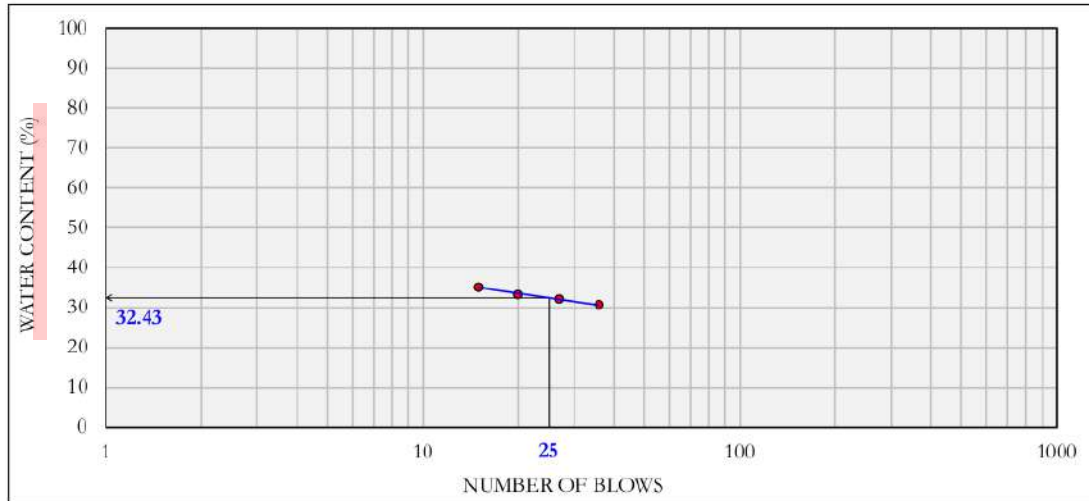
**CLASSIFICATION = CL**



**Tested By** : Firman

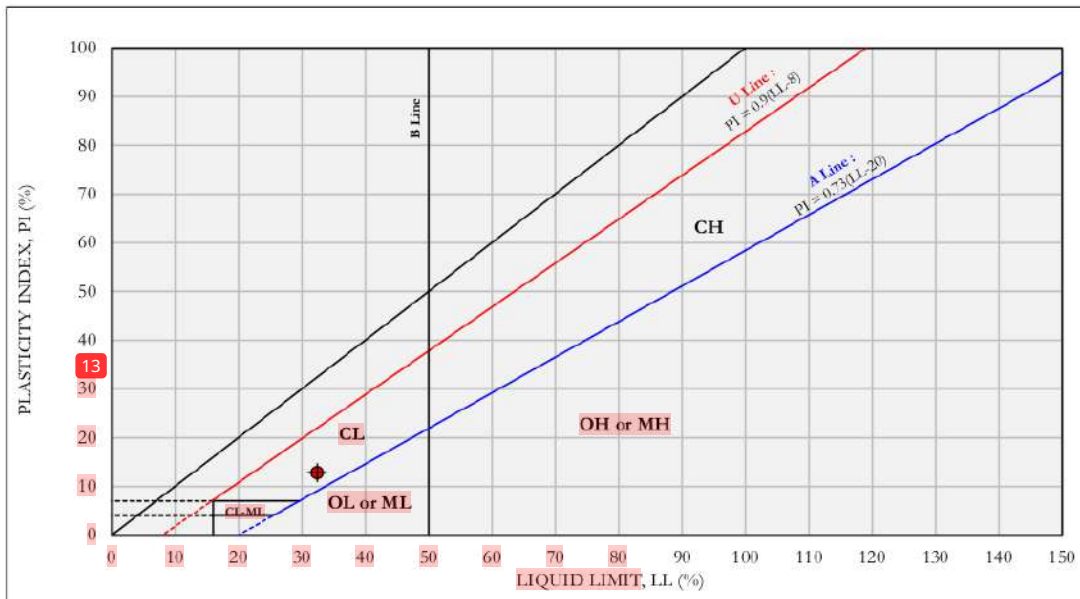
**Project Name** : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
**Location** : Jl. Lingkar Selatan KM.2 No. 8, Cilegon - Banten  
**Date** : September 16, 2021.

**Project No.** : IS.21052  
**Hole No.** : DB3 - UD1  
**Depth of Sample** : 02.00 - 02.50 m



|                                 |                      |   |        |   |
|---------------------------------|----------------------|---|--------|---|
| <b>NATURAL MOISTURE CONTENT</b> | <b>W<sub>n</sub></b> | = | 24.089 | % |
| <b>FLOW INDEX</b>               | <b>FI</b>            | = | 11.419 | % |
| <b>LIQUID LIMIT</b>             | <b>LL</b>            | = | 32.432 | % |
| <b>PLASTIC LIMIT</b>            | <b>PL</b>            | = | 19.650 | % |
| <b>PLASTICITY INDEX</b>         | <b>PI</b>            | = | 12.781 | % |
| <b>LIQUIDITY INDEX</b>          | <b>LI</b>            | = | 0.347  |   |

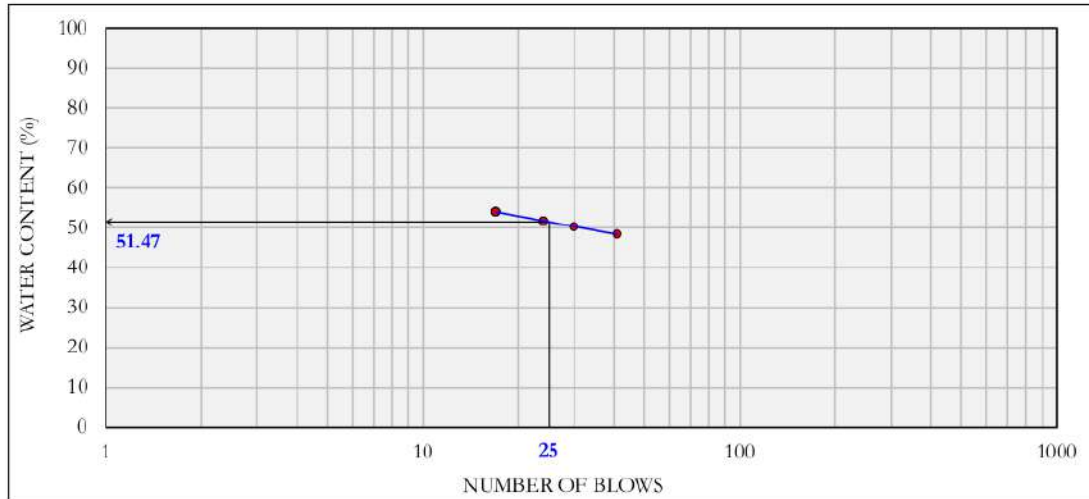
**CLASSIFICATION = CL**



**Tested By** : Firman

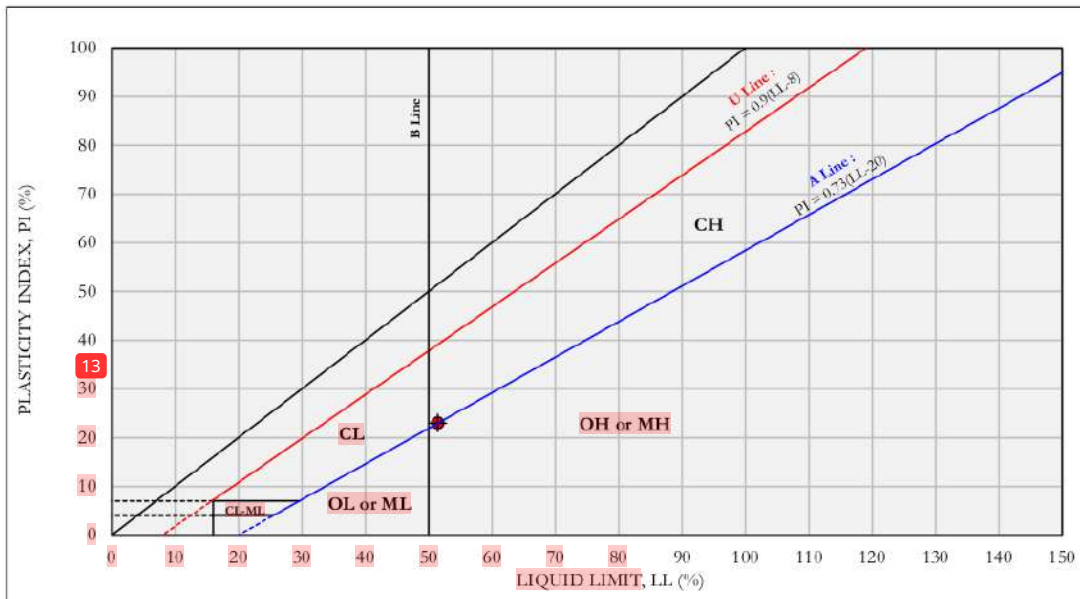
**Project Name** : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
**Location** : Jl. Lingkar Selatan KM.2 No. 8, Cilegon - Banten  
**Date** : September 16, 2021.

**Project No.** : IS.21052  
**Hole No.** : DB3 - UD2  
**Depth of Sample** : 04.00 - 04.50 m



|                                   |                        |        |   |
|-----------------------------------|------------------------|--------|---|
| <b>1</b> NATURAL MOISTURE CONTENT | <b>W<sub>n</sub></b> = | 30.831 | % |
| FLOW INDEX                        | <b>FI</b> =            | 14.463 | % |
| LIQUID LIMIT                      | <b>LL</b> =            | 51.466 | % |
| PLASTIC LIMIT                     | <b>PL</b> =            | 28.472 | % |
| PLASTICITY INDEX                  | <b>PI</b> =            | 22.995 | % |
| LIQUIDITY INDEX                   | <b>LI</b> =            | 0.103  |   |

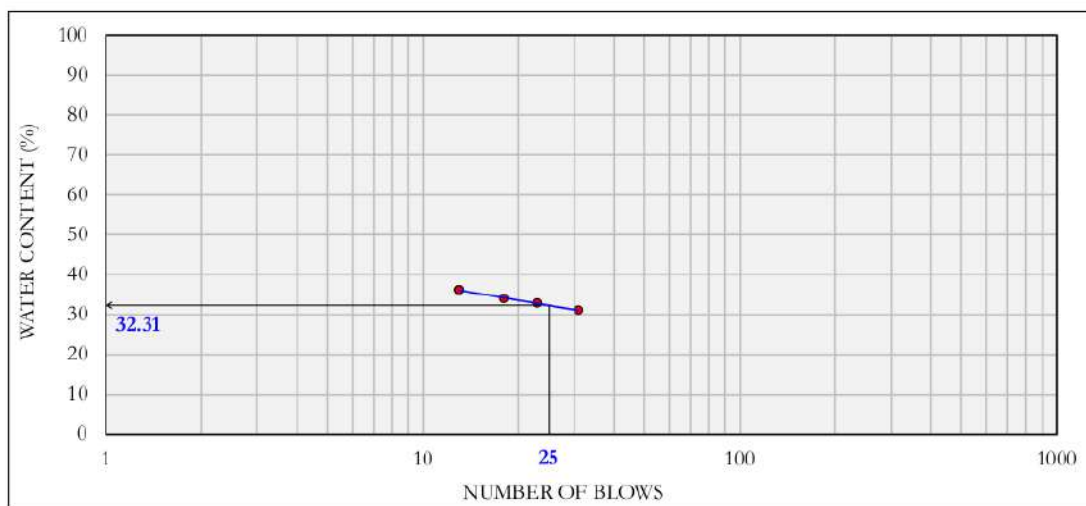
**CLASSIFICATION = CH**



**Tested By** : Firman

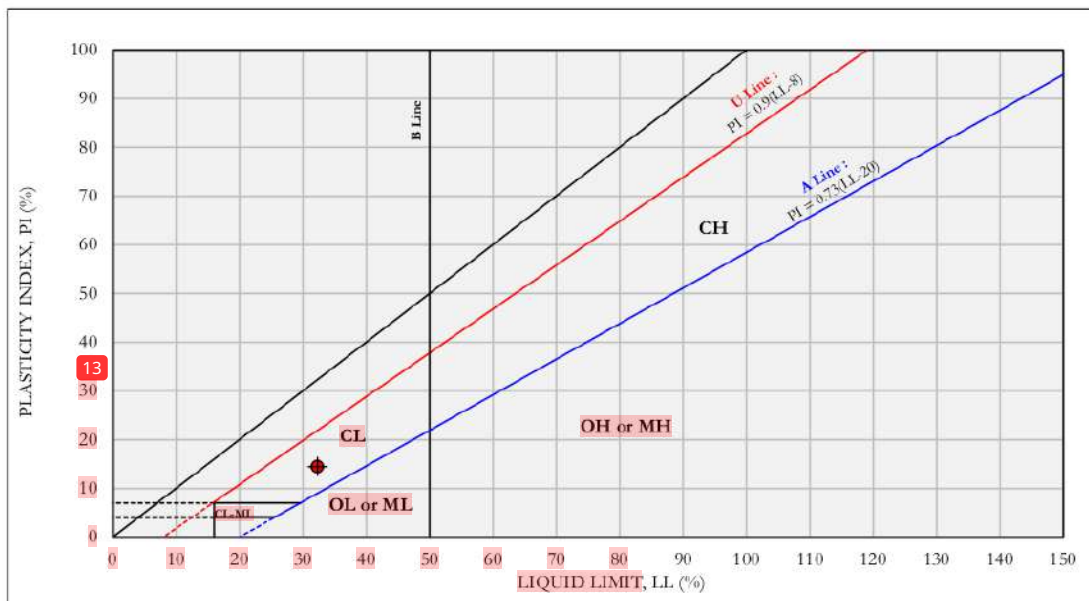
**Project Name** : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
**Location** : Jl. Lingkar Selatan KM.2 No. 8, Cilegon - Banten  
**Date** : September 15, 2021.

**Project No.** : IS.21052  
**Hole No.** : DB4 - UDI  
**Depth of Sample** : 02.50 - 03.00 m



|                                 |                      |   |        |   |
|---------------------------------|----------------------|---|--------|---|
| <b>NATURAL MOISTURE CONTENT</b> | <b>W<sub>n</sub></b> | = | 23.391 | % |
| <b>FLOW INDEX</b>               | <b>FI</b>            | = | 13.338 | % |
| <b>LIQUID LIMIT</b>             | <b>LL</b>            | = | 32.311 | % |
| <b>PLASTIC LIMIT</b>            | <b>PL</b>            | = | 17.876 | % |
| <b>PLASTICITY INDEX</b>         | <b>PI</b>            | = | 14.436 | % |
| <b>LIQUIDITY INDEX</b>          | <b>LI</b>            | = | 0.382  |   |

**CLASSIFICATION = CL**



**Tested By** : Muryadi



---

**LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH**

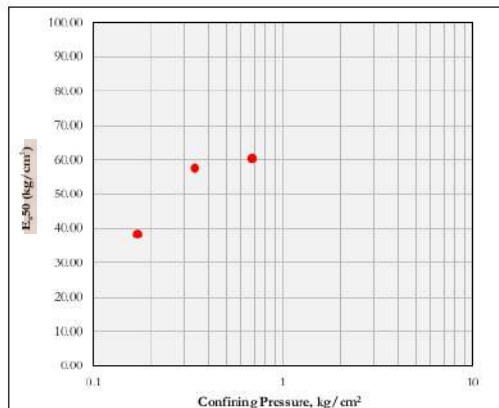
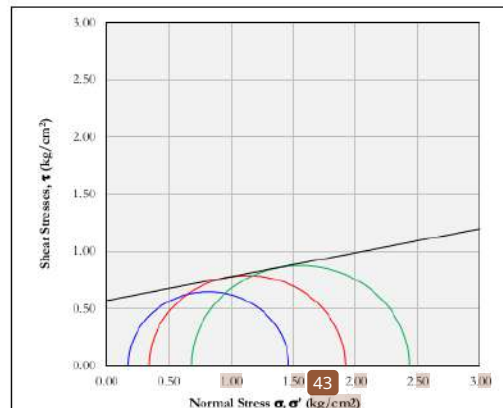
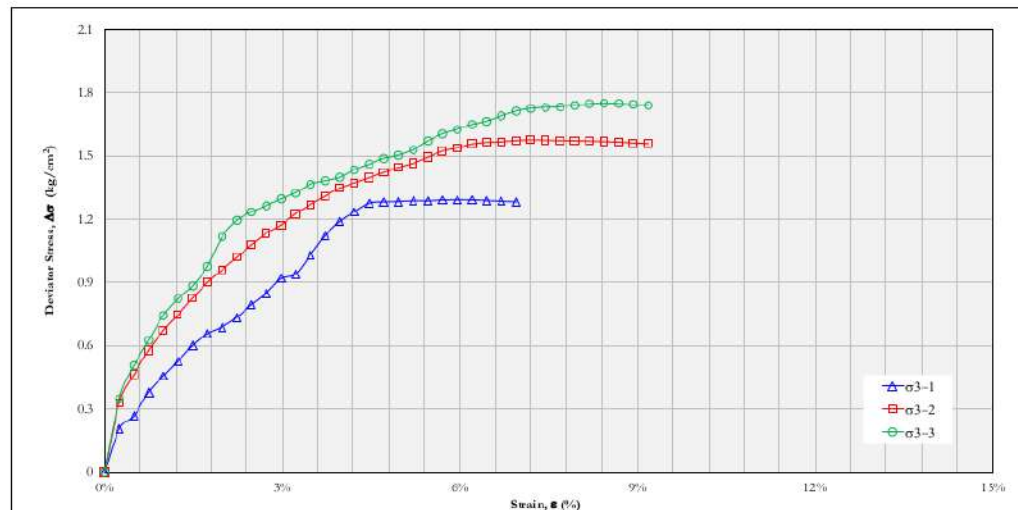
RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
PT. Bethsaida Hospital International

---

**1**  
**UNCONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL TEST**  
**SNI 4813:2015 / ASTM D-2850-15**

Project No. : 1S.21052  
Project Name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Location : Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten

Hole No. : DB 1 - UD 1  
Depth : 1.00 - 1.50 m  
Test by : Bibit santoso  
Date of Testing : September 15, 2021

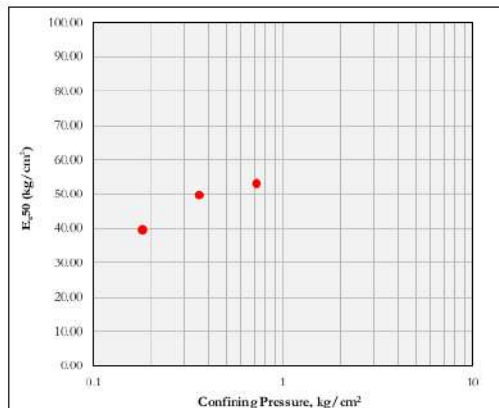
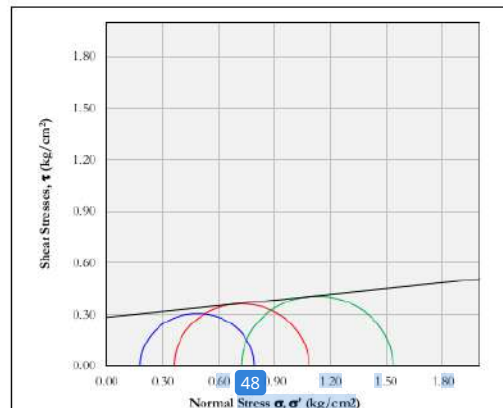
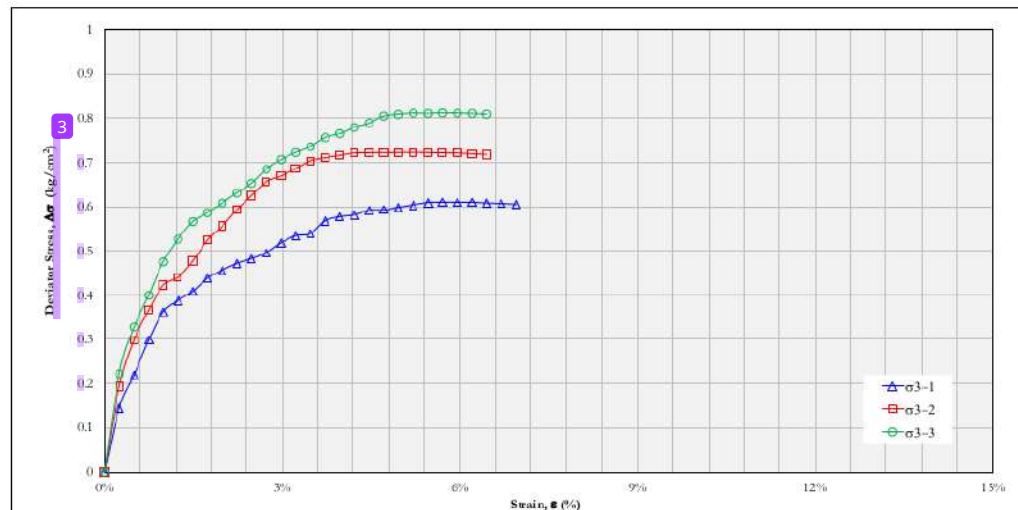


