

**STABILISASI TANAH DENGAN KOMBINASI GIPSUM DAN
SERBUK KACA TERHADAP NILAI CBR (*CALIFORNIA
BEARING RATIO*)**

**(Studi Kasus : Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira,
Kabupaten Lebak, Banten)**

SKRIPSI

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



Disusun oleh :

M. Ahyarudin

3336180034

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
BANTEN
2025**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Stabilisasi Tanah Dengan Kombinasi Gypsum Dan Serbuk
Kaca Terhadap Nilai CBR (*California Bearing Ratio*)

Nama : M. Ahyarudin

NPM : 333618034

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Sipil

Menyatakan bahwa dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah 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 ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan secara sadar dan sengajanyatakan melalui lembar ini.

Cilegon, 5 Juli 2023



M. Ahyarudin
NPM. 3336180034

LEMBAR PENGESAHAN

STABILISASI TANAH DENGAN KOMBINASI GIPSUM DAN SERBUK KACA TERHADAP NILAI CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*)

(Studi Kasus : Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten
Lebak, Banten)

Dipersiapkan dan disusun oleh:

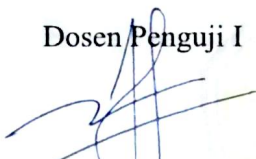
M. AHYARUDIN / 3336180034

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

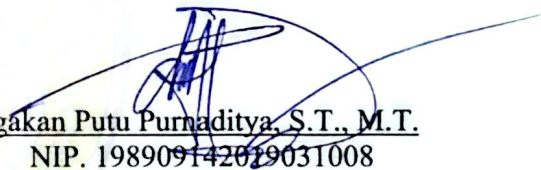
Pada Tanggal: 05 Juli 2023

Susunan Dewan Penguji

Dosen Penguji I


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

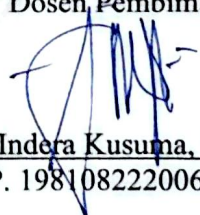
Dosen Penguji II


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

Dosen Pembimbing I


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

Dosen Pembimbing II


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

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

Tanggal : 05 Juli 2023

Ketua Jurusan Teknik Sipil




Dr. Rindu Twidi Bethary, ST., MT

NIP : 198212062010122001

PRAKATA

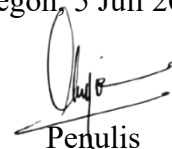
Puji dan syukur kepada Allah SWT atas berkah dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul "Stabilisasi Tanah Lempung dengan Kombinasi Serbuk Kaca dan Gypsum Terhadap Nilai CBR (*California Bearing Ratio*). Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh derajat 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 terima kasih kepada:

- 1) Ibu Woelandari Fathonah, S.T., M.T. dan Bapak Rama Indera Kusuma, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I dan II;
- 2) Ibu Enden Mina, S.T., M.T. dan Bapak Ngakan Putu Purnaditya, S.T., M.T. selaku dosen penguji I dan II;
- 3) Bapak Dr. Subekti, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa;
- 4) Ibu Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa;
- 5) Orang tua dan keluarga tercinta yang senantiasa memberikan dukungan dan motivasi dalam progres penyusunan skripsi;
- 6) Tim HALO dan KMJ Squad yang selalu memberikan bantuan baik dalam hal waktu, tenaga, dan materi dari awal perkuliahan hingga penyusunan skripsi selesai;
- 7) Vivi Hafidyani yang selalu siap meluangkan waktunya untuk menemani dan memberikan dukungan dalam menyelesaikan skripsi;
- 8) Teman-teman saya yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penyusunan skripsi.

Akhir kata semoga Skripsi ini dapat bermanfaat umumnya bagi rekan-rekan mahasiswa dan khususnya untuk menyusun.

Cilegon, 5 Juli 2023



Penulis

STABILISASI TANAH DENGAN KOMBINASI GIPSUM DAN SERBUK KACA TERHADAP NILAI CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*)

M. Ahyarudin

INTISARI

Berdasarkan hasil survei tanah di Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, dilakukan pengujian nilai CBR lapangan menggunakan alat *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) dan diperoleh nilai CBR sebesar 3,8%. Mengacu Revisi Manual Desain Perkerasan Jalan (2017) Nomor 02/M/BM/2017, nilai CBR efektif untuk tanah dasar sebaiknya tidak kurang dari 6%. Jika nilainya lebih rendah, maka diperlukan proses stabilisasi tanah. Salah satu bahan yang digunakan untuk stabilisasi tanah adalah campuran gipsum dan serbuk kaca.

Gipsum mengandung sekitar 90% $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ dan berfungsi mengisi rongga pori tanah, sehingga mengurangi potensi pengembangan tanah. Serbuk kaca mengandung silika yang memiliki sifat pozolan, menjadikannya cocok untuk stabilisasi tanah. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilakukan di laboratorium untuk mengetahui perubahan karakteristik tanah akibat penambahan bahan tersebut. Terdapat sembilan variasi campuran, yaitu kombinasi antara serbuk gipsum (0%, 4%, 8%, 12%, 16%) dan serbuk kaca (0%, 8%), dengan waktu pemeraman 0, 3, dan 7 hari. Pengujian dilakukan terhadap batas cair, batas plastis, dan CBR unsoaked. Berdasarkan klasifikasi USCS, tanah termasuk jenis OH (lempung organik dengan plastisitas sedang hingga tinggi).

