

**ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI BERDASARKAN DATA SPT DAN
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

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA

TAHUN 2024

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya sebagai penulis skripsi berikut :

Judul : Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Dan
Alternatif Perbaikannya Dengan Metode Stone Column
(Studi Kasus : Proyek Pembangunan Bethesda Hospital
Serang)

Nama : Shofarina Ika Juniar Susanti

NIM : 3336200007

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja dinyatakan melalui lembar ini.

Cilegon, 23 Juli 2024



Shofarina Ika Juniar Susanti

NIM. 3336200007

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

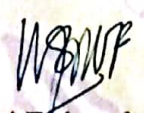
Telah Dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada Tanggal:

Dewan Penguji

Pembimbing I

Pembimbing II

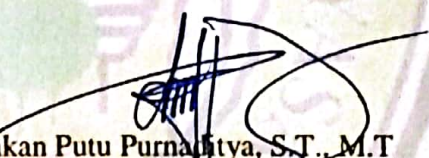

Rama Indera Kusuma, S.T., M.T
NIP. 198108222006041001


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

Penguji I

Penguji II


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


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

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

Tanggal:

Ketua Jurusan Teknik Sipil


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 Roften, 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

Likuifaksi 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 likuifaksi 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 likuifaksi menggunakan metode Seed dan Idriss. Hasil analisis menunjukkan bahwa beberapa lapisan tanah di lokasi penelitian memiliki potensi likuifaksi 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 likuifaksi 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 diperbaiki 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 likuifaksi 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 : Likuifaksi, *Stone Column*, *Safety Factor*, *Settlement*.

ABSTRACT

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 PERNYATAAN KEASLIAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PRAKATA	iv
INTISARI	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB 1 PENDAHULUAN	
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
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Hasil Penelitian Terdahulu yang Relevan.....	4
2.2 Keterkaitan Penelitian.....	7
BAB 3 LANDASAN TEORI	
3.1 Tanah	8
3.2 Gempa Bumi	10
3.3 Likuifaksi	15
3.4 Stone Column	26
BAB 4 METODOLOGI PENELITIAN	
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	91
6.2 Saran	92
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

	Halaman
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
Gambar 5.25 Mitigasi Potensi Likuifaksi berdasarkan Lapisan Terlikuifaksi..	85

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 datangnya 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 :

- a. Bagaimana mengetahui potensi likuifaksi di daerah proyek pembangunan Bethsaida *Hospital* Serang dengan data SPT ?
- b. Berapa faktor keamanan terhadap likuifaksi pada lokasi yang ditinjau ?
- c. 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 :

- a. Menganalisis potensi likuifaksi di daerah proyek pembangunan Bethsaida *Hospital* Serang dengan data SPT.
- b. Mengetahui nilai faktor keamanan terhadap likuifaksi pada lokasi yang ditinjau.
- c. 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 :

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

1.5 Manfaat Penelitian

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

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.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

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 ≥ 8 . Sementara itu, lapisan tanah pada kedalaman 3,5 m – 13,00 m memiliki nilai $(N1)_{60cs} > 30$, 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).

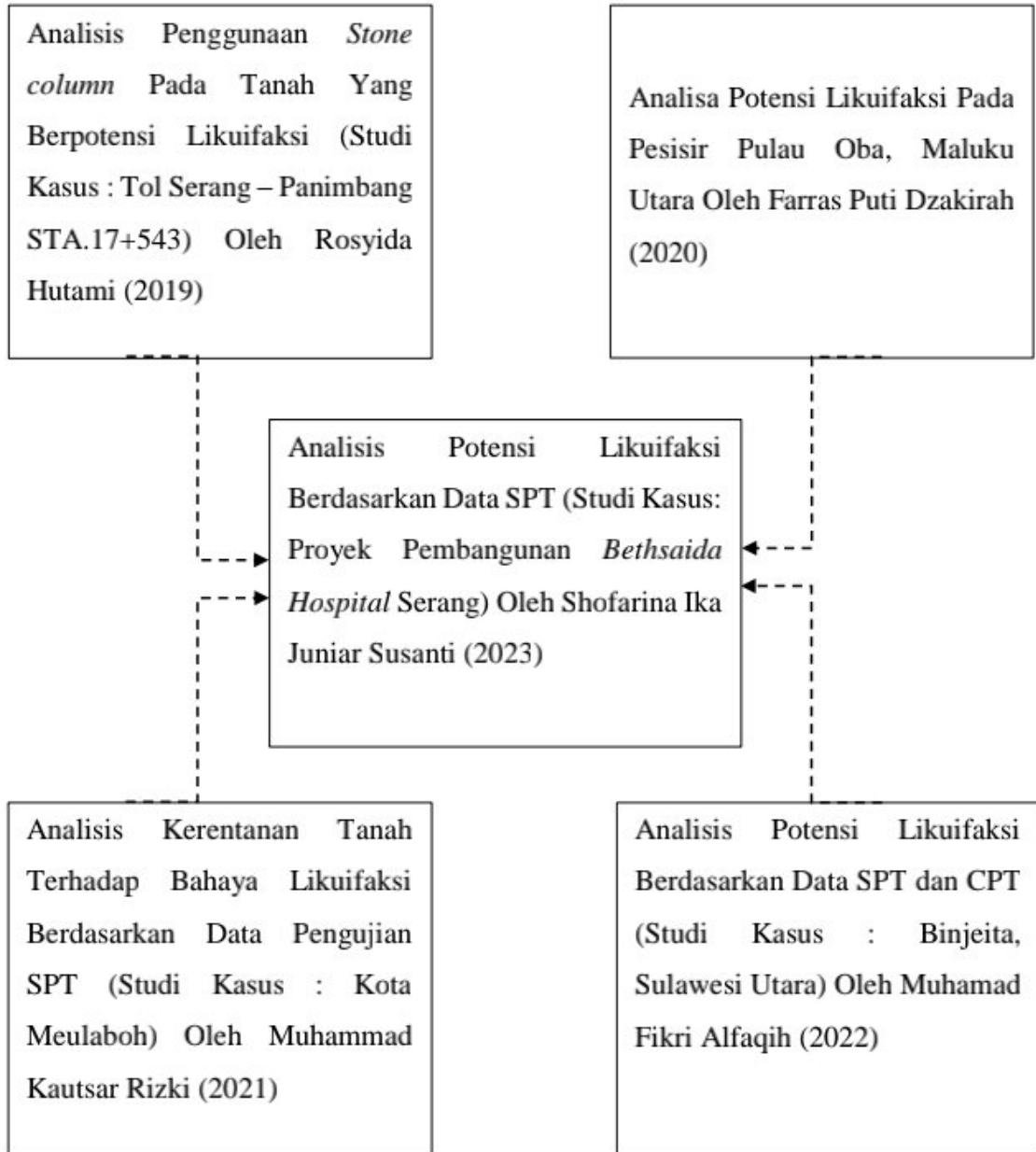
Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka Penelitian Sebelumnya

Peneliti	Rosyida Hutami (2019)	Farras Puti 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 <i>Stone Column</i>
Metode Analisa	Data SPT	Data SPT dan Uji Laboratorium	Data SPT	Data SPT dan CPT	Data SPT
Hasil	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.	Berdasarkan perhitungan, tebal lapisan tanah bervariasi antara 6 meter dan 14 meter saat terjadi gempa dengan magnitudo minimum yang juga bervariasi.	Berdasarkan data SPT pada kedalaman 0,8 m – 3,5 m dan 13 m – 15,75 m terjadi likuifaksi apabila adanya gempa dengan magnitudo ≥ 8 , pada kedalaman 3,5 m – 13 m memiliki nilai $N_{160cs} > 30$ yang diklasifikasikan tanah <i>non-liquefable</i> .	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.	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.

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

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 halus daripada no. 200 (0.075 mm)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $P_L < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $P_L > 7$ $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $P_L < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $P_L > 7$
	GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil atau tidak mengandung butiran halus	
	GM	Kerikil berlanas, campuran kerikil-pasir-lempung	
	GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	
	SW	Pasir gradasi baik, pasir berlanas, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
	SP	Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
Pasir lebih dari 50% butiran lolos ayakan no. 4 (4.75 mm)	SM	Pasir berlanas, campuran pasir-lanas	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $P_L < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $P_L > 7$
	SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lebih halus daripada no. 200 (0.075 mm)	ML	Lempung tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanas atau berlempung	
	CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanas, lempung kurus (lean clays)	
	OL	Lempung organik dan pasir berlanas organik dengan plastisitas rendah	
	MH	Lempung tak organik atau pasir halus berlanas, lempung organik	
	CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (fat clays)	
	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	
Tanah dengan kadar organik tinggi	P _t	Gambut (peat) dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488

Sumber : Braja M. Das (1995)

3.2 Gempa Bumi

3.2.1 Pengertian Gempa Bumi

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 gesekan 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*

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.

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 :

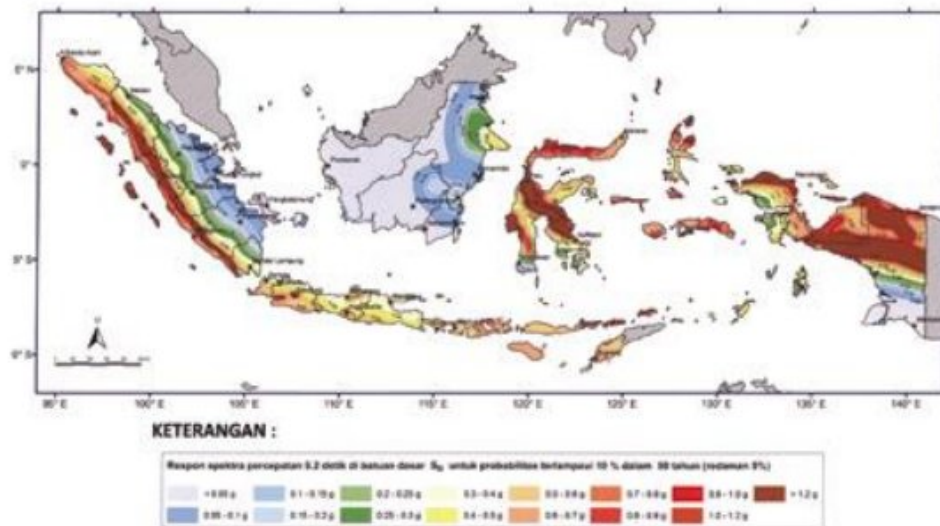
$$M_w = (\log M_o / 1,5) - 10,7 \quad (3.2)$$

dimana :

M_o = 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.

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.

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 perencana 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 (μ), 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 γ kering = γ_d , atau basah = γ_{sat} . Jika tanah berlapis-lapis dan ada beban, maka tekanan pada tanah dasar:

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

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 γ
- 2) Tanah dasar sedalam h_2 dari muka air tanah, dengan berat volume tanah kenyal air γ_{sat} .

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

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

b. Percepatan Gempa Dasar (a_{max})

Percepatan puncak muka tanah yang disebut juga sebagai *Peak Ground Acceleration* (PGA) atau dapat dilambangkan dengan a_{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)

σ'_{vo} = tegangan vertikal overburden efektif (kN)

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

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

Dimana :

z = kedalaman (m)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

a_{max} = 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.

c. *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 overburden 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) :

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

$C_E = 1$

$$CB = 1$$

$$CR = 0,75$$

$$CS = 1$$

$$(N1)_{60} = N_m \cdot C_N \cdot C_E \cdot C_B \cdot C_R \cdot C_S \quad (3.10)$$

Di mana nilai C_N 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 :

$$MSF = \frac{10^{2,24}}{M_w^{2,56}} \quad (3.12)$$

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 :

$$CRR_{7,5} = \left[\frac{1}{34-x} + \frac{x}{135} + \frac{50}{(10x+45)^2} - \frac{1}{200} \right] \quad (3.13)$$

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.

3.4 Stone column

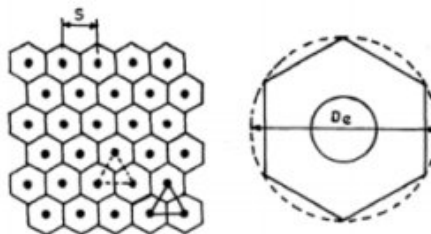
Stone column adalah metode penggalian yang menggantikan sebagian tanah yang akan digunakan sebagai dasar konstruksi dengan kolom vertikal yang dipadatkan. Fungsi utama dari pemasangan *stone column* adalah untuk meningkatkan daya dukung tanah yang kurang stabil, sehingga mampu menahan beban yang lebih 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*.

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

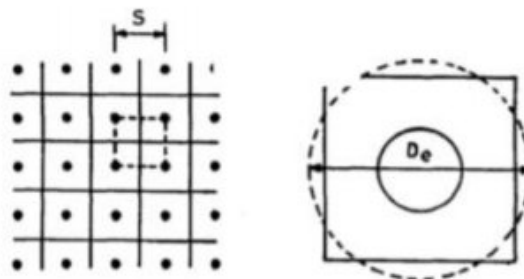
- Konfigurasi pemasangan *stone column*

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



Gambar 3.4 Pola Pemasangan *Stone column* Triangular

Sumber : Cardina (2022)



Gambar 3.5 Pola Pemasangan *Stone column* Square

Sumber : Cardina (2022)

b. Diameter *stone column*

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

c. 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).

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

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

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

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 :

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 :

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

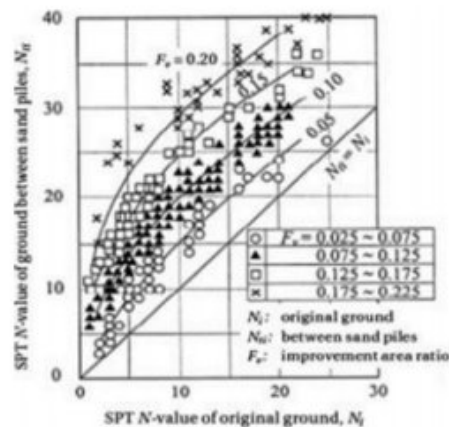
Dimana K_{ac} adalah koefisien tekanan tanah aktif, nilai sudut geser material *Stone Column* pada sudut $40^\circ - 45^\circ$ terbukti efektif karena mampu meningkatkan daya dukung tanah yang cukup besar, nilai sudut geser yang diambil yaitu 45° (Fathonah et al., 2021). Selanjutnya untuk menghitung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

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

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)

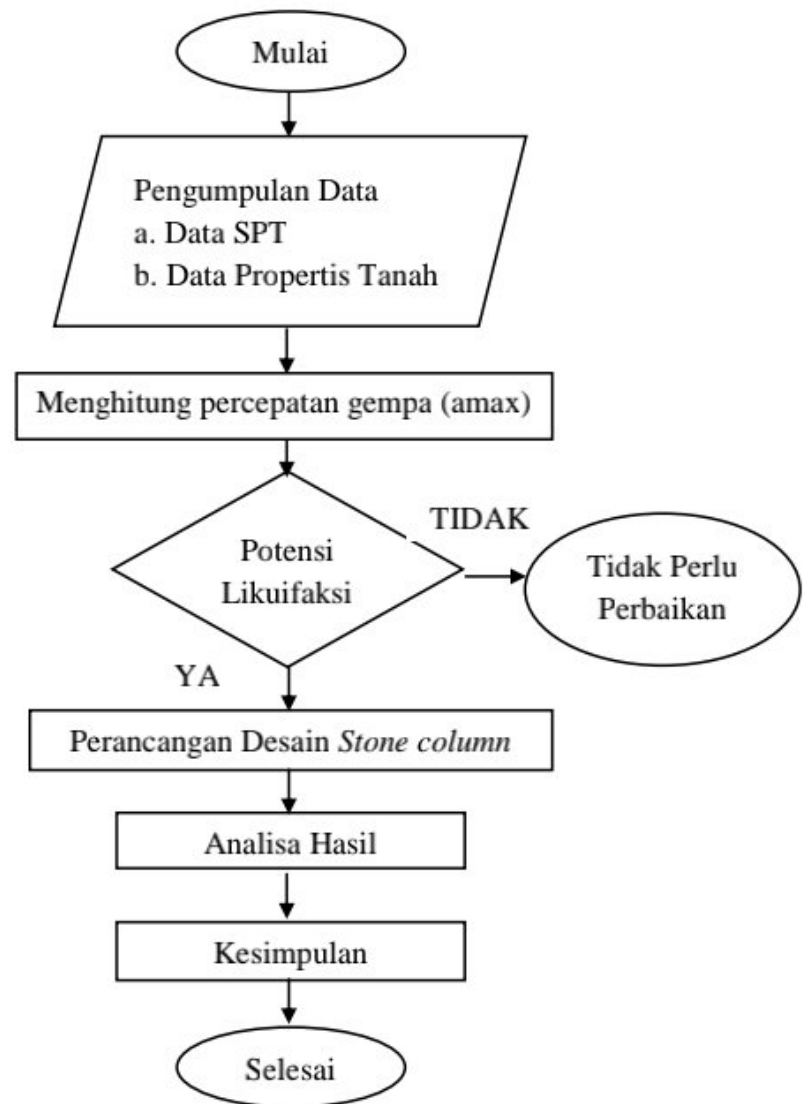
Nilai N-SPT tanah di antara *stone column* akan digunakan dalam perhitungan untuk menentukan *Cyclic Resistance Ratio* (CRR), yang kemudian akan digunakan untuk menghitung nilai tahanan tanah terhadap likuifaksi. Hal ini akan menghasilkan nilai FS' (faktor keamanan) setelah pemasangan *stone column*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

BAB 4

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)

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 :

- a. Mempersiapkan data profil tanah, data gempa
- b. Memasukan profil tanah
- c. Memasukan data gempa
- d. Running data yang telah dimasukkan
- e. Menentukan nilai maksimum percepatan gempa (a_{max})

4.3.2 Menghitung Nilai *Cyclic Stress Ratio* (CSR)

- a. Menghitung tegangan total (σ) dan tegangan efektif (σ')

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

untuk menentukan nilai tegangan efektif menggunakan rumus :

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

- b. Menghitung koefisien tegangan reduksi (rd)

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

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

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

4.3.3 Menghitung CSR

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

4.3.4 Menghitung Nilai Cyclic Resistance Ratio (CRR)

Menghitung nilai CRR dengan menggunakan data NSPT

- a. Menentukan nilai $(N1)_{60}$.

Youd dan Idriss (2001) dan Cetin dll (2004) memberikan koreksi-koreksi untuk memperoleh nilai $(N1)_{60}$:

$$(N1)_{60} = N_m C_N C_E C_B C_R C_S \quad (4.6)$$

Dimana :

N_m = Nilai N SPT yang diperoleh dari test lapangan

C_N = Faktor normalisasi N_m terhadap tegangan overbuden 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) :

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

C_E = 1

C_B = 1

C_R = 0,75

C_S = 1

$$(N1)_{60} = N_m C_N C_E C_B C_R C_S \quad (4.8)$$

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 :

$$CRR_{7.5} = \left[\frac{1}{34-x} + \frac{x}{135} + \frac{50}{(10x+45)^2} - \frac{1}{200} \right] \quad (4.10)$$

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 :

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

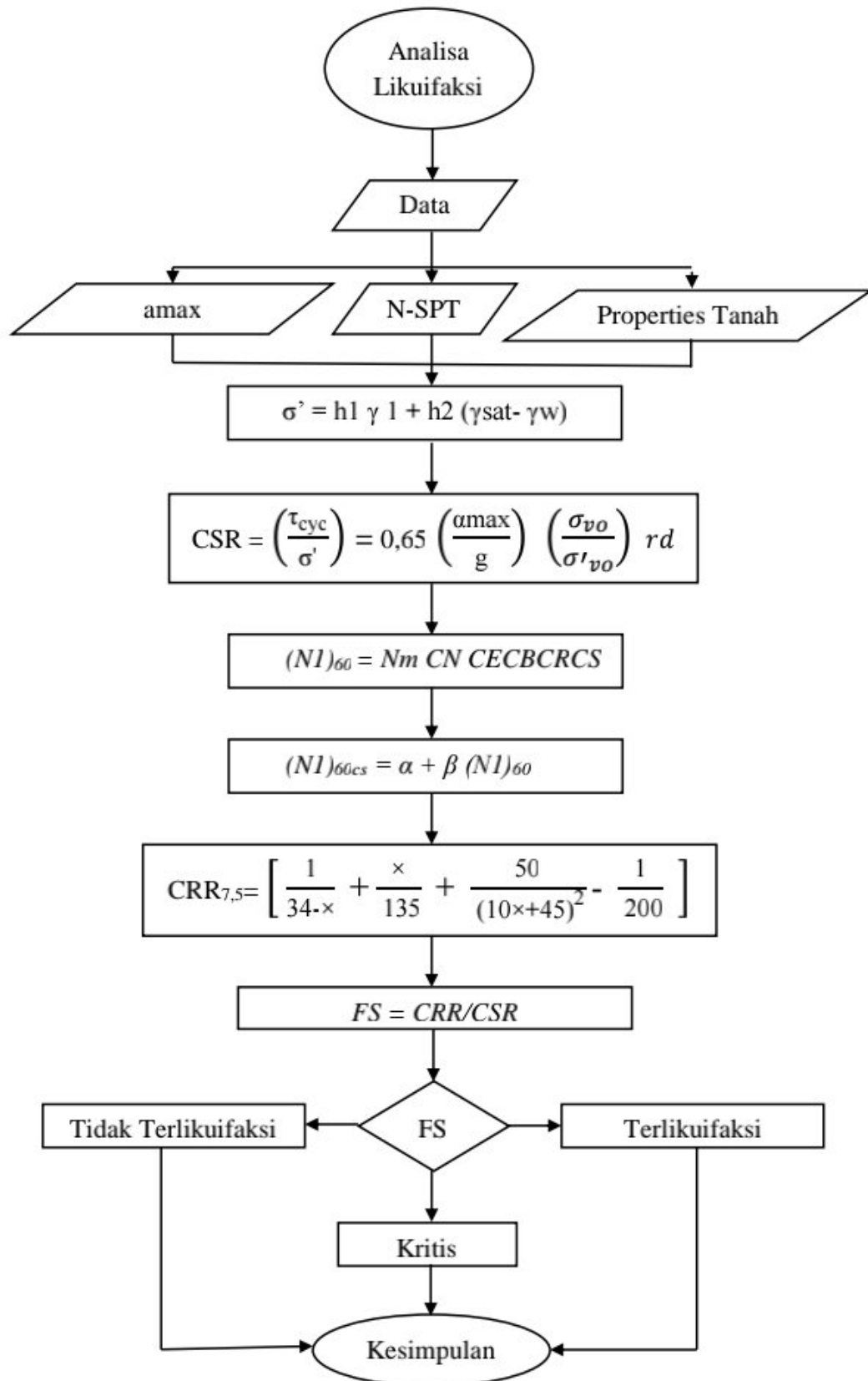
Apabila $FS < 1$ (terjadi Likuifaksi)

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*.

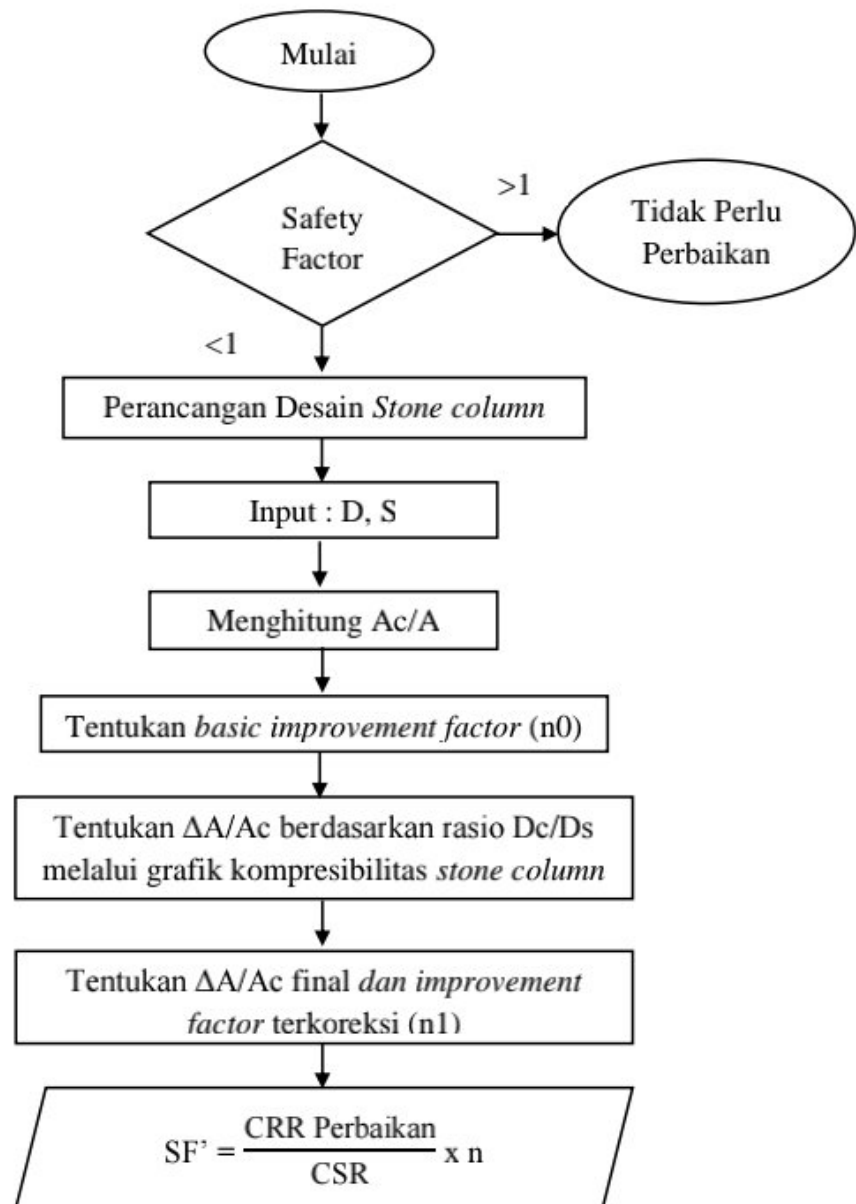
- e. Menghitung *basic improvement factor* terkoreksi (n_1)

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

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

- 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	Penentuan 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

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.

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.

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.

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.

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**

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 ²)	N-SPT (blows per ft)	Saturated Unit Weight (KN/M ³)
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 (m)	MAT (m)	Kondisi Tanah	Tebal Tanah (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 (blows/ft)	Konsistensi	q_u (Unconfined Compressive Strength) tons / ft ²	γ_{sat} kN/ m ³
< 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 (blows/ foot)	γ (kN/m ³) 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	MAT	Deskripsi Tanah	N-SPT	γ
	(m)				(kN/m ²)
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 Buruk	50	23.565
6	10			50	23.565
7	12		Pasir Tersemen Berwarna Keputihan, Abu-Abu Kekuningan, Basah, Sangat Padat, Bergradasi Buruk	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* (V_s) pada layer 16

$$N\text{-SPT} = 30$$

$$\begin{aligned} V_{S_{\text{Layer10}}} &= 97(N\text{-SPT})^{0,314} \\ &= 97(30)^{0,314} \\ &= 331,321 \text{ m/s} \\ &= 1087,010 \text{ ft/s} \end{aligned}$$

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

$$N\text{-SPT} = 32$$

$$\begin{aligned} V_{S_{\text{Layer10}}} &= 97(N\text{-SPT})^{0,314} \\ &= 97(32)^{0,314} \\ &= 331,321 \text{ m/s} \\ &= 1087,010 \text{ ft/s} \end{aligned}$$

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

$$N\text{-SPT} = 34$$

$$\begin{aligned} V_{S_{\text{Layer10}}} &= 97(N\text{-SPT})^{0,314} \\ &= 97(34)^{0,314} \\ &= 303,965 \text{ m/s} \\ &= 997,261 \text{ ft/s} \end{aligned}$$

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

$$N\text{-SPT} = 36$$

$$\begin{aligned} V_{S_{\text{Layer10}}} &= 97(N\text{-SPT})^{0,314} \\ &= 97(36)^{0,314} \\ &= 324,945 \text{ m/s} \\ &= 1066,094 \text{ ft/s} \end{aligned}$$

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

$$N\text{-SPT} = 38$$

$$\begin{aligned} V_{S_{\text{Layer10}}} &= 97(N\text{-SPT})^{0,314} \\ &= 97(38)^{0,314} \\ &= 331,321 \text{ m/s} \\ &= 1087,010 \text{ ft/s} \end{aligned}$$

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, ΔT . 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	6.63	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

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:

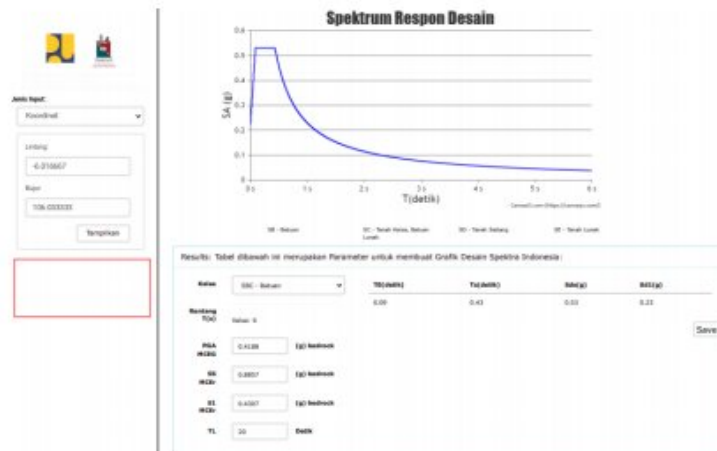
Cilegon ▼

Tampilkan



Gambar 5.3 Input Nama Kota yang Ditinjau

Sumber : rsa.ciptakarya.pu.go.id



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.

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

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

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

TL = 20 detik
 T0 = 0,09 detik
 Ts = 0,43 detik
 Sds = 0,53 g
 Sd1 = 0,23 g

5.4 Nilai Percepatan Gempa Maksimum di Permukaan

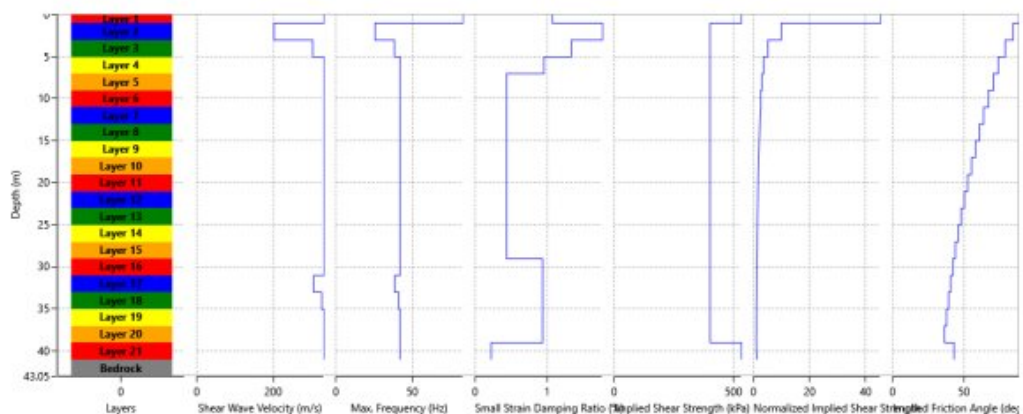
Percepatan maksimum atau *Peak Ground Acceleration* (PGA) adalah nilai percepatan tanah tertinggi yang terjadi di permukaan suatu wilayah dalam periode waktu tertentu akibat getaran gempa bumi (Massinai et al., 2016). Analisis ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak DeepSoil, dengan menginput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