### Triaxial UU Test Result

| Specimen No.                            | 1                                     | 2      | 3      |
|-----------------------------------------|---------------------------------------|--------|--------|
| Natural Moisture content, %             | 25.85%                                | 24.94% | 23.95% |
| Specific Gravity                        | 2.62                                  | 2.62   | 2.62   |
| Density                                 | 1.90                                  | 1.91   | 1.93   |
| Void Ratio                              | 0.74                                  | 0.71   | 0.68   |
| uration, %                              | 92%                                   | 92%    | 92%    |
| Strain rate, mm/minute                  | 0.60                                  | 0.60   | 0.60   |
| Confining Pressure, kg/cm <sup>2</sup>  | 0.17                                  | 0.34   | 0.68   |
| Deviator Stress, kg/cm <sup>2</sup>     | 1.29                                  | 1.58   | 1.75   |
| Strain at failure, %                    | 5.96%                                 | 7.20%  | 8.44%  |
| 50% Deviator Stress, kg/cm <sup>2</sup> | 0.65                                  | 0.79   | 0.88   |
| Strain at 50% Max Deviator Stress, %    | 1.69%                                 | 1.37%  | 1.45%  |
| Shear Strength                          | c [kg/cm <sup>2</sup> ]               |        | 0.570  |
| Parameters                              | φ (°)                                 |        | 11.771 |
| Modulus of Elasticity                   | E (kg/cm <sup>2</sup> )               | 82.86  | 132.57 |
|                                         | E <sub>50</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) | 38.33  | 57.58  |
|                                         |                                       |        | 60.23  |

Project No. : IS.21052  
Project Name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Location : Jl. Lingkar Selatan K.M. 2 No. 8, Cilegon - Banten

Hole No. : DB 1 - UD 2  
Depth : 2.00 - 2.50 m  
Test by : Bibit santoso  
Date of Testing : September 15, 2021

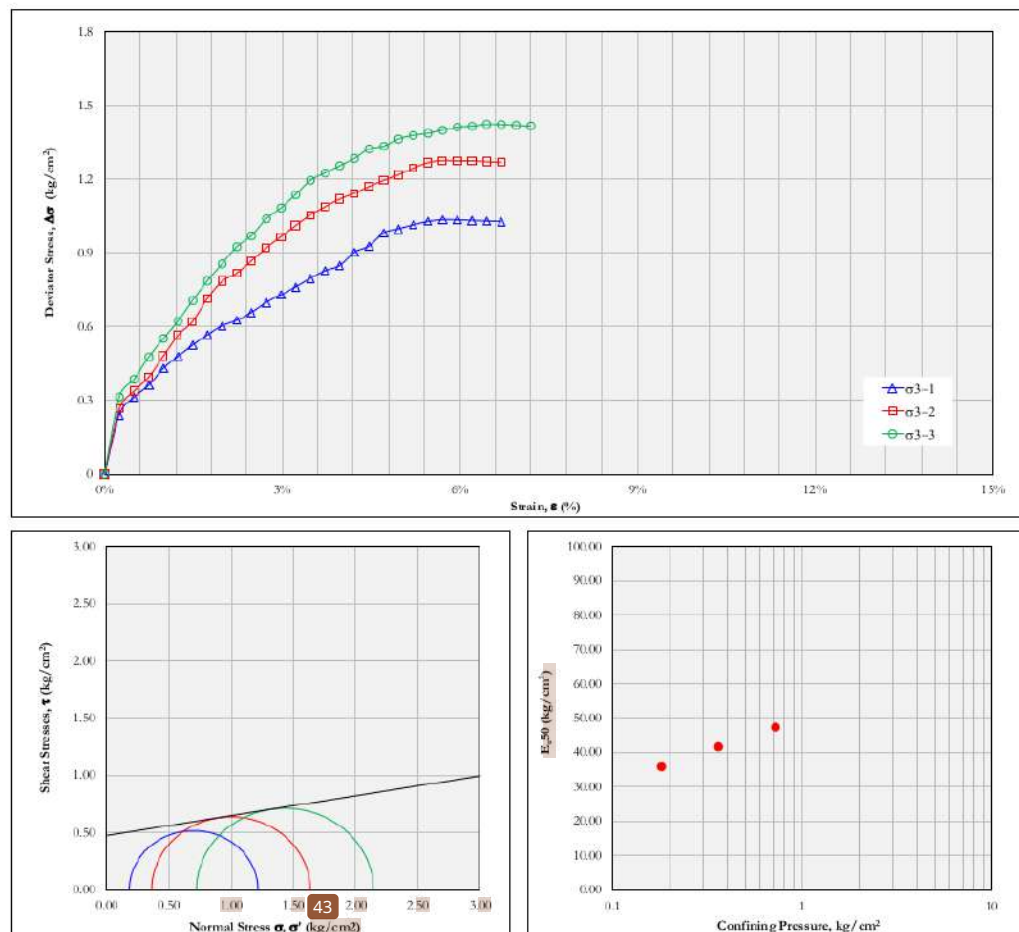


### Triaxial UU Test Result

| Specimen No.                            | 1                                     | 2      | 3      |
|-----------------------------------------|---------------------------------------|--------|--------|
| Natural Moisture content, %             | 31.32%                                | 35.71% | 32.82% |
| Specific Gravity                        | 2.56                                  | 2.56   | 2.56   |
| Density                                 | 1.84                                  | 1.79   | 1.79   |
| Void Ratio                              | 0.82                                  | 0.94   | 0.90   |
| Duration, %                             | 97%                                   | 98%    | 93%    |
| Strain rate, mm/minute                  | 0.60                                  | 0.60   | 0.60   |
| Confining Pressure, kg/cm <sup>2</sup>  | 0.18                                  | 0.36   | 0.72   |
| Deviator Stress, kg/cm <sup>2</sup>     | 0.61                                  | 0.72   | 0.81   |
| Strain at failure, %                    | 5.71%                                 | 5.21%  | 5.71%  |
| 50% Deviator Stress, kg/cm <sup>2</sup> | 0.31                                  | 0.36   | 0.41   |
| Strain at 50% Max Deviator Stress, %    | 0.77%                                 | 0.73%  | 0.77%  |
| Shear Strength                          | c [kg/cm <sup>2</sup> ]               |        | 0.283  |
| Parameters                              | φ (°)                                 |        | 6.348  |
| Modulus of Elasticity                   | E (kg/cm <sup>2</sup> )               |        | 58.49  |
|                                         | E <sub>50</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) |        | 39.62  |
|                                         |                                       |        | 77.98  |
|                                         |                                       |        | 66.12  |
|                                         |                                       |        | 53.03  |

Project No. : IS.21052  
Project Name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Location : Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten

Hole No. : DB 3 - UD 1  
Depth : 2.00 - 2.50 m  
Test by : Bibit santoso  
Date of Testing : September 14, 2021

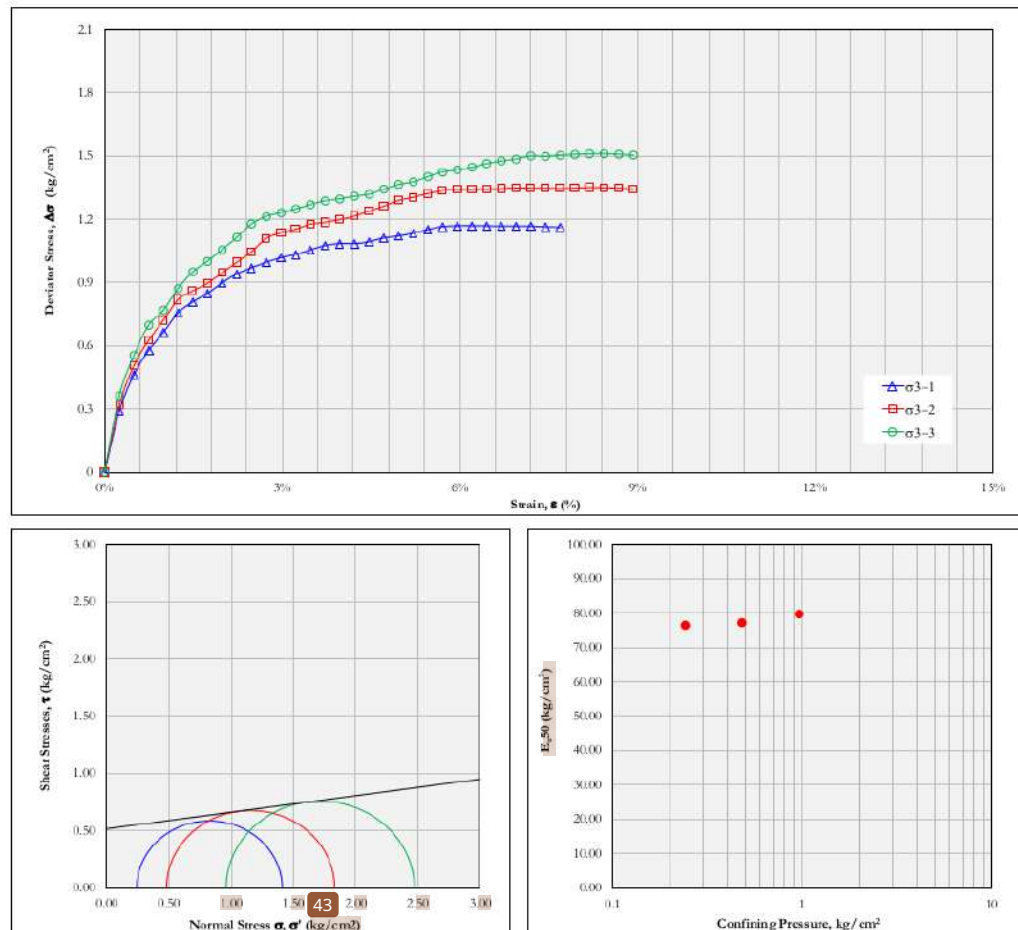


**Triaxial UU Test Result**

| Specimen No.                            | 1      | 2      | 3      |
|-----------------------------------------|--------|--------|--------|
| Natural Moisture content, %             | 25.86% | 25.89% | 24.93% |
| Specific Gravity                        | 2.56   | 2.56   | 2.56   |
| Density                                 | 1.92   | 1.93   | 1.95   |
| Void Ratio                              | 0.68   | 0.67   | 0.64   |
| Duration, %                             | 97%    | 99%    | 99%    |
| Strain rate, mm/minute                  | 0.60   | 0.60   | 0.60   |
| Confining Pressure, kg/cm <sup>2</sup>  | 0.18   | 0.36   | 0.72   |
| Deviator Stress, kg/cm <sup>2</sup>     | 1.03   | 1.28   | 1.42   |
| Strain at failure, %                    | 5.71%  | 5.71%  | 6.45%  |
| 50% Deviator Stress, kg/cm <sup>2</sup> | 0.52   | 0.64   | 0.71   |
| Strain at 50% Max Deviator Stress, %    | 1.44%  | 1.53%  | 1.50%  |
| Shear Strength                          | 0.474  |        |        |
| Parameters                              | 9.831  |        |        |
| Modulus of Elasticity                   | 97.48  | 107.23 | 77.79  |
|                                         | 35.81  | 41.61  | 47.35  |

Project No. : IS.21052  
Project Name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Location : Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten

Hole No. : DB 3 - UD 2  
Depth : 4,00 - 4,50 m  
Test by : Bibit santoso  
Date of Testing : September 15, 2021

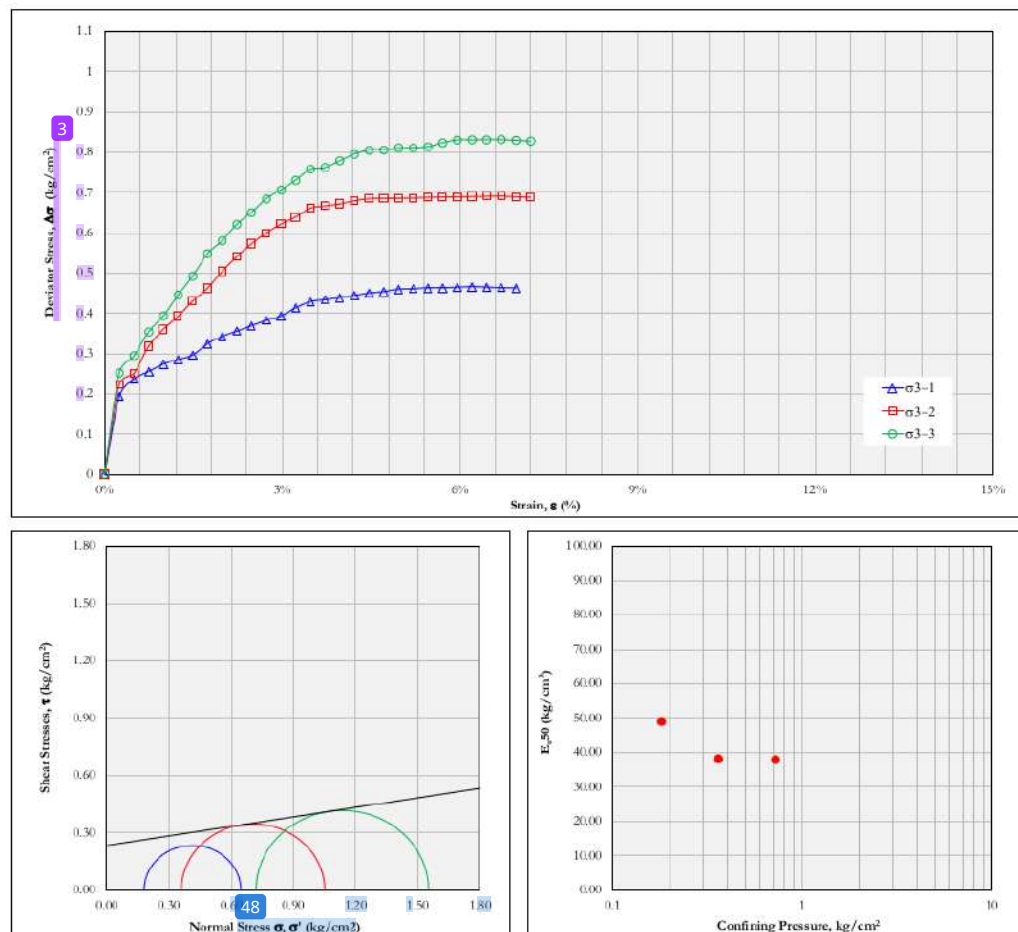


# Triaxial UU Test Result

| Specimen No.                          | 1      | 2      | 3      |
|---------------------------------------|--------|--------|--------|
| Natural Moisture content, %           | 32.75% | 30.17% | 29.82% |
| Specific Gravity                      | 2.58   | 2.58   | 2.58   |
| Density                               | 1.76   | 1.77   | 1.77   |
| Void Ratio                            | 0.95   | 0.90   | 0.89   |
| uration, %                            | 89%    | 87%    | 87%    |
| Strain rate, mm/minute                | 0.60   | 0.60   | 0.60   |
| Confining Pressure, $\text{kg/cm}^2$  | 0.24   | 0.48   | 0.96   |
| Deviator Stress, $\text{kg/cm}^2$     | 1.17   | 1.35   | 1.51   |
| Strain at failure, %                  | 5.96%  | 8.19%  | 8.44%  |
| 50% Deviator Stress, $\text{kg/cm}^2$ | 0.58   | 0.68   | 0.76   |
| Strain at 50% Max Deviator Stress, %  | 0.77%  | 0.88%  | 0.95%  |
| Shear Strength                        | 0.516  |        |        |
| Parameters                            | 8.220  |        |        |
| Modulus of Elasticity                 | 116.97 |        |        |
|                                       | 76.43  | 77.18  | 79.69  |

Project No. : 1S.21052  
Project Name : RUMAH SAKTI BETHSAIDA CILEGON  
Location : Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten

Hole No. : DB 4 - UD 1  
Depth : 2.50 - 3.00 m  
Test by : Bibit santoso  
Date of Testing : September 15, 2021



Triaxial UU Test Result

| Specimen No.                            | 1                                     | 2      | 3      |
|-----------------------------------------|---------------------------------------|--------|--------|
| Natural Moisture content, %             | 28.24%                                | 30.20% | 29.74% |
| Specific Gravity                        | 2.57                                  | 2.57   | 2.57   |
| Density                                 | 1.88                                  | 1.88   | 1.87   |
| Void Ratio                              | 0.75                                  | 0.78   | 0.79   |
| Duration, %                             | 96%                                   | 100%   | 97%    |
| Strain rate, mm/minute                  | 0.60                                  | 0.60   | 0.60   |
| Confining Pressure, kg/cm <sup>2</sup>  | 0.18                                  | 0.36   | 0.72   |
| Deviator Stress, kg/cm <sup>2</sup>     | 0.47                                  | 0.69   | 0.83   |
| Strain at failure, %                    | 6.20%                                 | 6.70%  | 6.70%  |
| 50% Deviator Stress, kg/cm <sup>2</sup> | 0.23                                  | 0.35   | 0.42   |
| Strain at 50% Max Deviator Stress, %    | 0.48%                                 | 0.91%  | 1.10%  |
| Shear Strength                          | 0.233                                 |        |        |
| Parameters                              | 9.420                                 |        |        |
| Modulus of Elasticity                   | 77.98                                 | 80.68  | 59.31  |
|                                         | E <sub>50</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) | 48.96  | 38.11  |
|                                         |                                       |        | 37.85  |



---

**LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH**

RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
PT. Bethsaida Hospital International

---

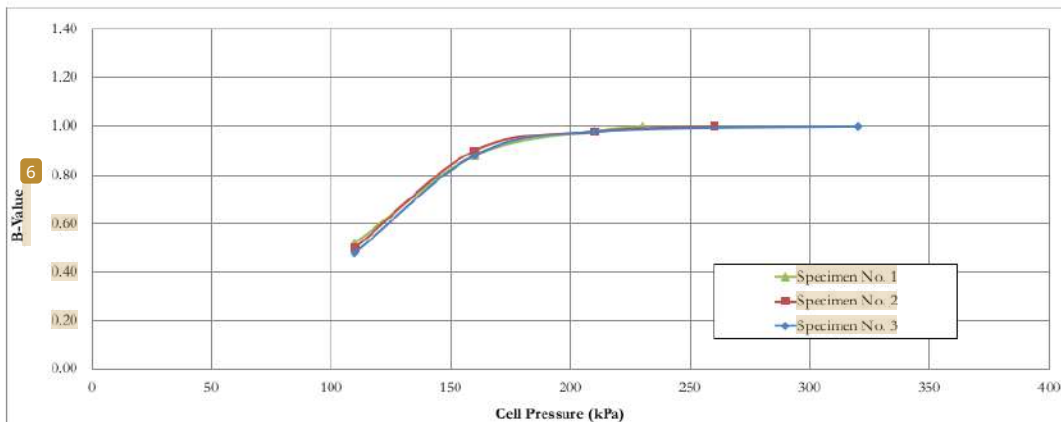
**1**

**CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL TEST**  
**ASTM D-4767-11**

Project No. : 13.21052  
Client : PT. Bethesda Hospital International  
Project name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA  
Location : Jl. Lingkar Selatan Km. 2 No. 8, Ciligon - Barmen  
Soil Description : Silty Clay