Hasil menunjukkan nilai CBR awal 3,8% meningkat menjadi 25,27% setelah ditambahkan 12% gipsum dan 8% serbuk kaca dengan pemeraman selama 7 hari. Dengan demikian, gipsum dan serbuk kaca dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan untuk perbaikan tanah dasar menggunakan metode stabilisasi.

Kata Kunci : Tanah, Stabilisasi, Gipsum, Kaca, CBR

SOIL STABILIZATION WITH A COMBINATION OF GYPSUM AND GLASS POWDER ON CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO) VALUES

M. Ahyarudin

ABSTRACT

Based on the results of a soil survey in Kampung Kukulu, Parungsari Village, Sajira Sub-district, Lebak Regency, a field CBR test was conducted using a Dynamic Cone Penetrometer (DCP), and a CBR value of 3.8% was obtained. Referring to the Revised Road Pavement Design Manual (2017) Number 02/M/BM/2017, the effective CBR value for subgrade soil should not be less than 6%. If the value is lower, soil stabilization is required. One of the materials used for soil stabilization is a mixture of gypsum and glass powder.

Gypsum contains approximately 90% $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ and functions to fill the soil pore spaces, thereby reducing the soil's swelling potential. Glass powder contains silica, which has pozzolanic properties, making it suitable for soil stabilization. This study used an experimental method conducted in a laboratory to observe changes in soil characteristics due to the addition of these materials. There were nine mix variations, which were combinations of gypsum powder (0%, 4%, 8%, 12%, 16%) and glass powder (0%, 8%), with curing times of 0, 3, and 7 days. Tests were conducted on liquid limit, plastic limit, and unsoaked CBR. Based on the USCS classification, the soil is categorized as OH (organic clay with medium to high plasticity).

The results showed that the initial CBR value of 3.8% increased to 25.27% after the addition of 12% gypsum and 8% glass powder with a curing period of 7 days. Thus, gypsum and glass powder can be used as additives for subgrade improvement using the stabilization method.

Keywords : Soil, Stabilization, Gypsum, Glass, CBR

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR TABEL	v
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Keaslian Penelitian	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Hasil Penelitian Terdahulu	6
2.2 Keterkaitan Penelitian.....	12
BAB 3 LANDASAN TEORI	
3.1 Definisi Tanah	13
3.2 Stabilisasi Tanah.....	13
3.3 Gypsum.....	14
3.4 Serbuk Kaca.....	15
3.5 Sistem Klasifikasi USCS (Unified Soil Classification System)	16
3.6 Berat Jenis Tanah	17
3.7 Batas Cair (<i>Liquid Limit</i>).....	19
3.8 Batas Plastis (<i>Plastic Limit</i>).....	19
3.9 Kadar air	20
3.10 Analisa Besar Butir.....	21
3.11 Pemadatan.....	21
3.12 <i>California Bearing Ratio</i>	22
BAB 4 METODE PENELITIAN	
4.1 Tahapan Penelitian	24
4.2 Jumlah Benda uji Penelitian	27

4.3 Bahan Tambah Penelitian	28
4.4 Prosedur Penelitian	33
4.5 Jadwal Penelitian	34

BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Pendahuluan.....	35
5.2 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah	37
5.3 Hasil Pengujian dengan Penambahan Serbuk Kaca dan <i>Gypsum</i>	55
5.4 Hasil Pengujian <i>California Bearing Ratio</i>	65

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan	73
6.2 Saran.....	73

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Flowchart Positioning Penelitian Tugas Akhir Terhadap Penelitian

Sebelumnya

Gambar 3.1 Serbuk *Gypsum*

Gambar 3.2 Serbuk Kaca

Gambar 3.3 Klasifikasi Tanah USCS

Gambar 3.4 CBR Laboratorium

Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian

Gambar 5.1 Lokasi Pengambilan Sampel

Gambar 5.2 Pengambilan Sampel Tanah

Gambar 5.3 Tanah setelah dikeringkan

Gambar 5.4 Bahan Tambah Kaca

Gambar 5.5 Bahan Tambah Gypsum

Gambar 5.6 Pengujian berat jenis tanah

Gambar 5.7 Pengujian batas cair tanah

Gambar 5.8 Grafik Hubungan Kadar air dengan Jumlah Ketukan

Gambar 5.9 Pengujian Batas Plastis Tanah

Gambar 5.10 Grafik Hubungan Batas Cair dan Indeks Plastisitas

Gambar 5.11 Pengujian Pemadatan

Gambar 5.12 Grafik Hubungan Hubungan Kadar Air dan Berat Isi Kering

Gambar 5.13 Grafik Hubungan Hubungan Antara Banyak Tumbukan dengan
Kumulatif Penetrasi Titik 1

Gambar 5.14 Grafik Hubungan Hubungan Antara Banyak Tumbukan dengan
Kumulatif Penetrasi Titik 2

Gambar 5.15 Grafik Hubungan Hubungan Antara Banyak Tumbukan dengan
Kumulatif Penetrasi Titik 3

Gambar 5.16 Grafik Hubungan Hubungan Antara Banyak Tumbukan dengan
Kumulatif Penetrasi Titik 4

Gambar 5.17 Grafik Hubungan Hubungan Antara Banyak Tumbukan dengan
Kumulatif Penetrasi Titik 5