- a. Memasukan data profil tanah

Basic Soil Properties	
Parameter	Value
Thickness (m)	1
Unit Weight (kN/m ³)	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

```

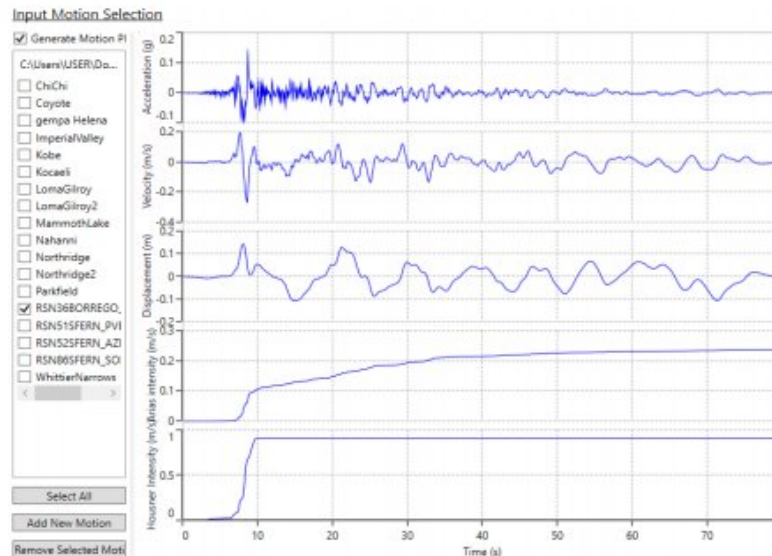
Line:[1]: PEER NGA STRONG MOTION DATABASE RECORD
Line:[2]: Borrego Mtn, 4/9/1968, San Onofre - So Cal Edison, 33
Line:[3]: ACCELERATION TIME SERIES IN UNITS OF G
Line:[4]: NPTS= 9041, DT= .0050 SEC,
Line:[5]: -.1179558E-03 -.1179976E-03 -.1180434E-03 -.1180875E-03 -.1181336E-03
Line:[6]: -.1181768E-03 -.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

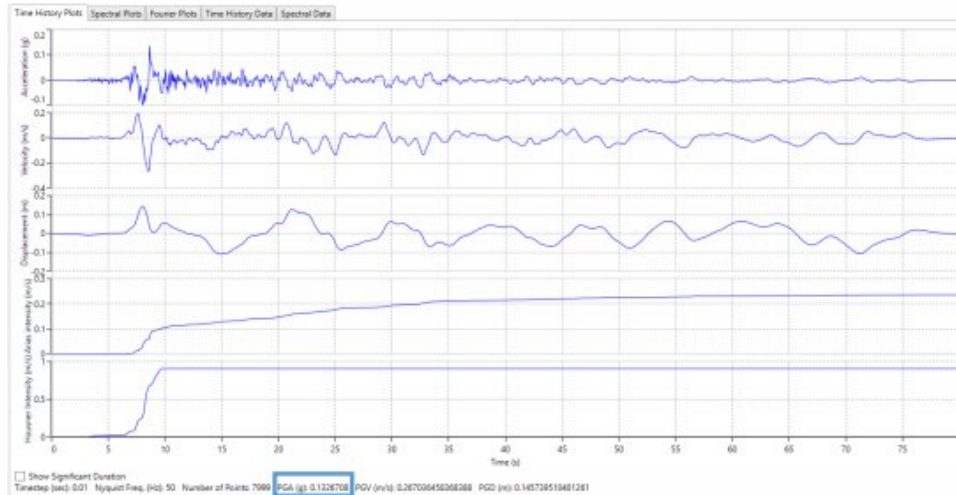
c. Memproses data gempa yang telah diinput



Gambar 5.8 Proses Data Gempa

Sumber : Hasil Analisis,2024

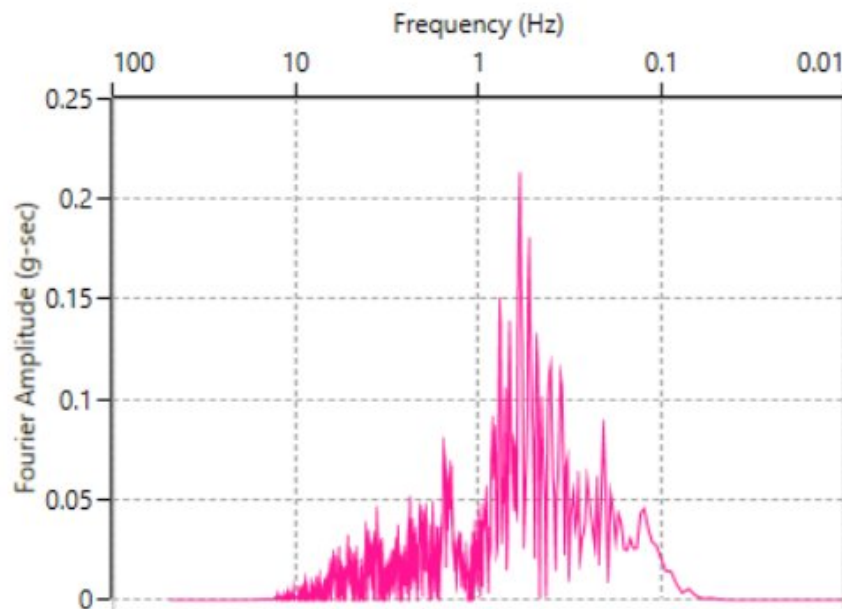
d. Percepatan gempa maksimum hasil dari proses output



Gambar 5.9 Percepatan Gempa Maksimum (amax)

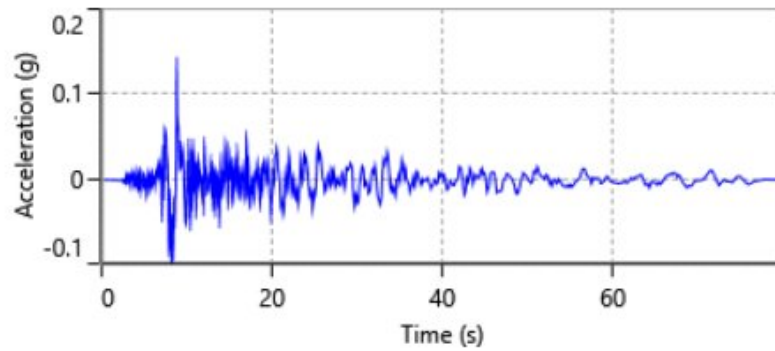
Sumber : Hasil Analisis,2024

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.



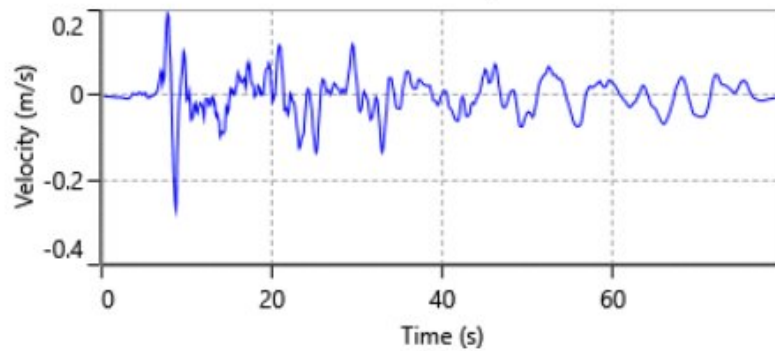
Gambar 5.10 Faktor Amplifikasi DB-01

Sumber : Hasil Analisis,2024



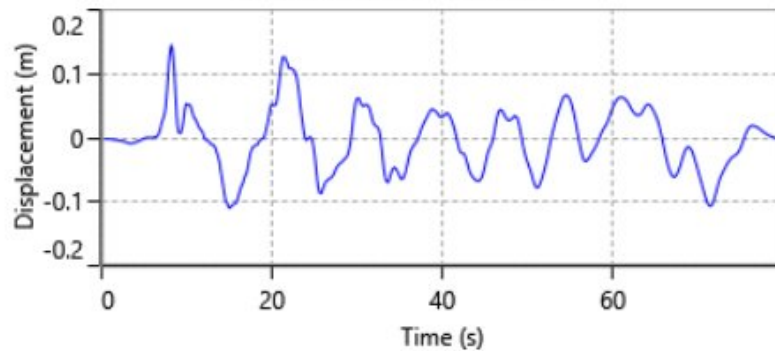
Gambar 5.11 *Acceleration DB-01*

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 kehilangan kekuatannya 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.

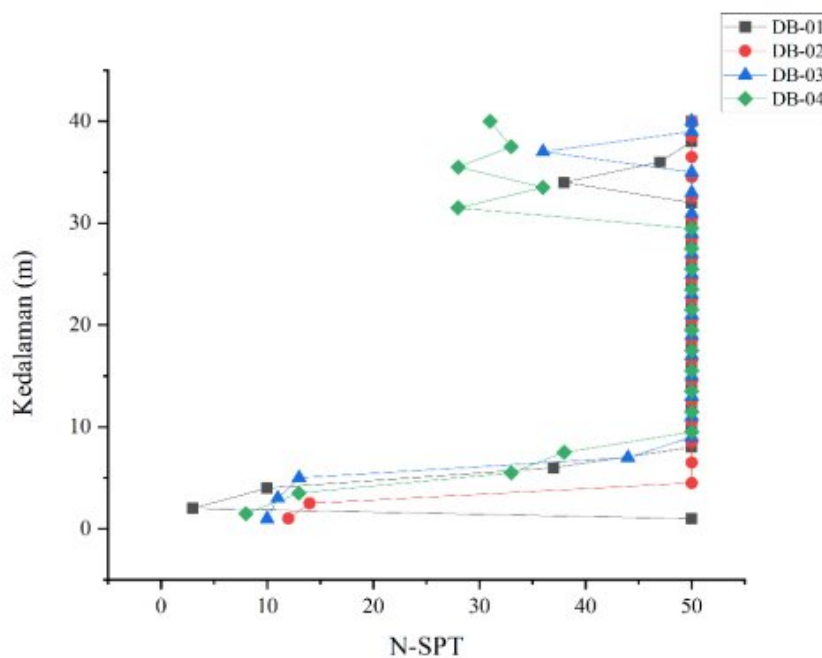
Kedalaman Lapisan : 40 meter

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

Berat volume air (γ_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 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

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

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 CSR

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

1) Nilai CSR pada layer 5

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

2) Nilai CSR pada layer 16

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

3) Nilai CSR pada layer 17

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

4) Nilai CSR pada layer 18

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

5) Nilai CSR pada layer 19

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

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

$$= 0,233$$

6) Nilai CSR pada layer 20

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

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

$$= 0,224$$

7) Nilai CSR pada layer 21

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

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

$$= 0,228$$

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 m	Thickness m	N-SPT	γ kN/m ²	γ_{water} kN/m ³	γ' kN/m ³	σ teg total kN/m ²	σ' teg efektif kN/m ²	a_{max} 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 m	Thickness m	N-SPT	γ kN/m ²	γ_{water} kN/m ³	γ' kN/m ³	σ kN/m ²	σ' kN/m ²	a_{max} 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 m	Thickness m	N-SPT	γ kN/m ²	γ_{water} kN/m ³	γ' kN/m ³	σ kN/m ²	σ' kN/m ²	a_{max} 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 m	Thickness m	N-SPT	γ kN/m ²	γ_{water} kN/m ³	γ' kN/m ³	σ kN/m ²	σ' kN/m ²	a_{max} 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

g. Menghitung Nilai Faktor Koreksi $(N1)_{60cs}$

Untuk menghitung nilai N_{60} dengan metode Youd-Idriss (2001) digunakan rumus sebagai berikut.

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

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

Keterangan :

CN = 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

Nm = Faktor koreksi nilai SPT terstruktur

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

$$\begin{aligned} CN &= \frac{2,2}{(1,2 + \frac{\sigma'}{p_a})} \\ &= \frac{2,2}{(1,2 + \frac{110,04}{98,066})} \\ &= 0,947 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (N1)_{60} &= Nm \times CN \times CE \times CB \times CR \times CS \\ &= 50 \times 0,947 \times 1 \times 1 \times 0,75 \times 1 \\ &= 35,528 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (N1)_{60cs} &= \alpha + \beta \times (N1)_{60} \\ &= 0 + 1 \times 35,528 \\ &= 35,528 \end{aligned}$$

2) Nilai $(N1)_{60cs}$ pada layer 16

$$\begin{aligned} CN &= \frac{2,2}{(1,2 + \frac{\sigma'}{p_a})} \\ &= \frac{2,2}{(1,2 + \frac{412,650}{98,066})} \end{aligned}$$

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

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned}
CRR_{7,5} &= \frac{1}{34-(N1)_{60cs}} + \frac{(N1)_{60cs}}{135} + \frac{50}{(10.(N1)_{60cs}+45)^2} - \frac{1}{200} \\
&= \frac{1}{34-35,528} + \frac{35,528}{135} + \frac{50}{(10.(35,528+45))^2} - \frac{1}{200} \\
&= -0,395 \\
MSF &= \frac{10^{2,24}}{M_w^{2,56}} \\
&= \frac{10^{2,24}}{6,9^{2,56}} \\
&= 1,237 \\
CRR &= CRR_{7,5} \times MSF \\
&= -0,395 \times 1,237 \\
&= -0,489
\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
CRR_{7,5} &= \frac{1}{34-(N1)_{60cs}} + \frac{(N1)_{60cs}}{135} + \frac{50}{(10.(N1)_{60cs}+45)^2} - \frac{1}{200} \\
&= \frac{1}{34-15,255} + \frac{15,255}{135} + \frac{50}{(10.(15,255+45))^2} - \frac{1}{200} \\
&= 0,162 \\
MSF &= \frac{10^{2,24}}{M_w^{2,56}} \\
&= \frac{10^{2,24}}{6,9^{2,56}}
\end{aligned}$$

$$= 1,237$$

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

$$= 0,162 \times 1,237$$

$$= 0,201$$

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

$$\text{CRR}_{7,5} = \frac{1}{34 \cdot (\text{N1})_{60\text{cs}}} + \frac{(\text{N1})_{60\text{cs}}}{135} + \frac{50}{(10 \cdot (\text{N1})_{60\text{cs}} + 45)^2} - \frac{1}{200}$$

$$= \frac{1}{34 \cdot 14,503} + \frac{14,503}{135} + \frac{50}{(10 \cdot (14,503 + 45))^2} - \frac{1}{200}$$

$$= 0,155$$

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

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

$$= 1,237$$

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

$$= 0,155 \times 1,237$$

$$= 0,191$$

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

$$\text{CRR}_{7,5} = \frac{1}{34 \cdot (\text{N1})_{60\text{cs}}} + \frac{(\text{N1})_{60\text{cs}}}{135} + \frac{50}{(10 \cdot (\text{N1})_{60\text{cs}} + 45)^2} - \frac{1}{200}$$

$$= \frac{1}{34 \cdot 11,559} + \frac{11,559}{135} + \frac{50}{(10 \cdot (11,559 + 45))^2} - \frac{1}{200}$$

$$= 0,127$$

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

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

$$= 1,237$$

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

$$= 0,127 \times 1,237$$

$$= 0,157$$

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

$$\begin{aligned}
 CRR_{7,5} &= \frac{1}{34 \cdot (N1)_{60cs}} + \frac{(N1)_{60cs}}{135} + \frac{50}{(10 \cdot (N1)_{60cs} + 45)^2} - \frac{1}{200} \\
 &= \frac{1}{34 \cdot 13,670} + \frac{13,670}{135} + \frac{50}{(10 \cdot (13,670 + 45))^2} - \frac{1}{200} \\
 &= 0,146 \\
 MSF &= \frac{10^{2,24}}{Mw^{2,56}} \\
 &= \frac{10^{2,24}}{6,9^{2,56}} \\
 &= 1,237 \\
 CRR &= CRR_{7,5} \times MSF \\
 &= 0,146 \times 1,237 \\
 &= 0,181
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 CRR_{7,5} &= \frac{1}{34 \cdot (N1)_{60cs}} + \frac{(N1)_{60cs}}{135} + \frac{50}{(10 \cdot (N1)_{60cs} + 45)^2} - \frac{1}{200} \\
 &= \frac{1}{34 \cdot 12,634} + \frac{12,634}{135} + \frac{50}{(10 \cdot (12,634 + 45))^2} - \frac{1}{200} \\
 &= 0,137 \\
 MSF &= \frac{10^{2,24}}{Mw^{2,56}} \\
 &= \frac{10^{2,24}}{6,9^{2,56}} \\
 &= 1,237 \\
 CRR &= CRR_{7,5} \times MSF \\
 &= 0,137 \times 1,237 \\
 &= 0,169
 \end{aligned}$$

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

$$CRR_{7,5} = \frac{1}{34 \cdot (N1)_{60cs}} + \frac{(N1)_{60cs}}{135} + \frac{50}{(10 \cdot (N1)_{60cs} + 45)^2} - \frac{1}{200}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{34-12,113} + \frac{12,113}{135} + \frac{50}{(10.(12,113+45))^2} - \frac{1}{200} \\
&= 0,132 \\
\text{MSF} &= \frac{10^{2,24}}{M_w^{2,56}} \\
&= \frac{10^{2,24}}{6,9^{2,56}} \\
&= 1,237 \\
\text{CRR} &= \text{CRR}_{7,5} \times \text{MSF} \\
&= 0,132 \times 1,237 \\
&= 0,163
\end{aligned}$$

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 (m)	Thickness (m)	N-SPT	σ (kN/m ²)	σ' (kN/m ²)	Faktor SPT Terukur	N(60)	N(60) _{cs}	CSR	CRR _{7,5}	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	235.650	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	0.127	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

Sumber : Hasil Analisis, 2024

Tabel 5.13 Perhitungan Nilai CRR pada DB-02

Layer	Depth (m)	Thickness (m)	N-SPT	σ (kN/m ²)	σ' (kN/m ²)	Faktor SPT Terukur	N(60)	CSR	CRR7,5	MSF	CRR
						CN					
1	1	1	12	20.423	10.613	1.682	15.135	0.161	0.161	1.238	0.200
2	2.5	1.5	14	51.058	26.533	1.496	15.708	0.122	0.167	1.238	0.207
3	4.5	2	50	106.043	61.898	1.201	45.053	0.222	0.238	1.238	0.295
4	6.5	2	50	153.173	89.408	1.042	39.068	0.193	0.087	1.238	0.108
5	8.5	2	50	200.303	116.918	0.920	34.487	0.189	-1.804	1.238	-2.233
6	10.5	2	50	247.433	144.428	0.823	30.867	0.189	0.543	1.238	0.672
7	12.5	2	50	294.563	171.938	0.745	27.935	0.190	0.367	1.238	0.455
8	14.5	2	50	341.693	199.448	0.680	25.512	0.191	0.302	1.238	0.374
9	16.5	2	50	388.823	226.958	0.626	23.475	0.193	0.265	1.238	0.327
10	18.5	2	50	435.953	254.468	0.580	21.740	0.195	0.238	1.238	0.295
11	20.5	2	50	483.083	281.978	0.540	20.243	0.198	0.218	1.238	0.270
12	22.5	2	50	530.213	309.488	0.505	18.940	0.200	0.203	1.238	0.251
13	24.5	2	50	577.343	336.998	0.475	17.794	0.203	0.190	1.238	0.235
14	26.5	2	50	624.473	364.508	0.447	16.779	0.206	0.178	1.238	0.221
15	28.5	2	50	671.603	392.018	0.423	15.873	0.209	0.169	1.238	0.209
16	30.5	2	50	718.733	419.528	0.402	15.060	0.212	0.161	1.238	0.199
17	32.5	2	50	765.863	414.538	0.405	15.201	0.232	0.162	1.238	0.201
18	34.5	2	50	812.993	405.548	0.412	15.463	0.255	0.165	1.238	0.204
19	36.5	2	50	860.123	392.558	0.423	15.856	0.284	0.169	1.238	0.209
20	38.5	2	50	907.253	375.568	0.437	16.402	0.318	0.174	1.238	0.216
21	40	1.5	50	942.600	350.200	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

Depht (m)	Thickness (m)	N-SPT	σ (kN/m ²)	σ' (kN/m ²)	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 (m)	Thickness (m)	N-SPT	σ (kN/m ²)	σ' (kN/m ²)	Faktor SPT Terukur	N(60)	CSR	CRR7,5	MSF	CRR
						CN					
1	1.5	1.5	8	23.565	8.850	1.705	10.231	0.220	0.115	1.238	0.143
2	3.5	2	13	71.481	37.146	1.393	13.586	0.826	0.146	1.238	0.181
3	5.5	2	33	120.967	67.012	1.168	28.911	0.215	0.406	1.238	0.503
4	7.5	2	38	164.955	91.380	1.032	29.411	0.204	0.431	1.238	0.534
5	9.5	2	50	223.868	130.673	0.869	32.577	0.192	0.939	1.238	1.162
6	11.5	2	50	270.998	158.183	0.782	29.328	0.193	0.427	1.238	0.528
7	13.5	2	50	318.128	185.693	0.711	26.668	0.194	0.329	1.238	0.408
8	15.5	2	50	365.258	213.203	0.652	24.451	0.196	0.281	1.238	0.348
9	17.5	2	50	412.388	240.713	0.602	22.574	0.198	0.250	1.238	0.310
10	19.5	2	50	459.518	268.223	0.559	20.965	0.200	0.228	1.238	0.282
11	21.5	2	50	506.648	295.733	0.522	19.570	0.203	0.210	1.238	0.260
12	23.5	2	50	553.778	323.243	0.489	18.349	0.205	0.196	1.238	0.242
13	25.5	2	50	600.908	350.753	0.461	17.271	0.208	0.184	1.238	0.227
14	27.5	2	50	648.038	378.263	0.435	16.313	0.211	0.174	1.238	0.215
15	29.5	2	50	695.168	405.773	0.412	15.456	0.214	0.165	1.238	0.204
16	31.5	2	28	643.325	334.310	0.477	10.024	0.244	0.113	1.238	0.140
17	33.5	2	36	736.799	374.664	0.438	11.831	0.230	0.130	1.238	0.160
18	35.5	2	28	725.017	305.762	0.510	10.700	0.258	0.119	1.238	0.148
19	37.5	2	33	824.775	344.400	0.467	11.556	0.244	0.127	1.238	0.157
20	40	2.5	31	879.760	327.360	0.485	11.271	0.259	0.124	1.238	0.154

Sumber : Hasil Analisis, 2024

i. Menghitung 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

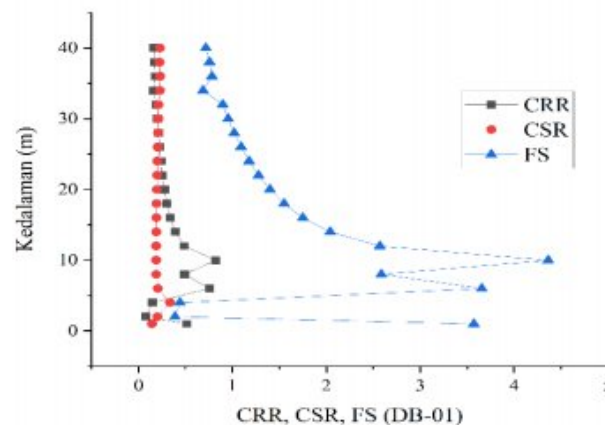
Sumber : Hasil Analisis, 2024

Keterangan

L = *Liquefaction*

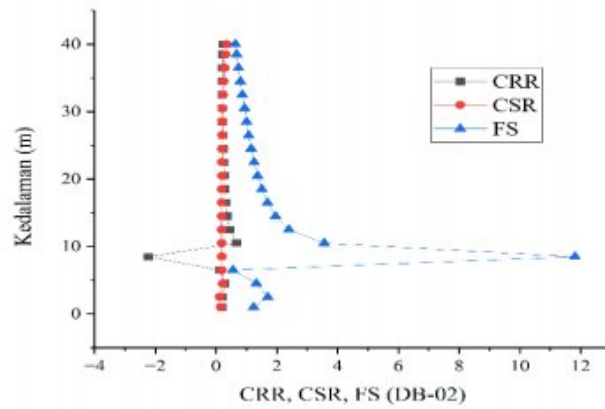
NL = *Non liquefaction*

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



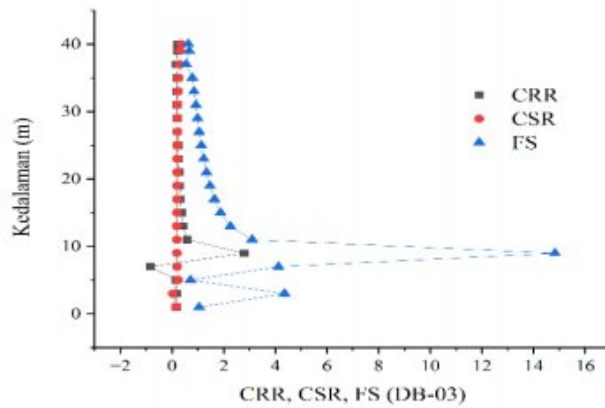
Gambar 5.15 Grafik CRR, CSR, FS vs Kedalaman (DB-01)

Sumber : Hasil Analisis, 2024



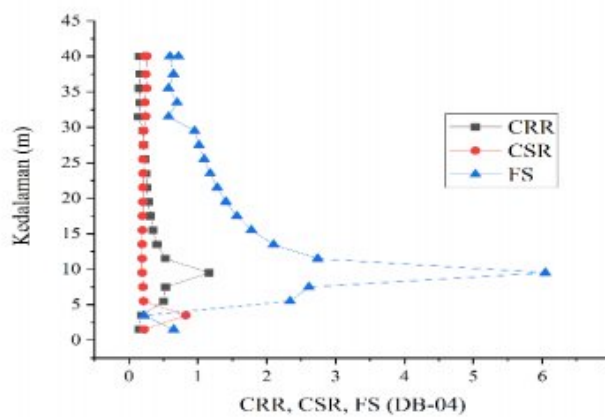
Gambar 5.16 Grafik CRR, CSR, FS vs Kedalaman (DB-02)

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

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.



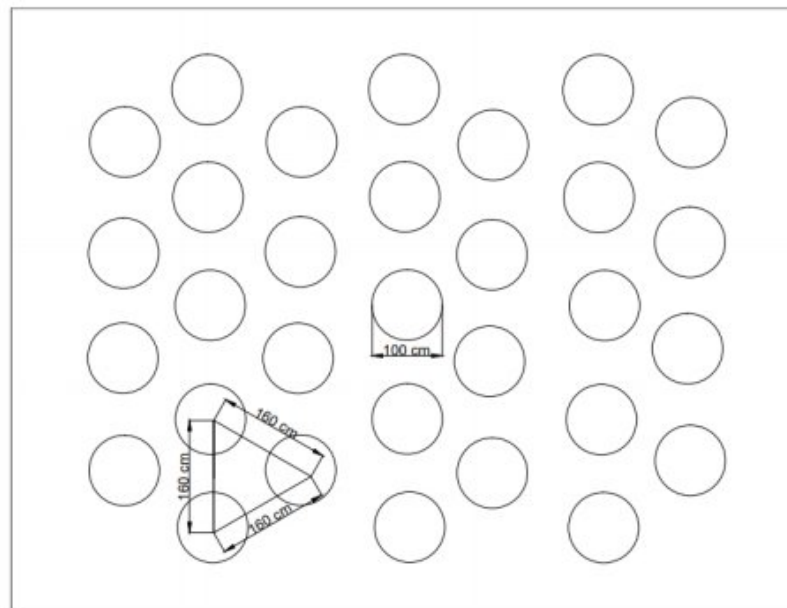
Gambar 5.19 Peta Zona Likuifaksi Bethsaida *Hospital* Serang

Sumber : Dokumen Penulis, 2024

5.6 Analisis Perbaikan Tanah Menggunakan *Stone Column*

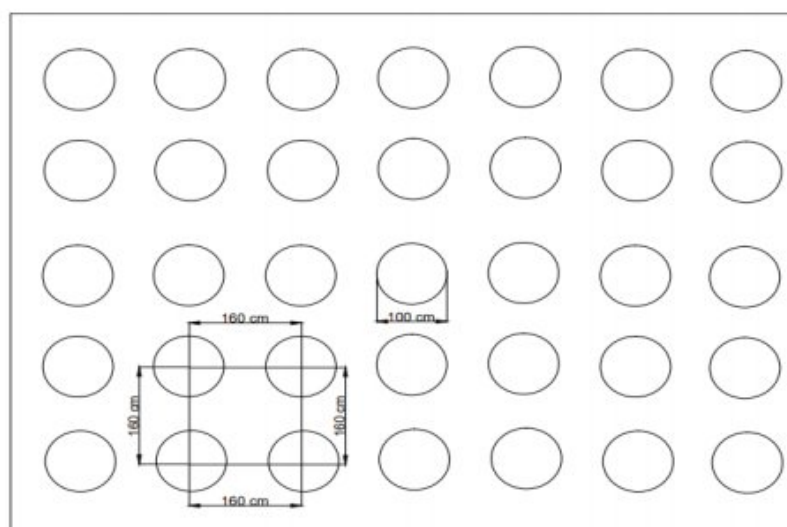