Hole No. : DB1 - UD3  
Depth : 3.00 - 3.50 m  
Test by : Sis  
Checked By : Sudirman  
Date of Testing : 12/09/2020

|                 |                     | Specimen No. 1 |     | Specimen No. 2 |     | Specimen No. 3 |     |
|-----------------|---------------------|----------------|-----|----------------|-----|----------------|-----|
| B-check Step 1  | Cell Pressure (kPa) | 60             | 110 | 60             | 110 | 60             | 110 |
|                 | PWP (kPa)           | 50             | 76  | 50             | 75  | 50             | 74  |
|                 | Back Pressure (kPa) | 50             |     | 50             |     | 50             |     |
|                 | B-Value             | 0.52           |     | 0.50           |     | 0.48           |     |
| B-check Step 2  | Cell Pressure (kPa) | 110            | 160 | 110            | 160 | 110            | 160 |
|                 | PWP (kPa)           | 100            | 144 | 100            | 145 | 100            | 144 |
|                 | Back Pressure (kPa) | 100            |     | 100            |     | 100            |     |
|                 | B-Value             | 0.88           |     | 0.90           |     | 0.88           |     |
| B-check Step 3  | Cell Pressure (kPa) | 160            | 210 | 160            | 210 | 160            | 210 |
|                 | PWP (kPa)           | 150            | 199 | 150            | 199 | 150            | 199 |
|                 | Back Pressure (kPa) | 150            |     | 150            |     | 150            |     |
|                 | B-Value             | 0.98           |     | 0.98           |     | 0.98           |     |
| B-check Step 4  | Cell Pressure (kPa) | 210            | 230 | 210            | 250 | 210            | 320 |
|                 | PWP (kPa)           | 200            | 220 | 200            | 250 | 200            | 310 |
|                 | Back Pressure (kPa) | 200            |     | 200            |     | 200            |     |
|                 | B-Value             | 1.00           |     | 1.00           |     | 1.00           |     |
| B-check Step 5  | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Back Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | B-Value             |                |     |                |     |                |     |
| B-check Step 6  | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Back Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | B-Value             |                |     |                |     |                |     |
| B-check Step 7  | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Back Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | B-Value             |                |     |                |     |                |     |
| B-check Step 8  | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Back Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | B-Value             |                |     |                |     |                |     |
| B-check Step 9  | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Back Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | B-Value             |                |     |                |     |                |     |
| B-check Step 10 | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Back Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | B-Value             |                |     |                |     |                |     |
| B-check Step 11 | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Back Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | B-Value             |                |     |                |     |                |     |





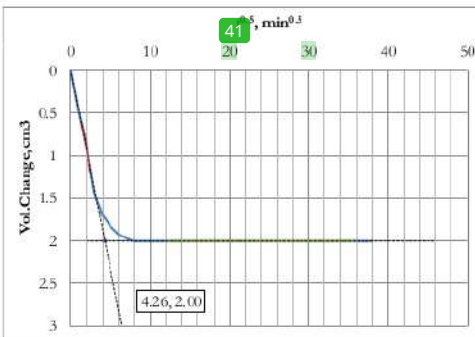
Project No. : IS.21052  
Client : PT. Bethesda Hospital International  
Project name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA  
Location : Jl. Lingkar Selatan Km. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
Soil Description : Silty Clay

Hole No. : DB1 - UD3  
Depth : 3.00 - 3.50 m  
Test by : Sis  
Checked By : Sudirman  
Date of Testing : 12/09/2020

|                                  | Specimen No. 1 | Specimen No. 2 | Specimen No. 3 |
|----------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Cell Pressure, kPa, stage 1      | 230            | 260            | 320            |
| BP, kPa, stage 1                 | 200            | 200            | 200            |
| Initial PWP, kPa, stage 1        | 220            | 250            | 310            |
| $p'$ , kPa                       | 20             | 50             | 110            |
| $t_{100\text{min}}$              | 18.12          | 16.41          | 29.04          |
| $c_v$ , $\text{m}^2/\text{year}$ | 0.680517765    | 0.751531265    | 0.424695302    |
| $m_{90}\text{m}^2/\text{MN}$     | 1.09           | 0.67           | 0.40           |

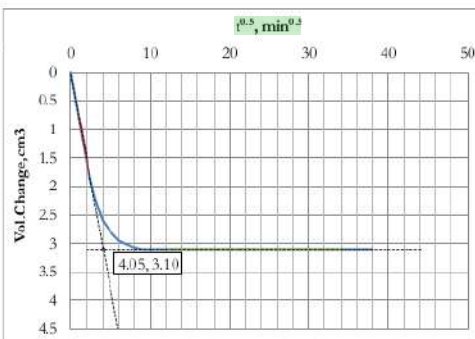
**Specimen No.1**  
Date

| Time<br>(minutes) | Reading<br>Buret<br>( $\text{cm}^3$ ) | Different<br>Buret<br>( $\text{cm}^3$ ) | Pore Water<br>Pressure<br>(kPa) |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|
| 0                 | 46.5                                  | 0                                       | 220                             |
| 1                 | 46                                    | 0.50                                    | 215                             |
| 4                 | 45.6                                  | 0.90                                    | 211                             |
| 9                 | 45.04                                 | 1.46                                    | 208                             |
| 16                | 44.8                                  | 1.70                                    | 205                             |
| 25                | 44.67                                 | 1.83                                    | 203                             |
| 36                | 44.58                                 | 1.92                                    | 202                             |
| 49                | 44.53                                 | 1.97                                    | 201                             |
| 64                | 44.5                                  | 2.00                                    | 200                             |
| 81                | 44.5                                  | 2.00                                    | 200                             |
| 100               | 44.5                                  | 2.00                                    | 200                             |
| 121               | 44.5                                  | 2.00                                    | 200                             |
| 1440              | 44.5                                  | 2.00                                    | 200                             |



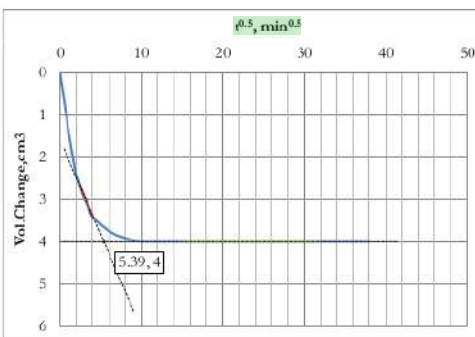
**Specimen No.2**  
Date

| Time<br>(minutes) | Reading<br>Buret<br>( $\text{cm}^3$ ) | Different<br>Buret<br>( $\text{cm}^3$ ) | Pore Water<br>Pressure<br>(kPa) |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|
| 0                 | 44.7                                  | 0                                       | 250                             |
| 1                 | 43.9                                  | 0.80                                    | 233                             |
| 4                 | 43.1                                  | 1.60                                    | 220                             |
| 9                 | 42.5                                  | 2.20                                    | 211                             |
| 16                | 42.1                                  | 2.60                                    | 207                             |
| 25                | 41.9                                  | 2.80                                    | 205                             |
| 36                | 41.75                                 | 2.95                                    | 203                             |
| 49                | 41.68                                 | 3.02                                    | 202                             |
| 64                | 41.63                                 | 3.07                                    | 201                             |
| 81                | 41.6                                  | 3.10                                    | 200                             |
| 100               | 41.6                                  | 3.10                                    | 200                             |
| 121               | 41.6                                  | 3.10                                    | 200                             |
| 1440              | 41.6                                  | 3.10                                    | 200                             |



**Specimen No.3**  
Date

| Time<br>(minutes) | Reading<br>Buret<br>( $\text{cm}^3$ ) | Different<br>Buret<br>( $\text{cm}^3$ ) | Pore Water<br>Pressure<br>(kPa) |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|
| 0                 | 44.5                                  | 0                                       | 310                             |
| 1                 | 43.2                                  | 1.30                                    | 268                             |
| 4                 | 42.1                                  | 2.40                                    | 244                             |
| 9                 | 41.5                                  | 3.00                                    | 221                             |
| 16                | 41.1                                  | 3.40                                    | 210                             |
| 25                | 40.9                                  | 3.60                                    | 206                             |
| 36                | 40.75                                 | 3.75                                    | 204                             |
| 49                | 40.65                                 | 3.85                                    | 203                             |
| 64                | 40.58                                 | 3.92                                    | 202                             |
| 81                | 40.53                                 | 3.97                                    | 201                             |
| 100               | 40.5                                  | 4.00                                    | 200                             |
| 121               | 40.5                                  | 4.00                                    | 200                             |
| 1440              | 40.5                                  | 4.00                                    | 200                             |



Project No. : 1S.21052      Hole No. : DB1 - UD3  
Client : PT. Bethesda Hospital International      Depth : 3.00 - 3.50 m  
Project name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA      Test by : Sis  
Location : Jl. Lingkar Selatan Km. 2 No. 8, Cilegon - Banten      Checked By : Sudirman  
Soil Description : Silty Clay      Date of Testing : 12/09/2020

| 5<br>Specimen No.         |                                                                            | 1      | 2      | 3      |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|
| Initial Condition         | Wet Density, Mg/m <sup>3</sup>                                             | 1.69   | 1.70   | 1.71   |
|                           | Water Content, %                                                           | 31.47% | 31.17% | 30.68% |
|                           | 5<br>Dry Density, Mg/m <sup>3</sup>                                        | 1.29   | 1.29   | 1.31   |
| Saturation Stage          | Saturated PWP, kPa                                                         | 200    | 200    | 200    |
|                           | Final Cell Pressure, kPa                                                   | 230    | 260    | 320    |
|                           | B-Value,                                                                   | 1.00   | 1.00   | 1.00   |
| Consolidation             | Cell Pressure, kPa                                                         | 230    | 260    | 320    |
|                           | 6<br>Back Pressure, kPa                                                    | 200    | 200    | 200    |
|                           | Initial PWP, kPa                                                           | 220    | 250    | 310    |
|                           | Final PWP, kPa                                                             | 200    | 200    | 200    |
| Consolidation Parameter   | Total Volume Change, %                                                     | 2.18%  | 3.37%  | 4.35%  |
|                           | Coefficient of Consolidation C <sub>v</sub> , m <sup>2</sup> /year         | 0.68   | 0.75   | 0.42   |
|                           | Coefficient of Volume Compressibility m <sub>vi</sub> , m <sup>2</sup> /MN | 1.09   | 0.67   | 0.40   |
| Compression Stage         | Cell Pressure, kPa                                                         | 230    | 260    | 320    |
|                           | 6<br>Back Pressure, kPa                                                    | 200    | 200    | 200    |
|                           | Effective Cell Pressure, kPa                                               | 30     | 60     | 120    |
|                           | Shearing Speed, mm/min                                                     | 0.05   | 0.05   | 0.05   |
| Failure Condition         | Peak Deviator Stress (σ <sub>1</sub> -σ <sub>3</sub> ) <sub>f</sub> , kPa  | 114.16 | 134.90 | 172.76 |
|                           | Excess PWP at (σ <sub>1</sub> -σ <sub>3</sub> ) <sub>f</sub> , kPa         | 15     | 31     | 62     |
|                           | 5<br>A-Coefficient                                                         | 0.13   | 0.23   | 0.36   |
|                           | Strain at (σ <sub>1</sub> -σ <sub>3</sub> ) <sub>f</sub> , %               | 5.97%  | 5.99%  | 5.26%  |
|                           | Effective Principal Stress Ratio                                           | 9.61   | 6.72   | 5.05   |
| Final Condition           | Water Content, %                                                           | 29.78% | 28.56% | 27.34% |
| Shear Strength Parameters | In term of Total Stress                                                    |        |        |        |
|                           | φ, Degree=                                                                 | 14.17  |        |        |
|                           | c, kPa=                                                                    | 37.08  |        |        |
|                           | In term of Effective Stress                                                |        |        |        |
|                           | φ', Degree=                                                                | 23.82  |        |        |
|                           | c', kPa=                                                                   | 30.81  |        |        |



Soil Investigation, Geotechnical Services, Survey & Supervision

## 1

|                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| Hole No.        | : DB1 - UD3     |
| Depth           | : 3.00 - 3.50 m |
| Test by         | : Sis           |
| Checked By      | : Sudirman      |
| Date of Testing | : 12/09/2020    |

## Specimen 01

Specimen 02Specimen 03

|                                        |                       |
|----------------------------------------|-----------------------|
| Diameter (cm)                          | 3.8 cm                |
| Height (cm)                            | 8.1 cm                |
| Initial Sample Area (cm <sup>2</sup> ) | 11.34 cm <sup>2</sup> |

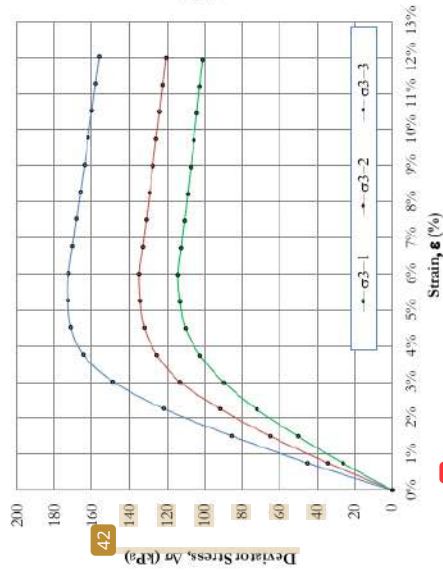
[illegible]



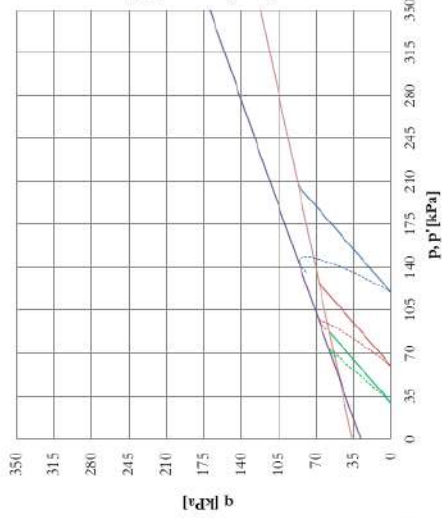
**TRIAxIAL CU**

Project No. : 1S21052  
Client : PT. Bethesda Hospital International  
Project name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA  
Location : Jl. Lingkar Selatan Km. 2 No. 8, Cilager Banten  
Soil Description : Silty Clay

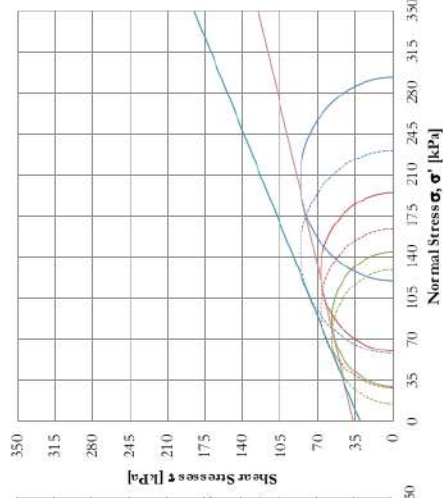
Hole No. : DB1 - UD3  
Depth : 3.00 - 3.50 m  
Testby : Site  
Checked By : Sudirman  
Date of Testing : 12/09/2020



P, p'-q Diagram



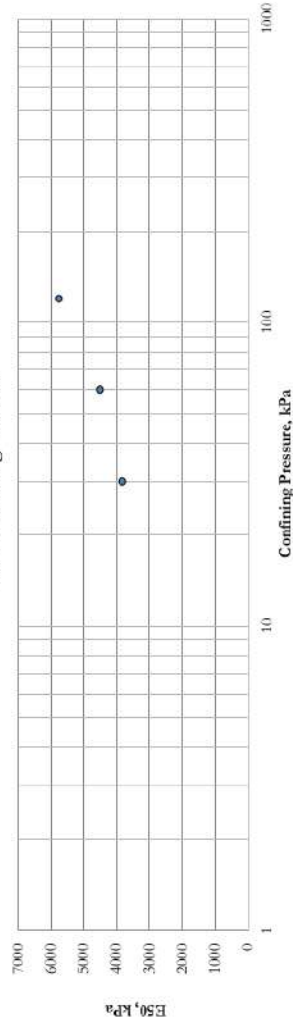
M.C Diagram



**Triaxial CU Test Result**

| Specimen No.                           | 1                                               | 2      | 3      |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------|--------|--------|
| Natural Moisture content, %            | 31.47%                                          | 31.17% | 30.68% |
| Specific Gravity                       | 2.71                                            | 2.71   | 2.71   |
| Density kN/m <sup>3</sup>              | 16.92                                           | 16.96  | 17.05  |
| Void Ratio                             | 1.11                                            | 1.10   | 1.08   |
| Strain rate, mm/minute                 | 0.05                                            | 0.05   | 0.05   |
| Confining Pressure, kg/cm <sup>2</sup> | 30                                              | 60     | 120    |
| Deviator Stress, kg/cm <sup>2</sup>    | 114.16                                          | 134.90 | 172.76 |
| Strain at failure, %                   | 5.07%                                           | 5.99%  | 5.26%  |
| Shear Strength Parameters              | $c_u$ [kPa]: 37.08<br>$\phi_u$ [°]: 14.17       |        |        |
| Modulus of Elasticity                  | $E_u$ (kPa): 3532.47<br>$E_{50}$ (kPa): 4572.80 |        |        |
|                                        | $c'$ [kPa]: 30.81<br>$\phi'$ [°]: 23.82         |        |        |
|                                        | $E_{50}$ (kPa): 6003.14                         |        |        |
|                                        | $E_{50}$ (kPa): 5745.94                         |        |        |

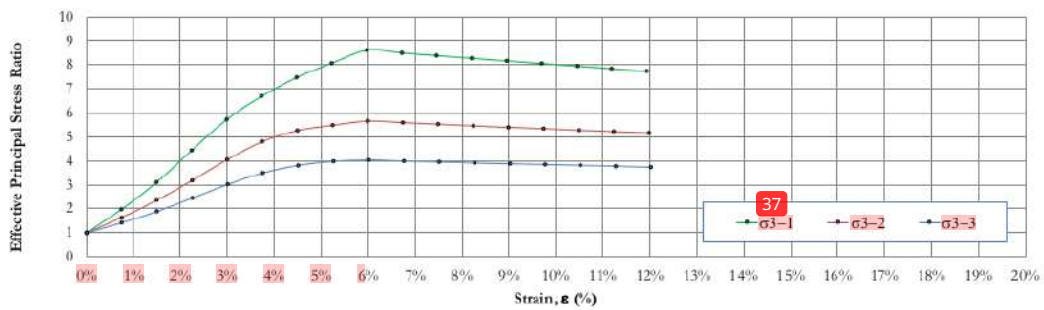
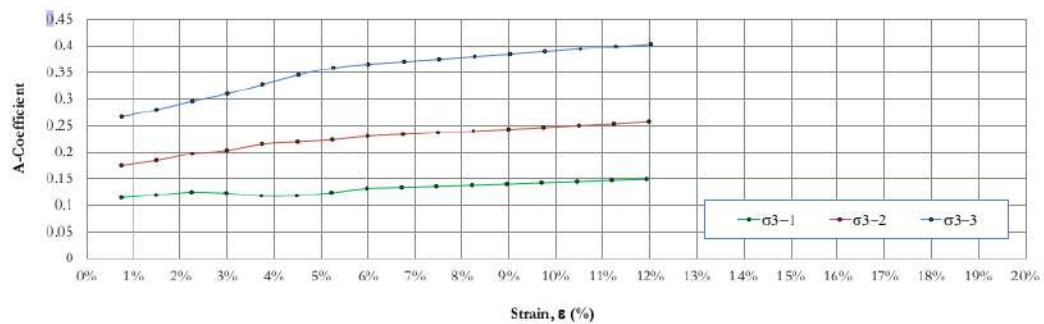
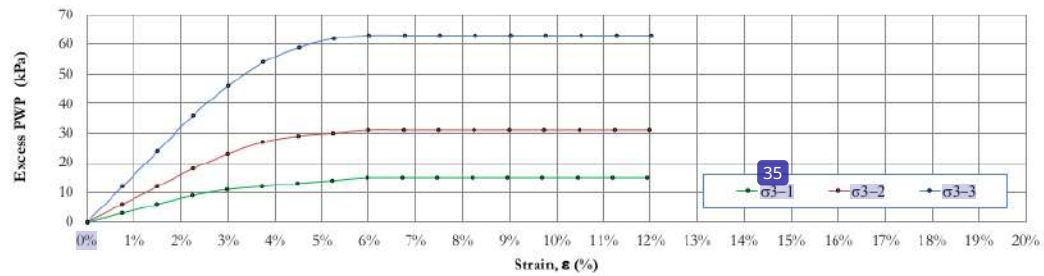
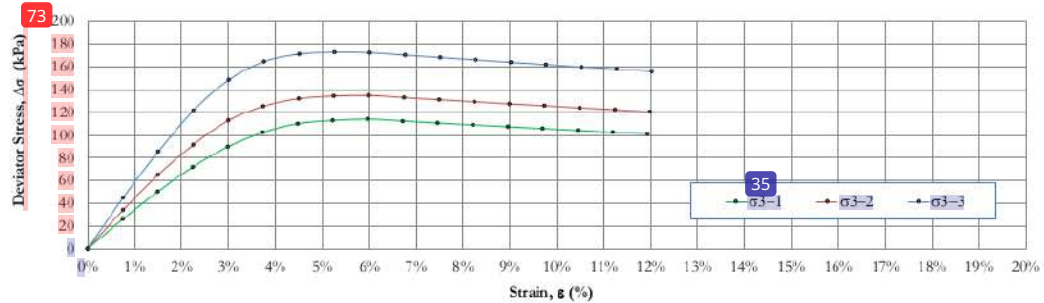
E50 vs Confining Pressure