Gambar 5.18 Grafik Hubungan Hubungan Antara Banyak Tumbukan dengan

Kumulatif Penetrasi

Gambar 5.19 Grafik Berat Jenis Terhadap Setiap Persentase Bahan Tambah

Gambar 5.20 Grafik Perbandingan Berat Isi dengan Persentase Bahan Tambah

Gambar 5.21 Grafik Batas Cair Terhadap Lama Pemeraman

Gambar 5.22 Grafik Batas Plastis Terhadap Lama Pemeraman

Gambar 5.23 Grafik Indeks Plastisitas Terhadap Lama Pemeraman

Gambar 5.24 Pemadatan Sampel CBR

Gambar 5.25 Pengujian CBR

Gambar 5.26 Grafik Hasil CBR

Gambar 5.27 Grafik Hasil CBR dengan Penelitian Terdahulu

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Positioning Penelitian Tugas Akhir Terhadap Penelitian Sebelumnya
Tabel 3.1	Unsur Unsur – Unsur Yang Terkandung Dalam Gypsum
Tabel 3.2	Unsur Unsur – Unsur Yang Terkandung Dalam Serbuk Kaca
Tabel 3.3	Berat Jenis Tanah
Tabel 3.4	Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah
Tabel 4.1	Variasi Sampel
Tabel 4.2	Jumlah Sampel Benda Uji CBR
Tabel 4.3	Jumlah Sampel Benda Uji Sifat Fisis Tanah
Tabel 4.4	Kebutuhan Tanah
Tabel 4.5	Kebutuhan Gypsum
Tabel 4.6	Kebutuhan Serbuk Kaca
Tabel 4.7	Estimasi Waktu Penelitian
Tabel 5.1	Analisa Kadar Air Tanah
Tabel 5.2	Analisa Berat Jenis Tanah
Tabel 5.3	Klasifikasi Berat Jenis Tanah
Tabel 5.4	Analisa Batas Cair Tanah
Tabel 5.5	Analisa Batas Plastis Tanah
Tabel 5.6	Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah
Tabel 5.7	Analisa Berat Isi Tanah
Tabel 5.8	Analisa Besar Butir Tanah
Tabel 5.9	Sistem Klasifikasi Tanah USCS (<i>Unified Soil Classification System</i>)
Tabel 5.10	Pemadatan Tanah
Tabel 5.11	Hasil Pengujian DCP Titik 1

Tabel 5.12 Hasil Pengujian DCP Titik 2

Tabel 5.13 Hasil Pengujian DCP Titik 3

Tabel 5.14 Hasil Pengujian DCP Titik 4

Tabel 5.15 Hasil Pengujian DCP Titik 5

Tabel 5.16 Persentase Kenaikan Berat Jenis Tanah

Tabel 5.17 Persentase Kenaikan/Penurunan Berat Isi

Tabel 5.18 Persentase Penurunan Nilai Batas Cair Pemeraman 0 Hari

Tabel 5.19 Persentase Penurunan Nilai Batas Cair Pemeraman 3 Hari

Tabel 5.20 Persentase Penurunan Nilai Batas Cair Pemeraman 7 Hari

Tabel 5.21 Persentase Penurunan Nilai Batas Plastis Pemeraman 0 Hari

Tabel 5.22 Persentase Penurunan Nilai Batas Plastis Pemeraman 3 Hari

Tabel 5.23 Persentase Penurunan Nilai Batas Plastis Pemeraman 7 Hari

Tabel 5.24 Nilai Indeks Plastisitas Pemeraman 0 hari

Tabel 5.25 Nilai Indeks Plastisitas Pemeraman 3 hari

Tabel 5.26 Nilai Indeks Plastisitas Pemeraman 7 hari

Tabel 5.27 Hasil Pengujian CBR Tanah 10 Tumbukan

Tabel 5.28 Rekapitulasi Nilai CBR Pada Tanah Tanpa Bahan Tambah

Tabel 5.29 Rekapitulasi Nilai CBR Pada Tanah dengan 4% Gypsum

Tabel 5.30 Rekapitulasi Nilai CBR Pada Tanah dengan 8% Gypsum

Tabel 5.31 Rekapitulasi Nilai CBR Pada Tanah dengan 12% Gypsum

Tabel 5.32 Rekapitulasi Nilai CBR Pada Tanah dengan 16% Gypsum

Tabel 5.33 Rekapitulasi Nilai CBR Pada Tanah dengan 8% Serbuk Kaca dan 4% Gypsum

Tabel 5.34 Rekapitulasi Nilai CBR Pada Tanah dengan 8% Serbuk Kaca dan 8% Gypsum

Tabel 5.35 Rekapitulasi Nilai CBR Pada Tanah dengan 8% Serbuk Kaca dan 12% Gypsum

Tabel 5.36 Rekapitulasi Nilai CBR Pada Tanah dengan 8% Serbuk Kaca

dan 16% Gypsum

Tabel 5.37 Positionig Terhadap Penelitian Sebelumnya

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan lapisan teratas lapisan bumi. Tanah memiliki ciri khas dan sifat-sifat yang berbeda antara tanah di suatu lokasi dengan lokasi yang lain. Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang berasal dari material induk yang telah mengalami proses lanjut, karena perubahan alami di bawah pengaruh air, udara, dan macam-macam organisme baik yang masih hidup maupun yang telah mati. Tingkat perubahan terlihat pada komposisi, struktur dan warna hasil pelapukan. (Dokuchaev, 1870).