Stone Column adalah teknik perbaikan tanah lunak yang digunakan untuk menaikkan daya dukung tanah, mengurangi penurunan segera (*settlement*), mempercepat pemampatan, dan mengurangi terjadinya likuefaksi yang ditemukan oleh Louis Menard di France pada tahun 1960. Dalam proses desain *Stone Column* menggunakan 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**



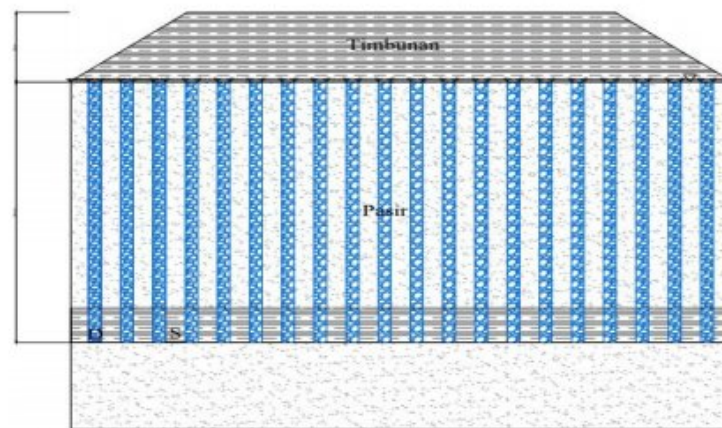
Gambar 5.20 Pola Pemasangan *Stone Column* Segitiga Sama Sisi

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.

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

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

4) Faktor Perbaikan

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

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

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° . Selanjutnya untuk menghitung K_{ac} sebagai berikut.

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

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

$$= 3,047$$

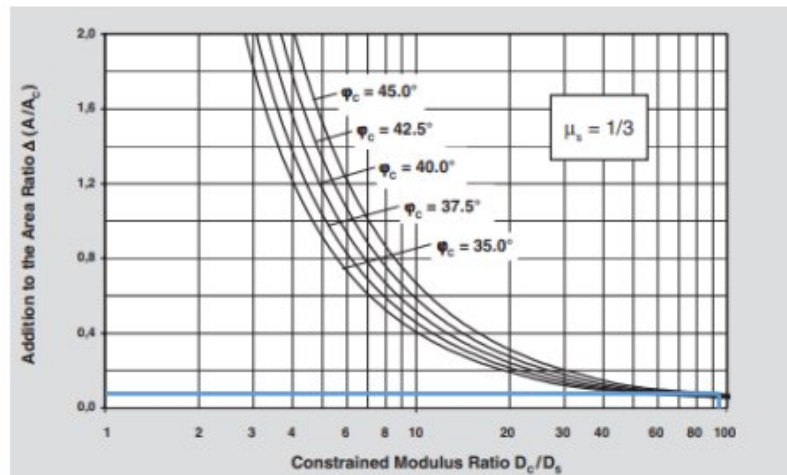
5) Mereduksi Nilai dari Faktor Perbaikan (n_1)

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 :

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

Untuk mendapatkan nilai ΔA melalui pembacaan grafik kompreibilitas *Stone Column* pada gambar 5.22 yang mana karena nilai ϕ_c diasumsikan 45° dan peralatan kontruksi *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.

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

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

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 :

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

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° . Selanjutnya untuk menghitung K_{ac} sebagai berikut.

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

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

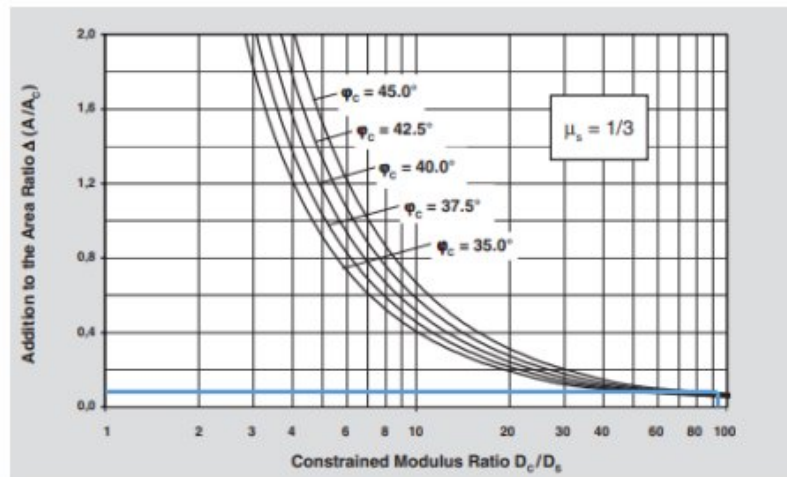
5) Mereduksi Nilai dari Faktor Perbaikan (n_1)

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 ΔA melalui pembacaan grafik kompreibilitas *Stone Column* pada gambar 5.1 yang mana karena nilai ϕ_c diasumsikan 45° dan peralatan kontruksi *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)

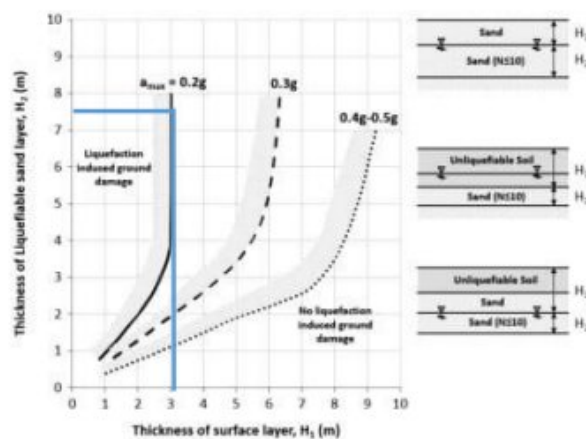
Berdasarkan pembacaan grafik kompreibilitas *Stone Column* pada Gambar 5.23 menghasilkan nilai $\Delta A/A_c$ sebesar 0,05 yang mana nilai $\Delta A/A_c$ akan digunakan dalam perhitungan $\bar{A}_c/A$ sebagai berikut.

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

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

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

Berdasarkan grafik Ishihara (1985) dapat digunakan untuk merancang kedalaman stone column pada tanah yang berpotensi mengalami likuifaksi. Dalam grafik ini, evaluasi potensi likuifaksi suatu lapisan tanah bergantung pada ketebalan lapisan yang tidak terlikuifaksi yang berada diatas lapisan tanah yang terlikuifaksi. Pada Gambar 5.25 menunjukan bahwa kurva kemiringan untuk a_{max} sebesar 0,1326708g, maka tebal lapisan tanah yang diperlukan adanya perbaikan yaitu sedalam 7,5 meter.



Gambar 5.25 Grafik Mitigasi Potensi Likuifaksi berdasarkan Lapisan Terlikuifaksi

Sumber : Ishihara (1985)

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

$$\begin{aligned} FS' &= \frac{CRR \text{ Perbaikan} \times n1}{CSR} \\ &= \frac{0,157 \times 3,101}{0,229} \\ &= 2,131 \end{aligned}$$

4) Nilai faktor keamanan perbaikan pada Layer 19

$$\begin{aligned} FS' &= \frac{CRR \text{ Perbaikan} \times n1}{CSR} \\ &= \frac{0,182 \times 3,101}{0,233} \\ &= 2,425 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 FS' &= \frac{CRR \text{ Perbaikan} \times n1}{CSR} \\
 &= \frac{0,199 \times 3,101}{0,212} \\
 &= 2,913
 \end{aligned}$$

2) Nilai faktor keamanan perbaikan pada Layer 17

$$\begin{aligned}
 FS' &= \frac{CRR \text{ Perbaikan} \times n1}{CSR} \\
 &= \frac{0,201 \times 3,101}{0,232} \\
 &= 2,685
 \end{aligned}$$

3) Nilai faktor keamanan perbaikan pada Layer 18

$$\begin{aligned}
 FS' &= \frac{CRR \text{ Perbaikan} \times n1}{CSR} \\
 &= \frac{0,204 \times 3,101}{0,255} \\
 &= 2,477
 \end{aligned}$$

4) Nilai faktor keamanan perbaikan pada Layer 19

$$\begin{aligned}
 FS' &= \frac{CRR \text{ Perbaikan} \times n1}{CSR} \\
 &= \frac{0,209 \times 3,101}{0,284} \\
 &= 2,285
 \end{aligned}$$

5) Nilai faktor keamanan perbaikan pada Layer 20

$$\begin{aligned} FS' &= \frac{CRR \text{ Perbaikan} \times n1}{CSR} \\ &= \frac{0,216 \times 3,101}{0,318} \\ &= 2,108 \end{aligned}$$

6) Nilai faktor keamanan perbaikan pada Layer 21

$$\begin{aligned} FS' &= \frac{CRR \text{ Perbaikan} \times n1}{CSR} \\ &= \frac{0,228 \times 3,101}{0,359} \\ &= 1,970 \end{aligned}$$

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

$$FS' = \frac{CRR \text{ Perbaikan} \times n1}{CSR}$$

$$= \frac{0,196 \times 3,101}{0,212}$$

$$= 2,868$$

3) Nilai faktor keamanan perbaikan pada Layer 17

$$FS' = \frac{CRR \text{ Perbaikan} \times n1}{CSR}$$

$$= \frac{0,198 \times 3,101}{0,233}$$

$$= 2,645$$

4) Nilai faktor keamanan perbaikan pada Layer 18

$$FS' = \frac{CRR \text{ Perbaikan} \times n1}{CSR}$$

$$= \frac{0,202 \times 3,101}{0,256}$$

$$= 2,441$$

5) Nilai faktor keamanan perbaikan pada Layer 19

$$FS' = \frac{CRR \text{ Perbaikan} \times n1}{CSR}$$

$$= \frac{0,171 \times 3,101}{0,311}$$

$$= 1,703$$

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.

BAB 6

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 :

- a. 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 $> 6,9$.
- b. 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.
- c. 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 :

- a. 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 Coloumn. *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 Kasusproyek 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 (≥ 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) Salinan sebanyak 4 eksemplar masing-masing untuk pembimbing dan penguji	
7.	Naskah seminar telah disetujui Dosen Pembimbing (TA-02) 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

Smp-02

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

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 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

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 Penguji II

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

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**

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

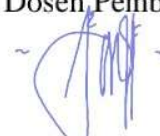
Smp-03

**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

Smp-03

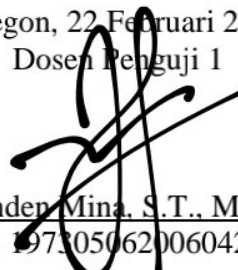
Jl. Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

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.
		tambahan catatan waktu Sempu	

Cilegon, 22 Februari 2024
Dosen Penguji 1


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



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

Smp-03

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

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 Purnaditya, S.T., M.T.
NIP. 198909142012031008



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 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	

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

Smp-05

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, 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/ 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

Smp-06

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

BUKTI PERBAIKAN PROPOSAL SKRIPSI

Nama Peserta : Shofarina Ika Juniar Susanti

NPM : 3336200007

NO	HARI/ 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

Smp-06

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

BUKTI PERBAIKAN PROPOSAL SKRIPSI

Nama Peserta : Shofarina Ika Juniar Susanti
NPM : 3336200007

NO	HARI/ TANGGAL	PERIHAL	BAB	HALAMAN
		Unggahan penelitian		

Cilegon, 23 Maret 2024
Dosen/Penguji 1

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



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

Smp-06

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

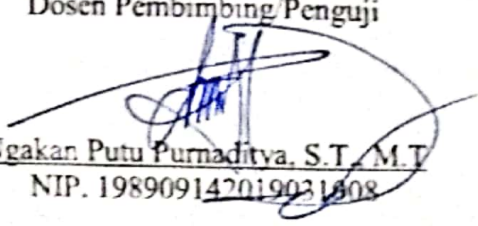
BUKTI PERBAIKAN PROPOSAL SKRIPSI

Nama Peserta : Shofarina Ika Juniar Susanti

NPM : 3336200007

NO	HARI/ 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

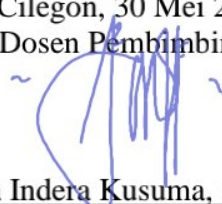
Hsl-02

**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 	

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

Hsl-02

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

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



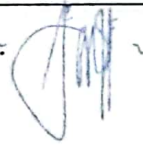
KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Hsl-03

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 : 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/ 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

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/ TANGGAL	PERIHAL	BAB	HALAMAN
	07/2024 06	Acc sidang Akhir		

Cilegon, 30 Mei 2024
Dosen Pembimbing 2


Woelandari Pathonah, 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-06

BUKTI KEHADIRAN TELAH MENGIKUTI SEMINAR

Nama Peserta : Shofarina Ika Juniar Susanti

NPM : 3336200007

SEMINAR YANG PERNAH DIKUTI

NO	JUDUL	Mahasiswa	Paraf ¹
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	

¹ paraf pembimbing 1 skripsi



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

Hsl-06

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

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	

¹ paraf pembimbing 1 skripsi



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

Ahr-01

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon 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 (≥ 139 sks dan $IPK \geq 2,00$)	145 sks, IPK 3,63
2.	Hasil studi kumulatif (nilai D ≤ 10 %)	1 %
3.	Draf laporan telah disetujui Dosen Pembimbing (TA-02) 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

Ahr-02

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

DAFTAR HADIR SIDANG AKHIR SKRIPSI

Hari/Tgl : Selasa, 09 Juli 2024
Waktu : 10.00 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.	Woclandari 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, 09 Juli 2024
Koordinator Skripsi

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



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

Ahr-03

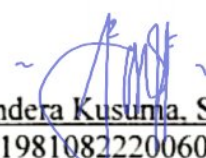
Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

SARAN / MASUKAN
SIDANG AKHIR SKRIPSI

Hari/Tgl : Selasa, 09 Juli 2024 Waktu : 10.00 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.		Jelaskan kenapa stone column pola segitiga lebih efektif	

Cilegon, 09 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-03

SARAN / MASUKAN
SIDANG AKHIR SKRIPSI

Hari/Tgl : Selasa, 09 Juli 2024 Waktu : 10.00 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.		Grafik untuk stone column	
2.		Tambahkan keterangan Syarat likuifaksi	

Cilegon, 09 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

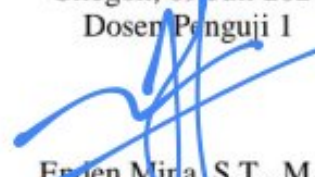
Ahr-03

**SARAN / MASUKAN
SIDANG AKHIR SKRIPSI**

Hari/Tgl : Selasa, 09 Juli 2024 Waktu : 10.00 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, 09 Juli 2024
Dosen Penguji I


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



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 : Selasa, 09 Juli 2024 Waktu : 10.00 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.		Tambahkan penjelasan tentang Deep soil	
2.		Kasih tanda kurung pada rumus (vs) dan satuan vs diperbaiki	
3.		Daftar pustaka sesuaikan dengan isi	

Cilegon, 09 Juli 2024
Dosen Penguji 2


Ngakan Putu Purnaditya, S.T., M.T
NIP. 198909142012031008



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 : Selasa, 09 Juli 2024
Waktu : 10.00 WIB
Nama Mahasiswa : Shofarina Ika Juniar Susanti
NPM : 3336200007

NO	ASPEK YANG DINILAI	PENGUASAAN (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		91

Cilegon, 09 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

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 (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