Project No. : IS.21052  
Client : PT. Bethesda Hospital International  
Project name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA  
Location : Jl. Lingkar Selatan Km. 2 No. 8, Cilagon - Banten  
Soil Description : Silty Clay

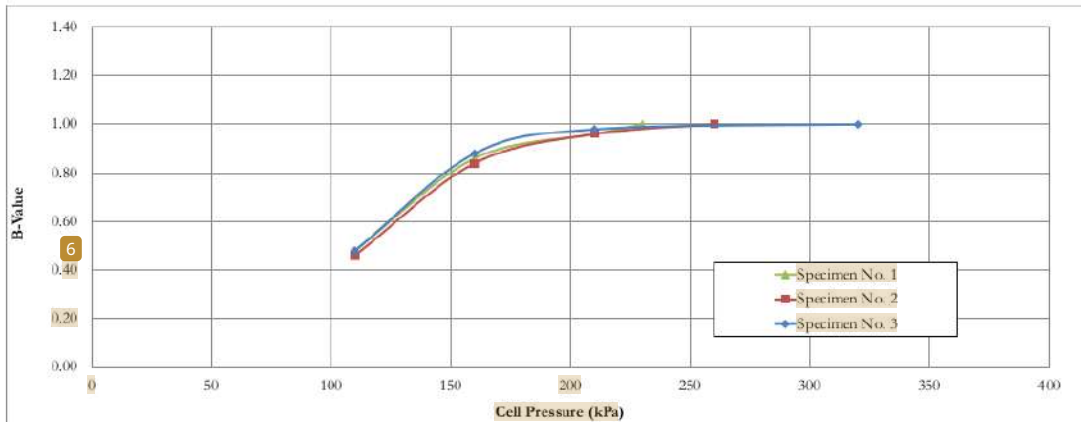
Hide No. : DB1 - UD3  
Depth : 3.00 - 3.50 m  
Test by : Sis  
Checked By : Sudirman  
Date of Testing : 12/09/2020



Project No. : 13.21052  
Client : PT. Bethesda Hospital International  
Project name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA  
Location : Jl. Lingkar Selatan Km. 2 No. 8, Ciligon - Barmen  
Soil Description : Silty Clay

Hole No. : DB2 - UD1  
Depth : 1,50 - 2,00 m  
Test by : Sis  
Checked By : Sudirman  
Date of Testing : 12/09/2020

|                 | 6                   | Specimen No. 1 |     | Specimen No. 2 |     | Specimen No. 3 |     |
|-----------------|---------------------|----------------|-----|----------------|-----|----------------|-----|
| B-check Step 1  | Cell Pressure (kPa) | 60             | 110 | 60             | 110 | 60             | 110 |
|                 | PWP (kPa)           | 50             | 74  | 50             | 73  | 50             | 74  |
|                 | Back Pressure (kPa) | 50             |     | 50             |     | 50             |     |
|                 | B-Value             | 0.48           |     | 0.46           |     | 0.48           |     |
| B-check Step 2  | Cell Pressure (kPa) | 110            | 160 | 110            | 160 | 110            | 160 |
|                 | PWP (kPa)           | 100            | 143 | 100            | 142 | 100            | 144 |
|                 | Back Pressure (kPa) | 100            |     | 100            |     | 100            |     |
|                 | B-Value             | 0.86           |     | 0.84           |     | 0.88           |     |
| B-check Step 3  | Cell Pressure (kPa) | 160            | 210 | 160            | 210 | 160            | 210 |
|                 | PWP (kPa)           | 150            | 198 | 150            | 198 | 150            | 199 |
|                 | Back Pressure (kPa) | 150            |     | 150            |     | 150            |     |
|                 | B-Value             | 0.96           |     | 0.96           |     | 0.98           |     |
| B-check Step 4  | Cell Pressure (kPa) | 210            | 230 | 210            | 250 | 210            | 320 |
|                 | PWP (kPa)           | 200            | 220 | 200            | 250 | 200            | 310 |
|                 | Back Pressure (kPa) | 200            |     | 200            |     | 200            |     |
|                 | B-Value             | 1.00           |     | 1.00           |     | 1.00           |     |
| B-check Step 5  | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Back Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | B-Value             |                |     |                |     |                |     |
| B-check Step 6  | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Back Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | B-Value             |                |     |                |     |                |     |
| B-check Step 7  | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Back Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | B-Value             |                |     |                |     |                |     |
| B-check Step 8  | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Back Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | B-Value             |                |     |                |     |                |     |
| B-check Step 9  | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Back Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | B-Value             |                |     |                |     |                |     |
| B-check Step 10 | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Back Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | B-Value             |                |     |                |     |                |     |
| B-check Step 11 | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Back Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | B-Value             |                |     |                |     |                |     |





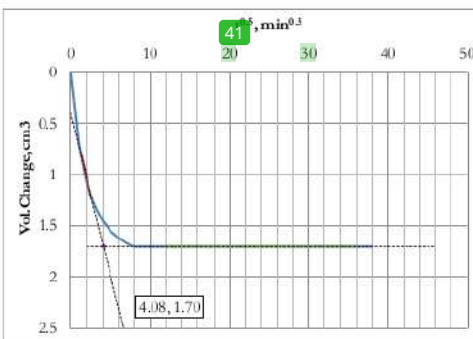
Project No. : IS.21052  
Client : PT. Behsada Hospital International  
Project name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA  
Location : Jl. Lingkar Selatan Km. 2 No. 8, Gilegon - Banten  
Soil Description : Silty Clay

Hole No. : DB2 - UD1  
Depth : 1.50 - 2.00 m  
Test by : Sis  
Checked By : Sudrman  
Date of Testing : 12/09/2020

|                              | Specimen No. 1 | Specimen No. 2 | Specimen No. 3 |
|------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Cell Pressure, kPa, stage 1  | 230            | 260            | 320            |
| BP, kPa, stage 1             | 200            | 200            | 200            |
| Initial PWP, kPa, stage 1    | 220            | 250            | 310            |
| $p'$ , kPa                   | 20             | 50             | 110            |
| $t_{100}$ min                | 16.64          | 16.69          | 28.28          |
| $c_v$ , m <sup>2</sup> /year | 0.741275612    | 0.739172589    | 0.436063316    |
| $m_{30}$ m <sup>2</sup> /MN  | 0.93           | 0.57           | 0.37           |

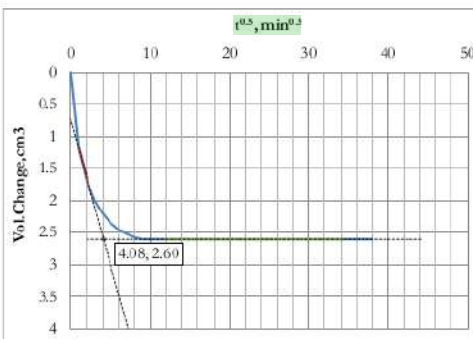
**Specimen No.1**  
Date

| Time<br>(minutes) | Reading<br>Buret<br>(cm <sup>3</sup> ) | Different<br>Buret<br>(cm <sup>3</sup> ) | Pore Water<br>Pressure<br>(kPa) |
|-------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------|
| 0                 | 50.1                                   | 0                                        | 220                             |
| 1                 | 49.4                                   | 0.70                                     | 214                             |
| 4                 | 49                                     | 1.10                                     | 209                             |
| 9                 | 48.8                                   | 1.30                                     | 206                             |
| 16                | 48.65                                  | 1.45                                     | 204                             |
| 25                | 48.55                                  | 1.55                                     | 203                             |
| 36                | 48.48                                  | 1.62                                     | 202                             |
| 49                | 48.43                                  | 1.67                                     | 201                             |
| 64                | 48.4                                   | 1.70                                     | 200                             |
| 81                | 48.4                                   | 1.70                                     | 200                             |
| 100               | 48.4                                   | 1.70                                     | 200                             |
| 121               | 48.4                                   | 1.70                                     | 200                             |
| 1440              | 48.4                                   | 1.70                                     | 200                             |



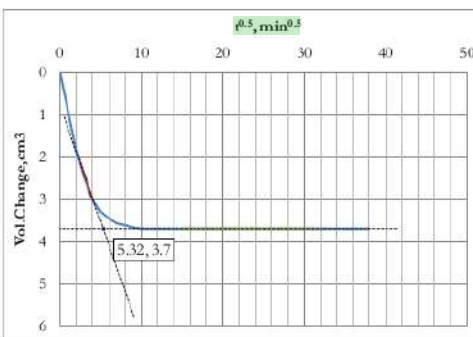
**Specimen No.2**  
Date

| Time<br>(minutes) | Reading<br>Buret<br>(cm <sup>3</sup> ) | Different<br>Buret<br>(cm <sup>3</sup> ) | Pore Water<br>Pressure<br>(kPa) |
|-------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------|
| 0                 | 48.1                                   | 0                                        | 250                             |
| 1                 | 46.9                                   | 1.20                                     | 234                             |
| 4                 | 46.4                                   | 1.70                                     | 219                             |
| 9                 | 46.1                                   | 2.00                                     | 211                             |
| 16                | 45.9                                   | 2.20                                     | 207                             |
| 25                | 45.75                                  | 2.35                                     | 205                             |
| 36                | 45.65                                  | 2.45                                     | 203                             |
| 49                | 45.58                                  | 2.52                                     | 202                             |
| 64                | 45.53                                  | 2.57                                     | 201                             |
| 81                | 45.5                                   | 2.60                                     | 200                             |
| 100               | 45.5                                   | 2.60                                     | 200                             |
| 121               | 45.5                                   | 2.60                                     | 200                             |
| 1440              | 45.5                                   | 2.60                                     | 200                             |



**Specimen No.3**  
Date

| Time<br>(minutes) | Reading<br>Buret<br>(cm <sup>3</sup> ) | Different<br>Buret<br>(cm <sup>3</sup> ) | Pore Water<br>Pressure<br>(kPa) |
|-------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------|
| 0                 | 47.6                                   | 0                                        | 310                             |
| 1                 | 46.7                                   | 0.90                                     | 266                             |
| 4                 | 45.8                                   | 1.80                                     | 245                             |
| 9                 | 45.1                                   | 2.50                                     | 220                             |
| 16                | 44.6                                   | 3.00                                     | 212                             |
| 25                | 44.3                                   | 3.30                                     | 208                             |
| 36                | 44.15                                  | 3.45                                     | 205                             |
| 49                | 44.03                                  | 3.57                                     | 203                             |
| 64                | 43.98                                  | 3.62                                     | 202                             |
| 81                | 43.93                                  | 3.67                                     | 201                             |
| 100               | 43.9                                   | 3.70                                     | 200                             |
| 121               | 43.9                                   | 3.70                                     | 200                             |
| 1440              | 43.9                                   | 3.70                                     | 200                             |



Project No. : IS.21052      Hole No. : DB2 - UDI  
Client : PT. Bethesda Hospital International      Depth : 1.50 - 2.00 m  
Project name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA      Test by : Sis  
Location : Jl. Lingkar Selatan Km. 2 No. 8, Cilegon - Banten      Checked By : Sudirman  
Soil Description : Silty Clay      Date of Testing : 12/09/2020

|                           | 5<br>Specimen No.                                                          |  | 1      | 2      | 3      |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--|--------|--------|--------|
| Initial Condition         | Wet Density, Mg/m <sup>3</sup>                                             |  | 1.87   | 1.87   | 1.88   |
|                           | Water Content, %                                                           |  | 31.61% | 31.35% | 30.92% |
|                           | 5<br>Dry Density Mg/m <sup>3</sup>                                         |  | 1.42   | 1.43   | 1.44   |
| Saturation Stage          | Saturated PWP, kPa                                                         |  | 200    | 200    | 200    |
|                           | Final Cell Pressure, kPa                                                   |  | 230    | 260    | 320    |
|                           | B-Value,                                                                   |  | 1.00   | 1.00   | 1.00   |
| Consolidation             | Cell Pressure, kPa                                                         |  | 230    | 260    | 320    |
|                           | 6<br>Back Pressure, kPa                                                    |  | 200    | 200    | 200    |
|                           | Initial PWP, kPa                                                           |  | 220    | 250    | 310    |
|                           | Final PWP, kPa                                                             |  | 200    | 200    | 200    |
| Consolidation Parameter   | Total Volume Change, %                                                     |  | 1.85%  | 2.83%  | 4.03%  |
|                           | Coefficient of Consolidation C <sub>v</sub> , m <sup>2</sup> /year         |  | 0.74   | 0.74   | 0.44   |
|                           | Coefficient of Volume Compressibility m <sub>vi</sub> , m <sup>2</sup> /MN |  | 0.93   | 0.57   | 0.37   |
| Compression Stage         | Cell Pressure, kPa                                                         |  | 230    | 260    | 320    |
|                           | 6<br>Back Pressure, kPa                                                    |  | 200    | 200    | 200    |
|                           | Effective Cell Pressure, kPa                                               |  | 30     | 60     | 120    |
|                           | Shearing Speed, mm/min                                                     |  | 0.05   | 0.05   | 0.05   |
| Failure Condition         | Peak Deviator Stress (σ <sub>1</sub> -σ <sub>3</sub> ) <sub>f</sub> , kPa  |  | 136.96 | 158.42 | 206.60 |
|                           | Excess PWP at (σ <sub>1</sub> -σ <sub>3</sub> ) <sub>f</sub> , kPa         |  | 18     | 34     | 64     |
|                           | 5<br>A-Coefficient                                                         |  | 0.13   | 0.21   | 0.31   |
|                           | Strain at (σ <sub>1</sub> -σ <sub>3</sub> ) <sub>f</sub> , %               |  | 5.96%  | 6.73%  | 6.76%  |
|                           | Effective Principal Stress Ratio                                           |  | 13.91  | 8.40   | 5.83   |
| Final Condition           | Water Content, %                                                           |  | 30.31% | 29.36% | 28.12% |
| Shear Strength Parameters | In term of Total Stress                                                    |  |        |        |        |
|                           | φ, Degree=                                                                 |  | 16.27  |        |        |
|                           | c, kPa=                                                                    |  | 42.32  |        |        |
|                           | In term of Effective Stress                                                |  |        |        |        |
|                           | φ', Degree=                                                                |  | 26.25  |        |        |
|                           | c', kPa=                                                                   |  | 36.57  |        |        |



Soil Investigation, Geotechnical Services, Survey &amp; Supervision

## 1

|                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| Hole No.        | : DB2 - UD1     |
| Depth           | : 1.50 - 2.00 m |
| Test by         | : Sis           |
| Checked By      | : Sudirman      |
| Date of Testing | : 12/09/2020    |

Specimen 03

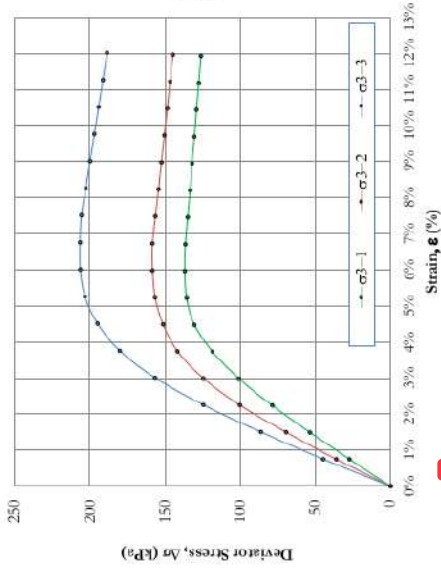
|                                        |                       |
|----------------------------------------|-----------------------|
| Diameter (cm)                          | 3.8 cm                |
| Height (cm)                            | 8.1 cm                |
| Initial Sample Area (cm <sup>2</sup> ) | 11.34 cm <sup>2</sup> |



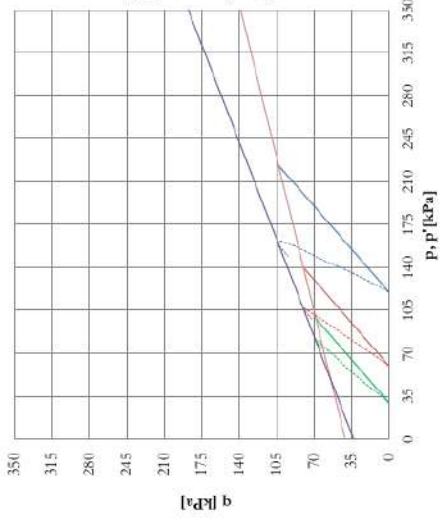
**TRIAXIAL CU**

Project No. : 1S21052  
Client : PT. Bethesda Hospital International  
Project name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA  
Location : Jl. Lingkar Selatan Km. 2 No. 8, Ciliden - Banten  
Soil Description : Silty Clay

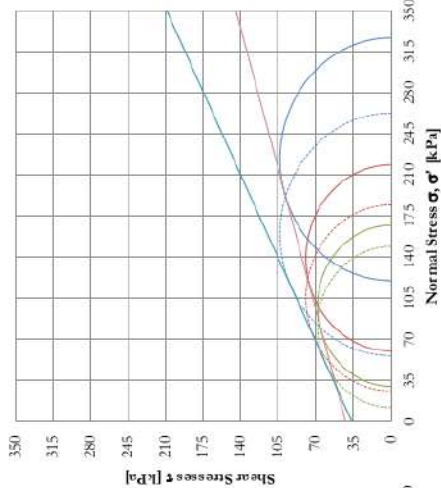
Hole No. : DB2 - UD1  
Depth : 1.50 - 2.00 m  
Test by : Sic  
Checked By : Sudiman  
Date of Testing : 12/09/2020



P, p'-q Diagram



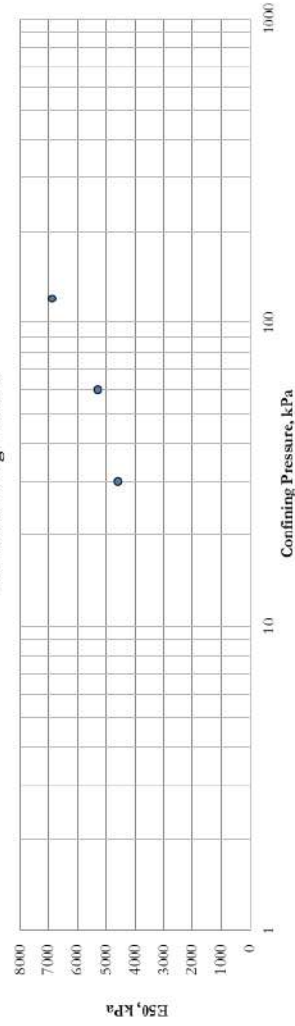
M.C Diagram



**Triaxial CU Test Result**

| Specimen No.                           | 1                              | 2      | 3                   |
|----------------------------------------|--------------------------------|--------|---------------------|
| Natural Moisture content, %            | 31.61%                         | 31.35% | 30.92%              |
| Specific Gravity                       | 2.81                           | 2.81   | 2.81                |
| Density kN/m <sup>3</sup>              | 18.68                          | 18.72  | 18.81               |
| Void Ratio                             | 0.98                           | 0.97   | 0.96                |
| Saturation, %                          | 91%                            | 91%    | 91%                 |
| Strain rate, mm/minute                 | 0.05                           | 0.05   | 0.05                |
| Confining Pressure, kg/cm <sup>2</sup> | 30                             | 60     | 120                 |
| Deviator Stress, kg/cm <sup>2</sup>    | 136.96                         | 158.42 | 206.60              |
| Strain at failure, %                   | 5.96%                          | 6.73%  | 6.76%               |
| Shear Strength Parameters              | c <sub>u</sub> [kPa]: 42.32    |        | c' [kPa]: 36.57     |
|                                        | φ <sub>u</sub> [°]: 16.27      |        | φ' [°]: 26.25       |
| Modulus of Elasticity                  | E (kPa): 3664.67               |        | E' (kPa): 5961.90   |
|                                        | E <sub>50</sub> (kPa): 4593.79 |        | E'50 (kPa): 6879.07 |