Tanah lempung merupakan salah satu jenis tanah lunak yang memiliki karakteristik tanah berbutir halus dan memiliki luas permukaan spesifik butiran-butiran yang lebih besar, angka pori yang lebih besar, dan permeabilitas yang lebih kecil dibandingkan tanah berbutir kasar terlebih lagi tanah lempung mudah mengembang dan menyusut karena adanya perubahan kadar air. Faktor inilah yang bisa mengganggu kekuatan dari suatu bangunan konstruksi sehingga konstruksi tersebut dapat mengalami kerusakan secara fisik. (Darwis, 2017)

Berdasarkan hasil survey tanah pada lokasi Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten dilakukan pengujian CBR lapangan menggunakan alat *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) didapatkan nilai CBR sebesar 3,8% menurut Revisi Manual Desain Perkerasan Jalan (2017) Nomor 02/M/BM/2017 bahwa CBR efektif tanah dasar hendaknya tidak kurang dari 6%, jika kurang maka tanah perlu untuk distabilisasi.

Beberapa cara bisa dilakukan untuk menambah daya dukung tanah, salah satunya adalah dengan mencampurkan bahan-bahan aditif atau dengan mencampurkan tanah lain. Stabilisasi tanah dilakukan untuk memperoleh hasil yang maksimal pada tanah asli yang nantinya akan di bangun suatu infrastruktur. Hal ini harus dilakukan sebelum pekerjaan konstruksi dilaksanakan agar sifat tanah asli tidak menimbulkan kerugian pada konstruksi yang akan di bangun diatas tanah tersebut.

Seiring dengan perkembangan penelitian di lapangan, penelitian mengenai stabilisasi pada tanah lempung telah banyak dilakukan sebelumnya sebagai upaya untuk melakukan perbaikan pada tanah. Salah satu campuran bahan yang digunakan yaitu gipsum dan serbuk kaca. Biasanya gipsum mengandung 90% $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (Sutejo, Dewi, & Yudhistira, 2015). Limbah plafon gipsum berfungsi untuk mengisi rongga pori tanah sehingga potensi tanah untuk mengembang menjadi berkurang. Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah lalu menunjukkan bahwa serbuk kaca memiliki kandungan kimia berupa silika yang dapat dimanfaatkan untuk stabilisasi tanah karena sifat pozolan dari bahan kimia tersebut.

Stabilisasi tanah menggunakan bahan tambah gipsum dan serbuk kaca sebelumnya pernah diteliti oleh Rama Indera K, dkk (2018) menggunakan bahan tambah gipsum dengan variasi persentase 4 variasi campuran yaitu 0%, 4%, 6%, dan 8% dan lamanya pemeraman yaitu 0 hari, 3 hari, dan 7 hari. Selanjutnya Ibnu Mudhakhir, dkk (2020) dengan bahan gipsum dan serbuk kaca, nilai variasi persentase bahan tambah keduanya 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% tanpa pemeraman. Kemudian Roesyanto (2018) dengan bahan tambah gipsum dan serbuk kaca nilai persentase variasi campuran 2% gipsum dan 0 % serbuk kaca dengan pemeraman 7 hari. Rizgar A. Blayi, dkk (2020) dengan bahan tambah serbuk kaca variasi 2,5%, 5%, 10%, 15% dan 25%. Dimas Anggara Utama (2022) bahan tambah campuran gipsum dan serbuk kaca, nilai persentase variasi campuran 8% serbuk gipsum + 2% serbuk kaca, 8% serbuk gipsum + 4% serbuk kaca, 8% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca dengan waktu pemeraman 7 hari.

Berdasarkan beberapa jurnal yang terkait dengan penelitian ini, maka penulis menyimpulkan bahwa dengan penambahan bahan gipsum dan serbuk kaca sebanyak 0% sampai 15% bisa meningkatkan stabilisasi tanah. Persentase penambahan bahan tersebut menjadi acuan untuk penelitian ini untuk memastikan pada persentase berapa nilai CBR optimum.

Lamanya pemeraman berdasarkan penelitian Rama Indera K, dkk serta Dimas Anggara Utama menjelaskan bahwa dari hasil pengujian semakin lama pemeraman yang dilakukan dan dengan penambahan kombinasi gipsum dan serbuk kaca maka akan meningkatkan nilai CBR. Maka dari itu penulis menggunakan waktu pemeraman 0 hari, 3 hari, dan 7 hari berdasarkan referensi penelitian terdahulu.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yaitu pada variasi penambahan gipsum dan serbuk kaca serta lokasi pengambilan sampel tanah di Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak. Penulis menggunakan campuran tambahan kombinasi gipsum dan serbuk kaca dengan variasi 0% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 4% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 8% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 12% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 16% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 4% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca, 8% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca, 12% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca, 16% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca dengan pertimbangan bahwa pada variasi bahan tambah serbuk gipsum 0% sampai 20% sudah pernah dilakukan dan menghasilkan nilai optimum pada rentang variasi tersebut, serta penambahan serbuk kaca 8% berdasarkan referensi nilai optimum pada penelitian terdahulu. Lama pemeraman yang dipilih yaitu 0 hari, 3 hari, dan 7 hari dengan menggunakan kadar air optimum tiap campuran yang telah diteliti sebelumnya.