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 (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 (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 Likuefaksi 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 Likulfaksi 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

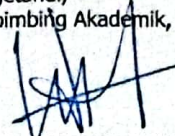
No	Tanggal	Topik Pembahasan	Paraf Pembimbing
1.	30/01/2024	Cek potensi likuifaksi	
2.	31/01/2024	Acc Seminar proposal	
3.	17/05/2024	Jelaskan yang diinput pada Deepsoil	
4.	20/05/2024	Acc Seminar Hasil	
5.	07/06/2024	Acc sidang Akhir	

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 menyampaikan 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 : **Woelandari 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 : Prm. 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 : Prm. 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

BERITA ACARA SIDANG SKRIPSI / TUGAS AKHIR

Pada hari ini, Tanggal 03 Bulan Juli Tahun 2024, bertempat di III-20 (R Sidang) Fakultas Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, telah dilaksanakan Ujian Sidang Skripsi/Tugas Akhir atas nama:

Nama Mahasiswa : SHOFARINA IKA JUNIAR SUSANTI
NIM : 3336200007
Penguji : Ketua Sidang : RAMA INDERA KUSUMA, S.T., M.T.
Penguji I : ENDEN MINA, S.T., M.T.
Penguji II : Ngakan Putu Purnaditya, M.T.
Penguji III : Woelاندari Fathonah, ST, MT.
Judul TA : Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Dan Alternatif Perbaikannya Dengan Metode Stone Column
Waktu : 13.00
Catatan Kejadian :

Demikian Berita Acara ini dibuat dengan sebenarnya untuk diketahui dan dipergunakan sebagaimana mestinya.

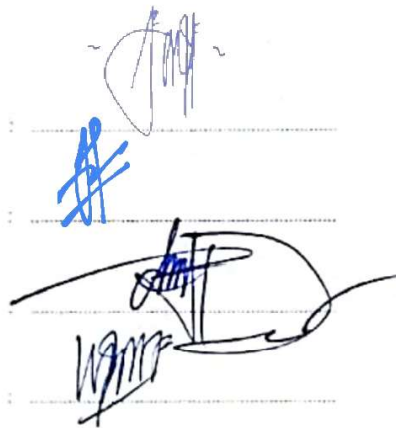
Cilegon, 03 Juli 2024

Ketua Sidang : RAMA INDERA KUSUMA, S.T., M.T.
NIP. 198108222006041001

Penguji I : ENDEN MINA, S.T., M.T.
NIP. 197305062006042001

Penguji II : Ngakan Putu Purnaditya, M.T.
NIP. 198909142019031008

Penguji III : Woelاندari Fathonah, ST, MT.
NIP. 199012292019032021



FORM PENILAIAN UJIAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR
FAKULTAS
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FORM PENILAIAN Ketua Sidang

Dosen Ketua Sidang : RAMA INDERA KUSUMA, S.T., M.T.
Nama Peserta : SHOFARINA IKA JUNIAR SUSANTI
NIM : 3336200007
Waktu Ujian : 13:00
Judul Skripsi : Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Dan Alternatif Perbaikannya Dengan Metode Stone Column

NO	INDIKATOR PENILAIAN	RENTANG NILAI	NILAI
	Total Nilai		91

Cilegon, 03 Juli 2024

Ketua Sidang,


RAMA INDERA KUSUMA, S.T., M.T.
NIP. 19810822006041001

FORM PENILAIAN UJIAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR
FAKULTAS
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

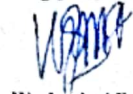
FORM PENILAIAN Penguji III

Dosen Penguji III : Woelandari Fathonah, ST, MT
Nama Peserta : SIOFARINA IKA JUNIAR SUSANTI
NIM : 3336200007
Waktu Ujian : 13.00
Judul Skripsi : Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Dan Alternatif Perbaikannya Dengan Metode Stone Column

NO	INDIKATOR PENILAIAN	RENTANG NILAI	NILAI
	Total Nilai		90

Cilegon, 03 Juli 2024

Penguji III,



Woelandari Fathonah, ST, MT,
NIP. 199012292019032021

FORM PENILAIAN UJIAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR
FAKULTAS
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FORM PENILAIAN Penguji I

Dosen Penguji I : ENDEN MINA, S.T., M.T.
Nama Peserta : SHOFARINA IKA JUNIAR SUSANTI
NIM : 3336200007
Waktu Ujian : 13:00
Judul Skripsi : Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Dan Alternatif Perbaikannya Dengan Metode Stone Column

NO	INDIKATOR PENILAIAN	RENTANG NILAI	NILAI
	Total Nilai		90

Cilegon, 03 Juli 2024
Penguji I,



ENDEN MINA, S.T., M.T.
NIP. 197305062006042001

FORM PENILAIAN UJIAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR
FAKULTAS
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FORM PENILAIAN Penguji II

Dosen Penguji II : Ngakan Putu Purnaditya, M.T
Nama Peserta : SHOFARINA IKA JUNIAR SUSANTI
NIM : 3336200007
Waktu Ujian : 13.00
Judul Skripsi : Analisis Potensi Likufaksi Berdasarkan Data SPT Dan Alternatif Perbaikannya Dengan Metode Stone Column

NO	INDIKATOR PENILAIAN	RENTANG NILAI	NILAI
	Total Nilai		90

Cilegon, 03 Juli 2024

Penguji II,


Ngakan Putu Purnaditya, M.T.
NIP. 198909142019031008

FORM PENILAIAN UJIAN SKRIPSI / TUGAS AKHIR
FAKULTAS
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FORM REKAPITULASI

Nama Peserta : SHOFARINA IKA JUNIAR SUSANTI
NIM : 3336200007
Waktu Ujian : 13.00
Judul Skripsi : Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Dan Alternatif Perbaikannya Dengan Metode Stone Column

NO	PENGUJI	RENTANG NILAI	NILAI
1	RAMA INDERA KUSUMA, S.T., M.T.	10 - 100	91
2	ENDEN MINA, S.T., M.T.	10 - 100	90
3	Ngakan Putu Purnaditya, M.T.	10 - 100	90
4	Woclandari Fathonah, ST., MT.	10 - 100	90
Total Nilai			
Nilai Huruf Mutu			

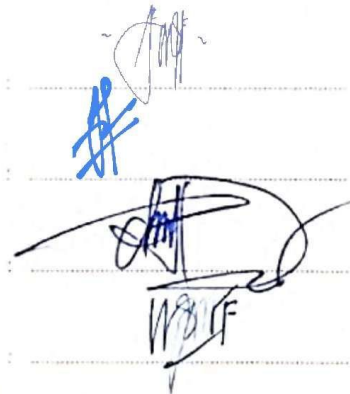
Cilegon, 03 Juli
2024

Ketua Sidang : RAMA INDERA KUSUMA, S.T., M.T.
NIP. 198108222006041001

Penguji I : ENDEN MINA, S.T., M.T.
NIP. 197305062006042001

Penguji II : Ngakan Putu Purnaditya, M.T.
NIP. 198909142019031008

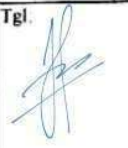
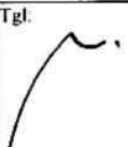
Penguji III : Woclandari Fathonah, ST., MT.
NIP. 199012292019032021



FORM REVISI LAPORAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nama : SHOFARINA IKA JUNIAR SUSANTI
NIM : 3336200007
Program Studi : TEKNIK SIPIL
Tanggal Sidang : 03 Juli 2024
Semester Mulai : Genap 2023/2024
Judul Tugas Akhir :

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

NO	NAMA PENGUJI	HAL YANG PERLU DIREVISI	PARAF
1	RAMA INDERA KUSUMA, S.T., M.T.	Acc Jilid	Tgl. 
2	ENDEN MINA, S.T., M.T.	Acc jilid	Tgl. 
3	Ngakan Putu Purnaditya, M.T	Acc jilid	Tgl. 
4	Woelandari Fathonah, ST., MT.	Acc jilid	Tgl. 

Cilegon, 03 Juli 2024
Pembimbing Akademik,

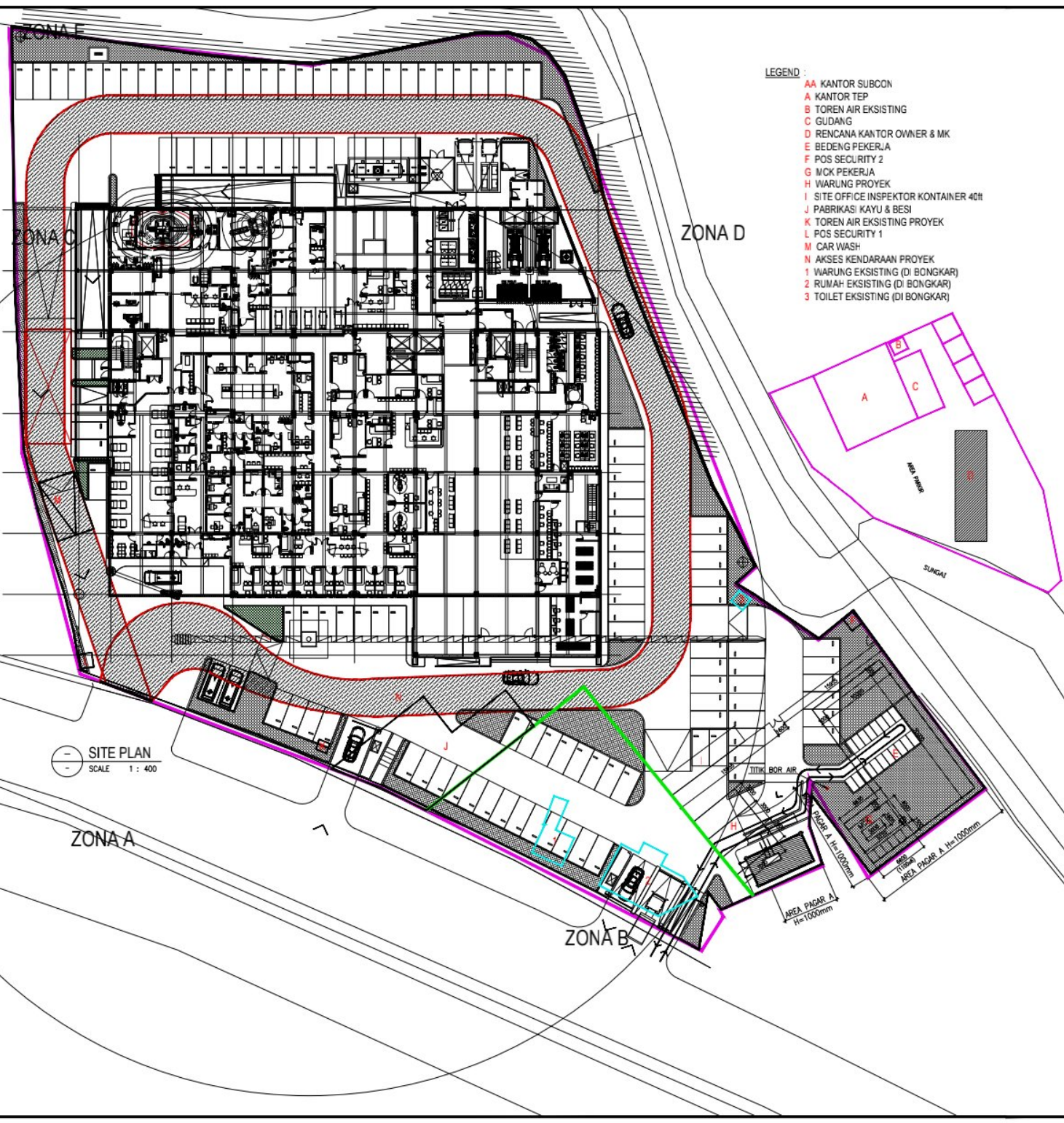


Ir. ANDI MADDEPPUNGENG, M.T.
NIP. 195910171988031003

LAMPIRAN 2

DATA TEKNIS PROYEK





- LEGEND :**
- AA KANTOR SUBCON
 - A KANTOR TEP
 - B TOREN AIR EKSISTING
 - C GUDANG
 - D RENCANA KANTOR OWNER & MK
 - E BEDENG PEKERJA
 - F POS SECURITY 2
 - G MCK PEKERJA
 - H WARUNG PROYEK
 - I SITE OFFICE INSPEKTOR KONTAINER 40ft
 - J PABRIKASI KAYU & BESI
 - K TOREN AIR EKSISTING PROYEK
 - L POS SECURITY 1
 - M CAR WASH
 - N AKSES KENDARAAN PROYEK
 - 1 WARUNG EKSISTING (DI BONGKAR)
 - 2 RUMAH EKSISTING (DI BONGKAR)
 - 3 TOILET EKSISTING (DI BONGKAR)

SITE PLAN
SCALE 1 : 400

ISSUED			
NO.	Description	Date	Check
REVISION			
NO.	Description	Date	Check
KEYPLAN			
PROJECT			
BETHSAIDA HOSPITAL @ SERANG			
OWNER			
ARCHITECTURAL CONSULTANT			
STRUCTURAL CONSULTANT			
MECHANICAL & ELECTRICAL CONSULTANT			
INTERIOR DESIGNER			
LANDSCAPE CONSULTANT			
PENANGGUNG JAWAB STRUKTUR			
MANAJEMEN KONSTRUKSI			
KONTRAKTOR			
ADELA GAMBAR			
SITE PLAN			
DIGAMBAR		TID	
KONTRAKTOR		Per Juliatus	
DISERVISI / CHECKED		TID	
MANAJEMEN KONSTRUKSI		TID	
DISERVISI / APPROVED		TID	
PEMERIN TUGAS			
NO GAMBAR	SKALA	REVISI	
SD-STR-RSB-TEP-SP-01	1 : 350		
TANGGAL : 14 September 2022	DATE	DIREKSI/AN UNIK	
NO. REF	DATE	DIREKSI/AN UNIK	



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

marketing_tb@tarumanegara.co.id

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





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

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

Core Dia. : 7.30 cm

 Crystallized Samples (CS)
 Liquid Samples
 Gelling

 Glass Samples
 Salt Spices
 Bag Samples

☐ **Run Sample**

PT. TARUMANEGARA BumiVasa

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

Core 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) ☒ Master Sample ☒ Casing
☒ Spare 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					γ _t t/m ³	G _s	e	Atterberg Limit (%)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
								N1	N2	N3	N	10	20	30	40	50	Type	σ ₁ /σ ₃ (log/cm ²)	φ ₁ /φ ₃ (°)	σ ₁ /σ ₃ (log/cm ²)	W _n				LL	PL	LI																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
10/09/2021	31		ML	SANDY SILT Whitish brownish grey, moist, hard, low plasticity	77	31																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												

PT. TARUMANEGARA BumiVasa

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 (UD) ☒ Master Sample ☒ Casing
☒ Spare 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 ²)	$\frac{1}{4}$ (kg/cm ²)	$\frac{1}{8}$ (kg/cm ²)	γ_t (t/m ³)	Gs	e	Wn	LL	PL	LI		
05/09/2021	31		SP	CEMENTED SAND, Grey, wet, very dense, poorly graded	13	31	40	-	-	>50	H-SPT > 50 blows/ft																		
	32		SP	CEMENTED SAND, Greenish grey, wet, poorly graded	87	32	6	Bouncing																					
	33		SP	SILTY SAND Yellowish brownish grey, wet, very dense, poorly graded	18	33	40	-	-	>50	H-SPT > 50 blows/ft																		
	34				90	34	8	Bouncing																					
	35				16	35	40	-	-	>50	H-SPT > 50 blows/ft																		
	36				90	36	7	Bouncing																					
	37				16	37	45	-	-	>50	H-SPT > 50 blows/ft																		
	38				83	38	7	Bouncing																					
	39		SP	SILTY SAND Greyish brown, wet, very dense, poorly graded	40	39	27	35	-	>50	H-SPT > 50 blows/ft																		
	40				80	40	5	Bouncing																					
06/09/2021	41			End of Boring		41	40	-	-	>50	H-SPT > 50 blows/ft																		
	42					42	6	Bouncing																					
	43					43																							
	44					44																							
	45					45																							
	46					46																							
	47					47																							
	48					48																							
	49					49																							
	50					50																							

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 (UD) ☒ Master Sample ☒ Casing
☒ Spare 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	$\frac{c}{\sigma'}$ (kg/cm ²)	$\frac{\phi}{\sigma'}$ (°)	$\frac{\phi}{\sigma'}$ (kg/cm ²)	γ_t (t/m ³)	Gs	e	Wn	LL	PL	LI
07/09/2021				Concrete - 0.10 m	100																						
	1	CL	SILTY CLAY Greyish brown, moist, stiff, low plasticity DB3 - UD1 : 2.00 - 2.50 m	100	1	⊗	3	4	6	10																	
	2				80	2	⊗																				
	3				100	3	⊗	3	5	6	11																
	4	CH	SILTY CLAY, Brownish grey, moist, stiff, high plasticity DB3 - UD2 : 4.00 - 4.50 m	85	4	⊗																					
	5				90	5	⊗																				
	6				100	6	⊗	4	6	7	13																
	7	SP	SILTY SAND Brownish yellowish grey, wet, poorly graded	87	7	⊗																					
	8				87	8																					
	9	SP	SILTY SAND Greyish green, wet, dense to very dense, poorly graded	100	9	⊗	12	19	25	44																	
08/09/2021	10				87	10																					
	11				93	11	⊗	15	21	29	50																
	12				90	12																					
	13				100	13	⊗	14	22	30	>50																
	14				90	14																					
	15				96	15	⊗	16	25	34	>50																
	16	SP	SILTY SAND Grey, wet, very dense, poorly graded	90	16																						
	17				89	17	⊗	18	27	35	>50																
	18				87	18																					
	19	SP	CEMENTED SAND Grey, wet, very dense, poorly graded	44	19	⊗	28	40	-	>50																	
09/09/2021	20				87	20																					
	21				90	21	⊗	40	-	-	>50																
	22				87	22																					
	23				11	23	⊗	35	-	-	>50																
	24				93	24																					
	25				11	25	⊗	40	-	-	>50																
	26				93	26																					
	27				9	27	⊗	40	-	-	>50																
	28				90	28																					
	29				11	29	⊗	40	-	-	>50																
10/09/2021	30			93	30																						
				Continue																							

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 (UD)

MZ Master Sample

Casing

Spore Sample

Split Spoon

B 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					γ_t t/m ³	Gs	e	Atterberg Limit (%)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
								N1	N2	N3	N	10	20	30	40	50	Type	σ'_{vc} (kg/cm ²)	ϕ / ψ (°)	σ'_{vc} (kg/cm ²)	Wn				LL	PL	LI																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
10/09/2021	31		SP	CEMENTED SAND Grey, wet, very dense, poorly graded	11	31	⊗	45	-	-	>50	N-SPT > 50 blows/ft																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		</

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 : Yustadi Cs

Hammer Type : Automatic Trip Hammer

Hammer No : 03

Hammer Energy : 59.9 - 82.5 %

Log No.

DB4

Remarks :

Undisturbed Sample (UD)

MZ Master Sample