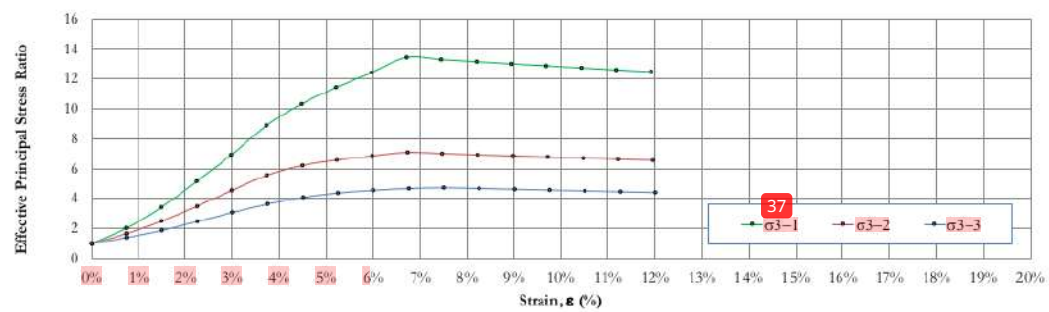
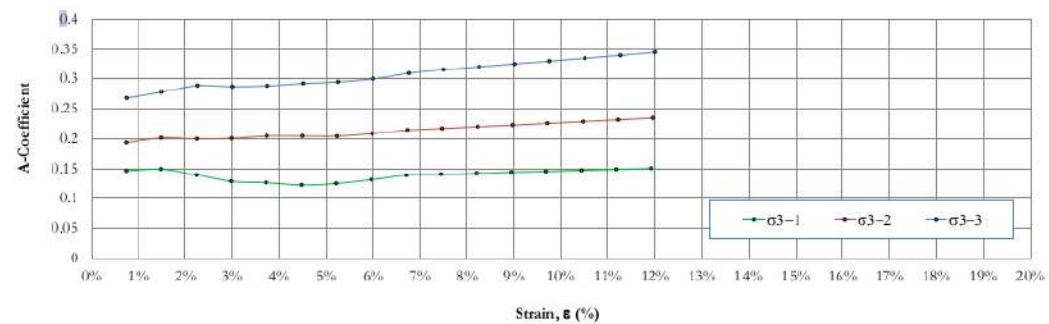
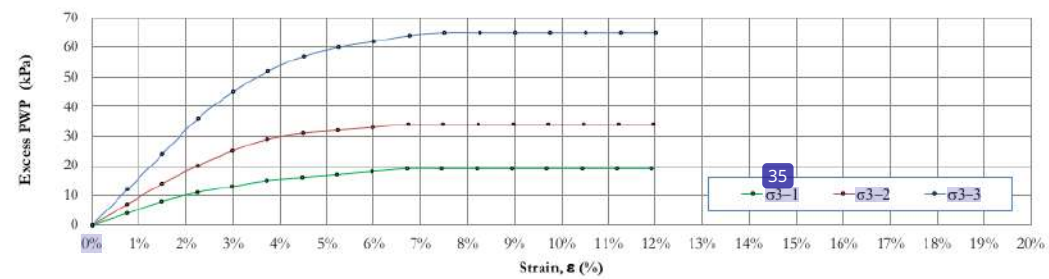
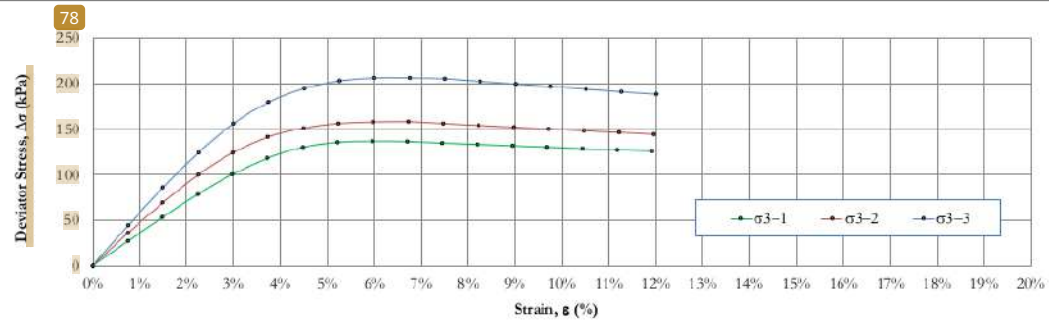
E50 vs Confining Pressure





Project No. : IS.21052  
Client : PT. Bethesda Hospital International  
Project name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA  
Location : Jl. Lingkar Selatan Km. 2 No. 8, Cilugan - Banten  
Soil Description : Silty Clay

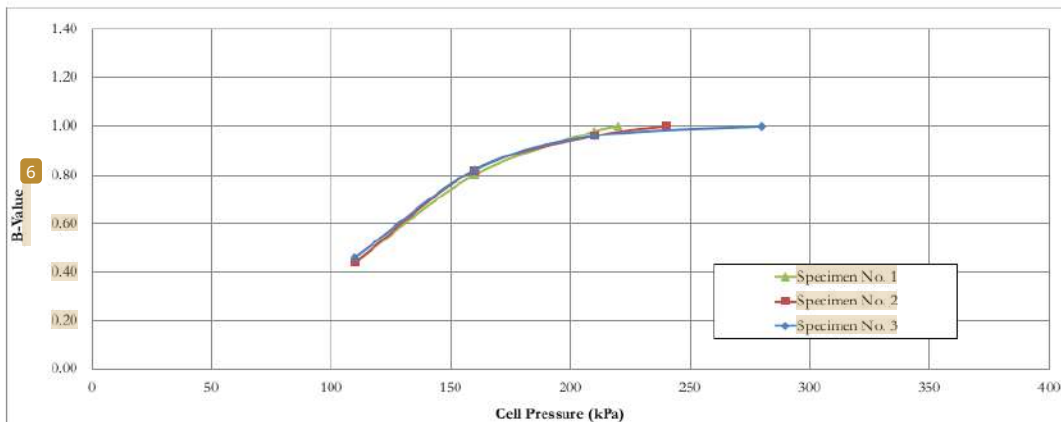
Hide No. : DB2 - UD1  
Depth : 1.50 - 2.00 m  
Test by : Sis  
Checked By : Sudirman  
Date of Testing : 12/09/2020



Project No. : 13.21052  
Client : PT. Bethesda Hospital International  
Project name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA  
Location : Jl. Lingkar Selatan Km. 2 No. 8, Ciligon - Barmen  
Soil Description : Silty Clay

Hole No. : DB3 - UD1  
Depth : 2,00 - 2,50 m  
Test by : Sis  
Checked By : Sudirman  
Date of Testing : 12/09/2020

|                 | 6                   | Specimen No. 1 |     | Specimen No. 2 |     | Specimen No. 3 |     |
|-----------------|---------------------|----------------|-----|----------------|-----|----------------|-----|
| B-check Step 1  | Cell Pressure (kPa) | 60             | 110 | 60             | 110 | 60             | 110 |
|                 | PWP (kPa)           | 50             | 72  | 50             | 72  | 50             | 73  |
|                 | Back Pressure (kPa) | 50             |     | 50             |     | 50             |     |
|                 | B-Value             | 0.44           |     | 0.44           |     | 0.46           |     |
| B-check Step 2  | Cell Pressure (kPa) | 110            | 160 | 110            | 160 | 110            | 160 |
|                 | PWP (kPa)           | 100            | 140 | 100            | 141 | 100            | 141 |
|                 | Back Pressure (kPa) | 100            |     | 100            |     | 100            |     |
|                 | B-Value             | 0.80           |     | 0.82           |     | 0.82           |     |
| B-check Step 3  | Cell Pressure (kPa) | 160            | 210 | 160            | 210 | 160            | 210 |
|                 | PWP (kPa)           | 150            | 199 | 150            | 198 | 150            | 198 |
|                 | Back Pressure (kPa) | 150            |     | 150            |     | 150            |     |
|                 | B-Value             | 0.98           |     | 0.96           |     | 0.96           |     |
| B-check Step 4  | Cell Pressure (kPa) | 210            | 220 | 210            | 240 | 210            | 280 |
|                 | PWP (kPa)           | 200            | 210 | 200            | 230 | 200            | 270 |
|                 | Back Pressure (kPa) | 200            |     | 200            |     | 200            |     |
|                 | B-Value             | 1.00           |     | 1.00           |     | 1.00           |     |
| B-check Step 5  | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Back Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | B-Value             |                |     |                |     |                |     |
| B-check Step 6  | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Back Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | B-Value             |                |     |                |     |                |     |
| B-check Step 7  | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Back Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | B-Value             |                |     |                |     |                |     |
| B-check Step 8  | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Back Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | B-Value             |                |     |                |     |                |     |
| B-check Step 9  | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Back Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | B-Value             |                |     |                |     |                |     |
| B-check Step 10 | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Back Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | B-Value             |                |     |                |     |                |     |
| B-check Step 11 | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Cell Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | Back Pressure (kPa) |                |     |                |     |                |     |
|                 | B-Value             |                |     |                |     |                |     |





Project No. : IS.21052  
Client : PT. Bethesda Hospital International  
Project name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA  
Location : Jl. Lingkar Selatan Km. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
Soil Description : Silty Clay

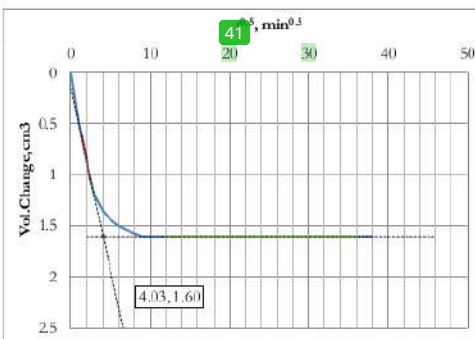
Hole No. : DB3 -UD1  
Depth : 2.00 - 2.50 m  
Test by : Sis  
Checked By : Sudirman  
Date of Testing : 12/09/2020

|                                  | Specimen No. 1 | Specimen No. 2 | Specimen No. 3 |
|----------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Cell Pressure, kPa, stage 1      | 220            | 240            | 280            |
| BP, kPa, stage 1                 | 200            | 200            | 200            |
| Initial PWP, kPa, stage 1        | 210            | 230            | 270            |
| $p'$ , kPa                       | 10             | 30             | 70             |
| $t_{100\text{min}}$              | 16.28          | 24.84          | 46.96          |
| $c_v$ , $\text{m}^2/\text{year}$ | 0.757554475    | 0.496526389    | 0.262616438    |
| $m_v$ , $\text{m}^2/\text{MN}$   | 1.86           | 0.97           | 0.56           |

**Specimen No.1**

Date

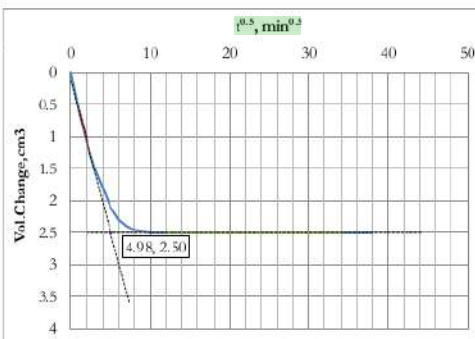
| Time<br>(minutes) | Reading<br>Buret<br>( $\text{cm}^3$ ) | Different<br>Buret<br>( $\text{cm}^3$ ) | Pore Water<br>Pressure<br>(kPa) |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|
| 0                 | 35                                    | 0                                       | 210                             |
| 1                 | 34.5                                  | 0.50                                    | 208                             |
| 4                 | 34.1                                  | 0.90                                    | 206                             |
| 9                 | 33.8                                  | 1.20                                    | 205                             |
| 16                | 33.65                                 | 1.35                                    | 204                             |
| 25                | 33.56                                 | 1.44                                    | 203                             |
| 36                | 33.5                                  | 1.50                                    | 202                             |
| 49                | 33.46                                 | 1.54                                    | 201                             |
| 64                | 33.43                                 | 1.57                                    | 201                             |
| 81                | 33.4                                  | 1.60                                    | 200                             |
| 100               | 33.4                                  | 1.60                                    | 200                             |
| 121               | 33.4                                  | 1.60                                    | 200                             |
| 1440              | 33.4                                  | 1.60                                    | 200                             |



**Specimen No.2**

Date

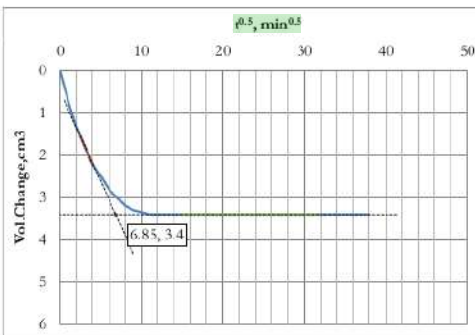
| Time<br>(minutes) | Reading<br>Buret<br>( $\text{cm}^3$ ) | Different<br>Buret<br>( $\text{cm}^3$ ) | Pore Water<br>Pressure<br>(kPa) |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|
| 0                 | 35                                    | 0                                       | 230                             |
| 1                 | 34.4                                  | 0.60                                    | 224                             |
| 4                 | 33.9                                  | 1.10                                    | 219                             |
| 9                 | 33.5                                  | 1.50                                    | 215                             |
| 16                | 33.2                                  | 1.80                                    | 211                             |
| 25                | 32.9                                  | 2.10                                    | 208                             |
| 36                | 32.7                                  | 2.30                                    | 205                             |
| 49                | 32.6                                  | 2.40                                    | 203                             |
| 64                | 32.55                                 | 2.45                                    | 202                             |
| 81                | 32.52                                 | 2.48                                    | 201                             |
| 100               | 32.5                                  | 2.50                                    | 200                             |
| 121               | 32.5                                  | 2.50                                    | 200                             |
| 1440              | 32.5                                  | 2.50                                    | 200                             |



**Specimen No.3**

Date

| Time<br>(minutes) | Reading<br>Buret<br>( $\text{cm}^3$ ) | Different<br>Buret<br>( $\text{cm}^3$ ) | Pore Water<br>Pressure<br>(kPa) |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|
| 0                 | 30                                    | 0                                       | 270                             |
| 1                 | 29.3                                  | 0.70                                    | 252                             |
| 4                 | 28.7                                  | 1.30                                    | 239                             |
| 9                 | 28.2                                  | 1.80                                    | 228                             |
| 16                | 27.8                                  | 2.20                                    | 220                             |
| 25                | 27.5                                  | 2.50                                    | 213                             |
| 36                | 27.2                                  | 2.80                                    | 208                             |
| 49                | 27                                    | 3.00                                    | 205                             |
| 64                | 26.8                                  | 3.20                                    | 203                             |
| 81                | 26.7                                  | 3.30                                    | 202                             |
| 100               | 26.65                                 | 3.35                                    | 201                             |
| 121               | 26.6                                  | 3.40                                    | 200                             |
| 1440              | 26.6                                  | 3.40                                    | 200                             |



Project No. : 1S.21052      Hole No. : DB3 - UDI  
Client : PT. Bethesda Hospital International      Depth : 2.00 - 2.50 m  
Project name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA      Test by : Sis  
Location : Jl. Lingkar Selatan Km. 2 No. 8, Cilegon - Banten      Checked By : Sudirman  
Soil Description : Silty Clay      Date of Testing : 12/09/2020

| 5<br>Specimen No.         |                                                                            | 1      | 2      | 3      |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|
| Initial Condition         | Wet Density, Mg/m <sup>3</sup>                                             | 1.86   | 1.86   | 1.88   |
|                           | Water Content, %                                                           | 24.09% | 23.96% | 23.82% |
|                           | 5<br>Dry Density Mg/m <sup>3</sup>                                         | 1.50   | 1.50   | 1.52   |
| Saturation Stage          | Saturated PWP, kPa                                                         | 200    | 200    | 200    |
|                           | Final Cell Pressure, kPa                                                   | 220    | 240    | 280    |
|                           | B-Value,                                                                   | 1.00   | 1.00   | 1.00   |
| Consolidation             | Cell Pressure, kPa                                                         | 220    | 240    | 280    |
|                           | 6<br>Back Pressure, kPa                                                    | 200    | 200    | 200    |
|                           | Initial PWP, kPa                                                           | 210    | 230    | 270    |
|                           | Final PWP, kPa                                                             | 200    | 200    | 200    |
| Consolidation Parameter   | Total Volume Change, %                                                     | 1.86%  | 2.90%  | 3.94%  |
|                           | Coefficient of Consolidation C <sub>v</sub> , m <sup>2</sup> /year         | 0.76   | 0.50   | 0.26   |
|                           | Coefficient of Volume Compressibility m <sub>vi</sub> , m <sup>2</sup> /MN | 1.86   | 0.97   | 0.56   |
| Compression Stage         | Cell Pressure, kPa                                                         | 220    | 240    | 280    |
|                           | 6<br>Back Pressure, kPa                                                    | 200    | 200    | 200    |
|                           | Effective Cell Pressure, kPa                                               | 20     | 40     | 80     |
|                           | Shearing Speed, mm/min                                                     | 0.05   | 0.05   | 0.05   |
| Failure Condition         | Peak Deviator Stress (σ <sub>1</sub> -σ <sub>3</sub> ) <sub>f</sub> , kPa  | 101.64 | 110.79 | 134.30 |
|                           | Excess PWP at (σ <sub>1</sub> -σ <sub>3</sub> ) <sub>f</sub> , kPa         | 8      | 14     | 33     |
|                           | 5<br>A-Coefficient                                                         | 0.07   | 0.13   | 0.25   |
|                           | Strain at (σ <sub>1</sub> -σ <sub>3</sub> ) <sub>f</sub> , %               | 5.56%  | 6.38%  | 7.20%  |
|                           | Effective Principal Stress Ratio                                           | 9.73   | 5.80   | 4.56   |
| Final Condition           | Water Content, %                                                           | 22.85% | 22.03% | 21.22% |
| Shear Strength Parameters | In term of Total Stress                                                    |        |        |        |
|                           | φ, Degree=                                                                 | 12.47  |        |        |
|                           | c, kPa=                                                                    | 36.08  |        |        |
|                           | In term of Effective Stress                                                |        |        |        |
|                           | φ', Degree=                                                                | 19.02  |        |        |
|                           | c', kPa=                                                                   | 31.39  |        |        |



|                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| Hole No.        | : DB3 - UD1     |
| Depth           | : 2.00 - 2.50 m |
| Test by         | : Sis           |
| Checked By      | : Sudirman      |
| Date of Testing | : 12/09/2020    |

## Specimen 01

Specimen 02Specimen 03

|                                        |                       |
|----------------------------------------|-----------------------|
| Diameter (cm)                          | 3.8 cm                |
| Height (cm)                            | 7.6 cm                |
| Initial Sample Area (cm <sup>2</sup> ) | 11.34 cm <sup>2</sup> |

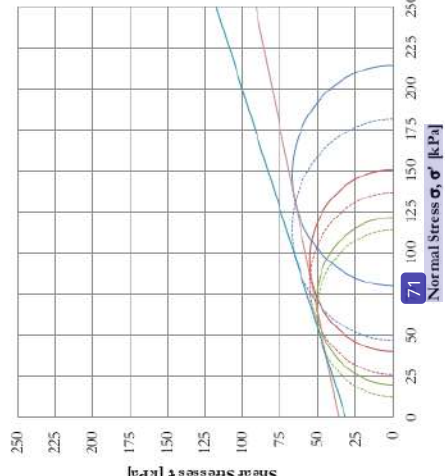
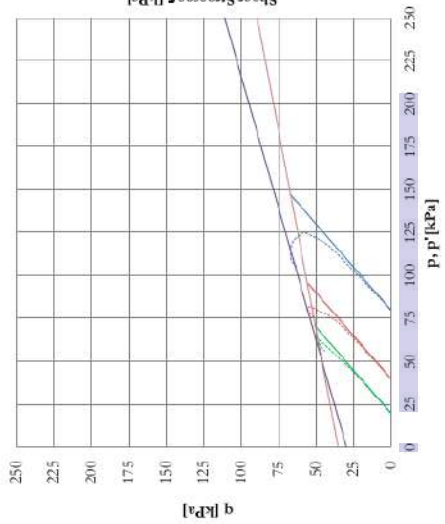
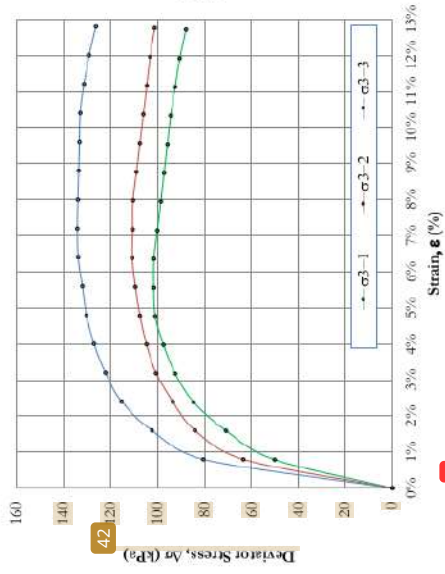
[illegible]