Penetapan serbuk kaca sebagai bahan tambah yang variasinya tetap didasarkan atas sifat pozzolan serbuk kaca yang bergantung pada ukuran partikel dan tidak cepat bereaksi sendiri, tapi memberikan kontribusi terhadap kekuatan tanah melalui reaksi kimia (C-S-H), selain itu kaca juga berfungsi sebagai filler yang dapat membantu mengisi pori – pori tanah yang relatif stabil meskipun proporsinya tetap. Sedangkan untuk serbuk gipsum dibuat bervariasi karena pengaruhnya terhadap plastisitas dan stabilisasi tanah bisa langsung terlihat, jika serbuk gipsum berinteraksi langsung dengan tanah, pengaruhnya akan lebih signifikan saat kadarnya divariasikan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas didapatkan rumusan masalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana klasifikasi dan jenis tanah berdasarkan klasifikasi *Unified Soil Classification System* yang terdapat pada Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten
- b. Bagaimana pengaruh penambahan kombinasi gipsum dan serbuk kaca dengan variasi persentase 0% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 4% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 8% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 12% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 16% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 4% serbuk gipsum + 8%

serbuk kaca, 8% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca, 12% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca, dan 16% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca, sebagai bahan stabilisasi tanah terhadap sifat fisik dan nilai CBR tanah dengan variasi waktu pemeraman 0, 3, dan 7 hari?

1.3 Tujuan Penelitian

- a. Mengetahui klasifikasi dan jenis tanah berdasarkan klasifikasi *Unified Soil Classification System* Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten
- b. Mengetahui pengaruh penambahan kombinasi serbuk kaca dan gipsum sebagai bahan stabilisasi tanah terhadap sifat fisik dan nilai CBR tanah

1.4 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

- a. Sampel tanah yang digunakan diambil dari lokasi Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten.
- b. Klasifikasi tanah menggunakan sistem *Unified Soil Classification System*.
- c. Melakukan pengujian *California Bearing Ratio* pada sampel tanah sebelum dan sesudah dicampur serbuk kaca dan gipsum untuk mengetahui nilai CBR tanah dalam kondisisebelum dan sesudah di stabilisasi dengan serbuk kaca dan gipsum dengan variasi persentase yang berbeda.
- d. Variasi persentase bahan tambahannya adalah 0% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 4% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 8% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 12% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 16% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca 4% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca, 8% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca, 12% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca, dan 16% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca.
- e. Waktu pemeraman yang dilakukan 0 hari, 3 hari, 7 hari.
- f. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- g. Kadar air yang digunakan untuk pengujian CBR merupakan kadar air optimum tiap dari tiap penambahan bahan uji.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu sebagai alternatif untuk memperbaiki tanah lahan di Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak dengan metode stabilisasi menggunakan bahan tambah gipsum dan serbuk kaca. Manfaat lainnya adalah memberikan informasi mengenai pengaruh penambahan gipsum dan serbuk kaca terhadap nilai CBR dan memberikan informasi mengenai nilai plastisitas tanah lempung di lokasi, serta dapat memberikan referensi bahwa gipsum dan serbuk kaca dapat dijadikan sebagai bahan tambah alternatif untuk memperbaiki tanah dengan cara stabilisasi.

1.6 Keaslian Penelitian

Penelitian mengenai pemanfaatan serbuk kaca dan gipsum terhadap nilai CBR sebagai material stabilisasi tanah terhadap nilai CBR studi kasus di Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak belum dilakukan sebelumnya sehingga penelitian yang dilakukan masih bersifat asli.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hasil Penelitian Terdahulu

Hasil penelitian terdahulu yang digunakan merupakan beberapa penelitian sebelumnya dengan topik atau masalah yang sama tetapi berbeda pada persentase pencampuran dan metode pengujian untuk memperoleh informasi terkait sebagai landasan ilmiah penelitian yang penulis lakukan, diantaranya :

- a. “Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Dengan Memanfaatkan *Gypsum* Dan Pengaruhnya Terhadap Nilai *California Bearing Ratio* (CBR)” yang diteliti oleh Rama Indera K, Enden Mina, dan Naufal Fakhri (2018) dari Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Pada penelitian tersebut Rama Indera dan tim melakukan penelitian ini dengan menggunakan 4 variasi campuran yaitu 0%, 3%, 6%, dan 10% serbuk gypsum dari berat kering tanah. Dari hasil penelitian didapatkan nilai CBR terbesar didapatkan pada kondisi penambahan 10% serbuk gypsum dengan lama waktu curing 7 hari yaitu 57,876% (Unsoaked). Terjadi penurunan Index Plastisitas dari 27,95% menjadi 10,10% setelah ditambahkan 10% gypsum dengan pemeraman 3 hari.
- b. “Peningkatan Daya Dukung Tanah Ekspansif Menggunakan Limbah Gypsum Dan Serbuk Kaca” yang diteliti oleh Ibnu Mudhakhir, Aryanti Nurhidayati, Eko Supri Murtiono (2020) dari Universitas Sebelas Maret. Pada penelitian tersebut Ibnu Mudhakhir dan tim melakukan penelitian ini untuk mengetahui stabilisasi tanah. Stabilisasi dilakukan dengan menambahkan dengan bahan gypsum dan serbuk kaca, nilai variasi persentase bahan tambah keduanya 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10%. Pengujian CBR dilakukan tanpa pemeraman, baik dalam kondisi tidak terendam (*Unsoaked*) maupun kondisi terendam (*Soaked*). Dari hasil pengujian CBR (*Californian Bearing Ratio*) didapatkan nilai CBR tanah setelah dicampur dengan gypsum dan serbuk kaca 38,327% untuk CBR *Unsoaked*, sedangkan untuk CBR *Soaked* sebesar 6,252%
- c. “*Clay Stabilization By Using Gypsum And Paddy Husk Ash With Reference To UCT And CBR Value*” yang diteliti oleh Roesyanto, R Iskandar, I P Hastuty dan W O Dianty (2018) dari Universitas Sumatera Utara. Pada penelitian tersebut

Roesyanto dan tim menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi menurunkan nilai kuat tekan bebas serta CBR. Tanah yang distabilkan dengan 2% gipsium dan 0% abu sekam padi memberikan nilai UCT maksimum 1,67 kg/cm² , sedangkan nilai CBR maximum maksimum ditemukan 6,71% untuk CBR yang direndam dan 8,00% untuk CBR yang tidak direndam. Penambahan sekam padi abu tidak mengubah klasifikasi tanah menurut AASHTO atau USCS, bahkan menurunkan sifat rekayasa tanah asli.