Casing

Spore Sample

Split Spoon

B 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 ²)	$\frac{q}{\sigma'}$ (°)	$\frac{p}{\sigma'}$ (kg/cm ²)	γ_t t/m ³	Gs	e	Wn	LL	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	3	⊗																				
	4			DB4 - UD1 : 2.50 - 3.00 m	90	4	⊗	4	6	7	13																
07/09/2021	5			SILT	90	5																					
	6			Brown, moist, hard, low plasticity	83	6	⊗	6	15	18	33																
	7				90	7																					
	8			SAND	89	8	⊗	12	17	21	38																
13/09/2021	9			Whitish grey, wet, very dense, poorly graded	83	9																					
	10				86	10	⊗	16	35	-	>50																
	11				83	11																					
	12			SAND	44	12	⊗	18	35	-	>50																
14/09/2021	13			Yellowish grey, wet, very dense, well graded	87	13																					
	14				44	14	⊗	35	-	-	>50																
	15				87	15																					
	16			CEMENTED SAND	16	16	⊗	35	-	-	>50																
	17			Yellowish grey, wet, very dense, well graded	90	17																					
	18				11	18	⊗	40	-	-	>50																
	19			CEMENTED SAND	87	19																					
	20			Grey, wet, very dense, well graded	11	20	⊗	40	-	-	>50																
	21				90	21																					
	22				13	22	⊗	45	-	-	>50																
	23				87	23																					
	24				13	24	⊗	40	-	-	>50																
	25				90	25																					
	26			CEMENTED SAND	13	26	⊗	40	-	-	>50																
	27			Greyish brown, wet, very dense, well graded	87	27																					
	28				16	28	⊗	40	-	-	>50																
	29				87	29																					
	30			CEMENTED SAND	11	30	⊗	40	-	-	>50																
				Grey, wet, very dense, well graded																							
				Continue																							

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 : Yustadi Cs

Hammer Type : Automatic Trip Hammer

Hammer No : 03

Hammer Energy : 59.9 - 82.5 %

Log No.

DB4

Remarks :

☒ Undisturbed Sample (UD)

☒ Master Sample

☒ Casing

☒ Spare Sample

☒ Split Spoon

☒ Bag Sample

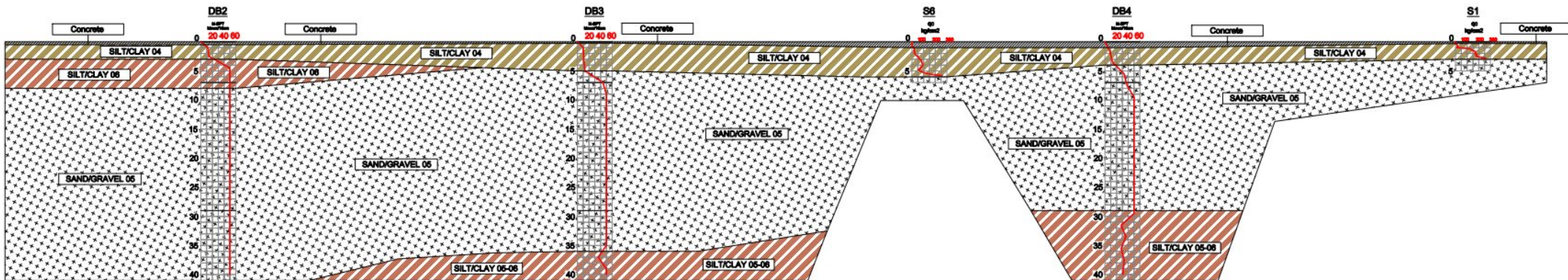
Date of Boring	Depth (m)	Legend	Symbol	Description	Sampling		Standard Penetration Test					Laboratory Test																
					Recovery (%)	Depth (m)	Sample	Blows Per Each 15 cm				N - Value					Strength Test					Atterberg Limit (%)						
								N1	N2	N3	N	10	20	30	40	50	Type	σ_c (kg/cm ²)	σ_1/σ_3 (°)	ϕ (kg/cm ²)	γ_t t/m ³	Gs	e	Wn	LL	PL	LI	
14/09/2021	31		CH	SILTY CLAY	93	31																						
				Greyish brown, moist, very stiff, high plasticity	100	31	⊗	8	12	16	28																	
	32		CH	SILTY CLAY	87	32																						
				Brownish grey, moist, very stiff to hard, high plasticity	83	33	⊗	10	15	21	36																	
	34				93	34																						
	35				100	35	⊗	5	12	16	28																	
	36				87	36																						
	37				93	37	⊗	10	15	18	33																	
	38		CH	SILTY CLAY	93	38																						
				Greenish grey, moist, hard, high plasticity	96	39	⊗	9	13	18	31																	
15/09/2021	40			End of Boring		40																						
	41			*Borehole was continued from different hole (1 meter from the origin hole due to the drilling rod was trapped at -21.50 meter depth)		41																						
	42					42																						
	43					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																							



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
COHESIVE	SILT/CLAY 01	0 - 2	VERY SOFT
	SILT/CLAY 02	2 - 4	SOFT
	SILT/CLAY 03	4 - 8	MEDIUM STIFF
	SILT/CLAY 04	8 - 15	STIFF
	SILT/CLAY 05	15 - 30	VERY STIFF
	SILT/CLAY 06	> 30	HARD
COHESIONLESS	SAND/GRAVEL 01	0 - 4	VERY LOOSE
	SAND/GRAVEL 02	4 - 10	LOOSE
	SAND/GRAVEL 03	10 - 30	MEDIUM DENSE
	SAND/GRAVEL 04	30 - 50	DENSE
	SAND/GRAVEL 05	> 50	VERY DENSE

NOT TO SCALE



PT. TARUMANEGARA Bumiyasa

DRAWING TITLE
POTONGAN A-A (DB2-DB3-S6-DB4-S1)

PROJECT
RUMAH SAKIT BETHSAIDA

LOCATION
CILEGON, BANTEN

CLIENT
PT. BETHSAIDA HOSPITAL INTERNATIONAL





LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH

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

RINGKASAN HASIL UJI LABORATORIUM

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

Hole No.			DB1			DB2	DB3		DB4	
Sample No.			UD1	UD2	UD3	UD1	UD1	UD2	UD1	
Depth of Sample			m	1.00 - 1.50	2.00 - 2.50	3.00 - 3.50	1.50 - 2.00	2.00 - 2.50	4.00 - 4.50	2.50 - 3.00
Pocket Torvane			kg/cm ²	0.85	0.75	0.30	0.65	0.50	0.90	0.60
Gradation	Gravel		%	0.09	0.61	3.76	5.37	0.24	0.24	3.28
	Sand		%	21.77	24.33	28.48	24.74	21.64	14.10	38.12
	Silt		%	69.61	60.60	59.35	56.44	66.30	72.74	50.95
	Clay		%	8.52	14.46	8.41	13.45	11.82	12.92	7.65
	Classified Grading Pass (%)	No.10 (2.00 mm)		99.48	94.62	86.45	86.00	98.98	99.24	89.17
		No.40 (0.425 mm)		94.93	83.82	77.03	78.37	94.53	97.08	76.07
No.200 (0.075 mm)			78.13	75.07	67.77	69.89	78.12	85.66	58.60	
Liquid Limits, LL			%	34.210	57.521	46.112	48.618	32.432	51.466	32.311
Plasticity Index, PI			%	15.025	31.946	22.042	21.462	12.781	22.995	14.436
Liquidity Index, LI			%	0.459	0.238	0.336	0.208	0.347	0.103	0.382
Classification				CL	CH	CL	CL	CL	CH	CL
Specific Gravity, Gs				2.620	2.560	2.710	2.810	2.560	2.580	2.570
Natural State	Water Content, w _a		%	26.077	33.191	31.471	31.612	24.089	30.831	23.391
	Wet Density, γ _t		gr/cm ³	1.880	1.838	1.922	1.931	1.961	1.744	1.929
	Void Ratio, e			0.757	0.855	0.853	0.915	0.620	0.936	0.644
	Degree Saturation, S _r		%	90.246	99.396	99.948	97.084	99.484	84.999	93.295
Triaxial Compression Test	Type of Test			UU						
	Cohesion, c		kg/cm ²	0.570	0.283	-	-	0.474	0.516	0.233
	Angle of Internal Friction, Ø		degree	11.771	6.348	-	-	9.831	8.220	9.420
	Type of Test			CU						
	Total	Cohesion, c (kg/cm ²)		-	-	0.37	0.42	0.36	-	-
		Angle of Int Friction, Ø (deg)		-	-	14.17	16.27	12.47	-	-
	Effective	Cohesion, c (kg/cm ²)		-	-	0.31	0.37	0.31	-	-
Angle of Int Friction, Ø (deg)		-	-	23.82	26.25	19.02	-	-		
Consolidation Test	Yield of Consolidation, Pc		kg/cm2	4.000	-	-	3.680	-	3.120	-
	Compression Index, Cc			0.257	-	-	0.371	-	0.467	-
	Swell Index or Recompression Swell Index, Cs/Cr			0.028	-	-	0.066	-	0.052	-



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

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

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

Hole No.	DB1			DB2	DB3		DB4
Sample No.	UD1	UD2	UD3	UD1	UD1	UD2	UD1
Depth of Sample m	1.00 - 1.50	2.00 - 2.50	3.00 - 3.50	1.50 - 2.00	2.00 - 2.50	4.00 - 4.50	2.50 - 3.00
Wt. of can + wet soil + ring (gr)	90.740	87.150	89.180	89.910	88.200	87.130	92.360
Wt. of can + dry soil + ring (gr)	81.540	75.510	77.860	79.440	79.010	77.560	83.820
Wt. of can + ring (gr)	46.260	40.440	41.890	46.320	40.860	46.520	47.310
Wt. of dry soil (gr)	35.280	35.070	35.970	33.120	38.150	31.040	36.510
Wt. of water (gr)	9.200	11.640	11.320	10.470	9.190	9.570	8.540
Wt. of wet soil (gr)	44.480	46.710	47.290	43.590	47.340	40.610	45.050
Volume of ring (cm ³)	23.660	25.410	24.599	22.571	24.140	23.290	23.360
w _n %	26.077	33.191	31.471	31.612	24.089	30.831	23.391
G _s	2.620	2.560	2.710	2.810	2.560	2.580	2.570
γ _{wet} gr/cm ³	1.880	1.838	1.922	1.931	1.961	1.744	1.929
γ _{dry} gr/cm ³	1.491	1.380	1.462	1.467	1.580	1.333	1.563
γ _{sat} gr/cm ³	1.922	1.841	1.923	1.945	1.963	1.816	1.955
S _r %	90.246	99.396	99.948	97.084	99.484	84.999	93.295
e	0.757	0.855	0.853	0.915	0.620	0.936	0.644
n	0.431	0.461	0.460	0.478	0.383	0.483	0.392

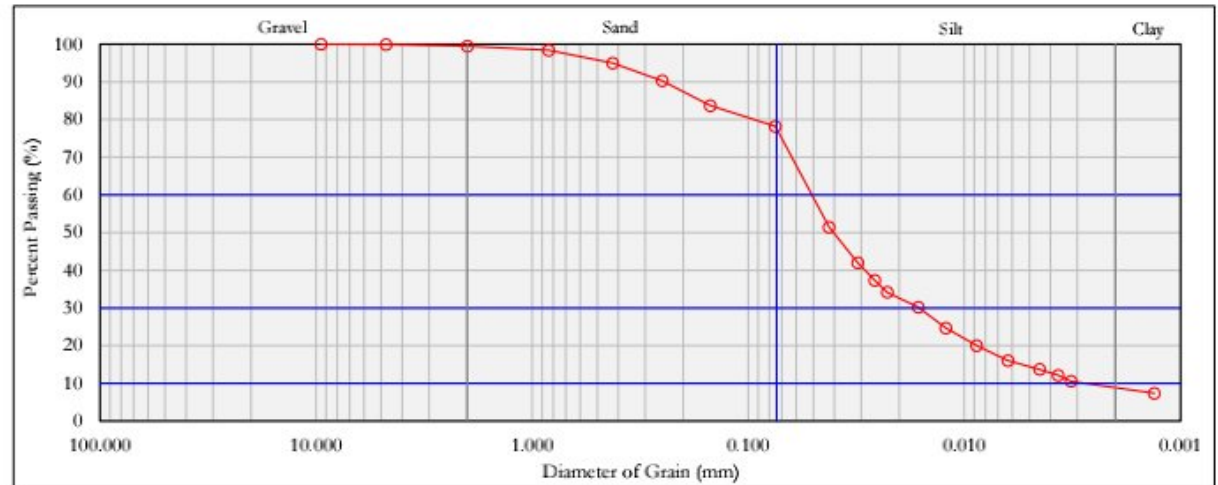


GRAIN SIZE ANALYSIS
SNI 3423:2008 / ASTM D-6913-17 & D-7928-17

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 1 - UD 1
Depth of Sample : 01.00 - 01.50 m

Weight of soil = 150.00 gram					
Sieve No	Diameter of grain (mm)	Mass Retained (gr)	Percent Retained (%)	Percent Cumulative Retained (%)	Percent Passing (%)
#	(mm)	(gr)	(%)	(%)	(%)
	49.900	0.00	0.00	0.00	100.00
1	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.14	0.09	0.09	99.91
10	2.000	0.64	0.43	0.52	99.48
20	0.840	1.62	1.08	1.60	98.40
40	0.425	5.20	3.47	5.07	94.93
60	0.250	7.01	4.67	9.74	90.26
100	0.150	9.90	6.60	16.34	83.66
200	0.075	8.29	5.53	21.87	78.13
		32.80			



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

Result

Gravel = 0.09
Sand = 21.77
Silt = 69.61
Clay = 8.52

D₁₀ = 0.0029
D₃₀ = 0.0162
D₆₀ = 0.0528

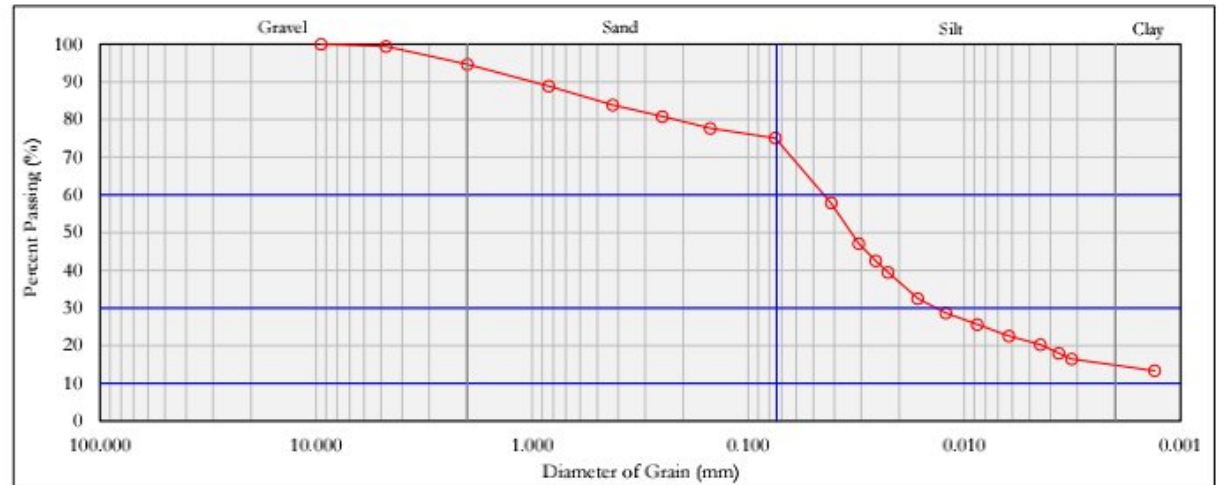
Cu = 18.274
Cc = 1.718

Time of Reading	Temp (C)	Actual Hydro Reading	Table 6-3 Temp (Ct)	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	31	2.50	32.70	65.86	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 : September 14, 2021
Boring : DB 1 - UD 2
Depth of Sample : 02.00 - 02.50 m

Weight of soil = 150.00 gram					
Sieve No	Diameter of grain (mm)	Mass Retained (gr)	Percent Retained (%)	Percent Cumulative Retained (%)	Percent Passing (%)
#	(mm)	(gr)	(%)	(%)	(%)
	49.900	0.00	0.00	0.00	100.00
1	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.91	0.61	0.61	99.39
10	2.000	7.16	4.77	5.38	94.62
20	0.840	8.61	5.74	11.12	88.88
40	0.425	7.59	5.06	16.18	83.82
60	0.250	4.51	3.01	19.19	80.81
100	0.150	4.75	3.17	22.35	77.65
200	0.075	3.87	2.58	24.93	75.07
		37.40			



Gs : **2.56**
a (Table 6-2) : **1.0218**
Ws (Wt of soil) : **50.00**
Zero correction : **-2**
Meniscus correction : **0.8**
Retained On # 200 : **75.07**

Result

Gravel = **0.61**
Sand = **24.33**
Silt = **60.60**
Clay = **14.46**

D₁₀ = **-**
D₃₀ = **0.0136**
D₆₀ = **0.0456**

Cu = **-**
Cc = **-**

Time of Reading	Temp (C)	Actual Hydro Reading	Table 6-3 Temp (Ct)	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	36	2.50	37.70	77.04	35.20	10.48	10.48	0.01278	0.0414	57.8342
2	28	29	2.50	30.70	62.74	28.20	11.65	5.83	0.01278	0.0308	47.0957
3	28	26	2.50	27.70	56.61	25.20	12.16	4.05	0.01278	0.0257	42.4935
4	28	24	2.50	25.70	52.52	23.20	12.48	3.12	0.01278	0.0226	39.4254
8	28	19.5	2.50	21.20	43.32	18.70	13.23	1.65	0.01278	0.0164	32.5221
15	28	17	2.50	18.70	38.22	16.20	13.66	0.91	0.01278	0.0122	28.6870
30	28	15	2.50	16.70	34.13	14.20	13.96	0.47	0.01278	0.0087	25.6188
60	28	13	2.50	14.70	30.04	12.20	14.28	0.24	0.01278	0.0062	22.5507
120	28	11.5	2.50	13.20	26.98	10.70	14.56	0.12	0.01278	0.0045	20.2496
180	28	10	2.50	11.70	23.91	9.20	14.78	0.08	0.01278	0.0037	17.9485
240	28	9	2.50	10.70	21.87	8.20	14.96	0.06	0.01278	0.0032	16.4145
1440	28	7	2.50	8.70	17.78	6.20	15.29	0.01	0.01278	0.0013	13.3463

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 1 - UD 3
Depth of Sample : 03.00 - 03.50 m

Weight of soil = 199.39 gram					
Sieve No	Diameter of grain (mm)	Mass Retained (gr)	Percent Retained (%)	Percent Cumulative Retained (%)	Percent Passing (%)
#	(mm)	(gr)	(%)	(%)	(%)
	49.900	0.00	0.00	0.00	100.00
1	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8	9.500	1.83	0.92	0.92	99.08
4	4.750	5.66	2.84	3.76	96.24
10	2.000	19.52	9.79	13.55	86.45
20	0.840	11.79	5.91	19.46	80.54
40	0.425	7.00	3.51	22.97	77.03
60	0.250	5.64	2.83	25.80	74.20
100	0.150	6.18	3.10	28.90	71.10
200	0.075	6.65	3.34	32.23	67.77
		64.27			



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

Result
Gravel = 3.76
Sand = 28.48
Silt = 59.35
Clay = 8.41

D₁₀ = 0.0034
D₃₀ = 0.0323
D₆₀ = 0.0660

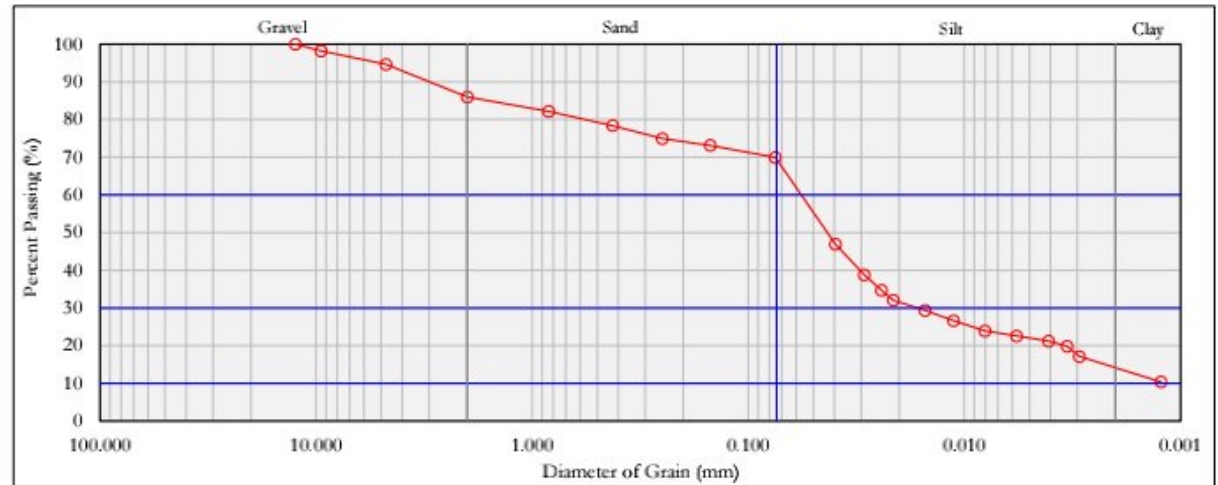
Cu = 19.581
Cc = 4.707

Time of Reading	Temp (C)	Actual Hydro Reading	Table 6-3 Temp (Ct)	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

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

Weight of soil = 152.97 gram					
Sieve No	Diameter of grain (mm)	Mass Retained (gr)	Percent Retained (%)	Percent Cumulative Retained (%)	Percent Passing (%)
#	(mm)	(gr)	(%)	(%)	(%)
	49.900	0.00	0.00	0.00	100.00
1	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8	9.500	2.76	1.80	1.80	98.20
4	4.750	5.45	3.56	5.37	94.63
10	2.000	13.21	8.64	14.00	86.00
20	0.840	5.88	3.84	17.85	82.15
40	0.425	5.78	3.78	21.63	78.37
60	0.250	5.27	3.45	25.07	74.93
100	0.150	2.78	1.82	26.89	73.11
200	0.075	4.93	3.22	30.11	69.89
		46.06			



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**

Result

Gravel = 5.37
Sand = 24.74
Silt = 56.44
Clay = 13.45

D₁₀ = -
D₃₀ = 0.0168
D₆₀ = 0.0597

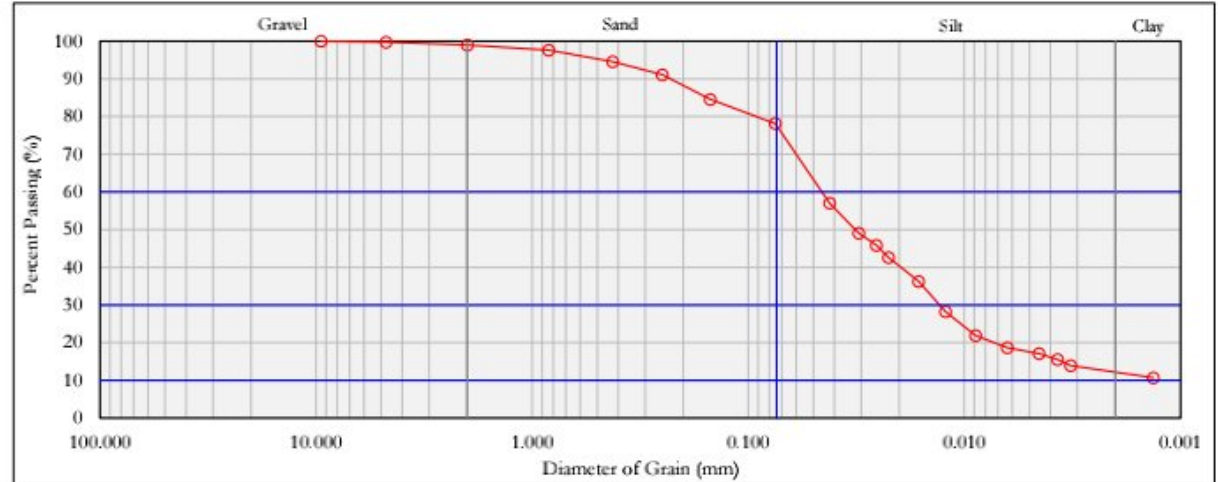
Cu = -
Cc = -

Time of Reading	Temp (C)	Actual Hydro Reading	Table 6-3 Temp (Ct)	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	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

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