Project No. : 1S21052  
Client : PT. Bethesda Hospital International  
Project name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA  
Location : Jl. Lingkar Selatan Km. 2 No. 8, Ciliden - Banten  
Soil Description : Silty Clay

**TRIAXIAL CU**

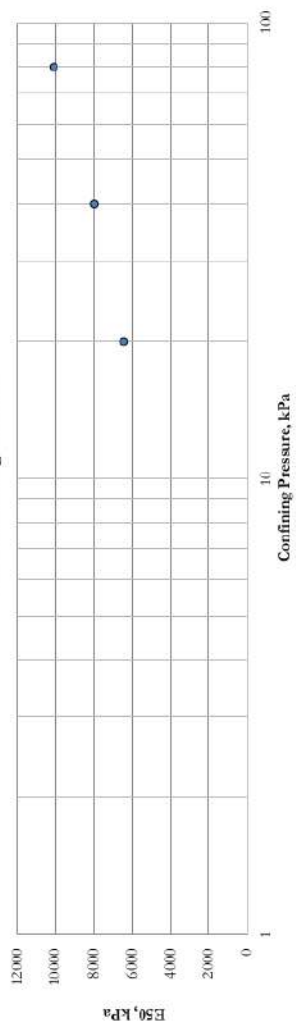
Hole No. : DB3 - UD1  
Depth : 2.00 - 2.50 m  
Test by : Sic  
Checked By : Sudirman  
Date of Testing : 12/09/2020



**Triaxial CU Test Result**

| Specimen No.                           | 1                              | 2      | 3                    |
|----------------------------------------|--------------------------------|--------|----------------------|
| Natural Moisture content, %            | 24.09%                         | 23.96% | 23.82%               |
| Specific Gravity                       | 2.81                           | 2.81   | 2.81                 |
| Density kN/m <sup>3</sup>              | 18.56                          | 18.64  | 18.78                |
| Void Ratio                             | 0.88                           | 0.87   | 0.85                 |
| Stratification, %                      | 77%                            | 77%    | 79%                  |
| Strain rate, mm/minute                 | 0.05                           | 0.05   | 0.05                 |
| Confining Pressure, kg/cm <sup>2</sup> | 20                             | 40     | 80                   |
| Deviator Stress, kg/cm <sup>2</sup>    | 101.64                         | 110.79 | 134.30               |
| Strain at failure, %                   | 5.56%                          | 6.38%  | 7.20%                |
| Shear Strength Parameters              | c <sub>u</sub> [kPa]: 36.08    |        | c' [kPa]: 31.39      |
|                                        | φ <sub>u</sub> [°]: 12.47      |        | φ' [°]: 19.02        |
| Modulus of Elasticity                  | E (kPa): 6332.80               |        | E' [kPa]: 10071.43   |
|                                        | E <sub>50</sub> (kPa): 6397.40 |        | E'50 [kPa]: 10071.43 |

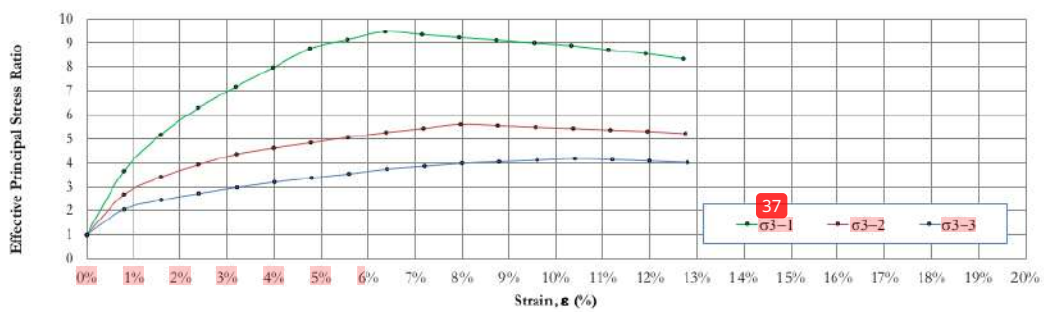
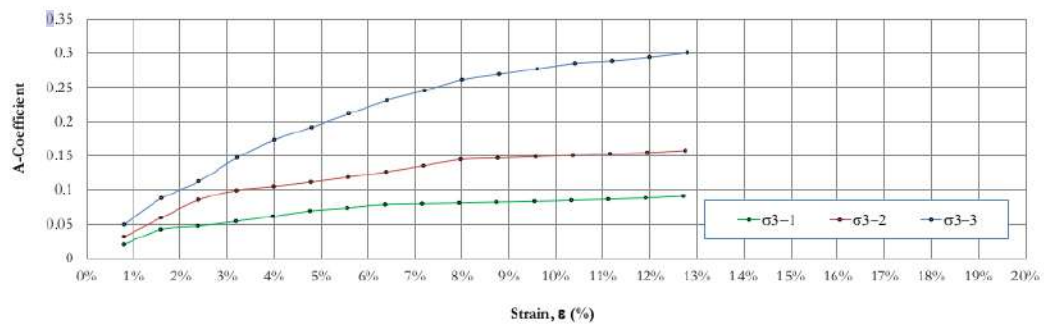
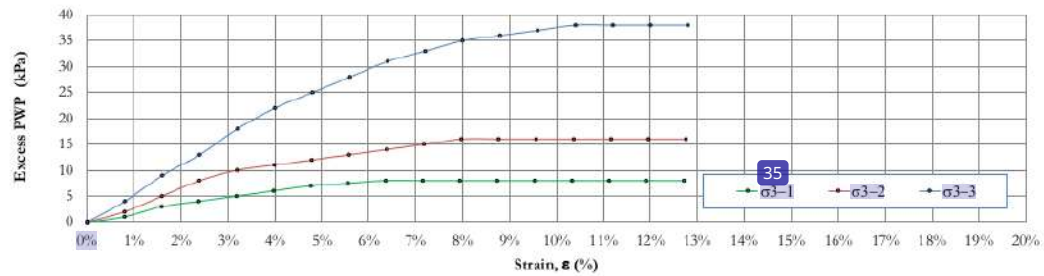
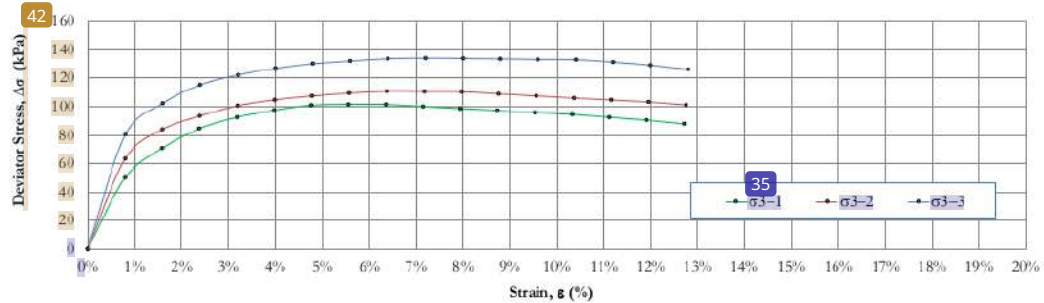
**E50 vs Confining Pressure**





Project No. : IS.21052  
Client : PT. Bethesda Hospital International  
Project name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA  
Location : Jl. Lingkar Selatan Km. 2 No. 8, Cilagon - Banten  
Soil Description : Silty Clay

Hide No. : DB3 - UD1  
Depth : 2.00 - 2.50 m  
Test by : Sis  
Checked By : Sudirman  
Date of Testing : 12/09/2020





---

**LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH**

RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
PT. Bethsaida Hospital International

---

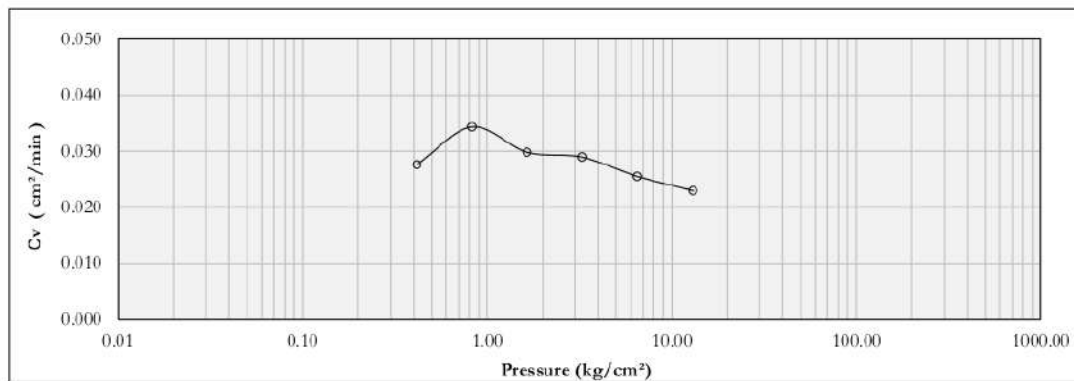
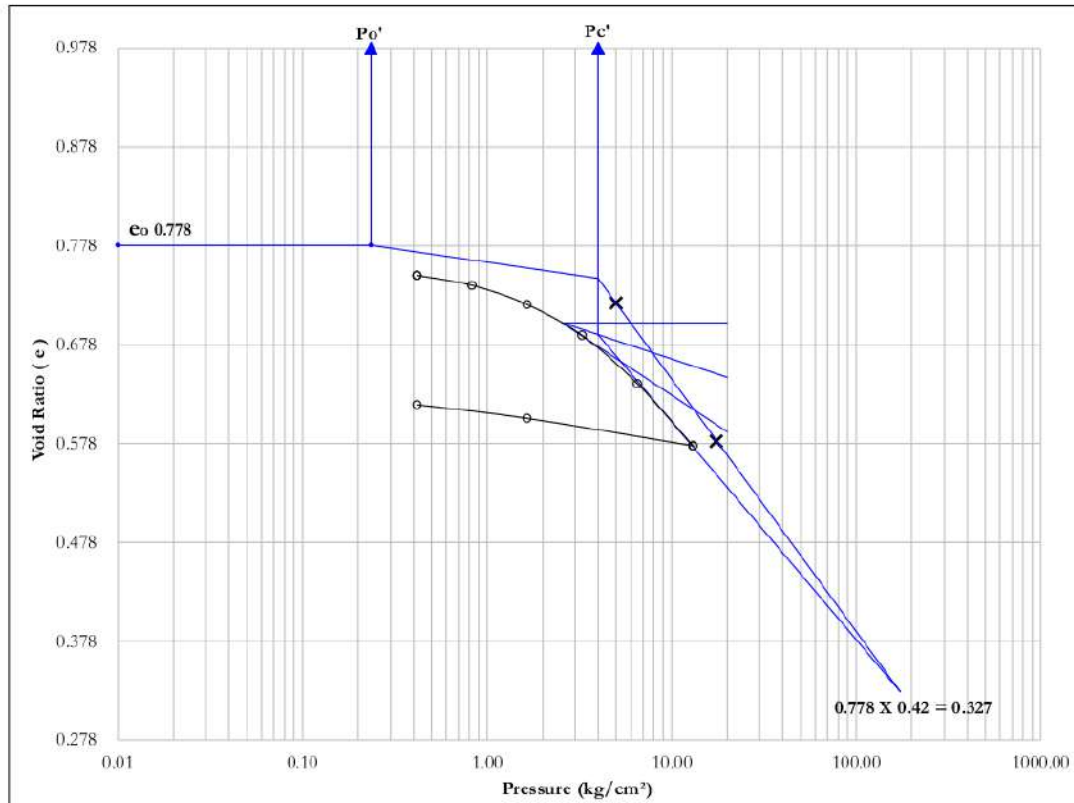
**CONSOLIDATION TEST**  
**SNI 2812:2011 / ASTM D-2435-20**

## CONSOLIDATION TEST

**Project** : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
**Location** : Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
**Date of Test** : September 14, 2021.

**Job No.** : 1S.21052  
**Sample No.** : DB 1 - UD 1  
**Depth of Sample** : 1.00 - 1.50 m

$P_{o'}$  = 0.235 kg/cm<sup>2</sup>  $C_c$  = 0.257  
 $P_{c'}$  = 4.000 kg/cm<sup>2</sup>  $C_s$  = 0.028



Tested By : Ilham

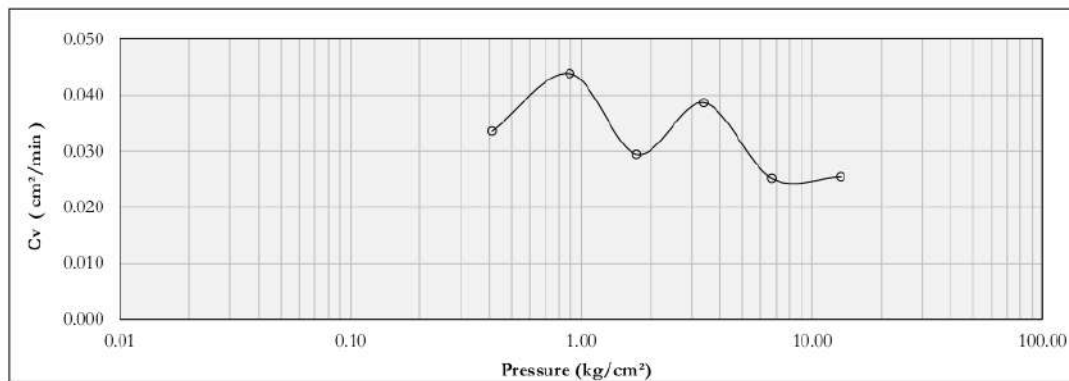
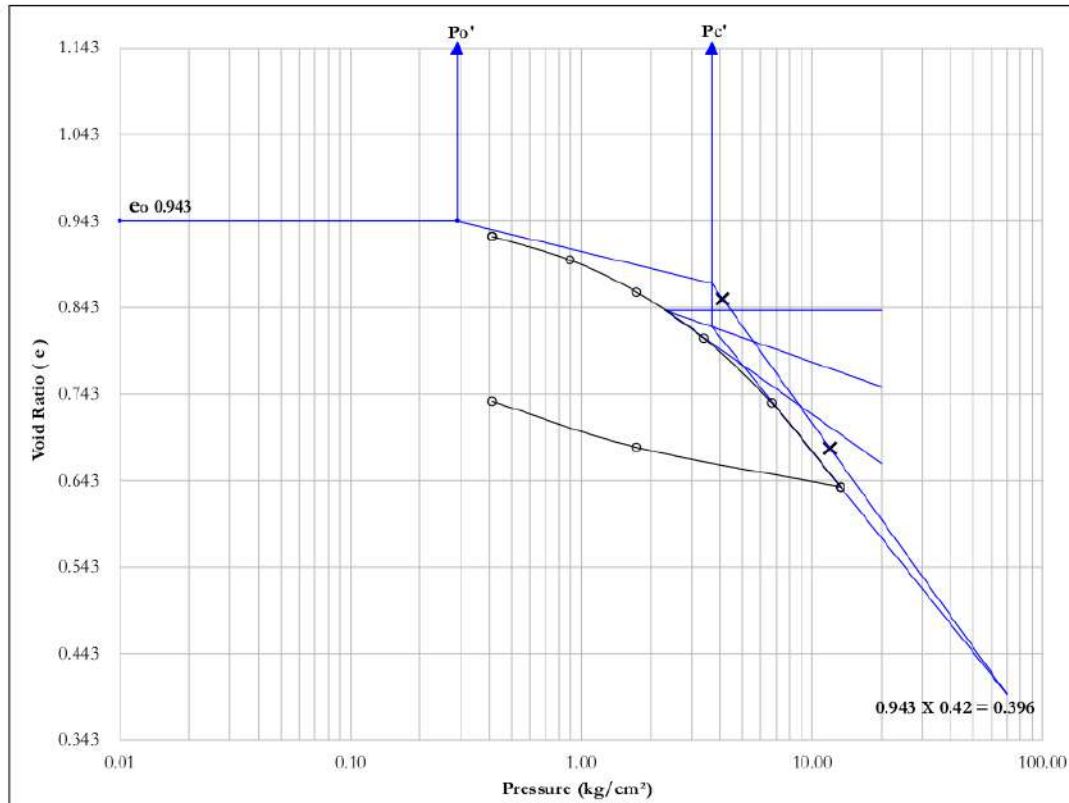
Check By : Mursani

## CONSOLIDATION TEST

**Project** : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
**Location** : Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
**Date of Test** : September 14, 2021.

**Job No.** : 1S.21052  
**Sample No.** : DB 2 - UD 1  
**Depth of Sample** : 1.50 - 2.00 m

$P_{o'}$  = 0.290 kg/cm<sup>2</sup>  $C_c$  = 0.371  
 $P_{c'}$  = 3.680 kg/cm<sup>2</sup>  $C_s$  = 0.066



Tested By : Ilham

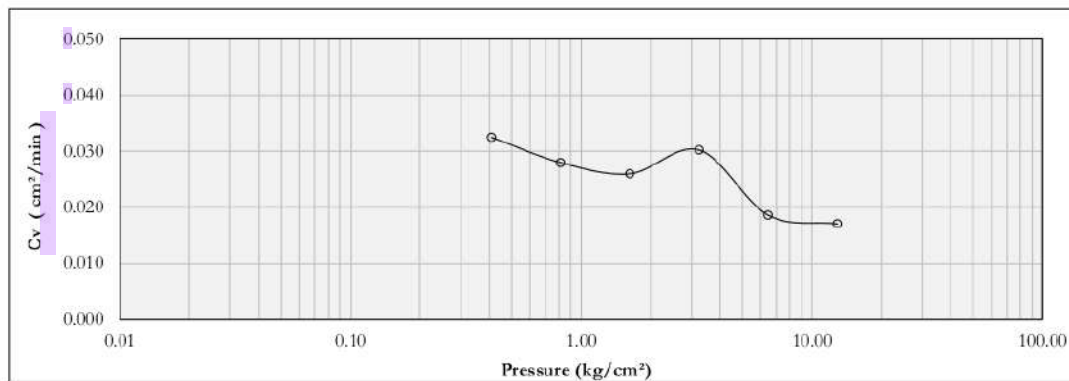
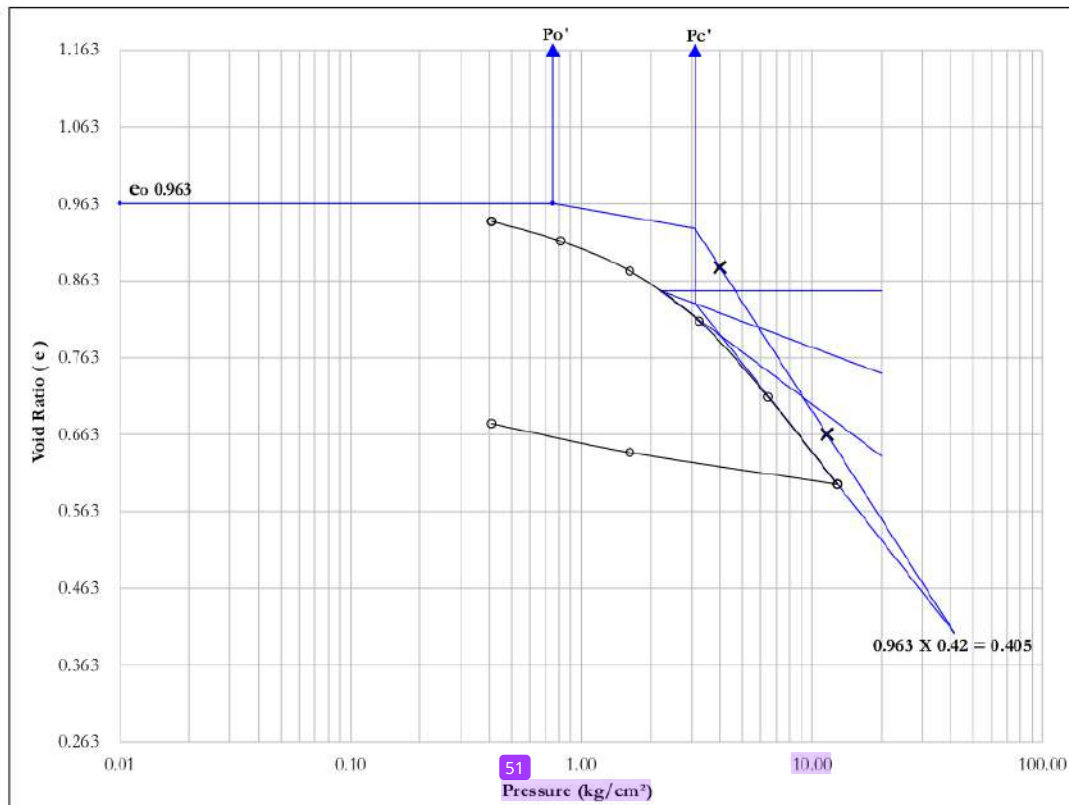
Check By : Mursani

## CONSOLIDATION TEST

**Project** : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
**Location** : Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
**Date of Test** : September 14, 2021.