- d. “Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Kaca Dan Gypsum Terhadap Nilai CBR Dan Kuat Geser Pada Tanah Lempung” yang diteliti oleh Dimas Anggara Utama (2022) dari Universitas Islam Indonesia. Pada penelitian tersebut menunjukkan Penambahan bahan tambah serbuk kaca 2%, 4%, dan 8% dengan limbah gypsum 8% diketahui nilai CBR unsoaked pada lama waktu pemeraman 1 hari sebesar 6,37%, 7,16%, dan 8,46%, pada lama waktu pemeraman 3 hari sebesar 6,93%, 8,79%, dan 9,77%, pada lama waktu pemeraman 7 hari sebesar 8,32%, 10,04%, dan 11,44%. Pada pengujian CBR soaked dengan lama waktu pemeraman 7 hari sebesar 1,35%, 1,53%, dan 2%. Pada pengujian kuat geser pada tanah asli didapatkan nilai kohesi (c) sebesar 0,252 kg/cm² dan nilai sudut geser dalam (ϕ) sebesar 41,168°. Tanah asli yang ditambah dengan serbuk kaca 2%, 4%, dan 8% dengan limbah gypsum 8% dengan lama waktu pemeraman 7 hari diketahui nilai kohesi (c) sebesar 0,269 kg/cm², 0,338 kg/cm², dan 0,404 kg/cm², dan nilai sudut geser dalam (ϕ) sebesar 49,039°, 50,792°, dan 58,959°..
- e. “*Strength improvement of expansive soil by utilizing waste glass powder*” yang diteliti oleh Rizgar A. Blayia, Aryan Far H. Sherwania, Hawkar Hashim Ibrahim, Rabar H. Faraj, Ako Daraeia (2020) dari University Of Halabja, Iraq. Pada penelitian tersebut Rizgar A. Blayia dan tim melakukan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk kaca terhadap kekuatan tanah pada tanah ekspansif melalui pengujian sifat-sifat fisik dan mekanik tanah asli. Dengan menambahkan serbuk kaca 2,5%, 5%, 10%, 15%, dan 25% didapatkan peningkatan nilai CBR dari 4,5% menjadi 12,20% pada penambahan 15% serbuk kaca.

Tabel 2.1 Positioning Penelitian Skripsi Terhadap Penelitian Sebelumnya

No	Peneliti	Rama Indera K, Enden Mina, dan Naufal Fakhri (2018))	Ibnu Mudhakir, Aryanti Nurhidayati, Eko Supri Murtiono (2020)	Roesyanto, R Iskandar, I P Hastuty and W O Dianty (2018)	Dimas Anggara Utama (2022)	Rizgar A. Blayia, Aryan Far H. Sherwania, Hawkar Hashim Ibrahim, Rabar H. Farajc, Ako Daraeia (2020)
1	Judul	“Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Dengan Memanfaatkan Gypsum Dan Pengaruhnya Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR)”	“Peningkatan Daya Dukung Tanah Ekspansif Menggunakan Limbah Gypsum Dan Serbuk Kaca”	“ <i>Clay Stabilization By Using Gypsum And Paddy Husk Ash With Reference To UCT And CBR Value</i> ”	“Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Kaca Dan Gypsum Terhadap Nilai CBR Dan Kuat Geser Pada Tanah Lempung”	“ <i>Strength improvement of expansive soil by utilizing waste glass powder</i> ”
2	BahanAditif	<i>Gypsum</i>	<i>Gypsum</i> dan serbuk kaca	<i>gypsum and paddy husk ash</i>	<i>gypsum</i> dan serbuk kaca	<i>Glass Powder</i>
3	Metode Pengujian	<i>index properties</i> tanah, <i>compaction test</i> , uji CBR	Pengujian sifat fisik dan sifat mekanik tanah yang dijadikan	<i>Test of indigenous soil properties index, Proctor Standard test</i>	<i>Specific gravity test, grain size analysis, liquid limit test,</i>	Pengujian sifat fisik tanah, pengujian berat jenis tanah,