Weight of soil = 150.00 gram					
Sieve No	Diameter of grain (mm)	Mass Retained (gr)	Percent Retained (%)	Percent Cumulative Retained (%)	Percent Passing (%)
#	(mm)	(gr)	(%)	(%)	(%)
	49.900	0.00	0.00	0.00	100.00
1	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.36	0.24	0.24	99.76
10	2.000	1.17	0.78	1.02	98.98
20	0.840	2.11	1.41	2.43	97.57
40	0.425	4.56	3.04	5.47	94.53
60	0.250	5.24	3.49	8.96	91.04
100	0.150	9.72	6.48	15.44	84.56
200	0.075	9.66	6.44	21.88	78.12
		32.82			



Gs : 2.56
a (Table 6-2) : 1.0218
Ws (Wt of soil) : 50.00
Zero correction : -2
Meniscus correction : 0.8
Retained On # 200 : 78.12

Result

Gravel = 0.24
Sand = 21.64
Silt = 66.30
Clay = 11.82

D₁₀ = -
D₃₀ = 0.0131
D₆₀ = 0.0468

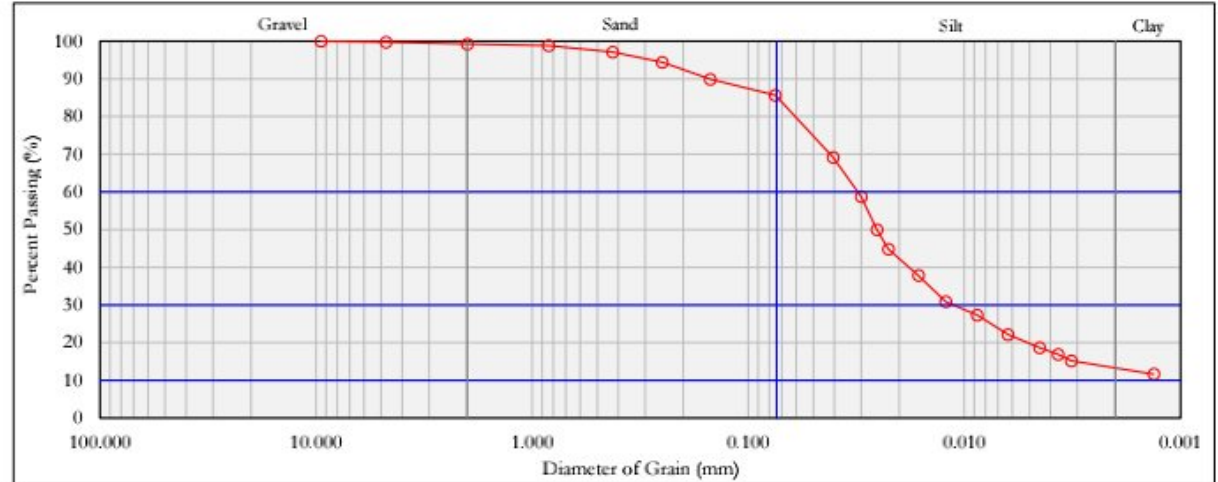
Cu = -
Cc = -

Time of Reading	Temp (C)	Actual Hydro Reading	Table 6-3 Temp (Ct)	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	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

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

Weight of soil = 150.00 gram					
Sieve No	Diameter of grain (mm)	Mass Retained (gr)	Percent Retained (%)	Percent Cumulative Retained (%)	Percent Passing (%)
#	(mm)	(gr)	(%)	(%)	(%)
	49.900	0.00	0.00	0.00	100.00
1	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.36	0.24	0.24	99.76
10	2.000	0.78	0.52	0.76	99.24
20	0.840	0.62	0.41	1.17	98.83
40	0.425	2.62	1.75	2.92	97.08
60	0.250	4.10	2.73	5.65	94.35
100	0.150	6.74	4.49	10.15	89.85
200	0.075	6.29	4.19	14.34	85.66
		21.51			



Gs : **2.58**
a (Table 6-2) : **1.0167**
Ws (Wt of soil) : **50.00**
Zero correction : **-2**
Meniscus correction : **0.8**
Retained On # 200 : **85.66**

Result

Gravel = **0.24**
Sand = **14.10**
Silt = **72.74**
Clay = **12.92**

D₁₀ = **-**
D₃₀ = **0.0114**
D₆₀ = **0.0313**

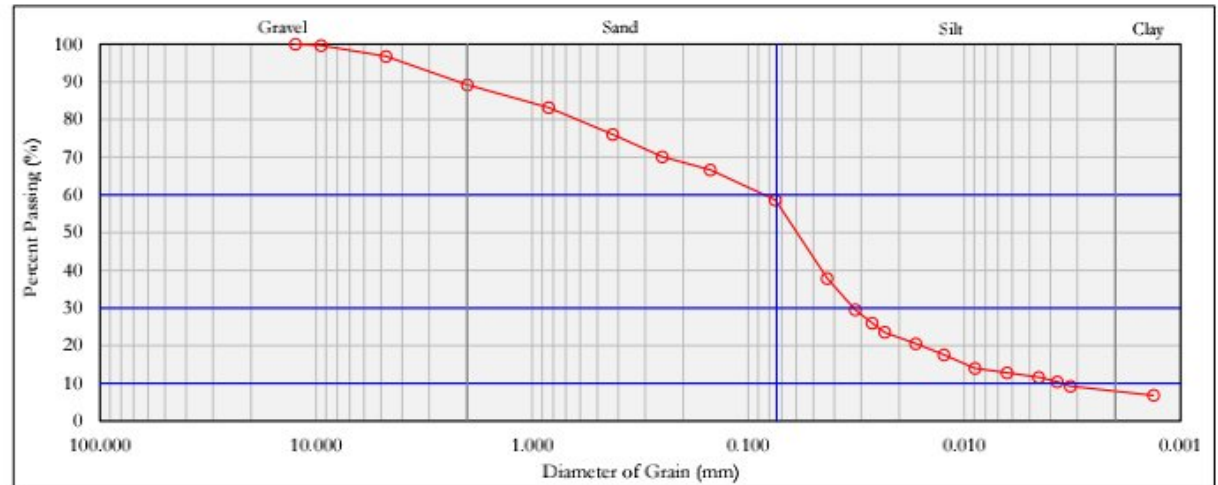
Cu = **-**
Cc = **-**

Time of Reading	Temp (C)	Actual Hydro Reading	Table 6-3 Temp (Ct)	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	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	58.6990
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

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

Weight of soil = 150.00 gram					
Sieve No	Diameter of grain (mm)	Mass Retained (gr)	Percent Retained (%)	Percent Cumulative Retained (%)	Percent Passing (%)
#	(mm)	(gr)	(%)	(%)	(%)
	49.900	0.00	0.00	0.00	100.00
1	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8	9.500	0.53	0.35	0.35	99.65
4	4.750	4.39	2.93	3.28	96.72
10	2.000	11.32	7.55	10.83	89.17
20	0.840	9.03	6.02	16.85	83.15
40	0.425	10.62	7.08	23.93	76.07
60	0.250	8.96	5.97	29.90	70.10
100	0.150	5.19	3.46	33.36	66.64
200	0.075	12.06	8.04	41.40	58.60
		62.10			



Gs : 2.57
a (Table 6-2) : 1.0192
Ws (Wt of soil) : 50.00
Zero correction : -2
Meniscus correction : 0.8
Retained On # 200 : 58.60

Result
Gravel = 3.28
Sand = 38.12
Silt = 50.95
Clay = 7.65

D₁₀ = 0.0036
D₃₀ = 0.0327
D₆₀ = 0.0881

Cu = 24.760
Cc = 3.419

Time of Reading	Temp (C)	Actual Hydro Reading	Table 6-3 Temp (Ct)	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	30	2.50	31.70	64.62	29.20	11.48	11.48	0.01274	0.0432	37.8657
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

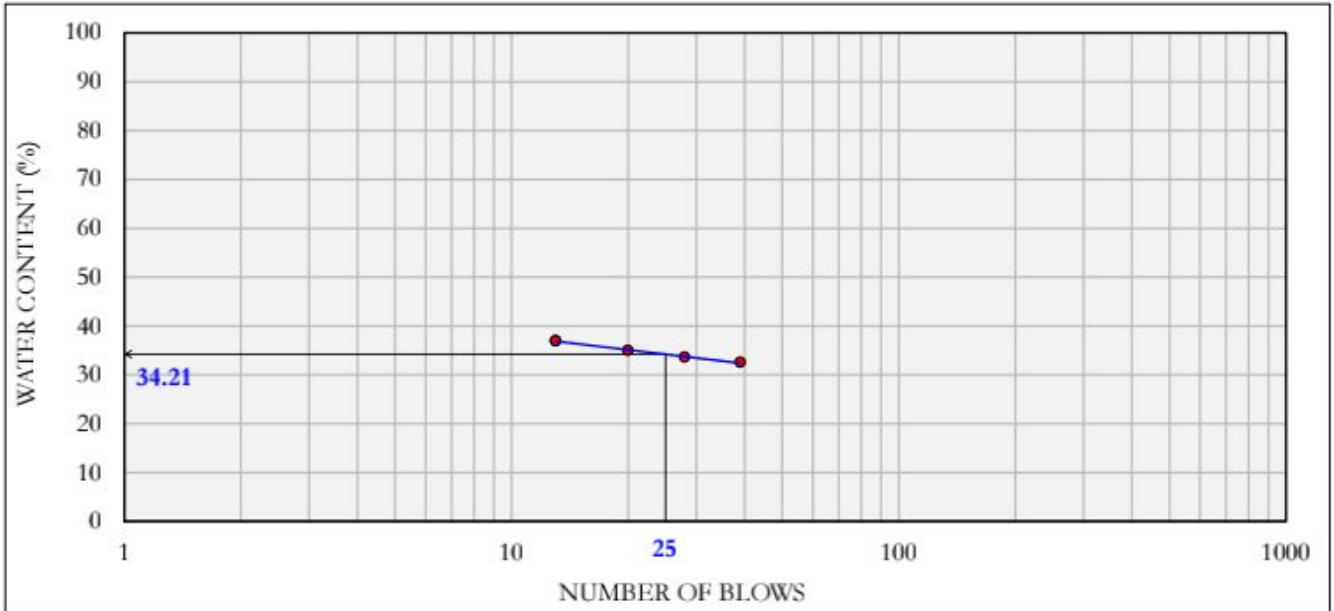


ATTERBERG LIMITS
SNI 3422:2008 / ASTM D-4318-17



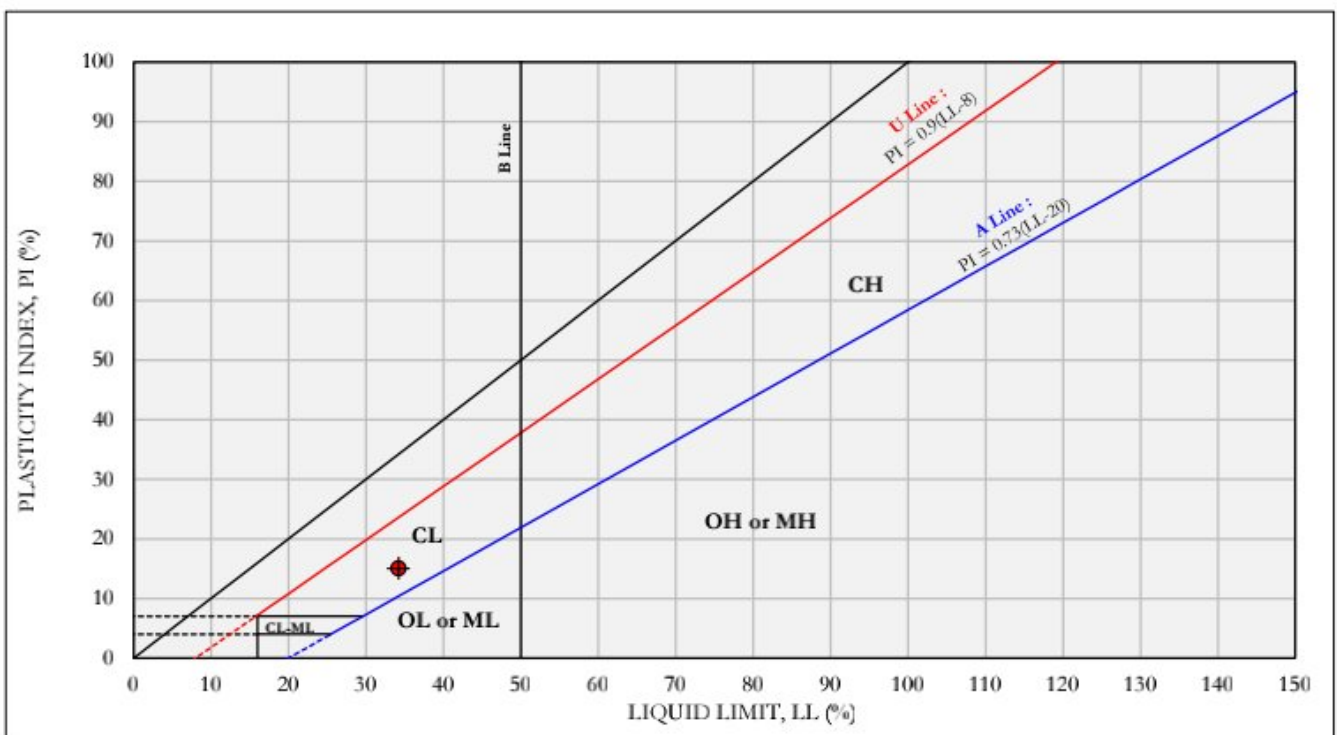
Project Name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON
Location : Jl. Lingkar Selatan KM.2 No. 8, Cilegon - Banten
Date : September 15, 2021.

Project No. : 1S.21052
Hole No. : DB1 - UD1
Depth of Sample : 01.00 - 01.50 m



NATURAL MOISTURE CONTENT	W_n	=	26.077	%
FLOW INDEX	FI	=	9.407	%
LIQUID LIMIT	LL	=	34.210	%
PLASTIC LIMIT	PL	=	19.185	%
PLASTICITY INDEX	PI	=	15.025	%
LIQUIDITY INDEX	LI	=	0.459	%

CLASSIFICATION = CL

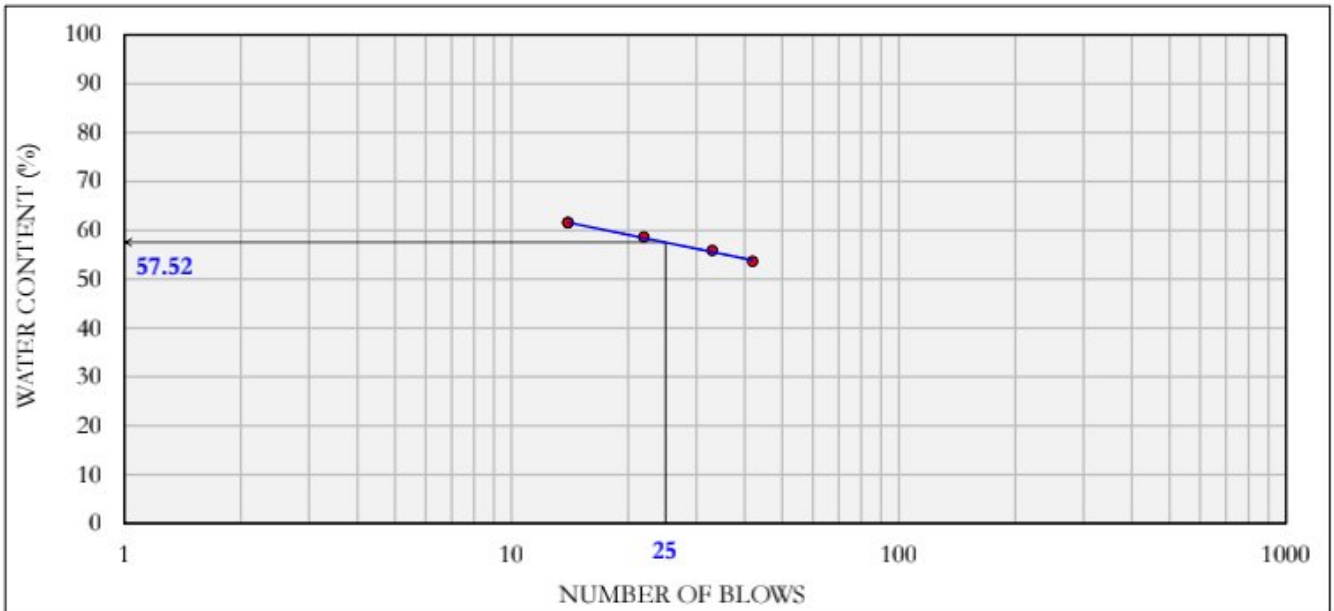


Tested By : Muryadi



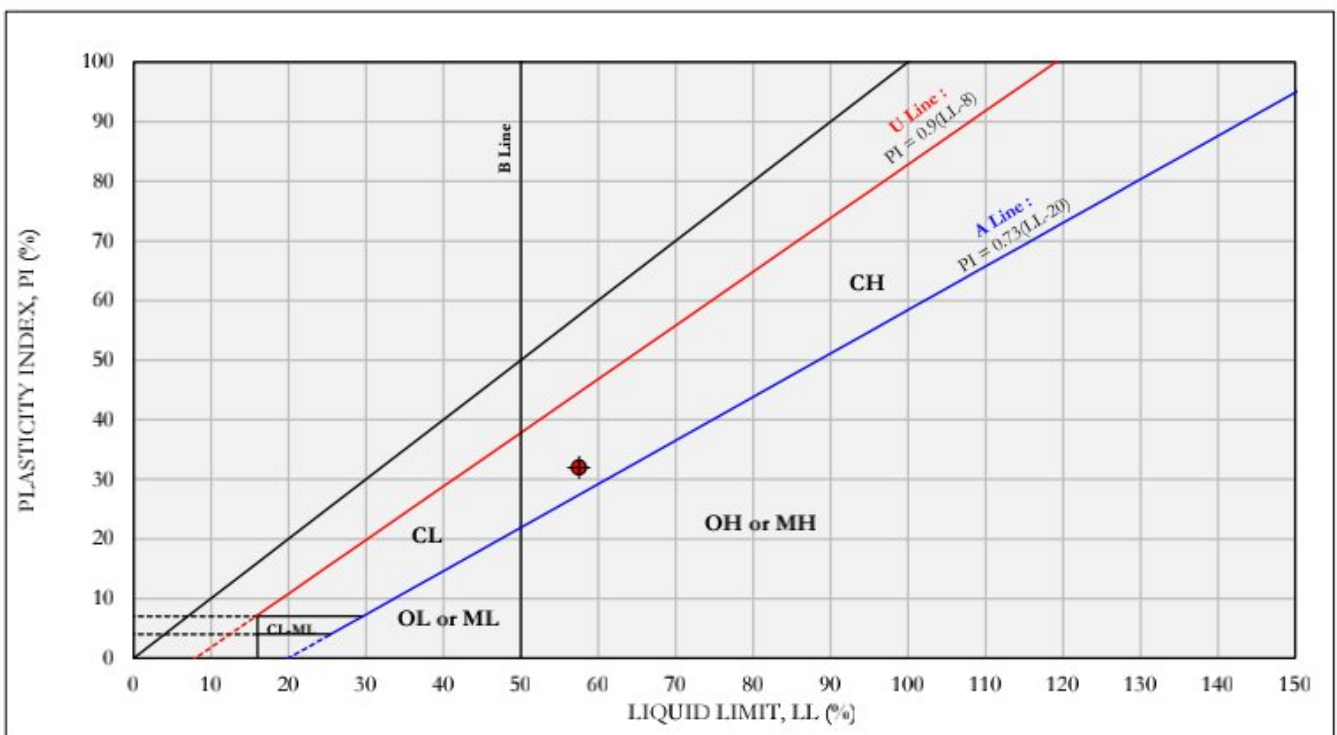
Project Name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON
Location : Jl. Lingkar Selatan KM.2 No. 8, Cilegon - Banten
Date : September 16, 2021.

Project No. : 1S.21052
Hole No. : DB1 - UD2
Depth of Sample : 02.00 - 02.50 m



NATURAL MOISTURE CONTENT	W_n	=	33.191	%
FLOW INDEX	FI	=	16.195	%
LIQUID LIMIT	LL	=	57.521	%
PLASTIC LIMIT	PL	=	25.574	%
PLASTICITY INDEX	PI	=	31.946	%
LIQUIDITY INDEX	LI	=	0.238	%

CLASSIFICATION = CH

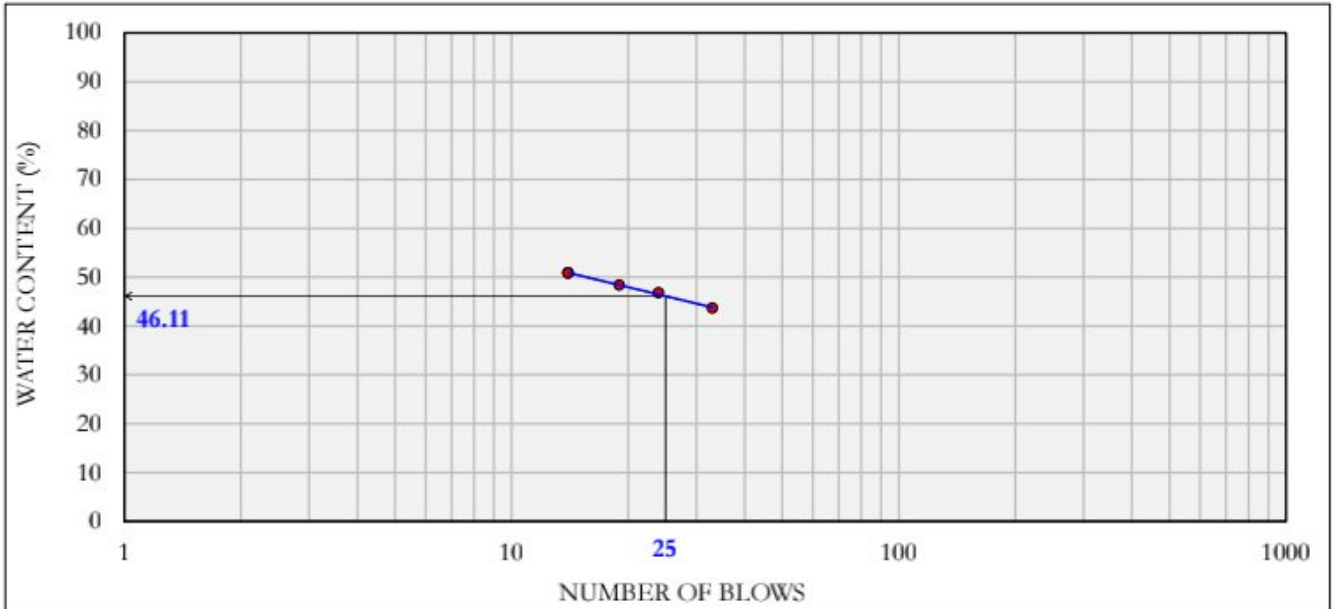


Tested By : Muryadi



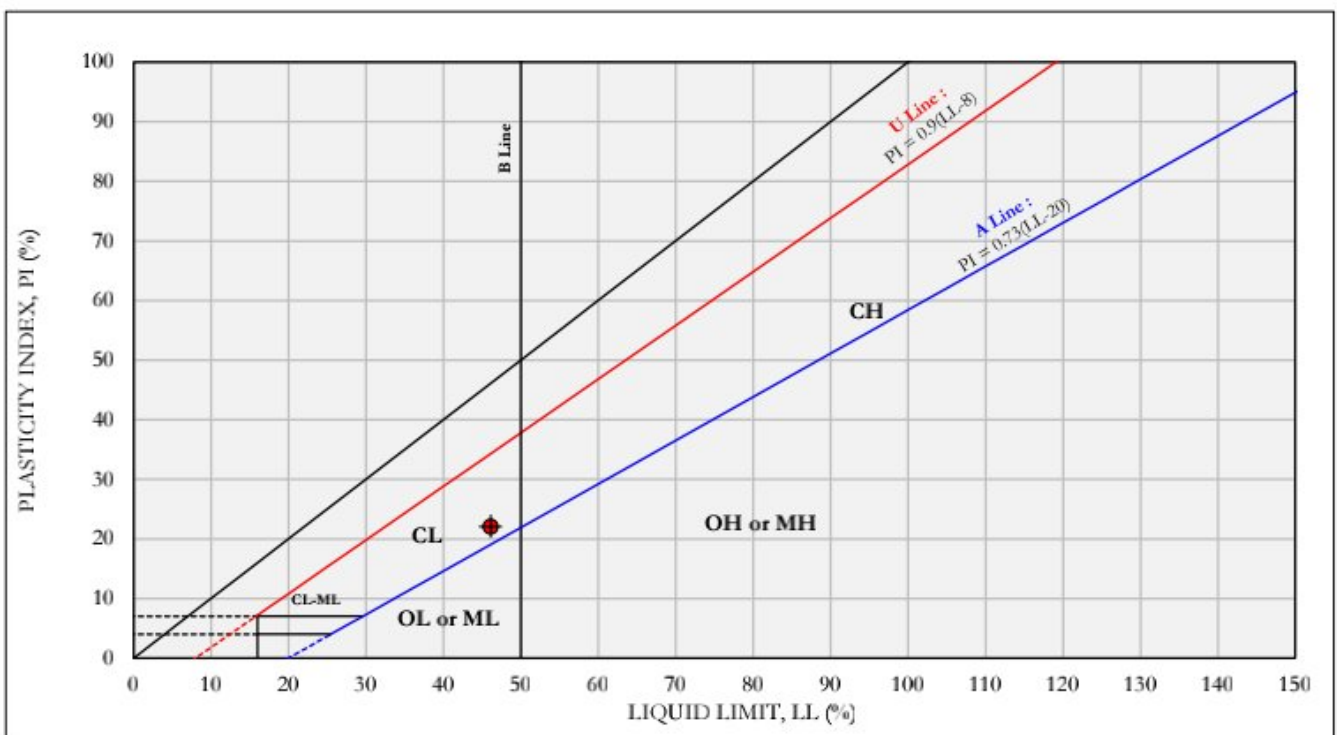
Project Name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON
Location : Jl. Lingkar Selatan KM.2 No. 8, Cilegon - Banten
Date : September 9, 2021.

Project No. : 1S.21052
Hole No. : DB1 - UD3
Depth of Sample : 03.00 - 03.50 m



NATURAL MOISTURE CONTENT	W_n	=	31.471	%
FLOW INDEX	FI	=	19.046	%
LIQUID LIMIT	LL	=	46.112	%
PLASTIC LIMIT	PL	=	24.070	%
PLASTICITY INDEX	PI	=	22.042	%
LIQUIDITY INDEX	LI	=	0.336	%

CLASSIFICATION = CL

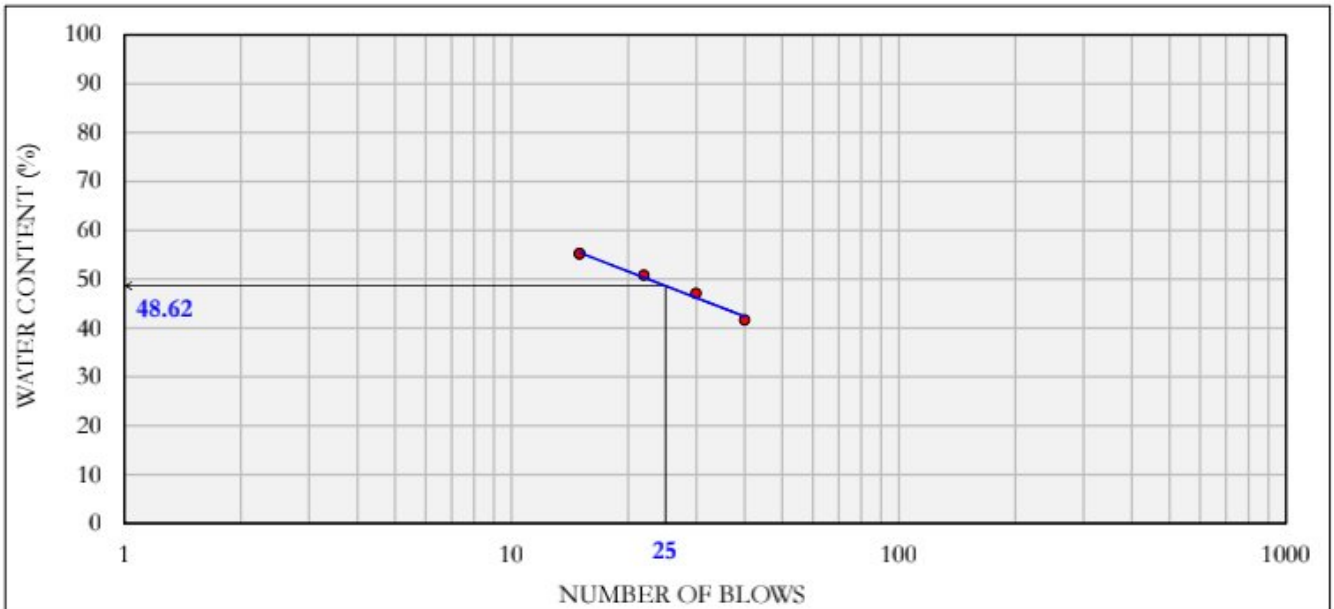


Tested By : Muryadi



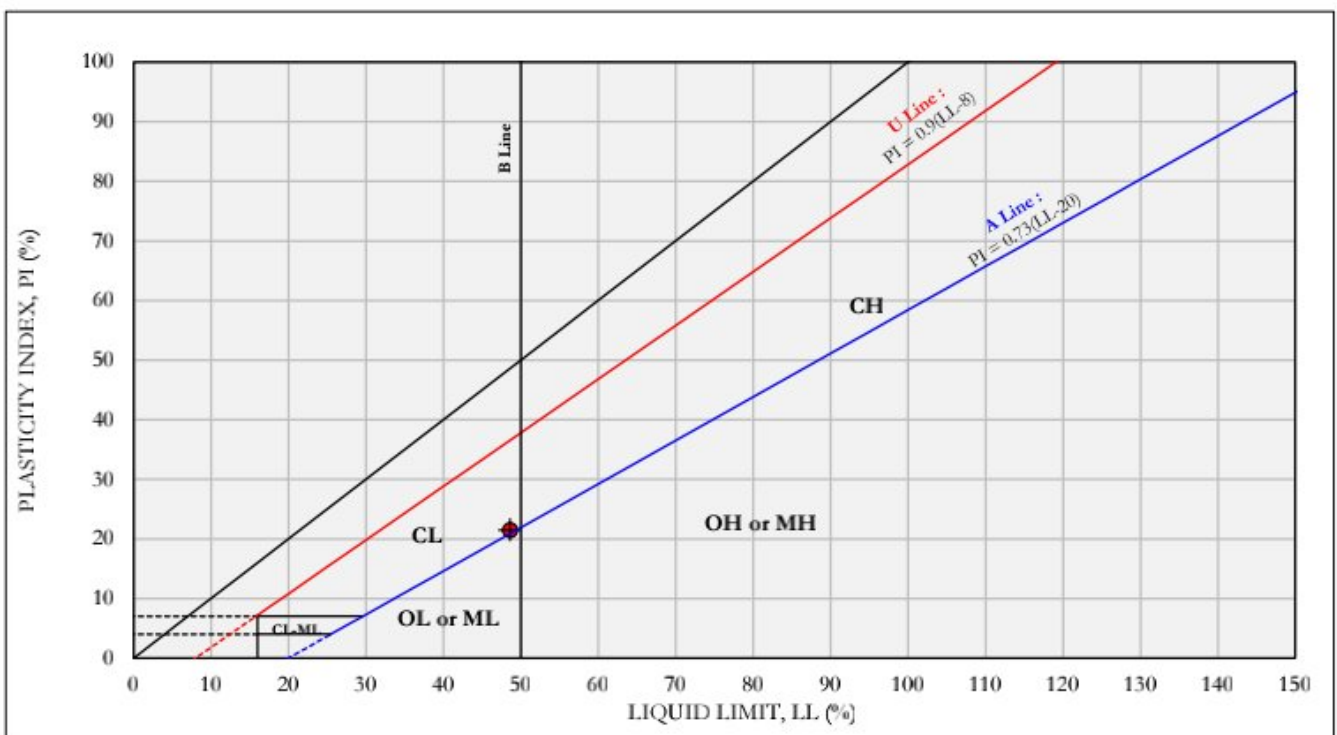
Project Name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON
Location : Jl. Lingkar Selatan KM.2 No. 8, Cilegon - Banten
Date : September 9, 2021.

Project No. : 1S.21052
Hole No. : DB2 - UD1
Depth of Sample : 01.50 - 02.00 m



NATURAL MOISTURE CONTENT	W_n	=	31.612	%
FLOW INDEX	FI	=	30.667	%
LIQUID LIMIT	LL	=	48.618	%
PLASTIC LIMIT	PL	=	27.156	%
PLASTICITY INDEX	PI	=	21.462	%
LIQUIDITY INDEX	LI	=	0.208	

CLASSIFICATION = CL

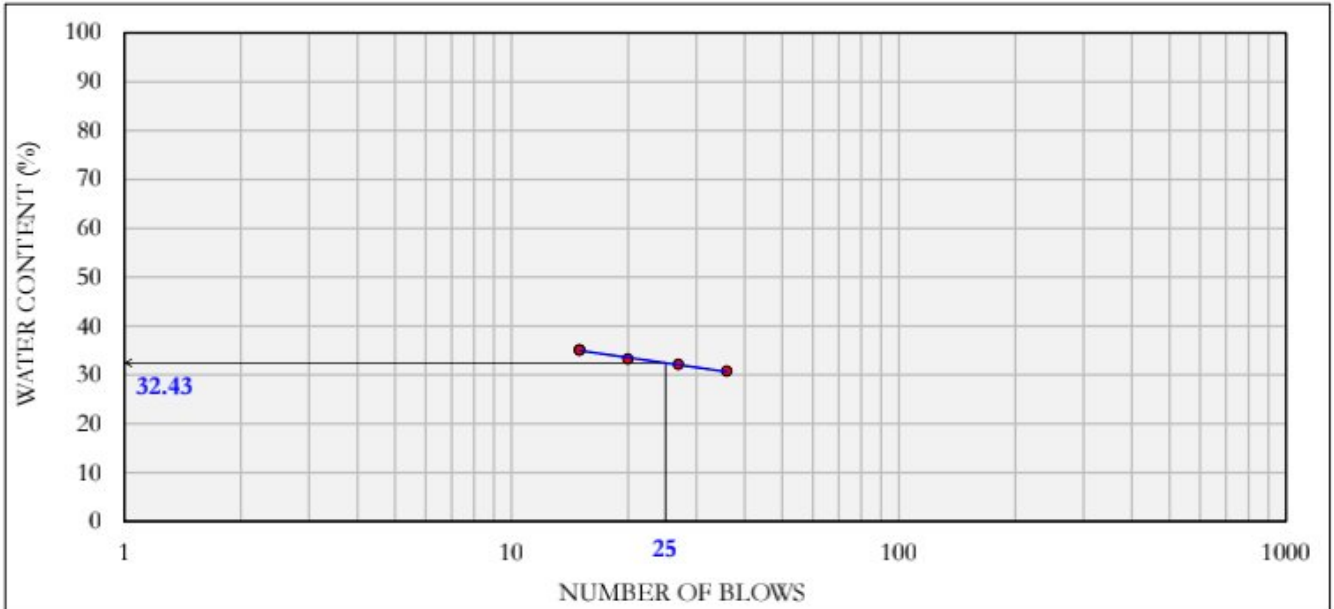


Tested By : Firman



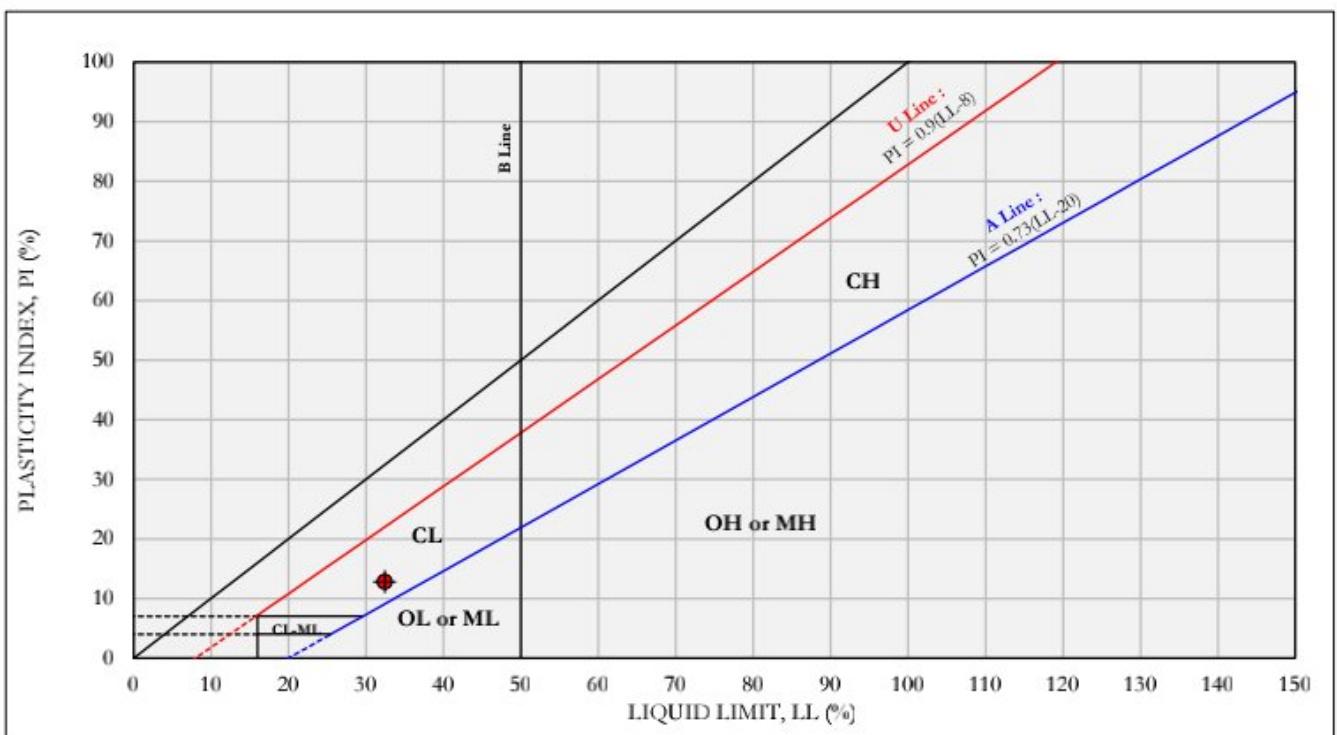
Project Name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON
Location : Jl. Lingkar Selatan KM.2 No. 8, Cilegon - Banten
Date : September 16, 2021.

Project No. : 1S.21052
Hole No. : DB3 - UD1
Depth of Sample : 02.00 - 02.50 m



NATURAL MOISTURE CONTENT	W_n	=	24.089	%
FLOW INDEX	FI	=	11.419	%
LIQUID LIMIT	LL	=	32.432	%
PLASTIC LIMIT	PL	=	19.650	%
PLASTICITY INDEX	PI	=	12.781	%
LIQUIDITY INDEX	LI	=	0.347	

CLASSIFICATION = CL

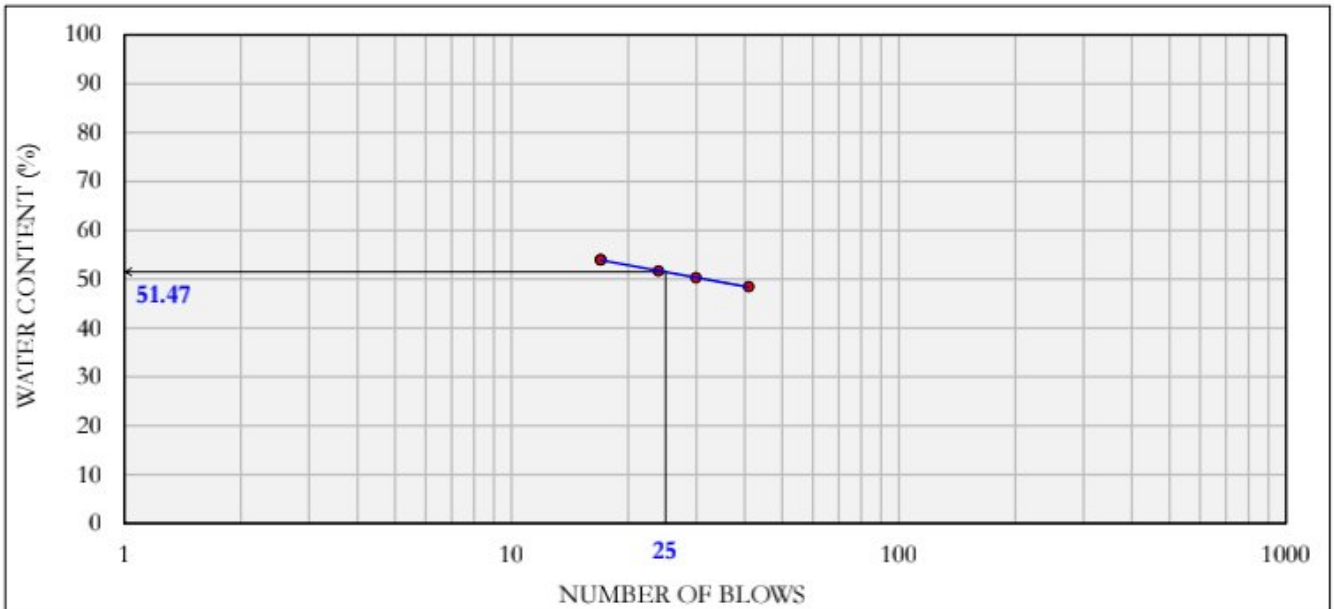


Tested By : Firman



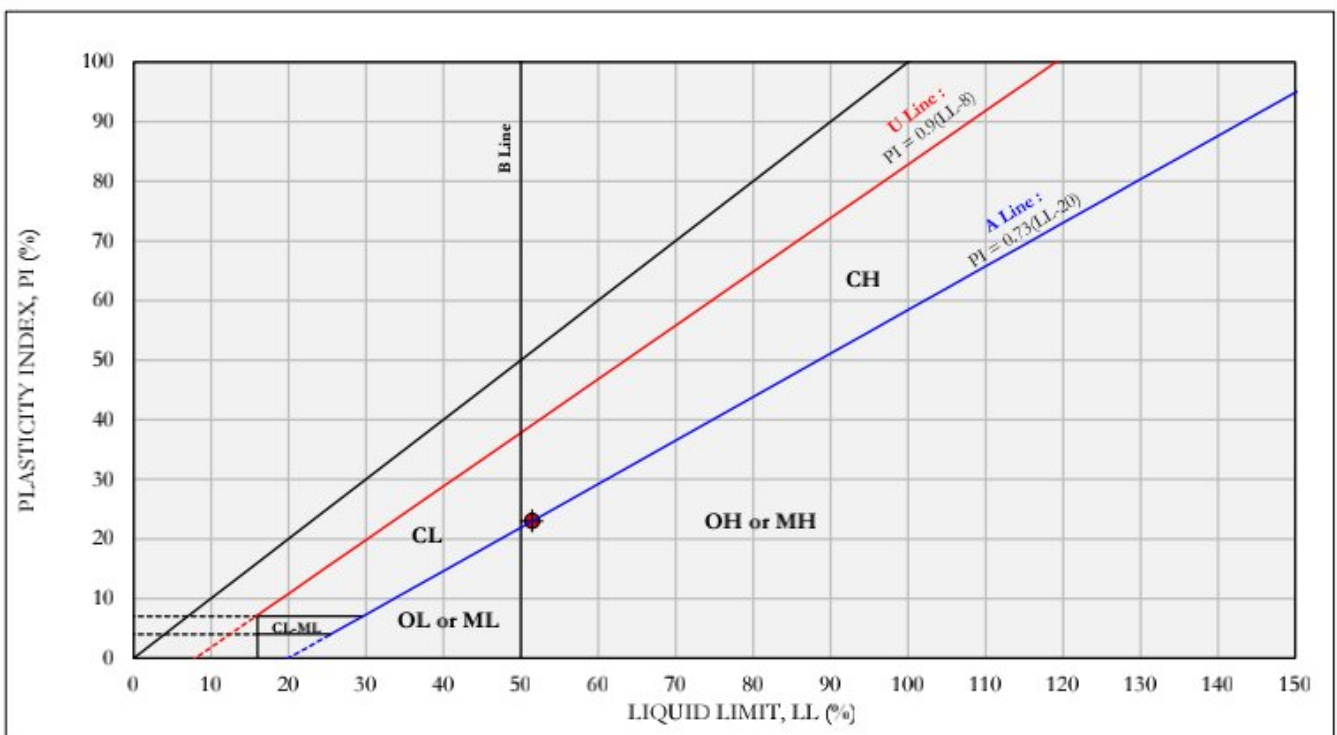
Project Name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON
Location : Jl. Lingkar Selatan KM.2 No. 8, Cilegon - Banten
Date : September 16, 2021.

Project No. : 1S.21052
Hole No. : DB3 - UD2
Depth of Sample : 04.00 - 04.50 m



NATURAL MOISTURE CONTENT	W _n =	30.831	%
FLOW INDEX	FI =	14.463	%
LIQUID LIMIT	LL =	51.466	%
PLASTIC LIMIT	PL =	28.472	%
PLASTICITY INDEX	PI =	22.995	%
LIQUIDITY INDEX	LI =	0.103	

CLASSIFICATION = CH

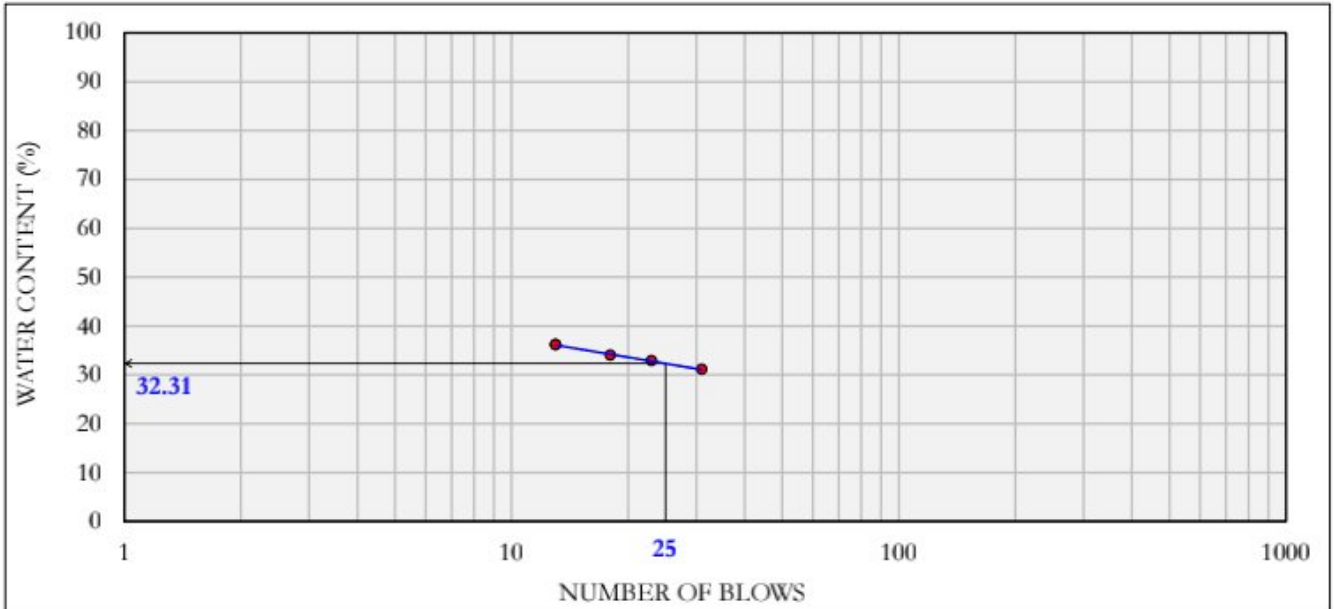


Tested By : Firman



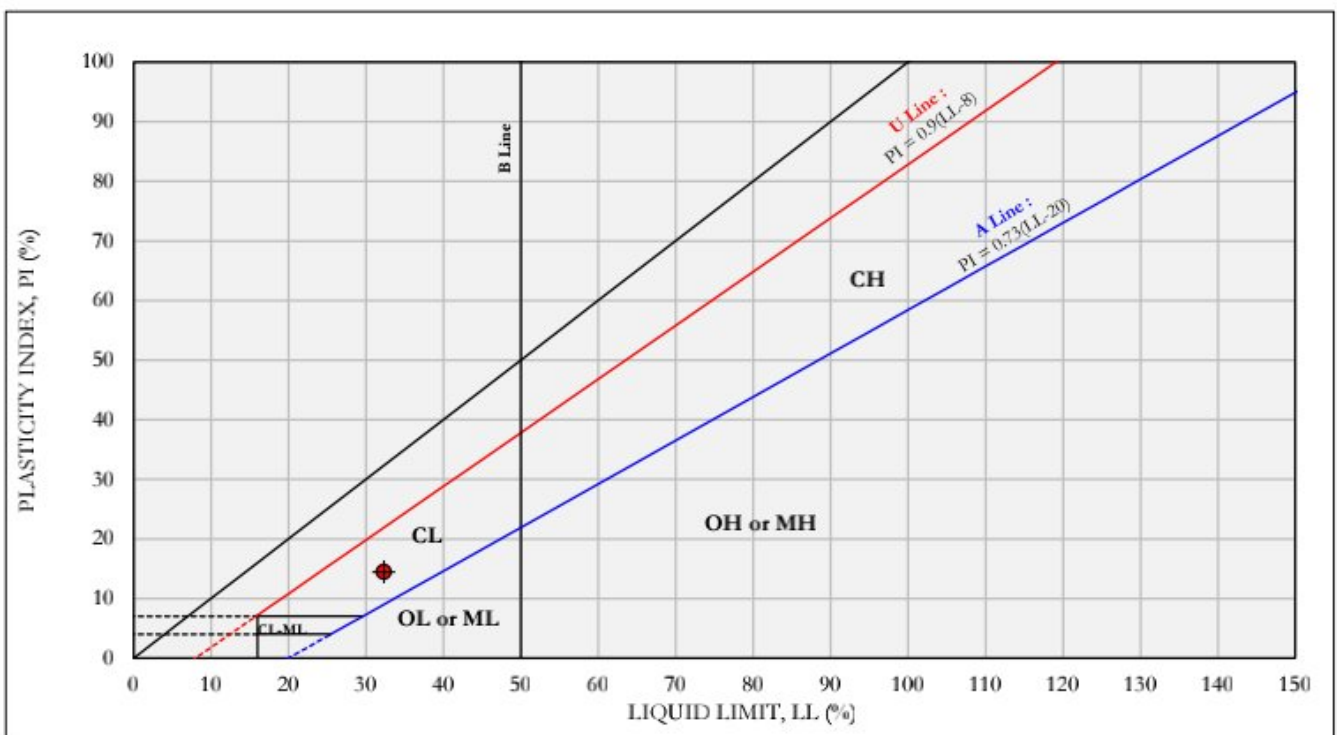
Project Name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON
Location : Jl. Lingkar Selatan KM.2 No. 8, Cilegon - Banten
Date : September 15, 2021.

Project No. : 1S.21052
Hole No. : DB4 - UD1
Depth of Sample : 02.50 - 03.00 m



NATURAL MOISTURE CONTENT	W _n	=	23.391	%
FLOW INDEX	FI	=	13.338	%
LIQUID LIMIT	LL	=	32.311	%
PLASTIC LIMIT	PL	=	17.876	%
PLASTICITY INDEX	PI	=	14.436	%
LIQUIDITY INDEX	LI	=	0.382	

CLASSIFICATION = CL



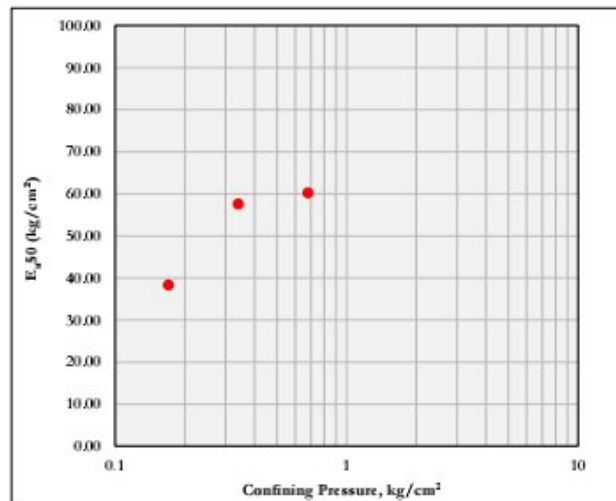
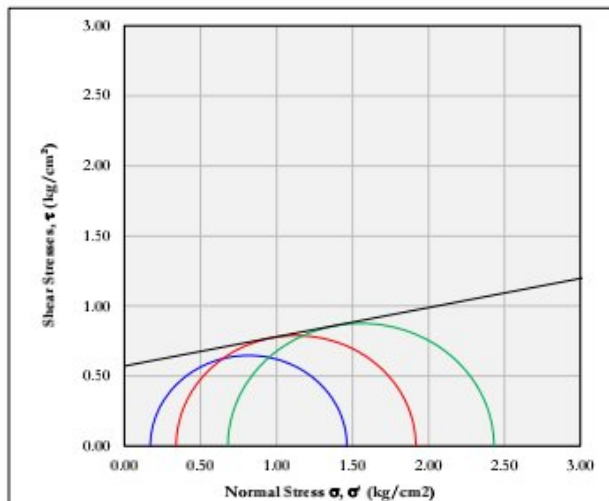
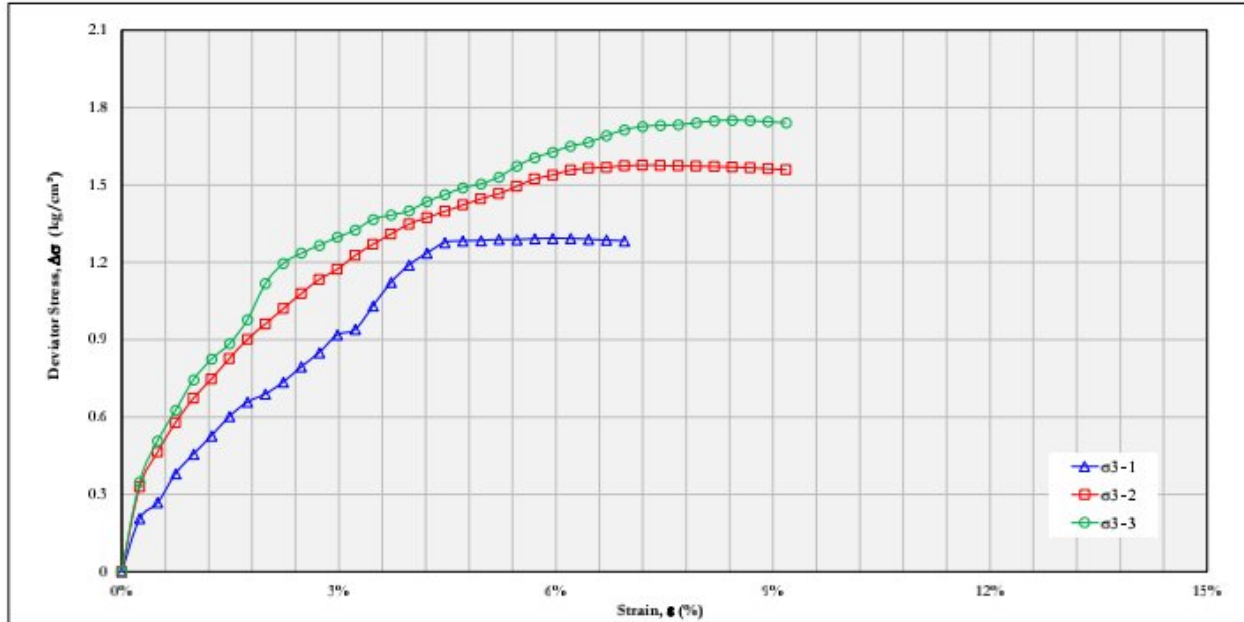
Tested By : Muryadi



UNCONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL TEST
SNI 4813:2015 / ASTM D-2850-15

Project No. : IS.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

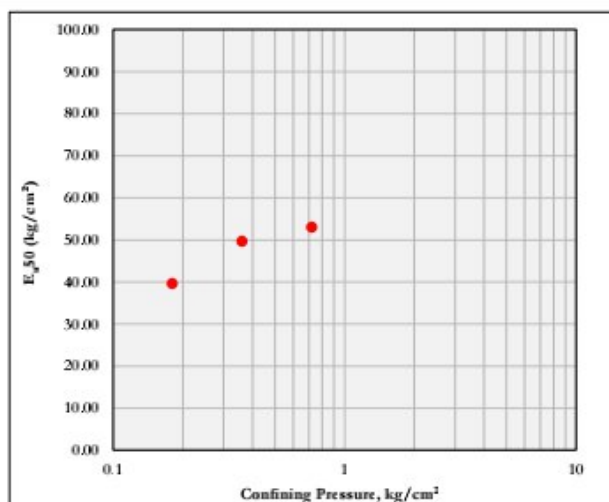
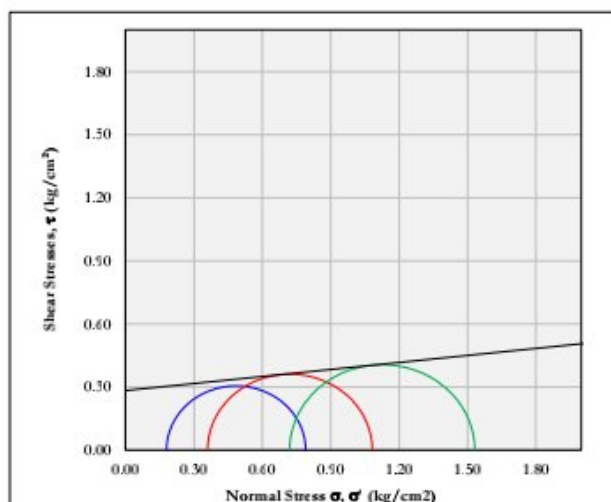
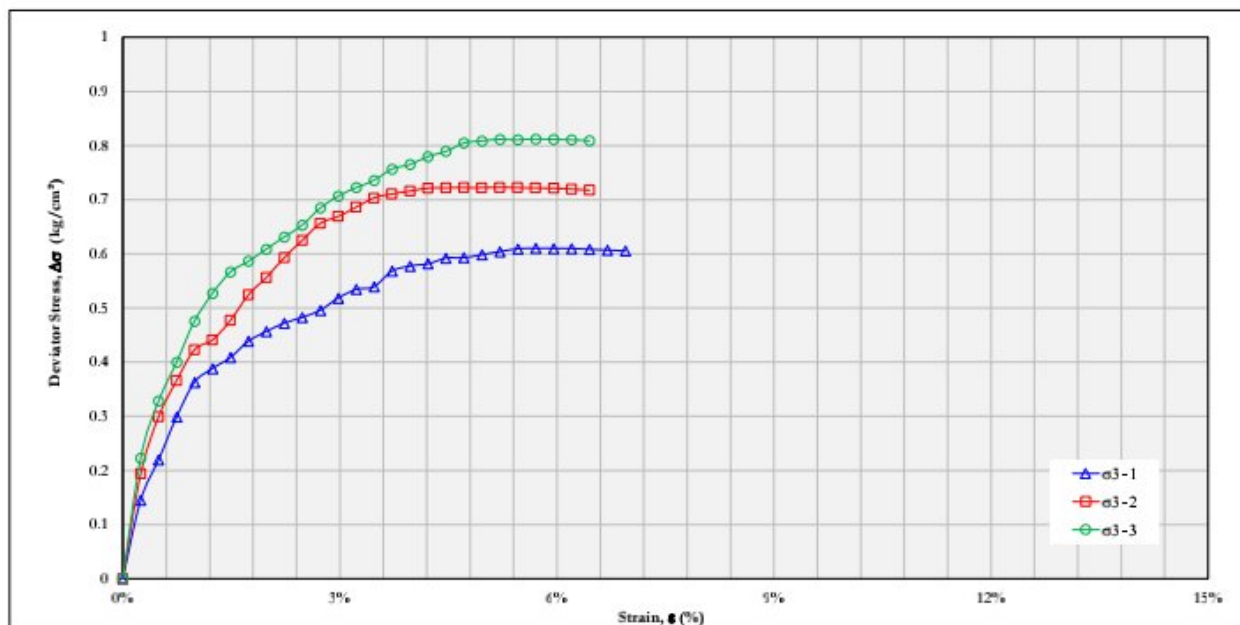


Triaxial UU Test Result

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
Saturation, %	92%	92%	92%
Strain rate, mm/minute	0.60	0.60	0.60
Confining Pressure, kg/cm^2	0.17	0.34	0.68
Deviator Stress, kg/cm^2	1.29	1.58	1.75
Strain at failure, %	5.96%	7.20%	8.44%
50% Deviator Stress, kg/cm^2	0.65	0.79	0.88
Strain at 50% Max Deviator Stress, %	1.69%	1.37%	1.45%
Shear Strength	c [kg/cm^2]		
Parameters	ϕ [$^\circ$]		
Modulus of Elasticity	E (kg/cm^2)	82.86	132.57
	E ₅₀ (kg/cm^2)	38.33	57.58
		102.10	60.23

Project No. : IS.21052
Project Name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON
Location : Jl. Lingkar Selatan KM. 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

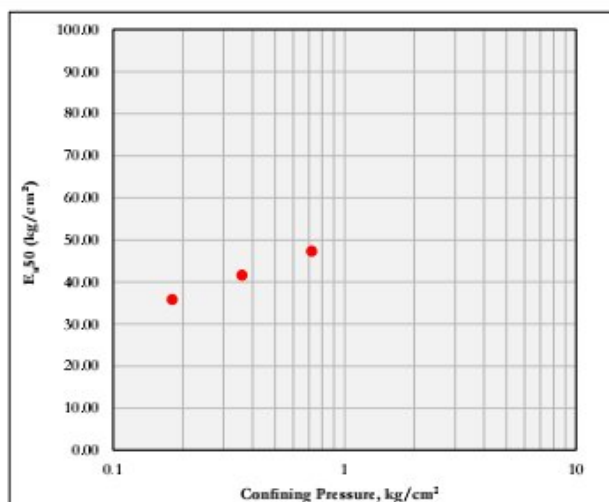
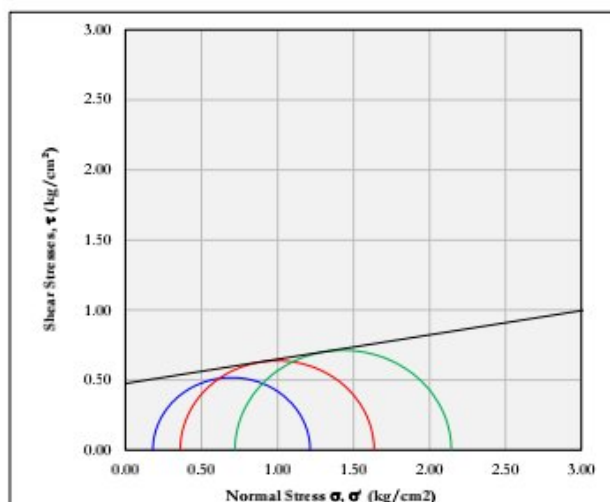
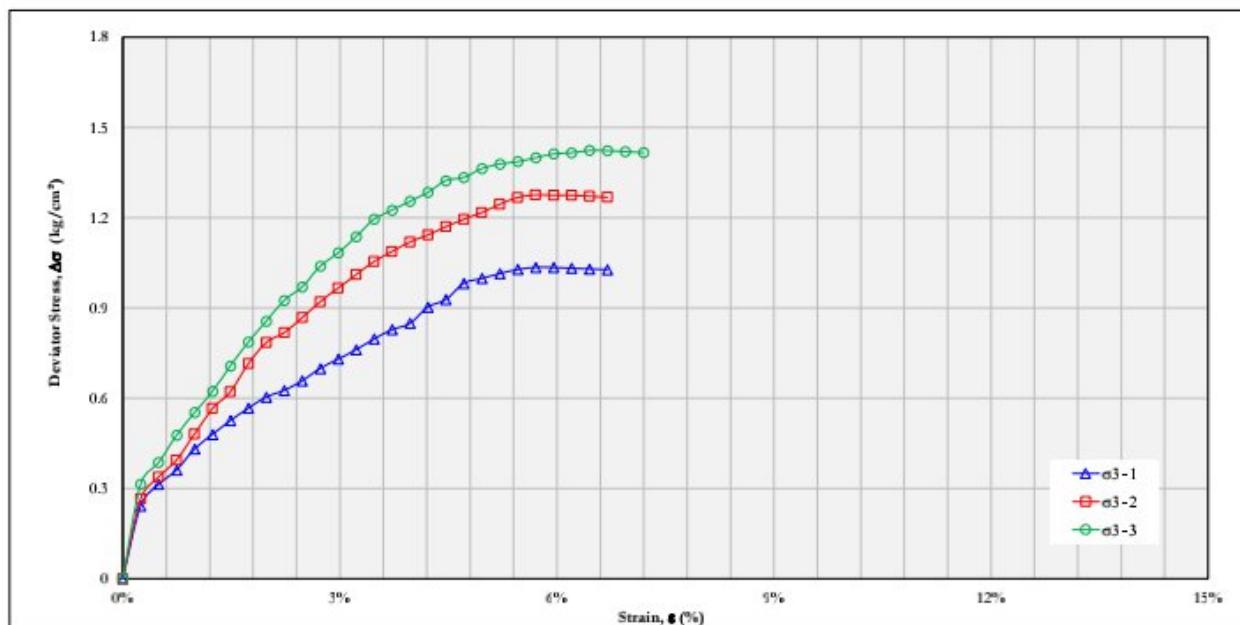


Triaxial UU Test Result

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
Saturation, %	97%	98%	93%
Strain rate, mm/minute	0.60	0.60	0.60
Confining Pressure, kg/cm ²	0.18	0.36	0.72
Deviator Stress, kg/cm ²	0.61	0.72	0.81
Strain at failure, %	5.71%	5.21%	5.71%
50% Deviator Stress, kg/cm ²	0.31	0.36	0.41
Strain at 50% Max Deviator Stress, %	0.77%	0.73%	0.77%
Shear Strength	c [kg/cm ²]		
Parameters	φ [°]		
Modulus of Elasticity	E (kg/cm ²)	58.49	77.98
	E ₅₀ (kg/cm ²)	39.62	49.67

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

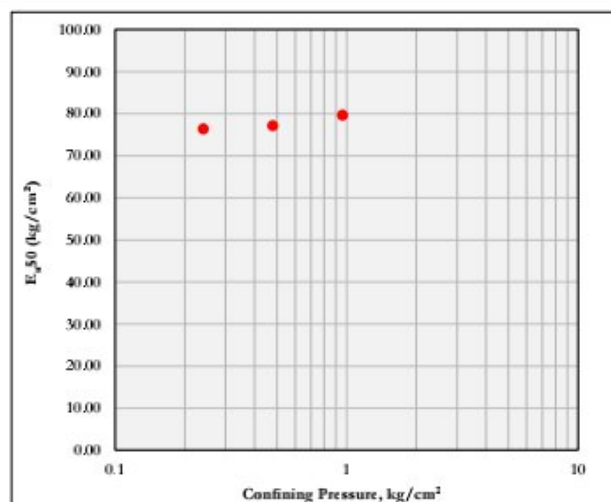
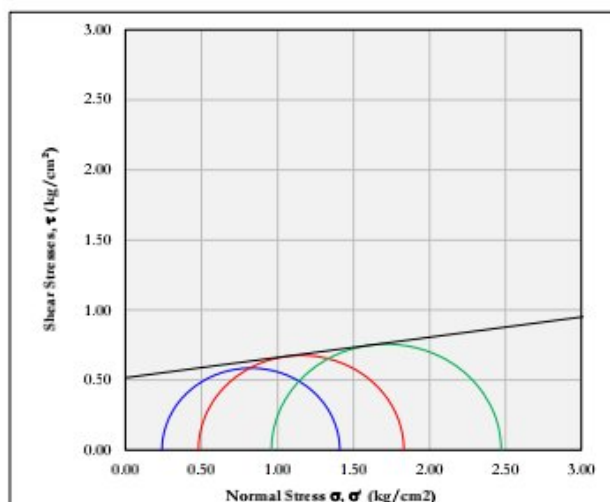
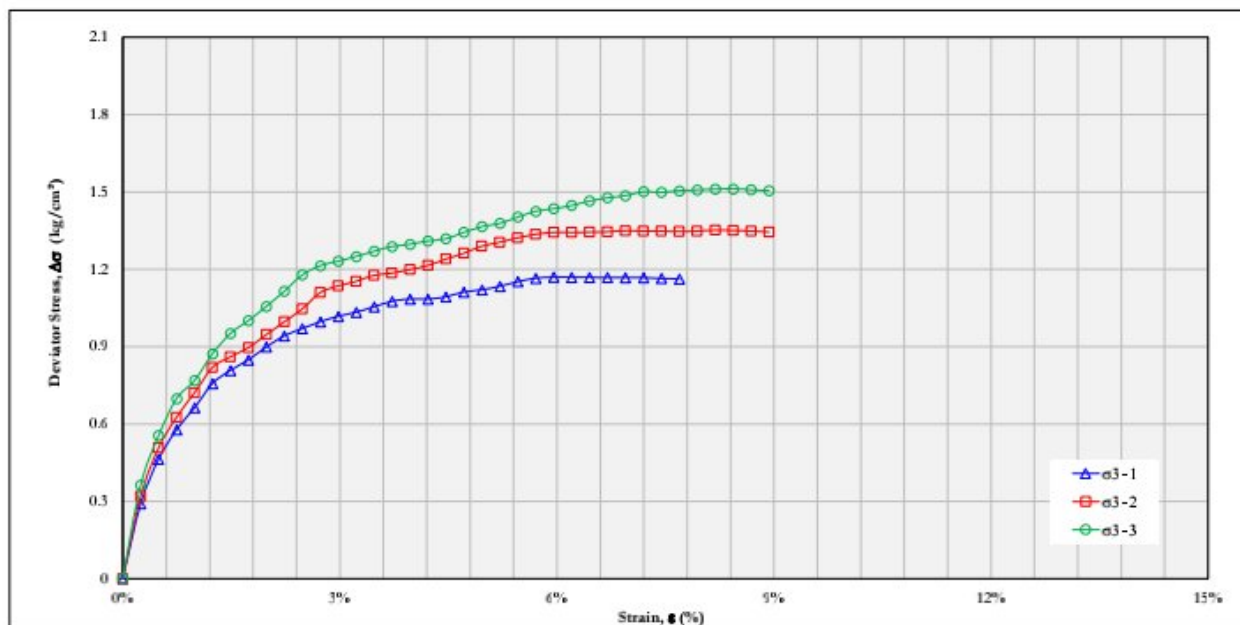


Triaxial UU Test Result

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
Saturation, %	97%	99%	99%
Strain rate, mm/minute	0.60	0.60	0.60
Confining Pressure, kg/cm ²	0.18	0.36	0.72
Deviator Stress, kg/cm ²	1.03	1.28	1.42
Strain at failure, %	5.71%	5.71%	6.45%
50% Deviator Stress, kg/cm ²	0.52	0.64	0.71
Strain at 50% Max Deviator Stress, %	1.44%	1.53%	1.50%
Shear Strength	c [kg/cm ²]		
Parameters	φ [°]		
Modulus of Elasticity	E (kg/cm ²)		
	E ₅₀ (kg/cm ²)		
	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

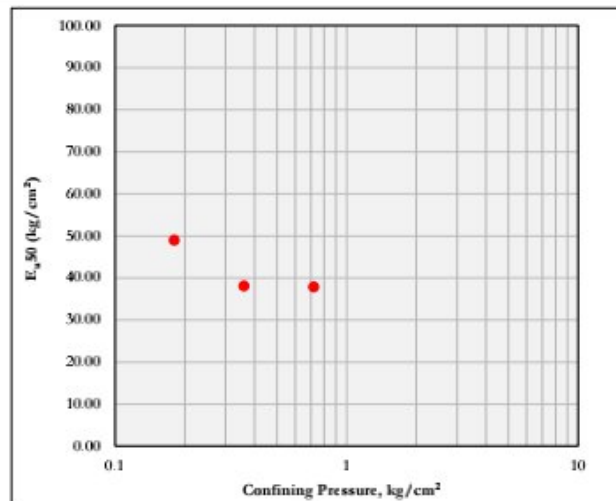
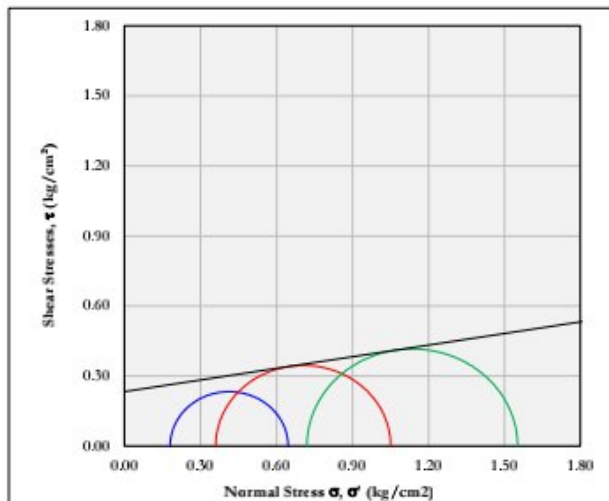
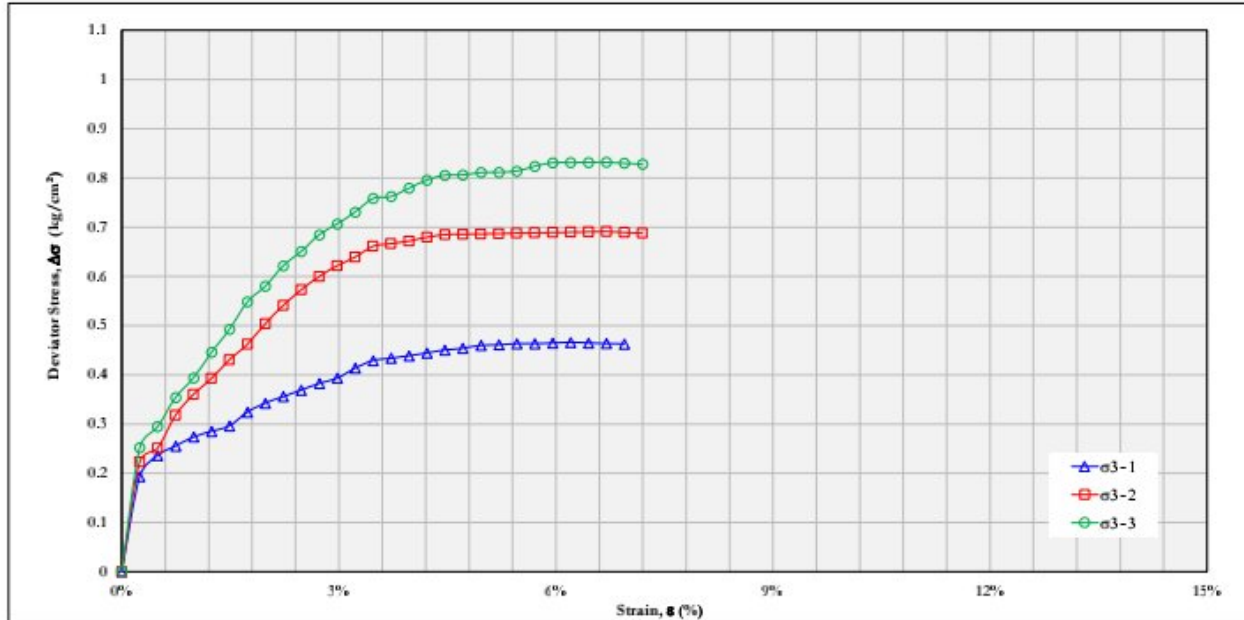


Triaxial UU Test Result

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
Saturation, %	89%	87%	87%
Strain rate, mm/minute	0.60	0.60	0.60
Confining Pressure, kg/cm ²	0.24	0.48	0.96
Deviator Stress, kg/cm ²	1.17	1.35	1.51
Strain at failure, %	5.96%	8.19%	8.44%
50% Deviator Stress, kg/cm ²	0.58	0.68	0.76
Strain at 50% Max Deviator Stress, %	0.77%	0.88%	0.95%
Shear Strength	c [kg/cm ²]		
Parameters	φ [°]		
Modulus of Elasticity	E (kg/cm ²)		
	E ₅₀ (kg/cm ²)		
	116.97	128.67	111.82
	76.43	77.18	79.69

Project No. : 1S.21052
Project Name : RUMAH SAKIT 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
Saturation, %	96%	100%	97%
Strain rate, mm/minute	0.60	0.60	0.60
Confining Pressure, kg/cm ²	0.18	0.36	0.72
Deviator Stress, kg/cm ²	0.47	0.69	0.83
Strain at failure, %	6.20%	6.70%	6.70%
50% Deviator Stress, kg/cm ²	0.23	0.35	0.42
Strain at 50% Max Deviator Stress, %	0.48%	0.91%	1.10%
Shear Strength	c [kg/cm ²]		
Parameters	φ [°]		
Modulus of Elasticity	E (kg/cm ²)		
	E ₅₀ (kg/cm ²)		
	77.98	89.68	59.31
	48.96	38.11	37.85



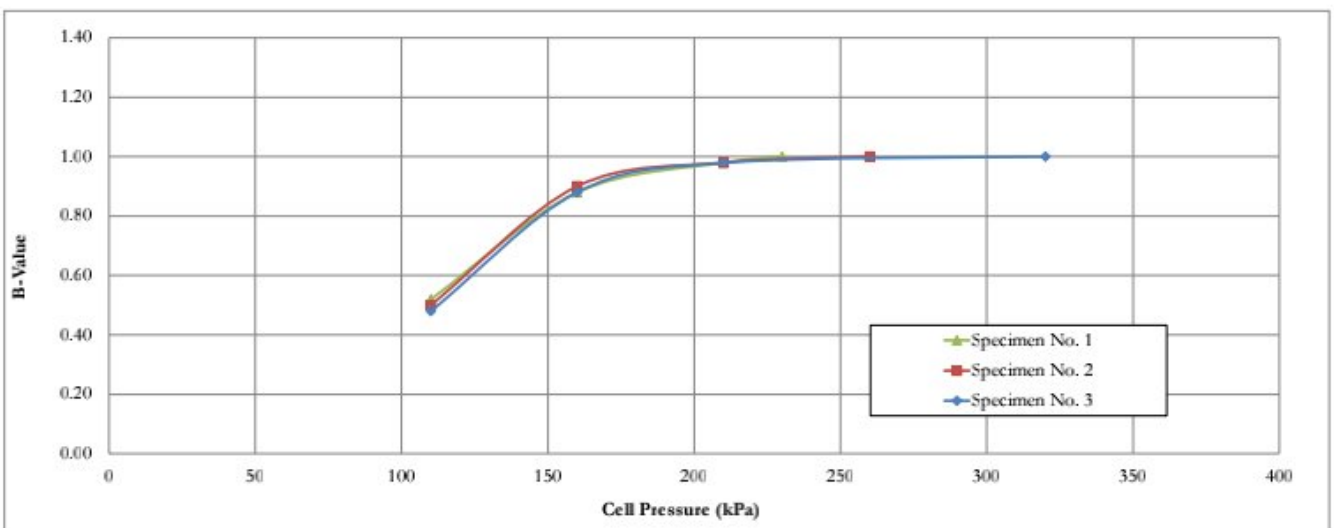
**CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL TEST
ASTM D-4767-11**



Project No. : IS.21052
Client : PT. Bethesda Hospital International
Project name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA
Location : Jl. Lingkar Selatan Km. 2 No. 8, Ciklegon - 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	
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	260	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)						
	PWP (kPa)						
	Back Pressure (kPa)						
	B-Value						
B-check Step 6	Cell Pressure (kPa)						
	PWP (kPa)						
	Back Pressure (kPa)						
	B-Value						
B-check Step 7	Cell Pressure (kPa)						
	PWP (kPa)						
	Back Pressure (kPa)						
	B-Value						
B-check Step 8	Cell Pressure (kPa)						
	PWP (kPa)						
	Back Pressure (kPa)						
	B-Value						
B-check Step 9	Cell Pressure (kPa)						
	PWP (kPa)						
	Back Pressure (kPa)						
	B-Value						
B-check Step 10	Cell Pressure (kPa)						
	PWP (kPa)						
	Back Pressure (kPa)						
	B-Value						
B-check Step 11	Cell Pressure (kPa)						
	PWP (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

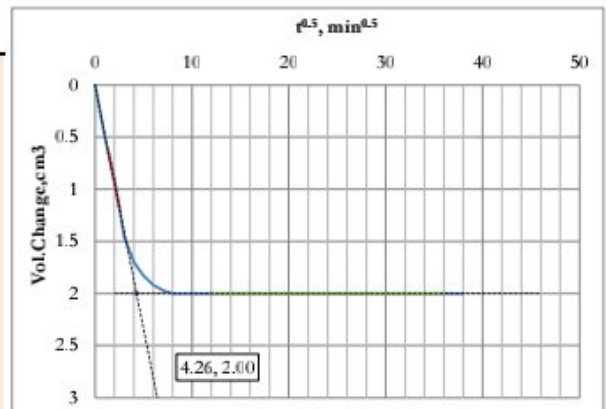
Hole No. : DB1 - UD3
 Depth : 3.00 - 3.50 m
 Test by : Sis
 Checked By : Sudirman
 Date of Testing : 12/09/2020

	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} min	18.12	16.41	29.04
c_v , m ² /year	0.680517765	0.751531265	0.424695302
m_{v0} m ² /MN	1.09	0.67	0.40

Specimen No.1

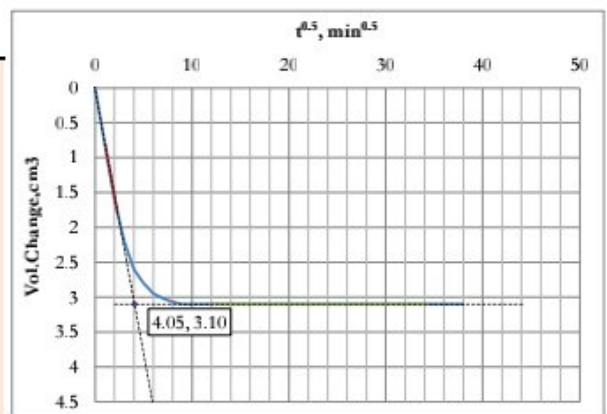
Date

Time (minutes)	Reading Buret (cm ³)	Different Buret (cm ³)	Pore Water Pressure (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**