**Job No.** : 1S.21052  
**Sample No.** : DB 3 - UD 2  
**Depth of Sample** : 4.00 - 4.50 m

$P_{o'}$  = 0.754 kg/cm<sup>2</sup>  $C_c$  = 0.467  
 $P_{c'}$  = 3.120 kg/cm<sup>2</sup>  $C_s$  = 0.052



Tested By : Ilham

Check By : Mursani



---

## **LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH**

RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
PT. Bethsaida Hospital International

---

## **DOKUMENTASI**



## LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH

RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
PT. Bethesda Hospital International

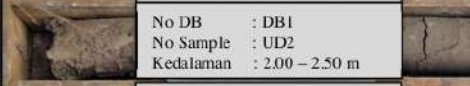


RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8  
CILEGON - BANTEN  
BOR MESIN DB.1



## LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH

RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
PT. Bethesda Hospital International

|                                                                                                                                   |                                                                                     |                                                                               |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 0.00                                                                                                                              |    | NSPT : 40/1>50<br>Jenis Tanah : Stone<br>Kedalaman : 0.50 - 0.95 m            | 1.00  |
| 1.00                                                                                                                              |    | No DB : DB1<br>No Sample : UD1<br>Kedalaman : 1.00 - 1.50 m                   | 2.00  |
| 2.00                                                                                                                              |    | No DB : DB1<br>No Sample : UD2<br>Kedalaman : 2.00 - 2.50 m                   | 3.00  |
| 3.00                                                                                                                              |    | No DB : DB1<br>No Sample : UD3<br>Kedalaman : 3.00 - 3.50 m                   | 4.00  |
| 4.00                                                                                                                              |    |                                                                               | 5.00  |
| 5.00                                                                                                                              |    | NSPT : 10.15.22.37<br>Jenis Tanah : Silt<br>Kedalaman : 5.50 - 5.95 m         | 6.00  |
| 6.00                                                                                                                              |    |                                                                               | 7.00  |
| 7.00                                                                                                                              |   | NSPT : 16.35/2>40<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 7.50 - 7.95 m | 8.00  |
| 8.00                                                                                                                              |  |                                                                               | 9.00  |
| 9.00                                                                                                                              |  | NSPT : 40/3>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 9.50 - 9.95 m    | 10.00 |
| 10.00                                                                                                                             |  |                                                                               | 11.00 |
| 11.00                                                                                                                             |  | NSPT : 42/3>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 11.50 - 11.95 m  | 12.00 |
| 12.00                                                                                                                             |  |                                                                               | 13.00 |
| 13.00                                                                                                                             |  | NSPT : 40/1>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 13.50 - 13.95 m  | 14.00 |
| 14.00                                                                                                                             |  |                                                                               | 15.00 |
| RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON<br>JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8<br>CILEGON - BANTEN<br>SAMPLE CORING & SPT DB.1 : 0.00 - 15.00 m |                                                                                     |                                                                               |       |

**LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH**

RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
PT. Bethesda Hospital International

|                                                                                                                                    |                                                                                      |                                                                              |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 15.00                                                                                                                              |    | NSPT : 40/4>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 15.50 – 15.95 m | 16.00 |
| 16.00                                                                                                                              |    |                                                                              | 17.00 |
| 17.00                                                                                                                              |    | NSPT : 43/5>40<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 17.50 – 17.95 m | 18.00 |
| 18.00                                                                                                                              |    |                                                                              | 19.00 |
| 19.00                                                                                                                              |    | NSPT : 35/4>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 19.50 – 19.95 m | 20.00 |
| 20.00                                                                                                                              |    |                                                                              | 21.00 |
| 21.00                                                                                                                              |    | NSPT : 35/5>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 21.50 – 21.95 m | 22.00 |
| 22.00                                                                                                                              |    |                                                                              | 23.00 |
| 23.00                                                                                                                              |   | NSPT : 35/5>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 23.50 – 23.95 m | 24.00 |
| 24.00                                                                                                                              |  |                                                                              | 25.00 |
| 25.00                                                                                                                              |  | NSPT : 35/5>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 25.50 – 25.95 m | 26.00 |
| 26.00                                                                                                                              |  |                                                                              | 27.00 |
| 27.00                                                                                                                              |  | NSPT : 40/4>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 27.50 – 27.95 m | 28.00 |
| 28.00                                                                                                                              |  |                                                                              | 29.00 |
| 29.00                                                                                                                              |  | NSPT : 25.40/5>50<br>Jenis Tanah : Sandy Silt<br>Kedalaman : 29.50 – 29.95 m | 30.00 |
| RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON<br>JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8<br>CILEGON - BANTEN<br>SAMPLE CORING & SPT DB.1 : 15.00 – 30.00 m |                                                                                      |                                                                              |       |



## LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH

RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
PT. Bethesda Hospital International

|                                                                                                                                                  |                                                                                      |                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 30.00                                                                                                                                            |    | 31.00                                                                                                                                                                             |
| 31.00                                                                                                                                            |                                                                                      |  <div>NSPT : 21.5,35&gt;50<br/>Jenis Tanah : Sandy Silt<br/>Kedalaman : 31.50 – 31.95 m</div>   |
| 32.00                                                                                                                                            |    | 33.00                                                                                                                                                                             |
| 33.00                                                                                                                                            |                                                                                      |  <div>NSPT : 10,15,23,38<br/>Jenis Tanah : Sandy Silt<br/>Kedalaman : 33.50 – 33.95 m</div>     |
| 34.00                                                                                                                                            |    | 35.00                                                                                                                                                                             |
| 35.00                                                                                                                                            |                                                                                      |  <div>NSPT : 12,19,28,47<br/>Jenis Tanah : Sandy Silt<br/>Kedalaman : 35.50 – 35.95 m</div>     |
| 36.00                                                                                                                                            |    | 37.00                                                                                                                                                                             |
| 37.00                                                                                                                                            |                                                                                      |  <div>NSPT : 35/7&gt;50<br/>Jenis Tanah : Cemented Silt<br/>Kedalaman : 37.50 – 37.95 m</div>  |
| 38.00                                                                                                                                            |  | 39.00                                                                                                                                                                             |
| 39.00                                                                                                                                            |                                                                                      |  <div>NSPT : 40/6&gt;50<br/>Jenis Tanah : Cemented Silt<br/>Kedalaman : 39.50 – 39.95 m</div> |
| <p>RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON<br/>JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8<br/>CILEGON - BANTEN<br/>SAMPLE CORING &amp; SPT DB.1 : 30.00 – 40.00 m</p> |                                                                                      |                                                                                                                                                                                   |



## LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH

RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
PT. Bethesda Hospital International

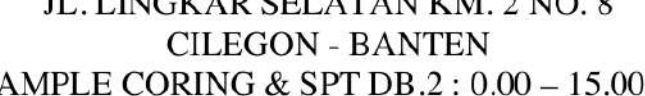


RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8  
CILEGON - BANTEN  
BOR MESIN DB.2



## LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH

RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
PT. Bethesda Hospital International

|                                                                                                                                   |                                                                                      |                                                                              |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 0.00                                                                                                                              |    | NSPT : 35.7.12<br>Jenis Tanah : Clayey Silt<br>Kedalaman : 0.50 – 0.95 m     | 1.00  |
| 1.00                                                                                                                              |    | No DB : DB2<br>No Sample : UD1<br>Kedalaman : 1.50 – 2.00 m                  | 2.00  |
| 2.00                                                                                                                              |    | NSPT : 4.6.8.14<br>Jenis Tanah : Silty Clay<br>Kedalaman : 2.00 – 2.45 m     | 3.00  |
| 3.00                                                                                                                              |    |                                                                              | 4.00  |
| 4.00                                                                                                                              |    | NSPT : 25.40/6>50<br>Jenis Tanah : Sandy Silt<br>Kedalaman : 4.00 – 4.45 m   | 5.00  |
| 5.00                                                                                                                              |    |                                                                              | 6.00  |
| 6.00                                                                                                                              |    | NSPT : 34/5>50<br>Jenis Tanah : Sandy Silt<br>Kedalaman : 6.00 – 6.45 m      | 7.00  |
| 7.00                                                                                                                              |   |                                                                              | 8.00  |
| 8.00                                                                                                                              |  | NSPT : 40/6>50<br>Jenis Tanah : Silty Sand<br>Kedalaman : 8.00 – 8.45 m      | 9.00  |
| 9.00                                                                                                                              |  |                                                                              | 10.00 |
| 10.00                                                                                                                             |  | NSPT : 35/5>50<br>Jenis Tanah : Silty Sand<br>Kedalaman : 10.00 – 10.45      | 11.00 |
| 11.00                                                                                                                             |  |                                                                              | 12.00 |
| 12.00                                                                                                                             |  | NSPT : 40/4>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 12.00 – 12.45 m | 13.00 |
| 13.00                                                                                                                             |  |                                                                              | 14.00 |
| 14.00                                                                                                                             |  | NSPT : 40/3>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 14.00 – 14.45 m | 15.00 |
| RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON<br>JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8<br>CILEGON - BANTEN<br>SAMPLE CORING & SPT DB.2 : 0.00 – 15.00 m |                                                                                      |                                                                              |       |

**LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH**

RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
PT. Bethesda Hospital International

|                                                                                                                                    |                                                                                      |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 15.00                                                                                                                              |    | 16.00 |
| 16.00                                                                                                                              | NSPT : 44/4>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 16.00 – 16.45 m         | 17.00 |
| 17.00                                                                                                                              |    | 18.00 |
| 18.00                                                                                                                              | NSPT : 45/3>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 18.00 – 18.45 m         | 19.00 |
| 19.00                                                                                                                              |    | 20.00 |
| 20.00                                                                                                                              | NSPT : 40/5>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 20.00 – 20.45 m         | 21.00 |
| 21.00                                                                                                                              |    | 22.00 |
| 22.00                                                                                                                              | NSPT : 40/5>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 22.00 – 22.45 m         | 23.00 |
| 23.00                                                                                                                              |    | 24.00 |
| 24.00                                                                                                                              | NSPT : 35/6>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 24.00 – 24.45 m         | 25.00 |
| 25.00                                                                                                                              |    | 26.00 |
| 26.00                                                                                                                              | NSPT : 35/5>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 26.00 – 26.45 m         | 27.00 |
| 27.00                                                                                                                              |   | 28.00 |
| 28.00                                                                                                                              | NSPT : 40/6>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 28.00 – 28.45 m         | 29.00 |
| 29.00                                                                                                                              |  | 30.00 |
| RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON<br>JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8<br>CILEGON - BANTEN<br>SAMPLE CORING & SPT DB.2 : 15.00 – 30.00 m |                                                                                      |       |

**LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH**

RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
PT. Bethesda Hospital International

|                                                                                                                                    |                                                                              |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 30.00                                                                                                                              | NSPT : 40/6>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 30.00 – 30.45 m | 31.00 |
| 31.00                                                                                                                              |                                                                              | 32.00 |
| 32.00                                                                                                                              | NSPT : 40/8>50<br>Jenis Tanah : Silty Sand<br>Kedalaman : 32.00 – 32.45 m    | 33.00 |
| 33.00                                                                                                                              |                                                                              | 34.00 |
| 34.00                                                                                                                              | NSPT : 40/7>50<br>Jenis Tanah : Silty Sand<br>Kedalaman : 34.00 – 34.45 m    | 35.00 |
| 35.00                                                                                                                              |                                                                              | 36.00 |
| 36.00                                                                                                                              | NSPT : 45/7>50<br>Jenis Tanah : Silty Sand<br>Kedalaman : 36.00 – 36.45 m    | 37.00 |
| 37.00                                                                                                                              |                                                                              | 38.00 |
| 38.00                                                                                                                              | NSPT : 27/35/5>50<br>Jenis Tanah : Silty Sand<br>Kedalaman : 38.00 – 38.45 m | 39.00 |
| 39.00                                                                                                                              | NSPT : 40/6>50<br>Jenis Tanah : Silty Sand<br>Kedalaman : 39.50 – 39.95 m    | 40.00 |
| RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON<br>JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8<br>CILEGON - BANTEN<br>SAMPLE CORING & SPT DB.2 : 30.00 – 40.00 m |                                                                              |       |



## LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH

RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
PT. Bethsaida Hospital International



RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8  
CILEGON - BANTEN  
BOR MESIN DB.3



## LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH

RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
PT. Bethesda Hospital International

|                                                                                                                                   |                                                                                      |                                                                                                                                         |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 0.00                                                                                                                              |    | NSPT : 3.4.6.10<br>Jenis Tanah : Silty Clay<br>Kedalaman : 0.50 – 0.95 m                                                                | 1.00  |
| 1.00                                                                                                                              |    |                                                                                                                                         | 2.00  |
| 2.00                                                                                                                              |    | No DB : DB3<br>No Sample : UD1<br>Kedalaman : 2.00 – 2.50 m<br>NSPT : 3.5.6.11<br>Jenis Tanah : Silty Clay<br>Kedalaman : 2.50 – 2.95 m | 3.00  |
| 3.00                                                                                                                              |    |                                                                                                                                         | 4.00  |
| 4.00                                                                                                                              |    | No DB : DB3<br>No Sample : UD2<br>Kedalaman : 4.00 – 4.50 m<br>NSPT : 4.6.7.13<br>Jenis Tanah : Silty Clay<br>Kedalaman : 4.50 – 4.95 m | 5.00  |
| 5.00                                                                                                                              |    |                                                                                                                                         | 6.00  |
| 6.00                                                                                                                              |    | NSPT : 12.19.25.44<br>Jenis Tanah : Silty Sand<br>Kedalaman : 6.50 – 6.95 m                                                             | 7.00  |
| 7.00                                                                                                                              |    |                                                                                                                                         | 8.00  |
| 8.00                                                                                                                              |  | NSPT : 15.21.29.50<br>Jenis Tanah : Silty Sand<br>Kedalaman : 8.50 – 8.95 m                                                             | 9.00  |
| 9.00                                                                                                                              |  |                                                                                                                                         | 10.00 |
| 10.00                                                                                                                             |  | NSPT : 14.22.30>50<br>Jenis Tanah : Silty Sand<br>Kedalaman : 10.50 – 10.95 m                                                           | 11.00 |
| 11.00                                                                                                                             |  |                                                                                                                                         | 12.00 |
| 12.00                                                                                                                             |  | NSPT : 16.25.34>50<br>Jenis Tanah : Silty Sand<br>Kedalaman : 12.50 – 12.95 m                                                           | 13.00 |
| 13.00                                                                                                                             |  |                                                                                                                                         | 14.00 |
| 14.00                                                                                                                             |  | NSPT : 18.27.35/6>50<br>Jenis Tanah : Silty Sand<br>Kedalaman : 14.50 – 14.95 m                                                         | 15.00 |
| RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON<br>JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8<br>CILEGON - BANTEN<br>SAMPLE CORING & SPT DB.3 : 0.00 – 15.00 m |                                                                                      |                                                                                                                                         |       |

**LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH**

RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON

Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten

PT. Bethesda Hospital International

|                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                    |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 15.00                                                                                                                                                              |                                                                                                  | 16.00 |
| 16.00                                                                                                                                                              |  <div>NSPT : 28.40/7&gt;50<br/>Jenis Tanah : Cemented Sand<br/>Kedalaman : 16.50 – 16.95 m</div> | 17.00 |
| 17.00                                                                                                                                                              |                                                                                                  | 18.00 |
| 18.00                                                                                                                                                              |  <div>NSPT : 40/6&gt;50<br/>Jenis Tanah : Cemented Sand<br/>Kedalaman : 18.50 – 18.95 m</div>    | 19.00 |
| 19.00                                                                                                                                                              |                                                                                                  | 20.00 |
| 20.00                                                                                                                                                              |  <div>NSPT : 35/6&gt;50<br/>Jenis Tanah : Cemented Sand<br/>Kedalaman : 20.50 – 20.95 m</div>    | 21.00 |
| 21.00                                                                                                                                                              |                                                                                                  | 22.00 |
| 22.00                                                                                                                                                              |  <div>NSPT : 40/5&gt;50<br/>Jenis Tanah : Cemented Sand<br/>Kedalaman : 22.50 – 22.95 m</div>    | 23.00 |
| 23.00                                                                                                                                                              |                                                                                                 | 24.00 |
| 24.00                                                                                                                                                              |  <div>NSPT : 40/4&gt;50<br/>Jenis Tanah : Cemented Sand<br/>Kedalaman : 24.50 – 24.95 m</div>  | 25.00 |
| 25.00                                                                                                                                                              |                                                                                                | 26.00 |
| 26.00                                                                                                                                                              |  <div>NSPT : 40/5&gt;50<br/>Jenis Tanah : Cemented Sand<br/>Kedalaman : 26.50 – 26.95 m</div>  | 27.00 |
| 27.00                                                                                                                                                              |                                                                                                | 28.00 |
| 28.00                                                                                                                                                              |  <div>NSPT : 45/5&gt;50<br/>Jenis Tanah : Cemented Sand<br/>Kedalaman : 28.50 – 28.95 m</div>  | 29.00 |
| 29.00                                                                                                                                                              |                                                                                                | 30.00 |
| <b>RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON</b><br><b>JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8</b><br><b>CILEGON - BANTEN</b><br><b>SAMPLE CORING &amp; SPT DB.3 : 15.00 – 30.00 m</b> |                                                                                                                                                                                    |       |

**LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH**

RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON

Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten

PT. Bethesda Hospital International

|                                                                                                                                    |                                                                                      |                                                                               |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 30.00                                                                                                                              |    | NSPT : 45/5>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 30.50 – 30.95 m  | 31.00 |
| 31.00                                                                                                                              |    |                                                                               | 32.00 |
| 32.00                                                                                                                              |    | NSPT : 40/5>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 32.50 – 32.95 m  | 33.00 |
| 33.00                                                                                                                              |    |                                                                               | 34.00 |
| 34.00                                                                                                                              |    | NSPT : 35/6>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 34.50 – 34.95 m  | 35.00 |
| 35.00                                                                                                                              |    |                                                                               | 36.00 |
| 36.00                                                                                                                              |    | NSPT : 11.15.21.36<br>Jenis Tanah : Sandy Silt<br>Kedalaman : 36.50 – 36.95 m | 37.00 |
| 37.00                                                                                                                              |    |                                                                               | 38.00 |
| 38.00                                                                                                                              |   | NSPT : 40/5>50<br>Jenis Tanah : Cemented Silt<br>Kedalaman : 38.50 – 38.95 m  | 39.00 |
| 39.00                                                                                                                              |  | NSPT : 40/6>50<br>Jenis Tanah : Cemented Silt<br>Kedalaman : 39.50 – 39.95 m  | 40.00 |
| RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON<br>JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8<br>CILEGON - BANTEN<br>SAMPLE CORING & SPT DB.3 : 30.00 – 40.00 m |                                                                                      |                                                                               |       |



## LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH

RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
PT. Bethsaida Hospital International



RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8  
CILEGON - BANTEN  
BOR MESIN DB.4

**LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH**

RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
PT. Bethesda Hospital International

|                                                                                                                                   |                                                                                                                                                   |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 0.00                                                                                                                              |                                                                 | 1.00  |
| 1.00                                                                                                                              | NSPT : 2.4.4.8<br>Jenis Tanah : Silty Clay<br>Kedalaman : 1.00 – 1.45 m                                                                           | 2.00  |
| 2.00                                                                                                                              | <br>No DB : DB4<br>No Sample : UD1<br>Kedalaman : 2.50 – 3.00 m | 3.00  |
| 3.00                                                                                                                              | NSPT : 4.6.7.13<br>Jenis Tanah : Silty Clay<br>Kedalaman : 3.00 – 3.45 m                                                                          | 4.00  |
| 4.00                                                                                                                              |                                                                 | 5.00  |
| 5.00                                                                                                                              | NSPT : 6.15.18.33<br>Jenis Tanah : Silt<br>Kedalaman : 5.00 – 5.45 m                                                                              | 6.00  |
| 6.00                                                                                                                              |                                                                 | 7.00  |
| 7.00                                                                                                                              | NSPT : 12.17.21.38<br>Jenis Tanah : Silt<br>Kedalaman : 7.00 – 7.45 m                                                                             | 8.00  |
| 8.00                                                                                                                              |                                                                 | 9.00  |
| 9.00                                                                                                                              | NSPT : 16.35/7>50<br>Jenis Tanah : Sand<br>Kedalaman : 9.00 – 9.45 m                                                                              | 10.00 |
| 10.00                                                                                                                             |                                                                 | 11.00 |
| 11.00                                                                                                                             | NSPT : 18.35/6>50<br>Jenis Tanah : Sand<br>Kedalaman : 11.00 – 11.45 m                                                                            | 12.00 |
| 12.00                                                                                                                             |                                                                 | 13.00 |
| 13.00                                                                                                                             | NSPT : 35/7>50<br>Jenis Tanah : Silty Sand<br>Kedalaman : 13.00 – 13.45 m                                                                         | 14.00 |
| 14.00                                                                                                                             |                                                                | 15.00 |
| RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON<br>JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8<br>CILEGON - BANTEN<br>SAMPLE CORING & SPT DB.4 : 0.00 – 15.00 m |                                                                                                                                                   |       |

**LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH**

RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON

Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten

PT. Bethesda Hospital International

|                                                                                                                                    |                                                                              |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 15.00                                                                                                                              | NSPT : 35/7>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 15.00 – 15.45 m | 16.00 |
| 16.00                                                                                                                              |                                                                              | 17.00 |
| 17.00                                                                                                                              | NSPT : 40/5>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 17.00 – 17.45 m | 18.00 |
| 18.00                                                                                                                              |                                                                              | 19.00 |
| 19.00                                                                                                                              | NSPT : 40/5>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 19.00 – 19.45 m | 20.00 |
| 20.00                                                                                                                              |                                                                              | 21.00 |
| 21.00                                                                                                                              | NSPT : 45/6>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 21.00 – 21.45 m | 22.00 |
| 22.00                                                                                                                              |                                                                              | 23.00 |
| 23.00                                                                                                                              | NSPT : 40/6>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 23.00 – 23.45 m | 24.00 |
| 24.00                                                                                                                              |                                                                              | 25.00 |
| 25.00                                                                                                                              | NSPT : 40/6>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 25.00 – 25.45 m | 26.00 |
| 26.00                                                                                                                              |                                                                              | 27.00 |
| 27.00                                                                                                                              | NSPT : 40/7>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 27.00 – 27.45 m | 28.00 |
| 28.00                                                                                                                              |                                                                              | 29.00 |
| 29.00                                                                                                                              | NSPT : 40/5>50<br>Jenis Tanah : Cemented Sand<br>Kedalaman : 29.00 – 29.45 m | 30.00 |
| RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON<br>JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8<br>CILEGON - BANTEN<br>SAMPLE CORING & SPT DB.4 : 15.00 – 30.00 m |                                                                              |       |

**LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH**

RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON  
Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten  
PT. Bethesda Hospital International

|                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 30.00                                                                                                                                                                        |                                                                                              | 31.00 |
| 31.00                                                                                                                                                                        | <div>NSPT : 8.12.16.28<br/>Jenis Tanah : Silty Clay<br/>Kedalaman : 31.00 – 31.45 m</div>    | 32.00 |
| 32.00                                                                                                                                                                        |                                                                                              | 33.00 |
| 33.00                                                                                                                                                                        | <div>NSPT : 10.15.21.36<br/>Jenis Tanah : Silty Clay<br/>Kedalaman : 33.00 – 33.45 m</div>   | 34.00 |
| 34.00                                                                                                                                                                        |                                                                                              | 35.00 |
| 35.00                                                                                                                                                                        | <div>NSPT : 5.12.16.28<br/>Jenis Tanah : Silty Clay<br/>Kedalaman : 35.00 – 35.45 m</div>    | 36.00 |
| 36.00                                                                                                                                                                        |                                                                                              | 37.00 |
| 37.00                                                                                                                                                                        | <div>NSPT : 10.15.18.33<br/>Jenis Tanah : Silty Clay<br/>Kedalaman : 37.00 – 37.45 m</div>  | 38.00 |
| 38.00                                                                                                                                                                        |                                                                                            | 39.00 |
| 39.00                                                                                                                                                                        | <div>NSPT : 9.13.18.31<br/>Jenis Tanah : Silty Clay<br/>Kedalaman : 39.50 – 39.95 m</div>  | 40.00 |
| <p><b>RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON</b><br/><b>JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8</b><br/><b>CILEGON - BANTEN</b><br/><b>SAMPLE CORING &amp; SPT DB.4 : 30.00 – 40.00 m</b></p> |                                                                                                                                                                                |       |

## ORIGINALITY REPORT

26%

SIMILARITY INDEX

25%

INTERNET SOURCES

5%

PUBLICATIONS

8%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

|   |                                              |    |
|---|----------------------------------------------|----|
| 1 | e-journal.uajy.ac.id<br>Internet Source      | 4% |
| 2 | repository.ub.ac.id<br>Internet Source       | 2% |
| 3 | dspace.uii.ac.id<br>Internet Source          | 2% |
| 4 | eprints.untirta.ac.id<br>Internet Source     | 2% |
| 5 | www.scribd.com<br>Internet Source            | 2% |
| 6 | openjicareport.jica.go.jp<br>Internet Source | 2% |
| 7 | ejournal.unsrat.ac.id<br>Internet Source     | 1% |
| 8 | repository.its.ac.id<br>Internet Source      | 1% |
| 9 | positori.uma.ac.id<br>Internet Source        | 1% |

|    |                                                                                                   |      |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 10 | <a href="http://tekniklepas pantai.itb.ac.id">tekniklepas pantai.itb.ac.id</a><br>Internet Source | 1 %  |
| 11 | Submitted to University of South Australia<br>Student Paper                                       | <1 % |
| 12 | Submitted to UIN Maulana Malik Ibrahim Malang<br>Student Paper                                    | <1 % |
| 13 | <a href="http://www.vta.org">www.vta.org</a><br>Internet Source                                   | <1 % |
| 14 | <a href="http://repository.unhas.ac.id">repository.unhas.ac.id</a><br>Internet Source             | <1 % |
| 15 | <a href="http://docplayer.info">docplayer.info</a><br>Internet Source                             | <1 % |
| 16 | <a href="http://elibrary.unikom.ac.id">elibrary.unikom.ac.id</a><br>Internet Source               | <1 % |
| 17 | <a href="http://jurnal.pusjatan.pu.go.id">jurnal.pusjatan.pu.go.id</a><br>Internet Source         | <1 % |
| 18 | <a href="http://jurnal.untirta.ac.id">jurnal.untirta.ac.id</a><br>Internet Source                 | <1 % |
| 19 | <a href="http://journal.uny.ac.id">journal.uny.ac.id</a><br>Internet Source                       | <1 % |
| 20 | <a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a><br>Internet Source                                     | <1 % |
| 21 | <a href="http://fddocuments.in">fddocuments.in</a>                                                |      |

<1 %

22

[www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)

Internet Source

<1 %

23

[ejurnal.itenas.ac.id](http://ejurnal.itenas.ac.id)

Internet Source

<1 %

24

[www.trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id](http://www.trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id)

Internet Source

<1 %

25

"Earthquake Geotechnics", Springer Science and Business Media LLC, 2022

Publication

<1 %

26

[lib.ui.ac.id](http://lib.ui.ac.id)

Internet Source

<1 %

27

[anzdoc.com](http://anzdoc.com)

Internet Source

<1 %

28

[repository.unej.ac.id](http://repository.unej.ac.id)

Internet Source

<1 %

29

[jurnal.unsyiah.ac.id](http://jurnal.unsyiah.ac.id)

Internet Source

<1 %

30

Submitted to Syiah Kuala University

Student Paper

<1 %

31

Submitted to Universitas Islam Indonesia

Student Paper

<1 %

32

[pdfcoffee.com](http://pdfcoffee.com)

Internet Source

<1 %

33

[lib.unnes.ac.id](http://lib.unnes.ac.id)

Internet Source

<1 %

34

[id.123dok.com](http://id.123dok.com)

Internet Source

<1 %

35

[www.eecs.harvard.edu](http://www.eecs.harvard.edu)

Internet Source

<1 %

36

Mohd Firoj, Ashish Bahuguna. "Evaluation of liquefaction potential using ground response analysis incorporating mohr-coulomb model", Innovative Infrastructure Solutions, 2022

Publication

<1 %

37

[soar-ir.repo.nii.ac.jp](http://soar-ir.repo.nii.ac.jp)

Internet Source

<1 %

38

[repository.unpar.ac.id](http://repository.unpar.ac.id)

Internet Source

<1 %

39

Submitted to Universitas Sebelas Maret

Student Paper

<1 %

40

[adoc.pub](http://adoc.pub)

Internet Source

<1 %

41

Submitted to King Fahd University for Petroleum and Minerals

Student Paper

<1 %

[geoeng.ca](http://geoeng.ca)

42

Internet Source

&lt;1 %

43

[recordcenter.sgc.gov.co](http://recordcenter.sgc.gov.co)

Internet Source

&lt;1 %

44

[etd.repository.ugm.ac.id](http://etd.repository.ugm.ac.id)

Internet Source

&lt;1 %

45

[repository.uin-alauddin.ac.id](http://repository.uin-alauddin.ac.id)

Internet Source

&lt;1 %

46

Submitted to Yonkers High School

Student Paper

&lt;1 %

47

[repository.mercubuana.ac.id](http://repository.mercubuana.ac.id)

Internet Source

&lt;1 %

48

[doku.pub](http://doku.pub)

Internet Source

&lt;1 %

49

[repository.bakrie.ac.id](http://repository.bakrie.ac.id)

Internet Source

&lt;1 %

50

[123dok.com](http://123dok.com)

Internet Source

&lt;1 %

51

[idoc.tips](http://idoc.tips)

Internet Source

&lt;1 %

52

Submitted to Defense University

Student Paper

&lt;1 %

53

Submitted to Ondokuz Mayıs Universitesi

Student Paper

&lt;1 %

|    |                                                                                                                                                                                                           |      |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 54 | Tsubasa Sasaki, Reiko Kuwano. "Undrained cyclic triaxial testing on sand with non-plastic fines content cemented with microbially induced CaCO <sub>3</sub> ", Soils and Foundations, 2016<br>Publication | <1 % |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|

---

|    |                                                         |      |
|----|---------------------------------------------------------|------|
| 55 | Submitted to Universitas Sam Ratulangi<br>Student Paper | <1 % |
|----|---------------------------------------------------------|------|

---

|    |                                                                                               |      |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 56 | <a href="http://repository.uinbanten.ac.id">repository.uinbanten.ac.id</a><br>Internet Source | <1 % |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------|

---

|    |                                                                  |      |
|----|------------------------------------------------------------------|------|
| 57 | Submitted to Universitas Muhammadiyah Surakarta<br>Student Paper | <1 % |
|----|------------------------------------------------------------------|------|

---

|    |                                                  |      |
|----|--------------------------------------------------|------|
| 58 | Submitted to Universitas Jember<br>Student Paper | <1 % |
|----|--------------------------------------------------|------|

---

|    |                                                           |      |
|----|-----------------------------------------------------------|------|
| 59 | <a href="http://idoc.pub">idoc.pub</a><br>Internet Source | <1 % |
|----|-----------------------------------------------------------|------|

---

|    |                                                                           |      |
|----|---------------------------------------------------------------------------|------|
| 60 | <a href="http://repo.itera.ac.id">repo.itera.ac.id</a><br>Internet Source | <1 % |
|----|---------------------------------------------------------------------------|------|

---

|    |                                                                         |      |
|----|-------------------------------------------------------------------------|------|
| 61 | <a href="http://medicastore.com">medicastore.com</a><br>Internet Source | <1 % |
|----|-------------------------------------------------------------------------|------|

---

|    |                                                                                   |      |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------|------|
| 62 | <a href="http://repositori.usu.ac.id">repositori.usu.ac.id</a><br>Internet Source | <1 % |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------|------|

---

|    |                                                                                           |      |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 63 | <a href="http://sml.sipil.ft.unand.ac.id">sml.sipil.ft.unand.ac.id</a><br>Internet Source | <1 % |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------|------|

---

Submitted to Universitas Brawijaya

64

Student Paper

&lt;1 %

65

[ejournal.unib.ac.id](http://ejournal.unib.ac.id)

Internet Source

&lt;1 %

66

[eprints.umm.ac.id](http://eprints.umm.ac.id)

Internet Source

&lt;1 %

67

[research-report.umm.ac.id](http://research-report.umm.ac.id)

Internet Source

&lt;1 %

68

[id.scribd.com](http://id.scribd.com)

Internet Source

&lt;1 %

69

[repository.stei.ac.id](http://repository.stei.ac.id)

Internet Source

&lt;1 %

70

[adjar.grid.id](http://adjar.grid.id)

Internet Source

&lt;1 %

71

[mobt3ath.com](http://mobt3ath.com)

Internet Source

&lt;1 %

72

[repository.untirta.ac.id](http://repository.untirta.ac.id)

Internet Source

&lt;1 %

73

[scholarship.rice.edu](http://scholarship.rice.edu)

Internet Source

&lt;1 %

74

[digilib.unila.ac.id](http://digilib.unila.ac.id)

Internet Source

&lt;1 %

75

[vestnikmgsu.ru](http://vestnikmgsu.ru)

Internet Source

&lt;1 %

|    |                                                                |      |
|----|----------------------------------------------------------------|------|
| 76 | <a href="#">dokumen.tips</a><br>Internet Source                | <1 % |
| 77 | <a href="#">ipa.pelajaran.co.id</a><br>Internet Source         | <1 % |
| 78 | <a href="#">ens.dk</a><br>Internet Source                      | <1 % |
| 79 | <a href="#">jurnal.unissula.ac.id</a><br>Internet Source       | <1 % |
| 80 | <a href="#">rencute-ozha.blogspot.com</a><br>Internet Source   | <1 % |
| 81 | <a href="#">repo.iain-tulungagung.ac.id</a><br>Internet Source | <1 % |
| 82 | <a href="#">repository.trisakti.ac.id</a><br>Internet Source   | <1 % |
| 83 | <a href="#">www.scielo.br</a><br>Internet Source               | <1 % |
| 84 | <a href="#">es.scribd.com</a><br>Internet Source               | <1 % |
| 85 | <a href="#">etd.unsyiah.ac.id</a><br>Internet Source           | <1 % |
| 86 | <a href="#">journal.uii.ac.id</a><br>Internet Source           | <1 % |
| 87 | <a href="#">media.neliti.com</a><br>Internet Source            | <1 % |

|    |                                                                                                                                                    |      |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 88 | <a href="https://repositorio-aberto.up.pt">repositorio-aberto.up.pt</a><br>Internet Source                                                         | <1 % |
| 89 | <a href="https://repository.atmaluhur.ac.id">repository.atmaluhur.ac.id</a><br>Internet Source                                                     | <1 % |
| 90 | <a href="https://repository.unismabekasi.ac.id">repository.unismabekasi.ac.id</a><br>Internet Source                                               | <1 % |
| 91 | <a href="https://sipeg.unj.ac.id">sipeg.unj.ac.id</a><br>Internet Source                                                                           | <1 % |
| 92 | <a href="http://www.inibanten.com">www.inibanten.com</a><br>Internet Source                                                                        | <1 % |
| 93 | <a href="https://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a><br>Internet Source                                                                     | <1 % |
| 94 | Jean-Louis Briaud. "Geotechnical Engineering", Wiley, 2013<br>Publication                                                                          | <1 % |
| 95 | Mihir Roy. "Geotechnical and Foundation Engineering Practice in Industrial Projects", Springer Science and Business Media LLC, 2024<br>Publication | <1 % |
| 96 | <a href="http://javawonders.com">javawonders.com</a><br>Internet Source                                                                            | <1 % |
| 97 | <a href="https://repository.unib.ac.id">repository.unib.ac.id</a><br>Internet Source                                                               | <1 % |

---

Exclude quotes      Off

Exclude matches      Off

Exclude bibliography      On

# TA - Shofarina Ika JS - 3336200007 (1).pdf

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15

PAGE 16

PAGE 17

PAGE 18

PAGE 19

PAGE 20

PAGE 21

PAGE 22

PAGE 23

PAGE 24

PAGE 25

PAGE 26

---

PAGE 27

---

PAGE 28

---

PAGE 29

---

PAGE 30

---

PAGE 31

---

PAGE 32

---

PAGE 33

---

PAGE 34

---

PAGE 35

---

PAGE 36

---

PAGE 37

---

PAGE 38

---

PAGE 39

---

PAGE 40

---

PAGE 41

---

PAGE 42

---

PAGE 43

---

PAGE 44

---

PAGE 45

---

PAGE 46

---

PAGE 47

---

PAGE 48

---

PAGE 49

---

PAGE 50

---

PAGE 51

---

PAGE 52

PAGE 53

PAGE 54

PAGE 55

PAGE 56

PAGE 57

PAGE 58

PAGE 59

PAGE 60

PAGE 61

PAGE 62

PAGE 63

PAGE 64

PAGE 65

PAGE 66

PAGE 67

PAGE 68

PAGE 69

PAGE 70

PAGE 71

PAGE 72

PAGE 73

PAGE 74

PAGE 75

PAGE 76

PAGE 77

PAGE 78

PAGE 79

PAGE 80

PAGE 81

PAGE 82

PAGE 83

PAGE 84

PAGE 85

PAGE 86

PAGE 87

PAGE 88

PAGE 89

PAGE 90

PAGE 91

PAGE 92

PAGE 93

PAGE 94

PAGE 95

PAGE 96

PAGE 97

PAGE 98

PAGE 99

PAGE 100

PAGE 101

PAGE 102

PAGE 103

PAGE 104

---

PAGE 105

---

PAGE 106

---

PAGE 107

---

PAGE 108

---

PAGE 109

---

PAGE 110

---

PAGE 111

---

PAGE 112

---

PAGE 113

---

PAGE 114

---

PAGE 115

---

PAGE 116

---

PAGE 117

---

PAGE 118

---

PAGE 119

---

PAGE 120

---

PAGE 121

---

PAGE 122

---

PAGE 123

---

PAGE 124

---

PAGE 125

---

PAGE 126

---

PAGE 127

---

PAGE 128

---

PAGE 129

---

PAGE 130

---

PAGE 131

---

PAGE 132

---

PAGE 133

---

PAGE 134

---

PAGE 135

---

PAGE 136

---

PAGE 137

---

PAGE 138

---

PAGE 139

---

PAGE 140

---

PAGE 141

---

PAGE 142

---

PAGE 143

---

PAGE 144

---

PAGE 145

---

PAGE 146

---

PAGE 147

---

PAGE 148

---

PAGE 149

---

PAGE 150

---

PAGE 151

---

PAGE 152

---

PAGE 153

---

PAGE 154

---

PAGE 155

---

PAGE 156

---

PAGE 157

---

PAGE 158

---

PAGE 159

---

PAGE 160

---

PAGE 161

---

PAGE 162

---

PAGE 163

---

PAGE 164

---

PAGE 165

---

PAGE 166

---

PAGE 167

---

PAGE 168

---

PAGE 169

---

PAGE 170

---

PAGE 171

---

PAGE 172

---

PAGE 173

---

PAGE 174

---

PAGE 175

---

PAGE 176

---

PAGE 177

---

PAGE 178

---

PAGE 179

---

PAGE 180

---

PAGE 181

---

PAGE 182

PAGE 183

PAGE 184

PAGE 185

PAGE 186

PAGE 187

PAGE 188

PAGE 189

PAGE 190

PAGE 191

PAGE 192

PAGE 193

PAGE 194

PAGE 195

PAGE 196

PAGE 197

PAGE 198

PAGE 199

PAGE 200

PAGE 201

PAGE 202

PAGE 203

PAGE 204

PAGE 205

PAGE 206

PAGE 207

PAGE 208

---

PAGE 209

---

PAGE 210

---

PAGE 211

---

PAGE 212

---

PAGE 213

---

PAGE 214

---

PAGE 215

---

PAGE 216

---

PAGE 217

---

PAGE 218

---

PAGE 219

---

PAGE 220

---

PAGE 221

---

PAGE 222

---