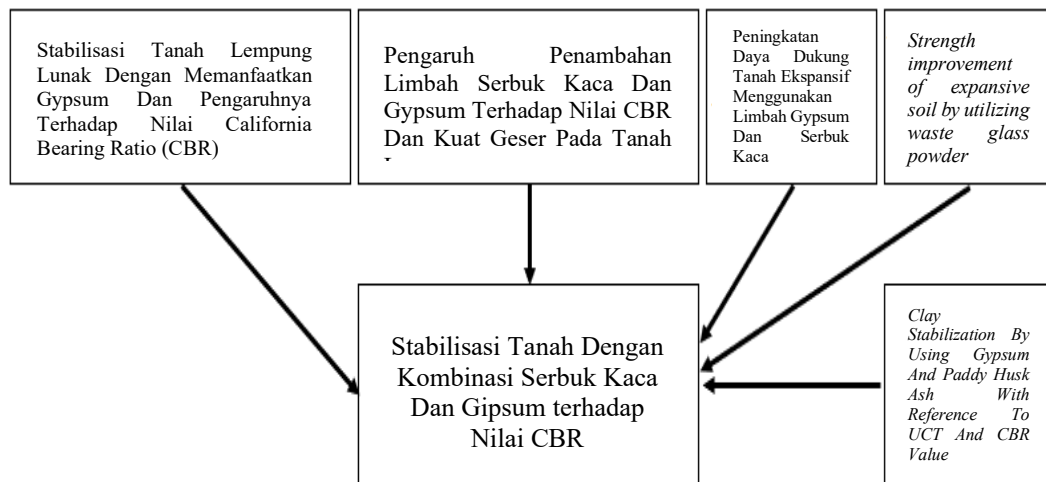
		(<i>California Bearing Ratio</i>) dan uji pengembangan (<i>swelling</i>).	sapel meliputi uji kadar air, berat volume tanah, berat jenis, analisa saringan, hidrometer, batas batas atterberg, uji proktor standar dan uji CBR	<i>to obtain the optimum moisture content and the maximum dry density of indigenous clay, Proctor Standard test for UCT test and soaked and unsoaked CBR laboratory test.</i>	<i>plastic limit test, dan Expansion index test</i>	pengujian batas konsistensi, pengujian mekanik tanah, pengujian pemadatan, dan pengujian CBR.
4	Hasil	Nilai CBR terbesar didapatkan pada kondisi penambahan 10% serbuk gypsum dengan lama waktu curing 7 hari yaitu 57,876% (Unsoaked). Terjadi penurunan Index Plastisitas dari 27,95% menjadi 10,10% setelah	Nilai pengujian CBR pada variasi limbah gypsum diperoleh hasil maksimal pada variasi 8%, dan mengalami penurunan pada variasi 10%. Sedangkan pada variasi serbuk kaca diperoleh hasil	Hasil pengujian <i>The CBR value of original soil was 4.41% for soaked CBR and 6.23% for unsoaked CBR respectively. The mixture of 2% G + 0% paddy husk ash produced highest value of CBR of 6.71% for soaked CBR and 8.00% for unsoaked CBR respectively.</i>	Hasil <i>Favorable results were found with compaction characteristics, with gypsum providing an increase in dry unit weight by 0.71 kN/m³ and a decrease in OMC by 12.37%. Gypsum + RHA was more effective with improvements of 1.918 kN/m³ and 26%</i>	Hasil dari pengujian CBR laboratorium bahwa pada penambahan serbuk gypsum, abu sekam padi dan kapur dengan variasi campuran 2%, 5%, 7%, dan 9% didapat CBR tanah asli sebesar 2,20%, Pada campuran pertama nilai CBR naik sebesar 3,05%

		ditambahkan 10% gypsum dengan pemeraman 3 hari.	maksimum pada variasi kaca 8%.		<i>respectively. Gypsum also greatly enhanced strength of 35-day samples with 15% gypsum providing 945 kPa mean increase compared to untreated samples. Slight increases in strength were observed with gypsum-RHA treated specimen, but improvement lessens with added gypsum content. Highest reduction in expansion index was achieved with 15% gypsum + RHA from 98 to 11. This is considered non-</i>	meningkat sebesar 38,64% dari tanah asli. Pada campuran kedua nilai CBR naik sebesar 3,80% meningkat sebesar 72,73% dari tanah asli dan campuran ketiga nilai CBR naik sebesar 4,51% meningkat sebesar 105% dari tanah asli.
--	--	---	--------------------------------	--	--	--

					<i>expansive based from NSCP Section 303.5.</i>	
--	--	--	--	--	---	--

Sumber : (Data Penulis, 2022)

2.2 Keterkaitan Penelitian



Keterangan :

—————→ : hubungan langsung dengan penelitian

-----> : hubungan tidak langsung dengan penelitian

Gambar 2.1 Flowchart Positioning Penelitian Tugas Akhir Terhadap Penelitian Sebelumnya

(Sumber : Data Penulis, 2022)

BAB 3

LANDASAN TEORI

3.1 Definisi Tanah

Tanah merupakan himpunan dari mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Karbonat, zat organik, atau oksida yang mengendap diantara partikel-partikel menyebabkan melemahnya ikatan antara butiran. Air, udara ataupun keduanya dapat mengisi ruang diantara partikel-partikel tersebut. Tanah terbentuk dari proses pelapukan batuan yang terjadi di dekat permukaan bumi. Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, terjadi akibat adanya pengaruh dari erosi, angin, air, es, manusia, atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu dan cuaca. Pelapukan akibat adanya proses kimia dipengaruhi oleh oksigen, karbondioksida, air (terutama yang mengandung asam alkali) dan proses-proses kimia yang lain. Jika hasil pelapukan masih berada ditempat asalnya, maka tanah ini disebut tanah residual (*residual soil*) dan jika tanah berpindah tempatnya, maka disebut dengan tanah terangkut (*transported soil*). (Hary Cristady, 2002)

Pada umumnya semua jenis tanah terdiri dari tiga bahan, yaitu butiran tanahnya sendiri, serta air dan udara yang terdapat dalam ruangan antara butir-butir tersebut. Ruangan tersebut merupakan pori (*voids*). Jika tanah dalam keadaan benar-benar kering maka tidak akan ada air didalam porinya. Keadaan ini sangat jarang ditemukan pada tanah asli di lapangan. Air dapat dihilangkan sama sekali dari tanah apabila kita melakukan tindakan khusus, misalnya dengan memanaskan di dalam oven. (Wesley, 2017).