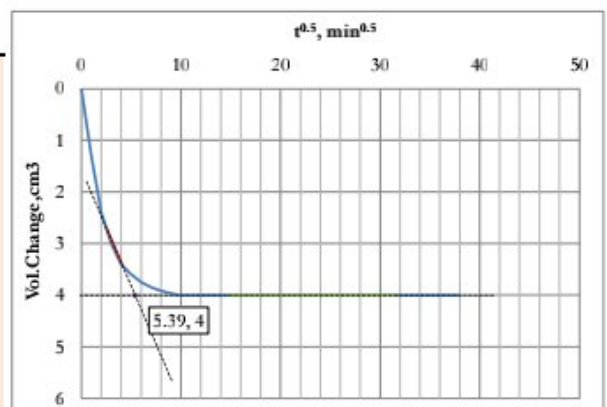
Date

Time (minutes)	Reading Buret (cm ³)	Different Buret (cm ³)	Pore Water Pressure (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 (minutes)	Reading Buret (cm ³)	Different Buret (cm ³)	Pore Water Pressure (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.	: IS.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, Gilegon - Banten	Checked By	: Sudirman
Soil Description	: Silty Clay	Date of Testing	: 12/09/2020

Specimen No.		1	2	3
Initial Condition	Wet Density, Mg/m ³	1.69	1.70	1.71
	Water Content, %	31.47%	31.17%	30.68%
	Dry Density Mg/m ³	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
	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 _v , m ² /year	0.68	0.75	0.42
	Coefficient of Volume Compressibility m _{vi} , m ² /MN	1.09	0.67	0.40
Compression Stage	Cell Pressure, kPa	230	260	320
	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 ₁ -σ ₃) ₀ kPa	114.16	134.90	172.76
	Excess PWP at (σ ₁ -σ ₃) ₀ kPa	15	31	62
	A-Coefficient	0.13	0.23	0.36
	Strain at (σ ₁ -σ ₃) ₀ %	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		



Project No. : IS.21052
Client : PT. Bethesda Hospital International
Project name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA
Location : Jl. Lingkar Selatan Km. 2 No. 8, Cilgon - 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 01

Diameter (cm)	3.8 cm
Height (cm)	8.1 cm
Initial Sample Area (cm ²)	11.34 cm ²

Specimen 02

Diameter (cm)	3.8 cm
Height (cm)	8.1 cm
Initial Sample Area (cm ²)	11.34 cm ²

Specimen 03

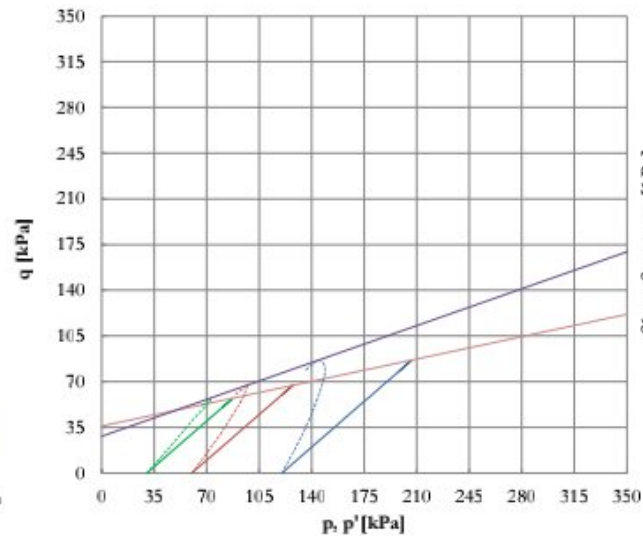
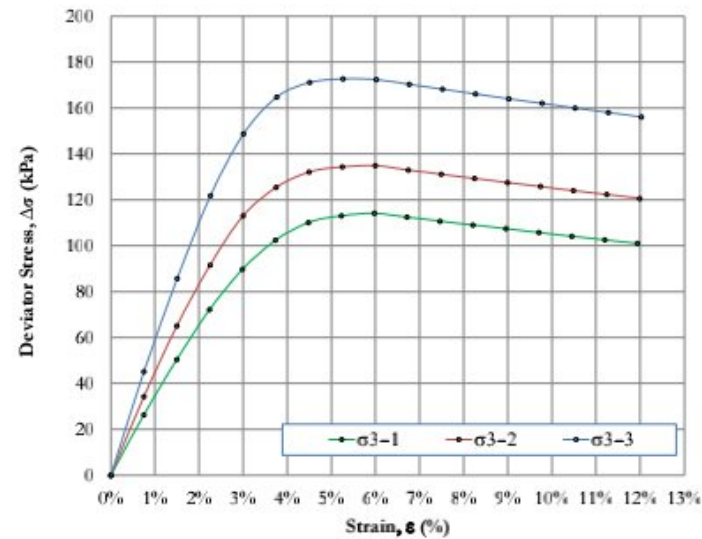
Diameter (cm)	3.8 cm
Height (cm)	8.1 cm
Initial Sample Area (cm ²)	11.34 cm ²

[illegible]

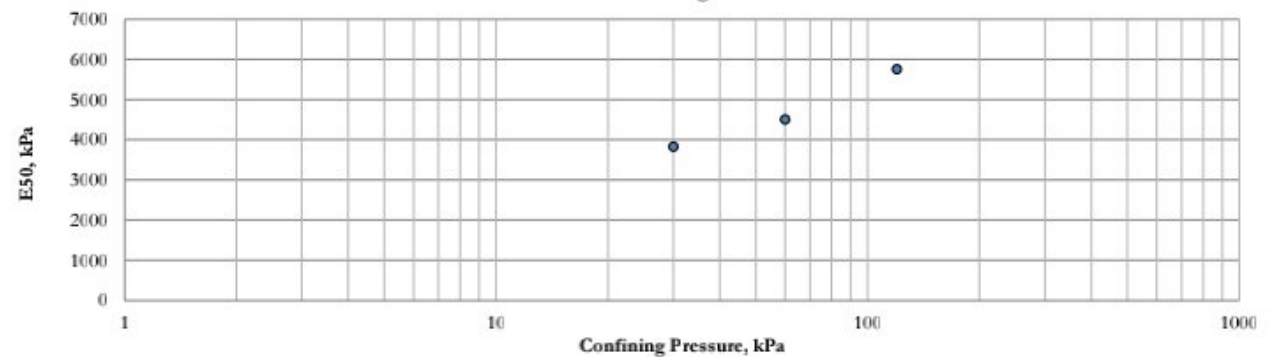


Project No. : IS.21052
Client : PT. Bethesda Hospital International
Project name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA
Location : Jl. Lingkar Selatan Km. 2 No. 8, Cilegon - Banten
Soil Description : Silty Clay

Hole No. : DB1 - UD3
Depth : 3.00 - 3.50 m
Test by : Sis
Checked By : Sudirman
Date of Testing : 12/09/2020

p, p'-q Diagram**M-C Diagram****Triaxial CU Test Result**

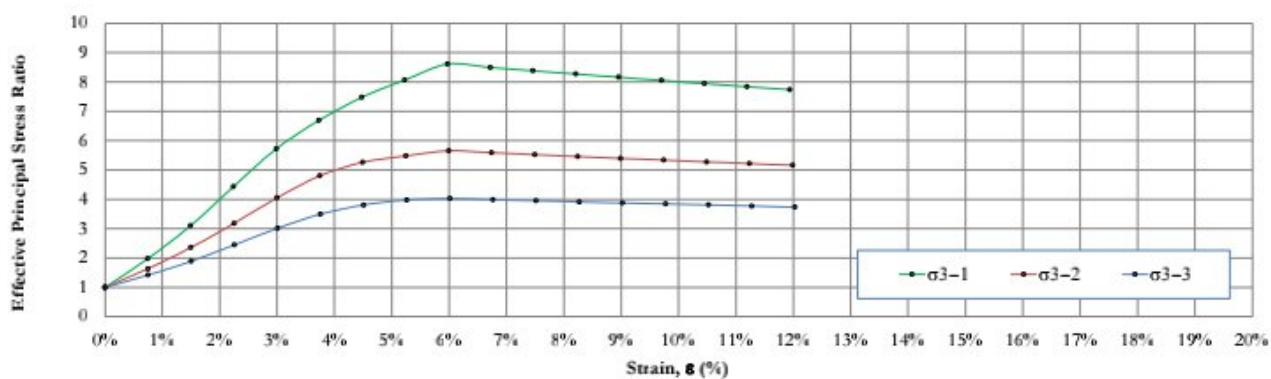
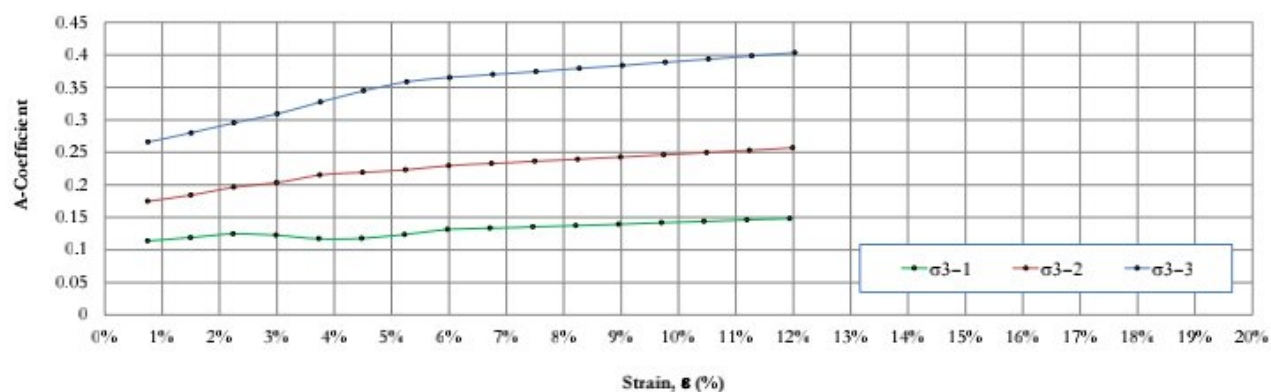
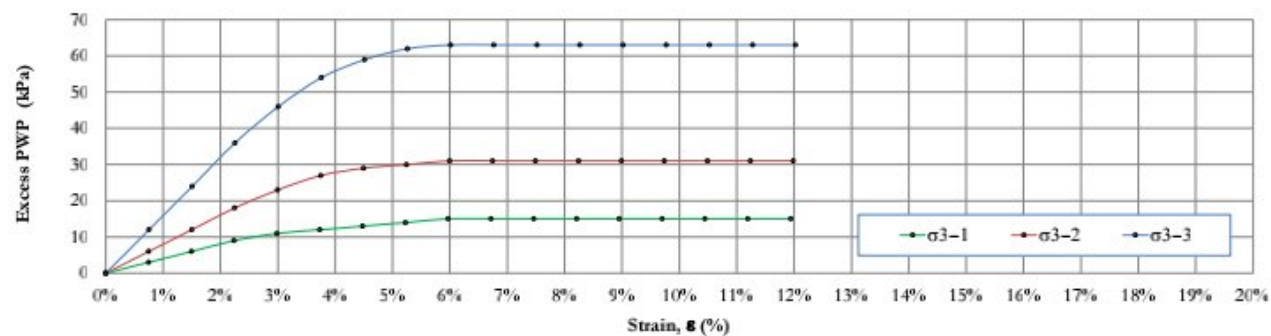
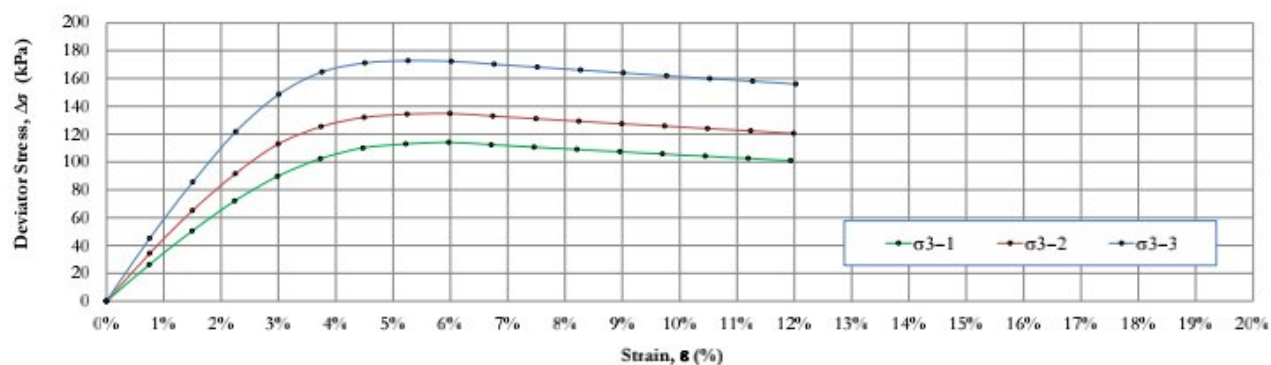
Specimen No.	1	2	3	
Natural Moisture content, %	31.47%	31.17%	30.68%	
Specific Gravity	2.71	2.71	2.71	
Density kN/m ³	16.92	16.96	17.05	
Void Ratio	1.11	1.10	1.08	
Saturation, %	77%	77%	77%	
Strain rate, mm/minute	0.05	0.05	0.05	
Confining Pressure, kg/cm ²	30	60	120	
Deviator Stress, kg/cm ²	114.16	134.90	172.76	
Strain at failure, %	5.97%	5.99%	5.26%	
Shear Strength Parameters	c _u [kPa]: 37.08 ϕ _u [°]: 14.17	c' [kPa]: 30.81 ϕ' [°]: 23.82		
Modulus of Elasticity	E (kPa)	3532.47	4572.80	6003.14
	E ₅₀ (kPa)	3824.79	4501.79	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, 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

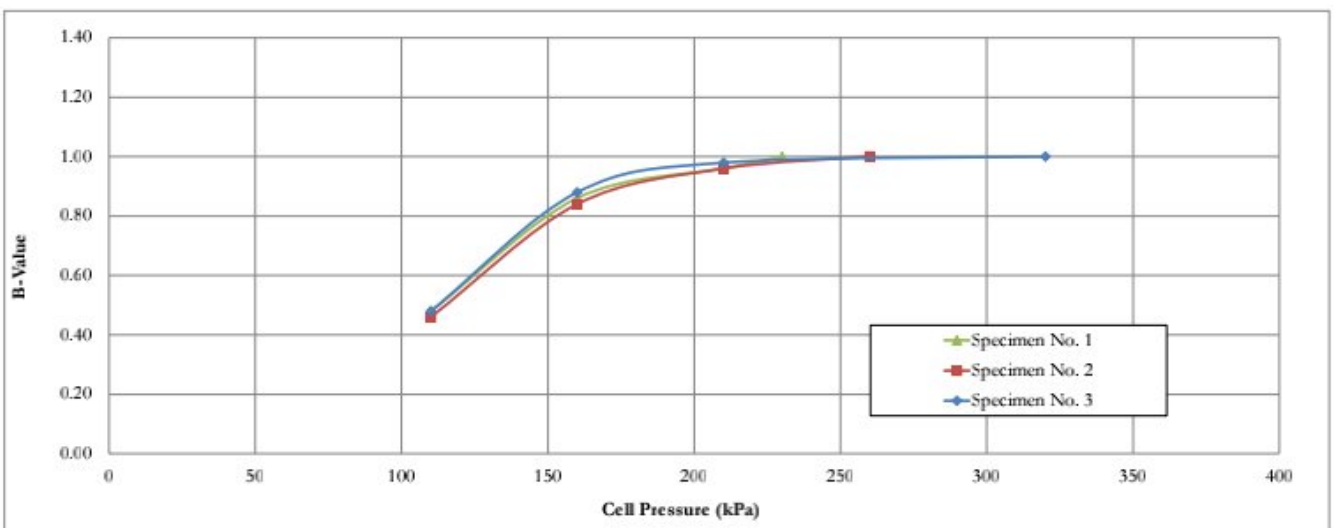




Project No. : IS.21052
Client : PT. Bethesda Hospital International
Project name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA
Location : Jl. Lingkar Selatan Km. 2 No. 8, Ciklegon - Banten
Soil Description : Silty Clay

Hole No. : DB2 - UD1
Depth : 1.50 - 2.00 m
Test by : Sis
Checked By : Sudirman
Date of Testing : 12/09/2020

		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	260	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)						
	PWP (kPa)						
	Back Pressure (kPa)						
	B-Value						
B-check Step 6	Cell Pressure (kPa)						
	PWP (kPa)						
	Back Pressure (kPa)						
	B-Value						
B-check Step 7	Cell Pressure (kPa)						
	PWP (kPa)						
	Back Pressure (kPa)						
	B-Value						
B-check Step 8	Cell Pressure (kPa)						
	PWP (kPa)						
	Back Pressure (kPa)						
	B-Value						
B-check Step 9	Cell Pressure (kPa)						
	PWP (kPa)						
	Back Pressure (kPa)						
	B-Value						
B-check Step 10	Cell Pressure (kPa)						
	PWP (kPa)						
	Back Pressure (kPa)						
	B-Value						
B-check Step 11	Cell Pressure (kPa)						
	PWP (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

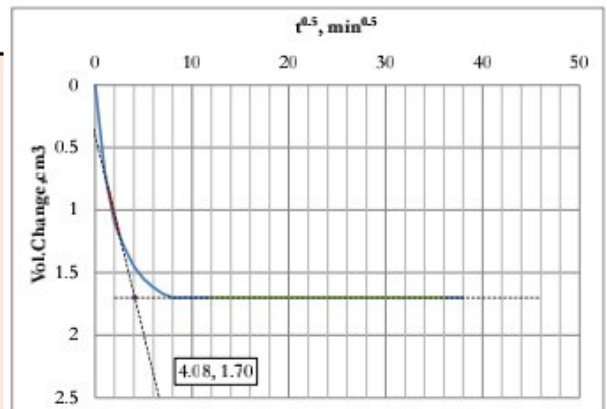
Hole No. : DB2 - UD1
 Depth : 1.50 - 2.00 m
 Test by : Sis
 Checked By : Sudirman
 Date of Testing : 12/09/2020

	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_{90} min	16.64	16.69	28.28
c_v , m ² /year	0.741275612	0.739172589	0.436063316
m_{v0} m ² /MN	0.93	0.57	0.37

Specimen No.1

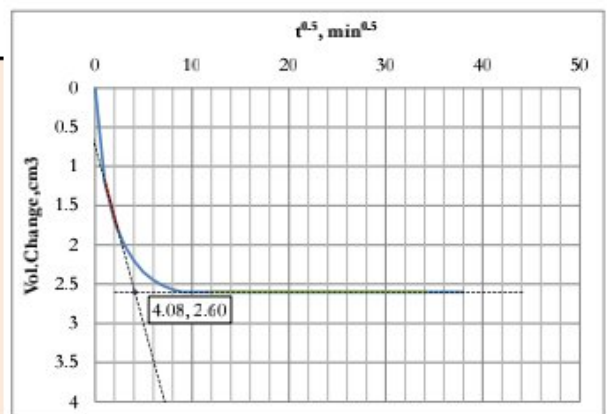
Date

Time (minutes)	Reading Buret (cm ³)	Different Buret (cm ³)	Pore Water Pressure (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**

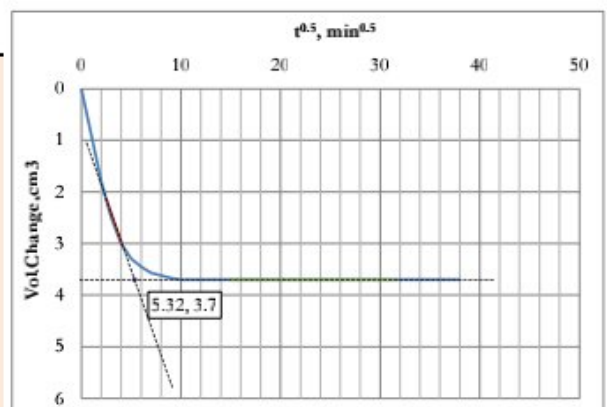
Date

Time (minutes)	Reading Buret (cm ³)	Different Buret (cm ³)	Pore Water Pressure (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 (minutes)	Reading Buret (cm ³)	Different Buret (cm ³)	Pore Water Pressure (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 - UD1
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

Specimen No.		1	2	3
Initial Condition	Wet Density, Mg/m ³	1.87	1.87	1.88
	Water Content, %	31.61%	31.35%	30.92%
	Dry Density Mg/m ³	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
	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 _v , m ² /year	0.74	0.74	0.44
	Coefficient of Volume Compressibility m _{vi} , m ² /MN	0.93	0.57	0.37
Compression Stage	Cell Pressure, kPa	230	260	320
	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 ₁ -σ ₃) ₀ kPa	136.96	158.42	206.60
	Excess PWP at (σ ₁ -σ ₃) ₀ kPa	18	34	64
	A-Coefficient	0.13	0.21	0.31
	Strain at (σ ₁ -σ ₃) ₀ %	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		



TRIAXIAL CU

Hole No.	: DB2 - UD1
Depth	: 1.50 - 2.00 m
Test by	: Sis
Checked By	: Sudirman
Date of Testing	: 12/09/2020

Specimen Geometrical:

Specimen 01

Diameter (cm)	3.8 cm
Height (cm)	8.1 cm
Initial Sample Area (cm ²)	11.34 cm ²

σ_{3-1}		
ε	$\sigma_{1-1}-\sigma_{3-1}$	ΔU
(%)	(kPa)	kPa
0.00%	0.00	0.00
0.75%	27.31	4.00
1.49%	53.58	8.00
2.24%	78.83	11.00
2.98%	100.84	13.00
3.73%	118.43	15.00
4.47%	130.45	16.00
5.22%	135.75	17.00
5.96%	136.96	18.00
6.71%	136.61	19.00
7.45%	135.06	19.00
8.20%	133.52	19.00
8.94%	132.01	19.00
9.69%	130.51	19.00
10.43%	129.04	19.00
11.18%	127.58	19.00
11.93%	126.15	19.00

Specimen 02

Diameter (cm)	3.8 cm
Height (cm)	8.1 cm
Initial Sample Area (cm ²)	11.34 cm ²

σ_{3-2}		
ε	$\sigma_{1-2}-\sigma_{3-2}$	ΔU
(%)	(kPa)	kPa
0.00%	0.00	0.00
0.75%	36.17	7.00
1.50%	69.55	14.00
2.24%	100.19	20.00
2.99%	124.64	25.00
3.74%	141.78	29.00
4.49%	151.45	31.00
5.23%	156.61	32.00
5.98%	158.30	33.00
6.73%	158.42	34.00
7.48%	156.40	34.00
8.23%	154.41	34.00
8.97%	152.45	34.00
9.72%	150.51	34.00
10.47%	148.60	34.00
11.22%	146.71	34.00
11.96%	144.85	34.00

Specimen 03

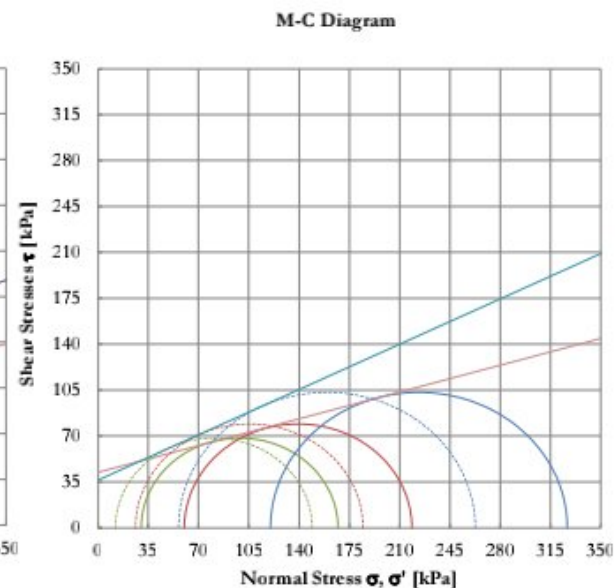
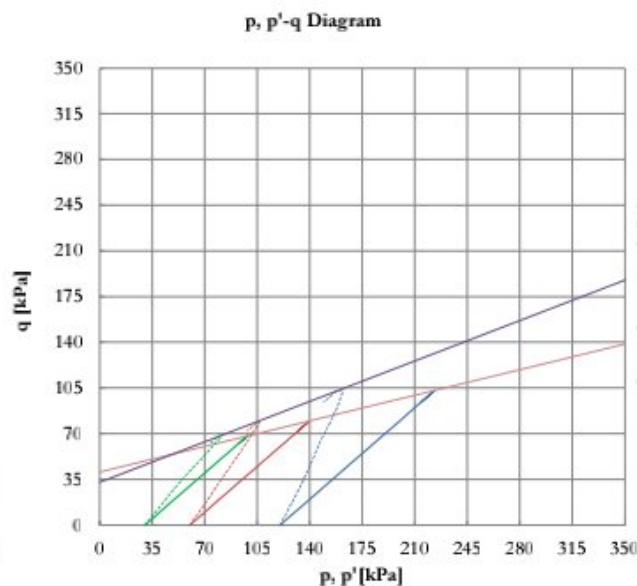
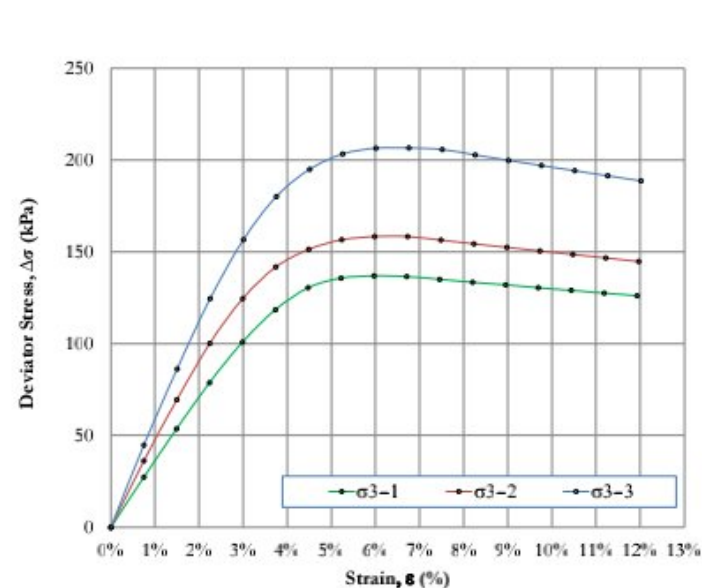
Diameter (cm)	3.8 cm
Height (cm)	8.1 cm
Initial Sample Area (cm ²)	11.34 cm ²

σ_{3-3}		
ε	$\sigma_{1-3}-\sigma_{3-3}$	ΔU
(%)	(kPa)	kPa
0.00%	0.00	0.00
0.75%	44.76	12.00
1.50%	86.27	24.00
2.25%	124.59	36.00
3.00%	156.60	45.00
3.75%	180.22	52.00
4.50%	194.99	57.00
5.26%	203.29	60.00
6.01%	206.51	62.00
6.76%	206.60	64.00
7.51%	205.77	65.00
8.26%	202.82	65.00
9.01%	199.91	65.00
9.76%	197.05	65.00
10.51%	194.22	65.00
11.26%	191.43	65.00
12.01%	188.68	65.00



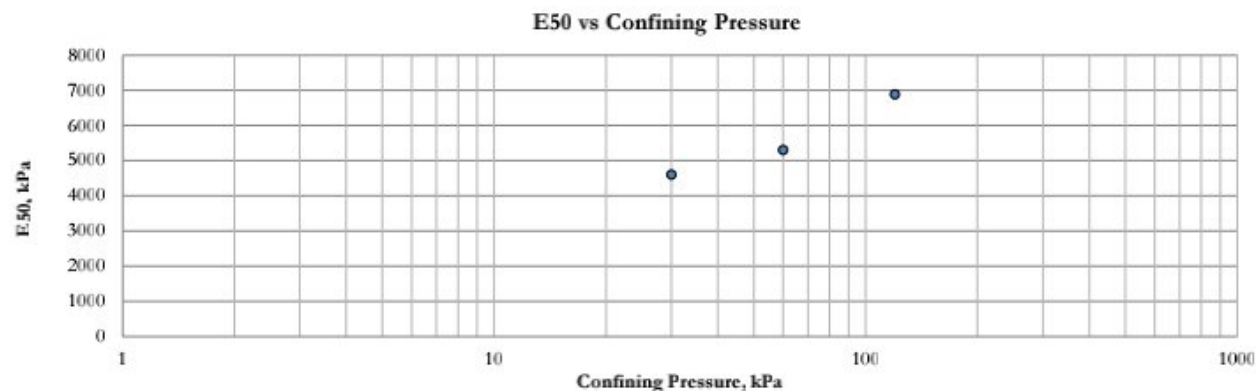
Project No. : IS.21052
 Client : PT. Bethesda Hospital International
 Project name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA
 Location : Jl. Lingkar Selatan Km. 2 No. 8, Cilegon - Banten
 Soil Description : Silty Clay

Hole No. : DB2 - UD1
 Depth : 1.50 - 2.00 m
 Test by : Sis
 Checked By : Sudirman
 Date of Testing : 12/09/2020



Triaxial CU Test Result

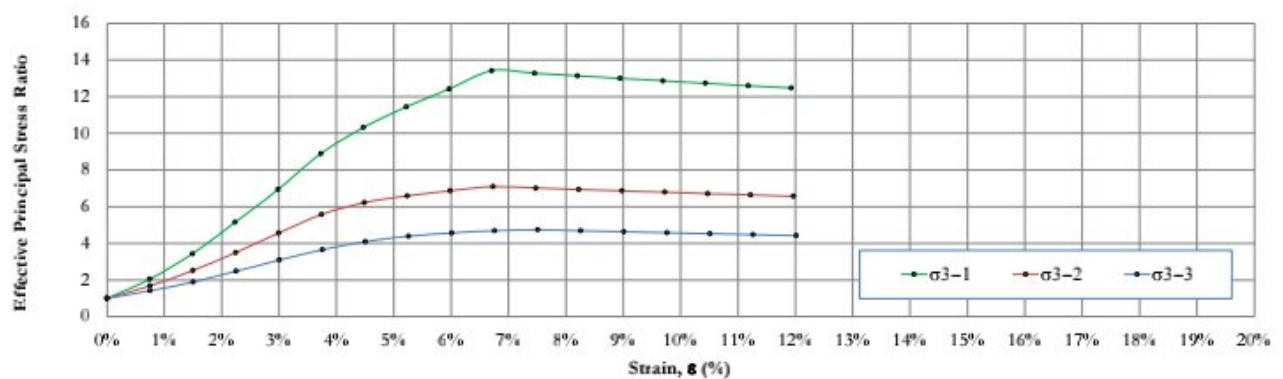
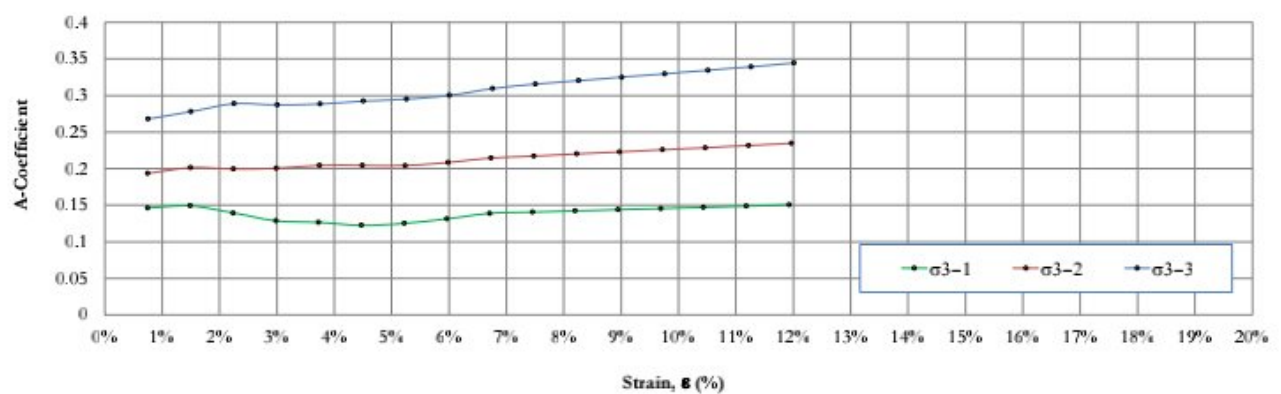
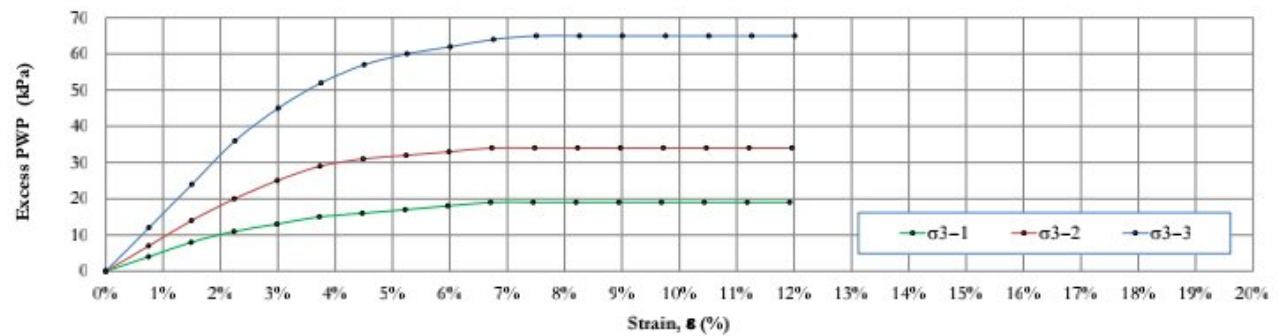
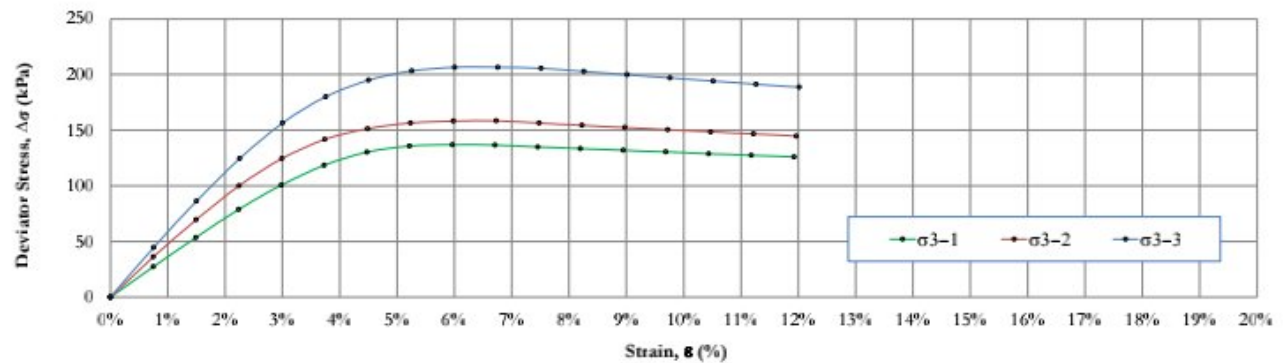
Specimen No.	1	2	3
Natural Moisture content, %	31.61%	31.35%	30.92%
Specific Gravity	2.81	2.81	2.81
Density kN/m^3	18.68	18.72	18.81
Void Ratio	0.98	0.97	0.96
Saturation, %	91%	91%	91%
Strain rate, mm/minute	0.05	0.05	0.05
Confining Pressure, kg/cm^2	30	60	120
Deviator Stress, kg/cm^2	136.96	158.42	206.60
Strain at failure, %	5.96%	6.73%	6.76%
Shear Strength Parameters	c_u [kPa]: 42.32 ϕ_u [°]: 16.27		c' [kPa]: 36.57 ϕ' [°]: 26.25
Modulus of Elasticity	E (kPa)	3664.67	4837.15
	E_{50} (kPa)	4593.79	5296.17
		5961.90	6879.07





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. : DB2 - UD1
Depth : 1.50 - 2.00 m
Test by : Sis
Checked By : Sudirman
Date of Testing : 12/09/2020

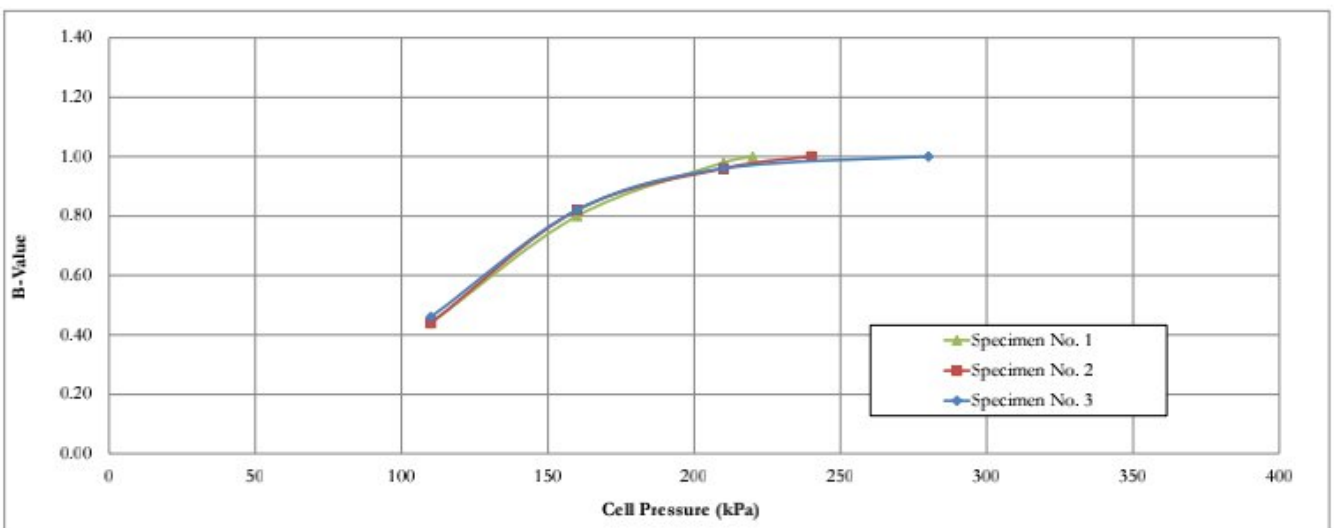




Project No. : IS.21052
 Client : PT. Bethesda Hospital International
 Project name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA
 Location : Jl. Lingkar Selatan Km. 2 No. 8, Ciklegon - Banten
 Soil Description : Silty Clay

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	
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)						
	PWP (kPa)						
	Back Pressure (kPa)						
	B-Value						
B-check Step 6	Cell Pressure (kPa)						
	PWP (kPa)						
	Back Pressure (kPa)						
	B-Value						
B-check Step 7	Cell Pressure (kPa)						
	PWP (kPa)						
	Back Pressure (kPa)						
	B-Value						
B-check Step 8	Cell Pressure (kPa)						
	PWP (kPa)						
	Back Pressure (kPa)						
	B-Value						
B-check Step 9	Cell Pressure (kPa)						
	PWP (kPa)						
	Back Pressure (kPa)						
	B-Value						
B-check Step 10	Cell Pressure (kPa)						
	PWP (kPa)						
	Back Pressure (kPa)						
	B-Value						
B-check Step 11	Cell Pressure (kPa)						
	PWP (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

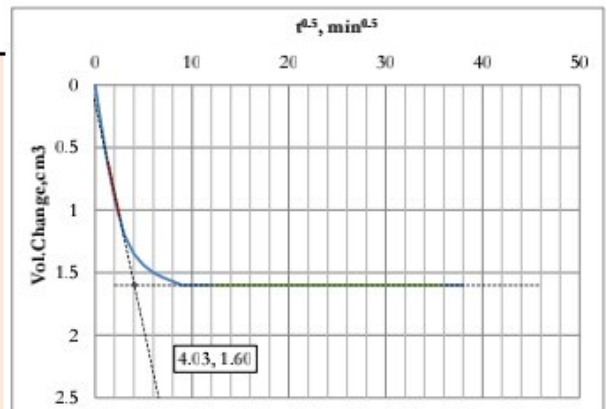
Hole No. : DB3 - UD1
 Depth : 2.00 - 2.50 m
 Test by : Sis
 Checked By : Sudirman
 Date of Testing : 12/09/2020

	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} min	16.28	24.84	46.96
c_v , m ² /year	0.757554475	0.496526389	0.262616438
m_{v0} m ² /MN	1.86	0.97	0.56

Specimen No.1

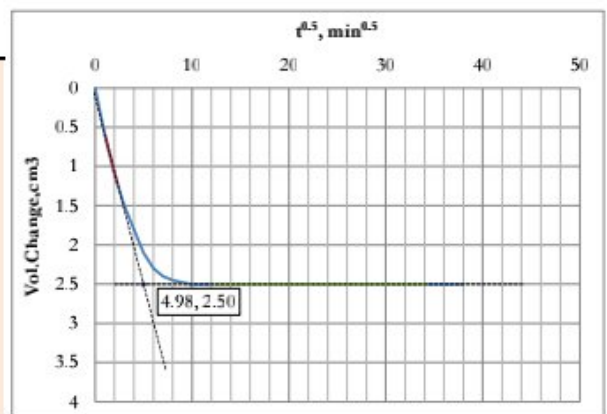
Date

Time (minutes)	Reading Buret (cm ³)	Different Buret (cm ³)	Pore Water Pressure (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**

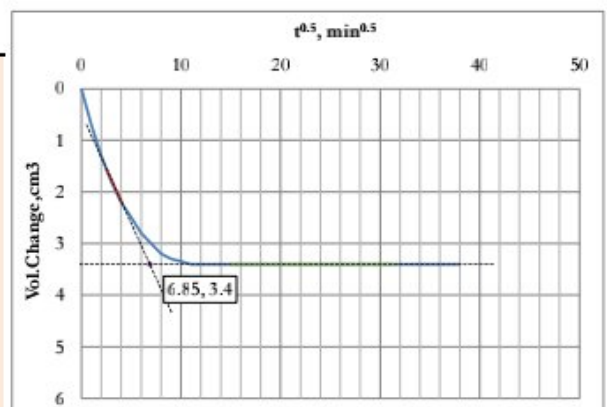
Date

Time (minutes)	Reading Buret (cm ³)	Different Buret (cm ³)	Pore Water Pressure (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 (minutes)	Reading Buret (cm ³)	Different Buret (cm ³)	Pore Water Pressure (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.	: IS.21052	Hole No.	: DB3 - UD1
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, Gilegon - Banten	Checked By	: Sudirman
Soil Description	: Silty Clay	Date of Testing	: 12/09/2020

Specimen No.		1	2	3
Initial Condition	Wet Density, Mg/m ³	1.86	1.86	1.88
	Water Content, %	24.09%	23.96%	23.82%
	Dry Density Mg/m ³	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
	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 _v , m ² /year	0.76	0.50	0.26
	Coefficient of Volume Compressibility m _{vi} , m ² /MN	1.86	0.97	0.56
Compression Stage	Cell Pressure, kPa	220	240	280
	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 ₁ -σ ₃) _ϕ kPa	101.64	110.79	134.30
	Excess PWP at (σ ₁ -σ ₃) _ϕ kPa	8	14	33
	A-Coefficient	0.07	0.13	0.25
	Strain at (σ ₁ -σ ₃) _ϕ %	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. : DR3 - UD1
Depth : 2.00 - 2.50 m
Test by : Sis
Checked By : Sudirman
Date of Testing : 12/09/2020

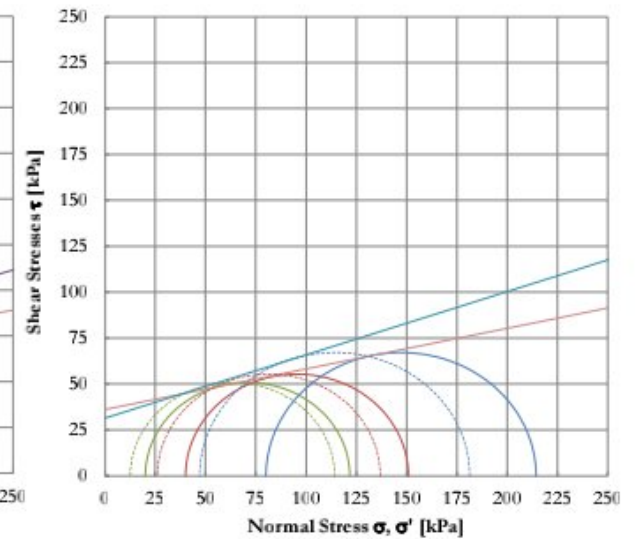
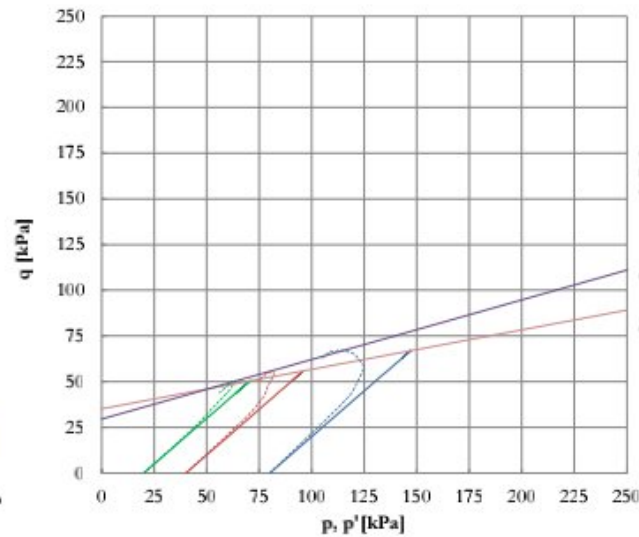
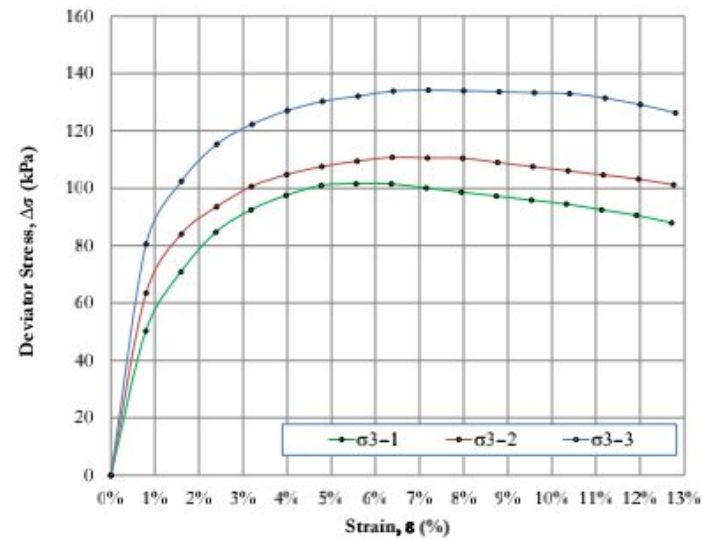
Diameter (cm)	3.8 cm
Height (cm)	7.6 cm
Initial Sample Area (cm ²)	11.34 cm ²

[illegible]

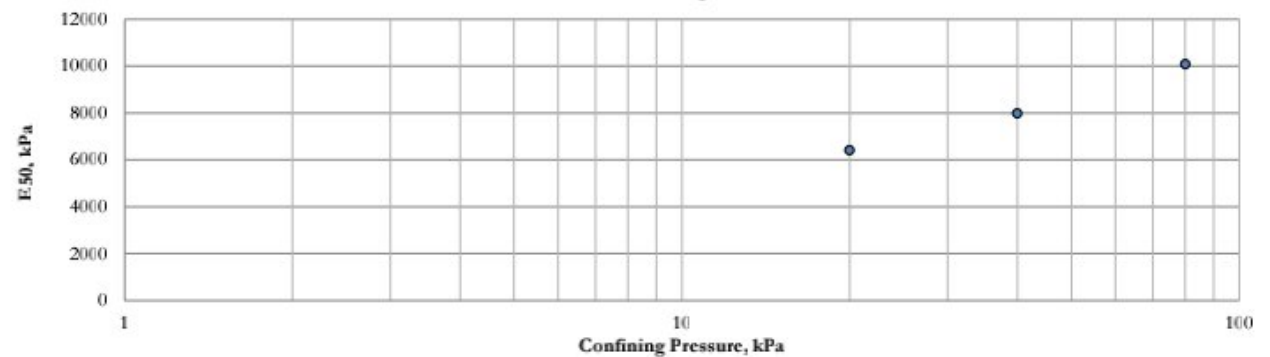


Project No. : IS.21052
Client : PT. Bethesda Hospital International
Project name : RUMAH SAKIT BETHSAIDA
Location : Jl. Lingkar Selatan Km. 2 No. 8, Cilegon - Banten
Soil Description : Silty Clay

Hole No. : DB3 - UD1
Depth : 2.00 - 2.50 m
Test by : Sis
Checked By : Sudirman
Date of Testing : 12/09/2020

p, p'-q Diagram**M-C Diagram****Triaxial CU Test Result**

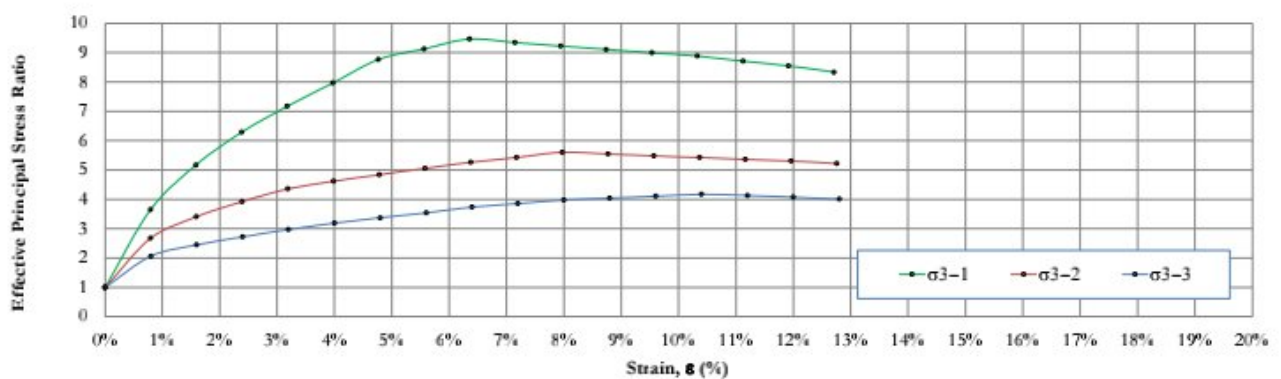
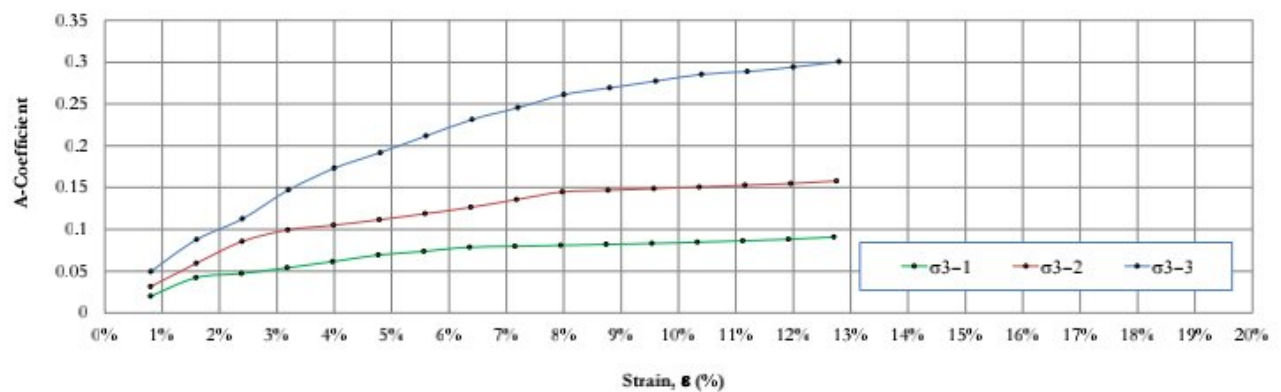
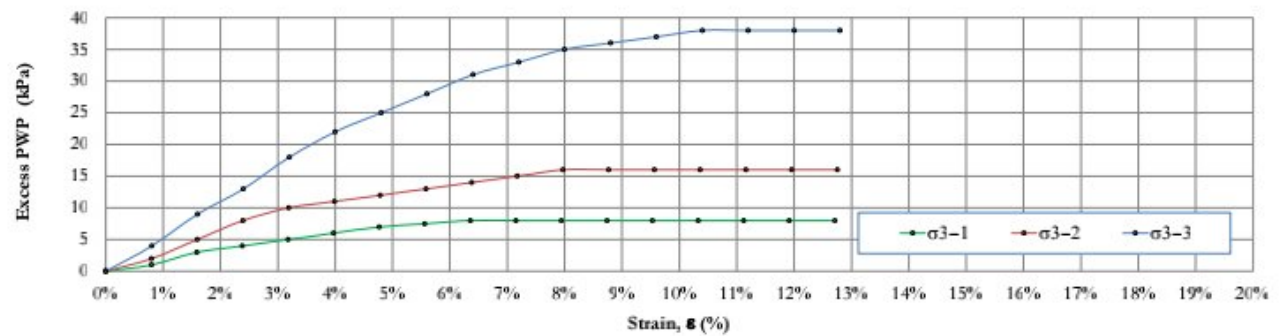
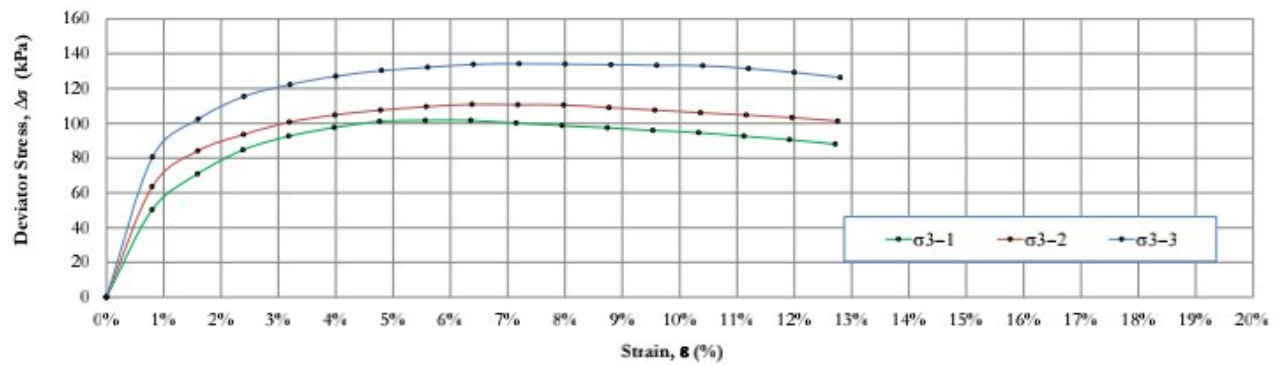
Specimen No.	1	2	3	
Natural Moisture content, %	24.09%	23.96%	23.82%	
Specific Gravity	2.81	2.81	2.81	
Density kN/m ³	18.56	18.64	18.78	
Void Ratio	0.88	0.87	0.85	
Saturation, %	77%	77%	79%	
Strain rate, mm/minute	0.05	0.05	0.05	
Confining Pressure, kg/cm ²	20	40	80	
Deviator Stress, kg/cm ²	101.64	110.79	134.30	
Strain at failure, %	5.56%	6.38%	7.20%	
Shear Strength Parameters	c_u [kPa]: 36.08	c' [kPa]: 31.39		
	ϕ_u^0 : 12.47	ϕ'^0 : 19.02		
Modulus of Elasticity	E (kPa)	6332.80	7975.23	10071.43
	E_{50} (kPa)	6397.40	7975.23	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, 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





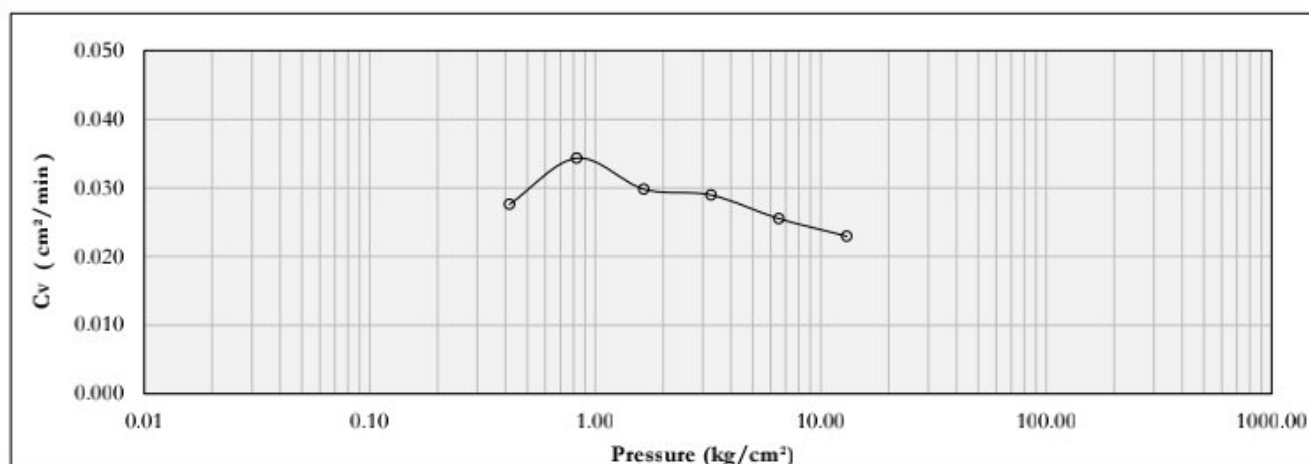
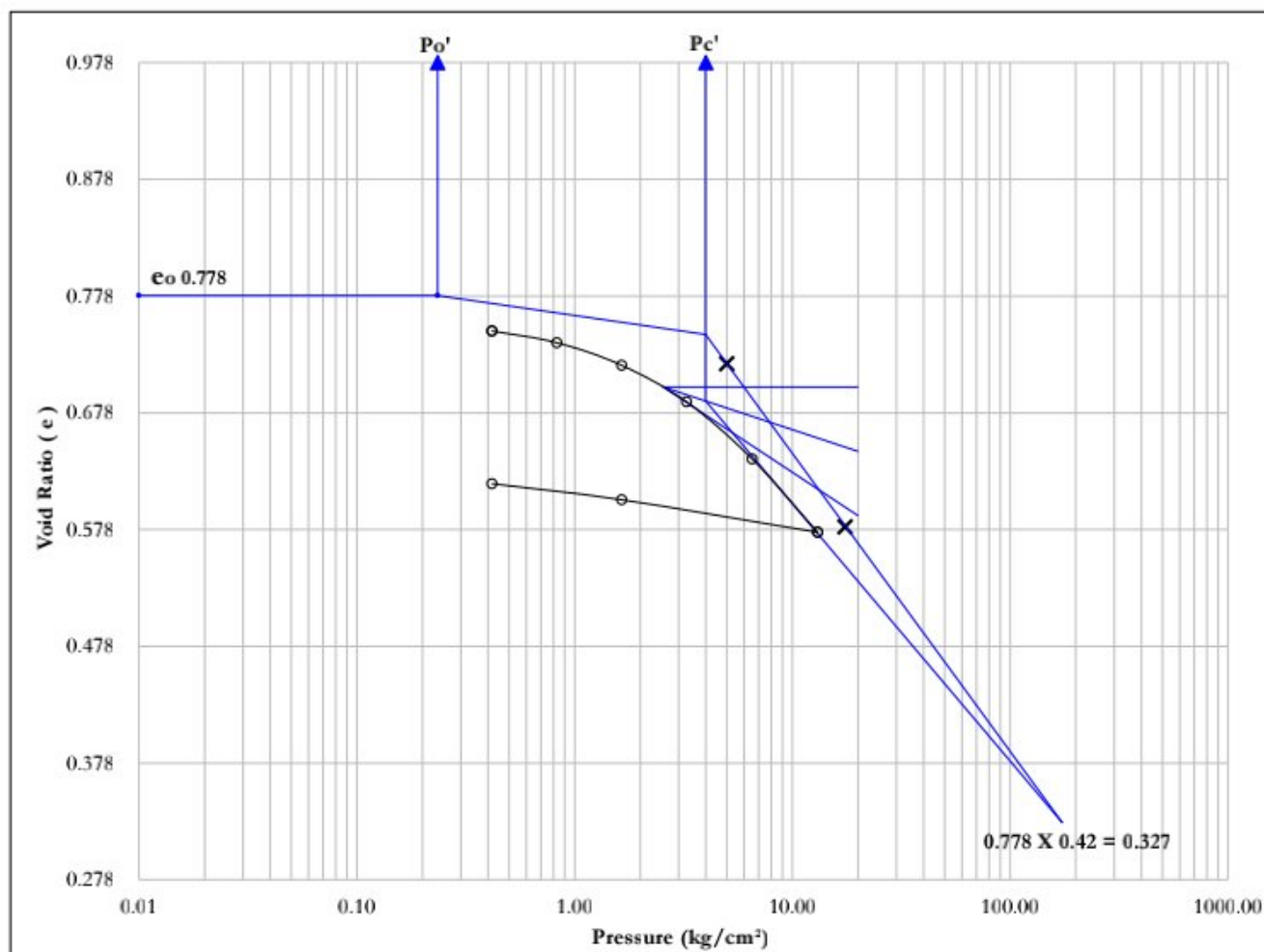
CONSOLIDATION TEST
SNI 2812:2011 / ASTM D-2435-20

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

$P_o' = 0.235 \text{ kg/cm}^2$ $C_c = 0.257$

$P_c' = 4.000 \text{ kg/cm}^2$ $C_s = 0.028$



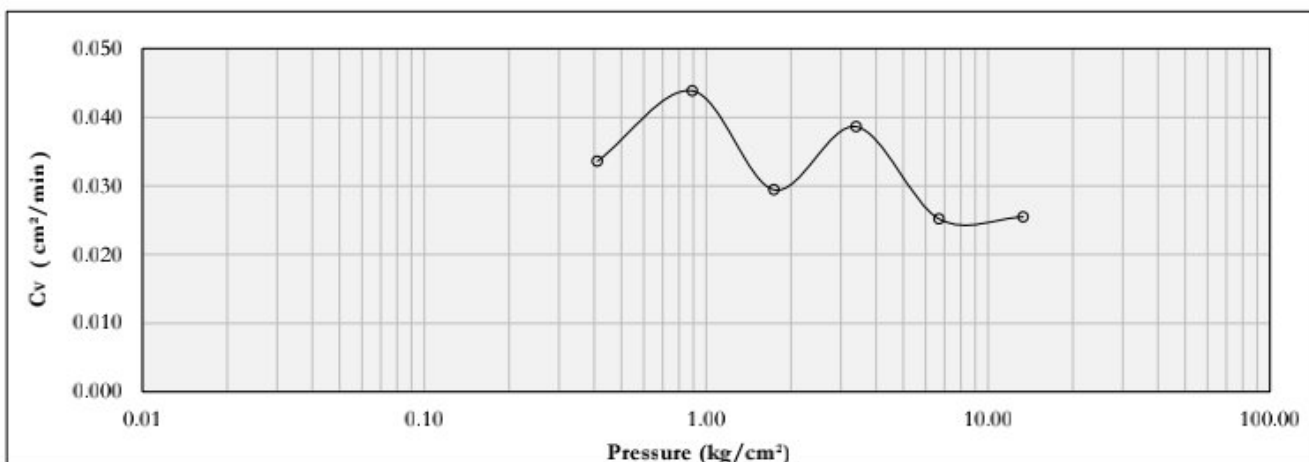
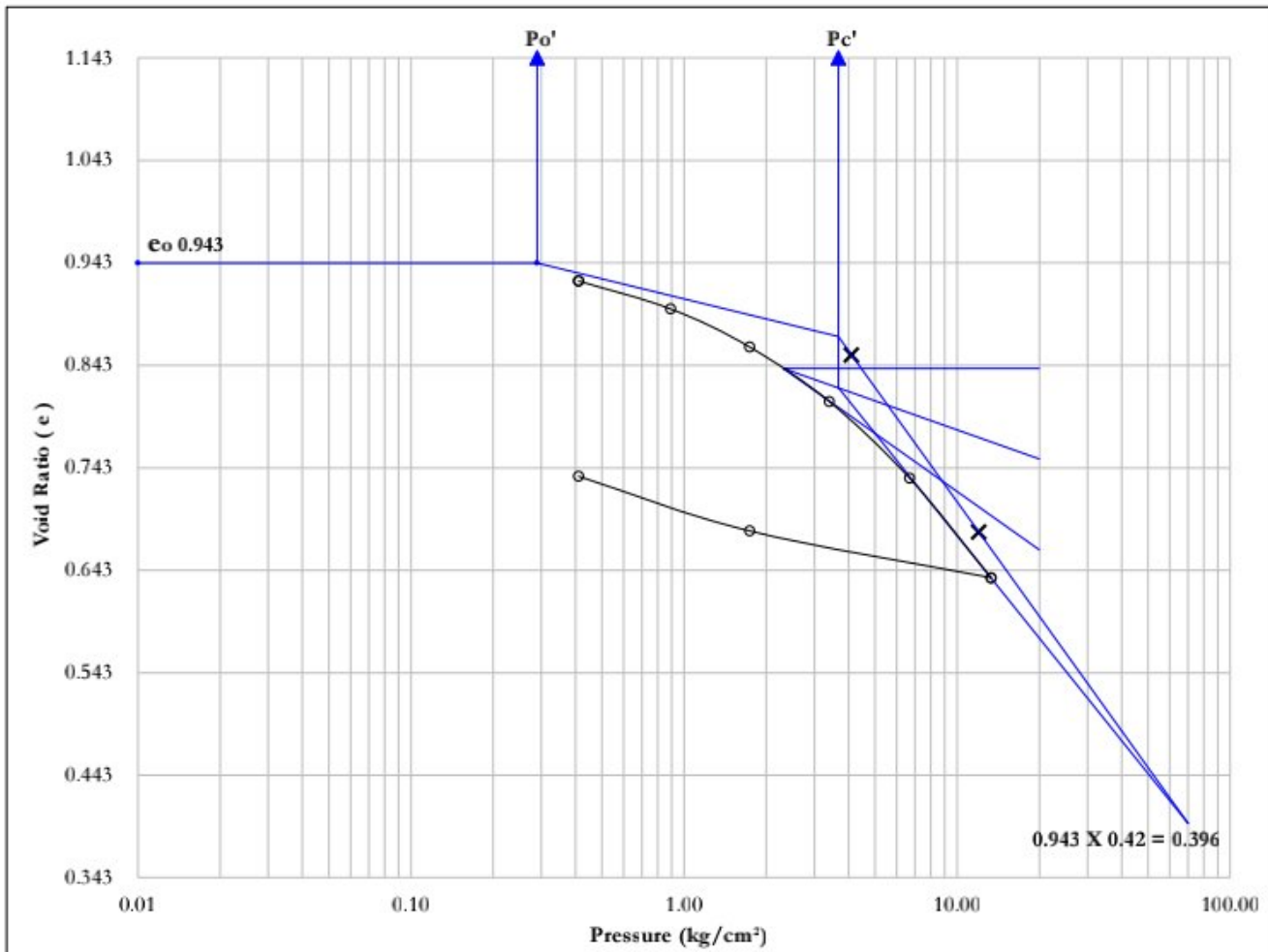
Tested By : Ilham

Check By : Mursani

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

$P_o' = 0.290 \text{ kg/cm}^2$ $C_c = 0.371$
 $P_c' = 3.680 \text{ kg/cm}^2$ $C_s = 0.066$



Tested By : Ilham

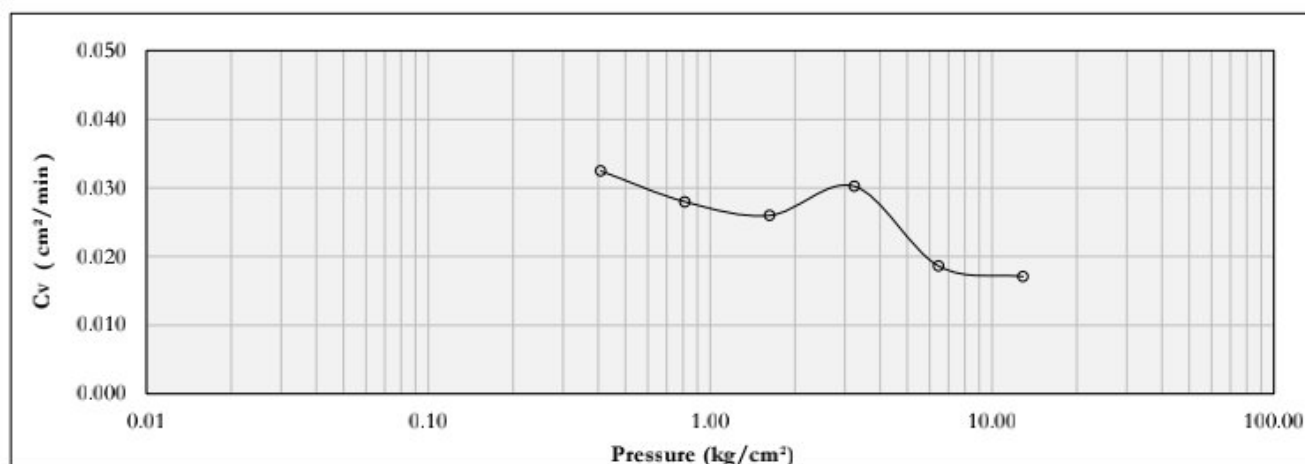
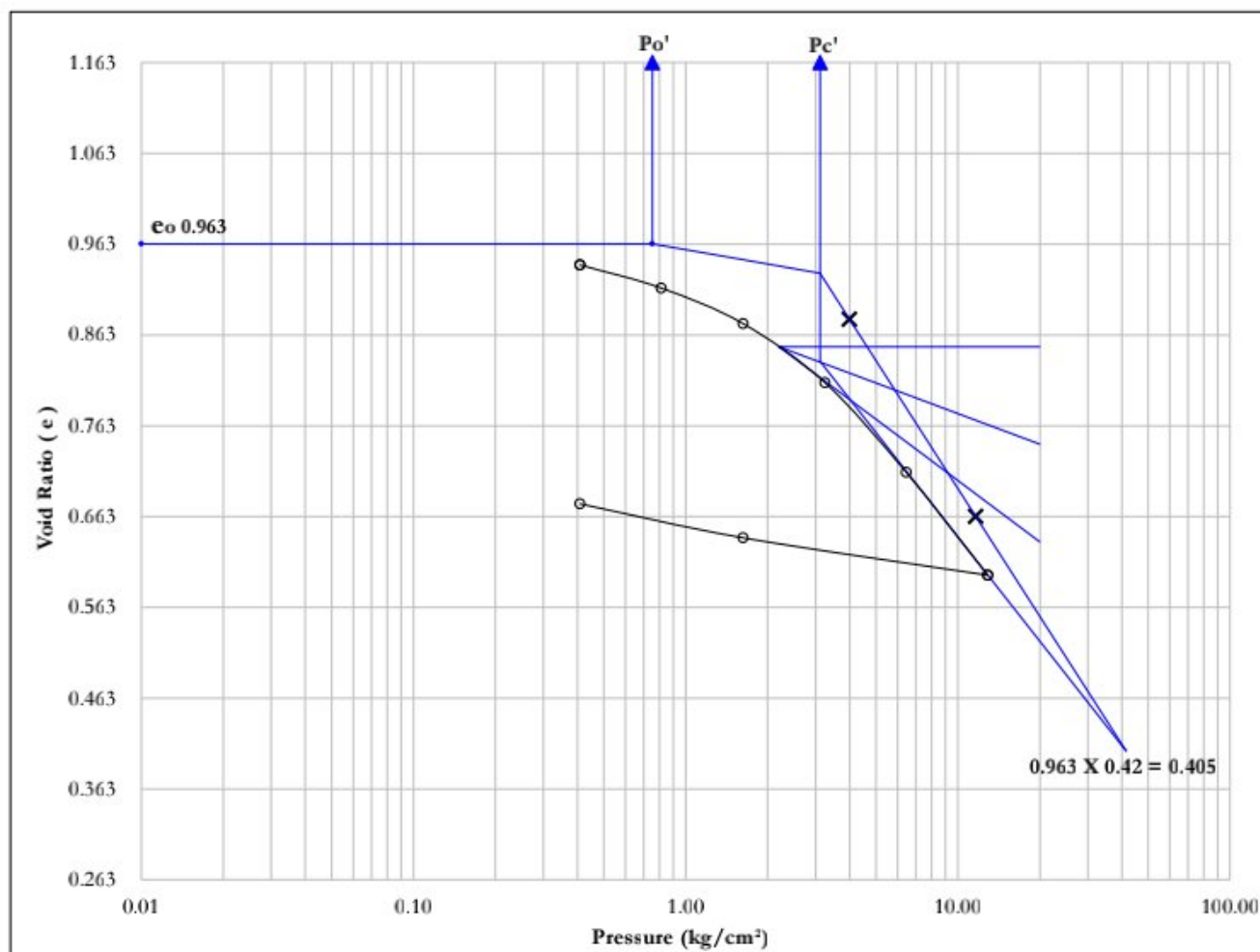
Check By : Mursani

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

$P_o' = 0.754 \text{ kg/cm}^2$ $C_c = 0.467$

$P_c' = 3.120 \text{ kg/cm}^2$ $C_s = 0.052$



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



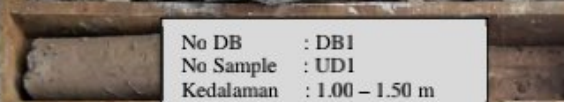
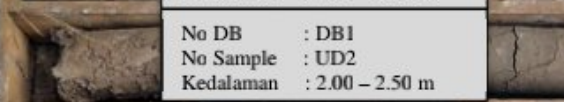
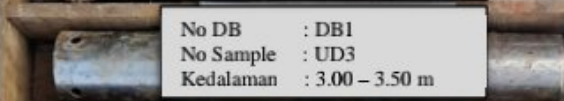
RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON
JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8
CILEGON - BANTEN
BOR MESIN DB.1

**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 Jenis Tanah : Stone Kedalaman : 0.50 – 0.95 m	1.00
1.00	 No DB : DB1 No Sample : UD1 Kedalaman : 1.00 – 1.50 m	NSPT : 1.1.2.3 Jenis Tanah : Silty Clay Kedalaman : 1.50 – 1.95 m	2.00
2.00	 No DB : DB1 No Sample : UD2 Kedalaman : 2.00 – 2.50 m		3.00
3.00	 No DB : DB1 No Sample : UD3 Kedalaman : 3.00 – 3.50 m	NSPT : 3.4.6.10 Jenis Tanah : Silty Clay Kedalaman : 3.50 – 3.95 m	4.00
4.00			5.00
5.00		NSPT : 10.15.22.37 Jenis Tanah : Silt Kedalaman : 5.50 – 5.95 m	6.00
6.00			7.00
7.00	 NSPT : 16.35/2>40 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 7.50 – 7.95 m		8.00
8.00			9.00
9.00	 NSPT : 40/3>50 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 9.50 – 9.95 m		10.00
10.00			11.00
11.00	 NSPT : 42/3>50 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 11.50 – 11.95 m		12.00
12.00			13.00
13.00	 NSPT : 40/1>50 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 13.50 – 13.95 m		14.00
14.00			15.00
RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8 CILEGON - BANTEN SAMPLE CORING & SPT DB.1 : 0.00 – 15.00 m			

**LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH**

RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON

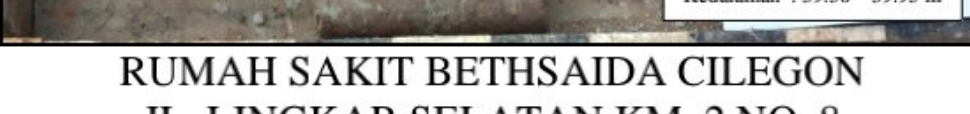
Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten

PT. Bethesda Hospital International

15.00		NSPT : 40/4>50 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 15.50 – 15.95 m	16.00
16.00			17.00
17.00		NSPT : 43/5>40 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 17.50 – 17.95 m	18.00
18.00			19.00
19.00		NSPT : 35/4>50 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 19.50 – 19.95 m	20.00
20.00			21.00
21.00		NSPT : 35/5>50 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 21.50 – 21.95 m	22.00
22.00			23.00
23.00		NSPT : 35/5>50 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 23.50 – 23.95 m	24.00
24.00			25.00
25.00		NSPT : 35/5>50 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 25.50 – 25.95 m	26.00
26.00			27.00
27.00		NSPT : 40/4>50 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 27.50 – 27.95 m	28.00
28.00			29.00
29.00		NSPT : 25.40/5>50 Jenis Tanah : Sandy Silt Kedalaman : 29.50 – 29.95 m	30.00
RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8 CILEGON - BANTEN 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		
32.00		
33.00		
34.00		
35.00		
36.00		
37.00		
38.00		
39.00		
RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8 CILEGON - BANTEN SAMPLE CORING & SPT DB.1 : 30.00 – 40.00 m		



LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH

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



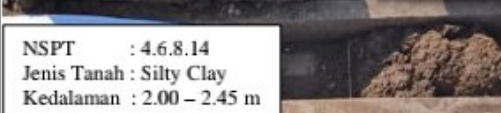
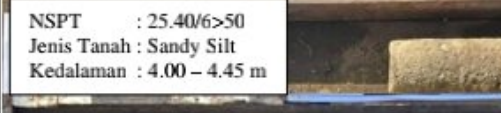
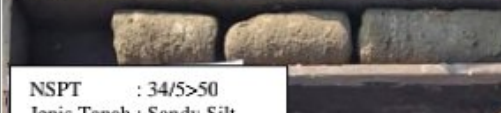
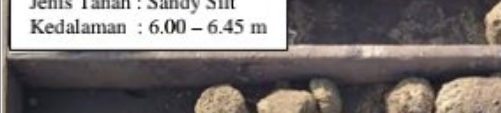
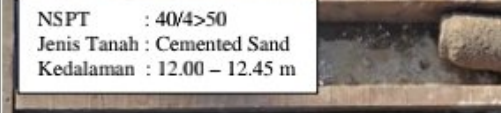
RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON
JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8
CILEGON - BANTEN
BOR MESIN DB.2

**LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH**

RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON

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

PT. Bethesda Hospital International

0.00		NSPT : 3.5.7.12 Jenis Tanah : Clayey Silt Kedalaman : 0.50 – 0.95 m	1.00
1.00		No DB : DB2 No Sample : UD1 Kedalaman : 1.50 – 2.00 m	2.00
2.00		NSPT : 4.6.8.14 Jenis Tanah : Silty Clay Kedalaman : 2.00 – 2.45 m	3.00
3.00			4.00
4.00		NSPT : 25.40/6>50 Jenis Tanah : Sandy Silt Kedalaman : 4.00 – 4.45 m	5.00
5.00			6.00
6.00		NSPT : 34/5>50 Jenis Tanah : Sandy Silt Kedalaman : 6.00 – 6.45 m	7.00
7.00			8.00
8.00		NSPT : 40/6>50 Jenis Tanah : Silty Sand Kedalaman : 8.00 – 8.45 m	9.00
9.00			10.00
10.00		NSPT : 35/5>50 Jenis Tanah : Silty Sand Kedalaman : 10.00 – 10.45 m	11.00
11.00			12.00
12.00		NSPT : 40/4>50 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 12.00 – 12.45 m	13.00
13.00			14.00
14.00		NSPT : 40/3>50 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 14.00 – 14.45 m	15.00
RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8 CILEGON - BANTEN 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		17.00
16.00	NSPT : 44/4>50 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 16.00 – 16.45 m	17.00
17.00		18.00
18.00		19.00
18.00	NSPT : 45/3>50 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 18.00 – 18.45 m	19.00
19.00		20.00
20.00		21.00
20.00	NSPT : 40/5>50 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 20.00 – 20.45 m	21.00
21.00		22.00
22.00		23.00
22.00	NSPT : 40/5>50 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 22.00 – 22.45 m	23.00
23.00		24.00
24.00		25.00
24.00	NSPT : 35/6>50 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 24.00 – 24.45 m	25.00
25.00		26.00
26.00		27.00
26.00	NSPT : 35/5>50 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 26.00 – 26.45 m	27.00
27.00		28.00
28.00		29.00
28.00	NSPT : 40/6>50 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 28.00 – 28.45 m	29.00
29.00		30.00
RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8 CILEGON - BANTEN 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 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 30.00 – 30.45 m	31.00
31.00		32.00
32.00	NSPT : 40/8>50 Jenis Tanah : Silty Sand Kedalaman : 23.00 – 23.45 m	33.00
33.00		34.00
34.00	NSPT : 40/7>50 Jenis Tanah : Silty Sand Kedalaman : 34.00 – 34.45 m	35.00
35.00		36.00
36.00	NSPT : 45/7>50 Jenis Tanah : Silty Sand Kedalaman : 36.00 – 36.45 m	37.00
37.00		38.00
38.00	NSPT : 27/35/5>50 Jenis Tanah : Silty Sand Kedalaman : 38.00 – 38.45 m	39.00
39.00	NSPT : 40/6>50 Jenis Tanah : Silty Sand Kedalaman : 39.50 – 39.95 m	40.00
RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8 CILEGON - BANTEN SAMPLE CORING & SPT DB.2 : 30.00 – 40.00 m		



LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH

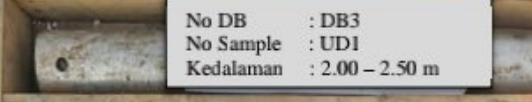
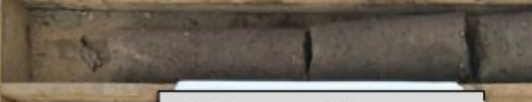
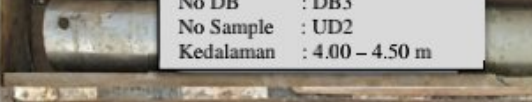
RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON
Jl. Lingkar Selatan KM. 2 No. 8, Cilegon - Banten
PT. Bethesda Hospital International



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 Jenis Tanah : Silty Clay Kedalaman : 0.50 – 0.95 m	1.00
1.00			2.00
2.00		No DB : DB3 No Sample : UD1 Kedalaman : 2.00 – 2.50 m	3.00
3.00			4.00
4.00		No DB : DB3 No Sample : UD2 Kedalaman : 4.00 – 4.50 m	5.00
5.00			6.00
6.00		NSPT : 12.19.25.44 Jenis Tanah : Silty Sand Kedalaman : 6.50 – 6.95 m	7.00
7.00			8.00
8.00		NSPT : 15.21.29.50 Jenis Tanah : Silty Sand Kedalaman : 8.50 – 8.95 m	9.00
9.00			10.00
10.00		NSPT : 14.22.30>50 Jenis Tanah : Silty Sand Kedalaman : 10.50 – 10.95 m	11.00
11.00			12.00
12.00		NSPT : 16.25.34>50 Jenis Tanah : Silty Sand Kedalaman : 12.50 – 12.95 m	13.00
13.00			14.00
14.00		NSPT : 18.27.35/6>50 Jenis Tanah : Silty Sand Kedalaman : 14.50 – 14.95 m	15.00
RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8 CILEGON - BANTEN 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		17.00
17.00		18.00
18.00		19.00
19.00		20.00
20.00		21.00
21.00		22.00
22.00		23.00
23.00		24.00
24.00		25.00
25.00		26.00
26.00		27.00
27.00		28.00
28.00		29.00
29.00		30.00
RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8 CILEGON - BANTEN SAMPLE CORING & SPT DB.3 : 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 : 45/5>50 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 30.50 – 30.95 m	31.00
31.00			32.00
32.00		NSPT : 40/5>50 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 32.50 – 32.95 m	33.00
33.00			34.00
34.00		NSPT : 35/6>50 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 34.50 – 34.95 m	35.00
35.00			36.00
36.00		NSPT : 11.15.21.36 Jenis Tanah : Sandy Silt Kedalaman : 36.50 – 36.95 m	37.00
37.00			38.00
38.00		NSPT : 40/5>50 Jenis Tanah : Cemented Silt Kedalaman : 38.50 – 38.95 m	39.00
39.00		NSPT : 40/6>50 Jenis Tanah : Cemented Silt Kedalaman : 39.50 – 39.95 m	40.00
RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8 CILEGON - BANTEN 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. Bethesda Hospital International



RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON
JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8
CILEGON - BANTEN
BOR MESIN DB.4

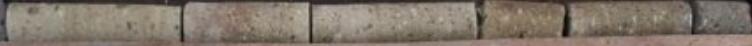
**LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH**

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 Jenis Tanah : Silty Clay Kedalaman : 1.00 – 1.45 m	2.00
2.00	 No DB : DB4 No Sample : UD1 Kedalaman : 2.50 – 3.00 m	3.00
3.00	NSPT : 4.6.7.13 Jenis Tanah : Silty Clay Kedalaman : 3.00 – 3.45 m	4.00
4.00		5.00
5.00	NSPT : 6.15.18.33 Jenis Tanah : Silt Kedalaman : 5.00 – 5.45 m	6.00
6.00		7.00
7.00	NSPT : 12.17.21.38 Jenis Tanah : Silt Kedalaman : 7.00 – 7.45 m	8.00
8.00		9.00
9.00	NSPT : 16.35/7>50 Jenis Tanah : Sand Kedalaman : 9.00 – 9.45 m	10.00
10.00		11.00
11.00	NSPT : 18.35/6>50 Jenis Tanah : Sand Kedalaman : 11.00 – 11.45 m	12.00
12.00		13.00
13.00	NSPT : 35/7>50 Jenis Tanah : Silty Sand Kedalaman : 13.00 – 13.45 m	14.00
14.00		15.00
RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8 CILEGON - BANTEN 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 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 15.00 – 15.45 m		16.00
16.00			17.00
17.00	NSPT : 40/5>50 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 17.00 – 17.45 m		18.00
18.00			19.00
19.00	NSPT : 40/5>50 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 19.00 – 19.45 m		20.00
20.00			21.00
21.00	NSPT : 45/6>50 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 21.00 – 21.45 m		22.00
22.00			23.00
23.00	NSPT : 40/6>50 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 23.00 – 23.45 m		24.00
24.00			25.00
25.00	NSPT : 40/6>50 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 25.00 – 25.45 m		26.00
26.00			27.00
27.00	NSPT : 40/7>50 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 27.00 – 27.45 m		28.00
28.00			29.00
29.00	NSPT : 40/5>50 Jenis Tanah : Cemented Sand Kedalaman : 29.00 – 29.45 m		30.00
RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8 CILEGON - BANTEN 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		32.00
32.00		33.00
33.00		34.00
34.00		35.00
35.00		36.00
36.00		37.00
37.00		38.00
38.00		39.00
39.00		40.00
RUMAH SAKIT BETHSAIDA CILEGON JL. LINGKAR SELATAN KM. 2 NO. 8 CILEGON - BANTEN SAMPLE CORING & SPT DB.4 : 30.00 – 40.00 m		