3.2 Stabilisasi Tanah

Prinsip stabilisasi merupakan memperbaiki sifat tanah dasar yang kurang baik sehingga mutu tanah dasar yang diinginkan dapat lebih baik dan meningkatkan kemampuan daya dukung tanah dasar sehingga baik digunakan untuk konstruksi yang akan dibangun diatasnya. Menurut (Bowles, 1991) penambahan material yang menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan fisik dari material tanah disebut dengan stabilisasi. Stabilisasi kimiawi yaitu stabilisasi dengan

menambahkan bahan-bahan kimia yang memiliki sifat khusus yang membantu untuk mendapatkan massa tanah yang stabil. Tujuan dari stabilisasi untuk menghilangkan sifat-sifat kurang baik yang terkandung dalam tanah dan meningkatkan nilai CBR tanah dan daya dukung tanah. (Kusuma dkk, 2020)

Stabilisasi tanah pada prinsipnya adalah untuk perbaikan mutu tanah yang kurang baik. Hasil : Menurut Bowles (1986) cara yang dilakukan dalam stabilisasi dapat terdiri dari salah satu tindak, sebagai berikut :

- a. Menambah kerapatan tanah;
- b. Menambah material yang tidak aktif sehingga mempertinggi kohesi atau tahanan geser;
- c. Menambah material untuk menyebabkan perubahan – perubahan kimiawi dan fisik dari material tanah;
- d. Menurunkan muka air tanah;
- e. Mengganti tanah – tanah yang buruk.

Terdapat beberapa bahan tambah yang sering digunakan untuk stabilisasi diantaranya semen, semen slag, *steel slag*, *fly ash*, *bottom ash*, minyak mentah, *biocat*, dan bahan pozzolan. Meningkatnya nilai stabilisasi maka akan meningkat pula daya dukung tanah tersebut. Sementara bahan yang biasa digunakan untuk menambah daya dukung tanah yaitu pasir, kapur, NaCl, potongan serat kelapa, dan masih banyak lagi. (Razali & Wijaya, 2016).

Stabilisasi dengan menggunakan bahan tambahan gipsum dan serbuk kaca dapat meningkatkan nilai CBR karena gipsum dan serbuk kaca memiliki kandungan silika yang bersifat *cementious* yang dapat mengeras dan menambahkan kekuatan sangat bermanfaat untuk membuat massa tanah menjadi kokoh. Silika yang terkandung dalam serbuk kaca mampu menyerap kelembapan pada tanah jika tanah terlalu banyak menyerap air sehingga dapat mengurangi kembang susut tanah dan tanah menjadi stabil. (Febra dkk, 2014)

3.3 Gipsum

Dalam pekerjaan teknik sipil, manfaat penggunaan gipsum antara lain seperti berikut ini (Yulindasari Sutejo dkk, 2015).

1. Gipsum yang dicampur lempung dapat mengurangi retak karena sodium pada

tanah tergantikan oleh kalsium pada gipsum sehingga pengembangannya lebih kecil.

2. Gipsum dapat meningkatkan stabilitas tanah organik karena mengandung kalsium yang mengikat tanah bermateri organik terhadap lempung yang memberikan stabilitas terhadap agregat tanah.
3. Gipsum meningkatkan kecepatan rembesan air, dikarenakan gipsum lebih menyerap banyak air.
4. Gipsum sebagai penambahan kekerasan untuk bahan bangunan.
5. Gipsum sebagai salah satu bahan pembuat Portland Cement.

Tabel 3.1 Unsur – Unsur Yang Terkandung Dalam Gipsum

Unsur	Kandungan (%)
Kalsium Oksida (CaO)	32,57
Kalsium (Ca)	23,28
Air (H ₂ O)	20,93
Hidrogen (H)	2,34
Sulfur (S)	18,62

(Sumber : Sinaga, S, 2009)



Gambar 3.1 Serbuk Gipsum

(Sumber : Data Penulis, 2022)

Spesifikasi gipsum yang digunakan penulis pada penelitian ini sebagai berikut:

- Bentuk : Powder
Warna : Putih
Bahan Pengikat : Gipsum
Rasio (air : powder) : 2 : 3
Tebal Aplikasi : 1 – 3 mm

Waktu kerja	: 15 menit
Ukuran partikel	: < 150 mikron
Komposisi utama	: Kalsium sulfat hemihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$)
pH	: Netral hingga sedikit basa (7–8)
Kelarutan	: Mudah larut dalam air – cepat mengeras

3.4 Serbuk kaca

Kaca merupakan salah satu benda yang sering kita temui dalam kehidupan sehari – hari. Kaca selain dapat digunakan sebagai bahan bangunan atau pun ornamen pada rumah, juga digunakan sebagai wadah minuman berupa botol. Kaca merupakan salah satu produk industri kimia yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawa alkali dan alkali tanah, pasir dan penyusun lainnya. Kekhasan sifat-sifat pada kaca dipengaruhi oleh keunikan silika (SiO_2) dan proses pembentukannya. unsur-unsur kimia yang terkandung pada serbuk kaca disajikan pada Tabel 3.1 berikut ini (Sepriyanna, 2016):

Tabel 3.2 Unsur – Unsur Yang Terkandung Dalam Serbuk kaca

Komposisi	Kaca bening	Kaca coklat	Kaca hijau
SiO_2	72,42	72,21	72,38
Al_2O_3	1,44	1,37	1,49
TiO_2	0,035	0,041	0,04
Cr_2O_3	0,002	0,026	0,13
Fe_2O_3	0,07	0,26	0,29
CaO	11,5	11,57	11,26
MgO	0,32	0,46	0,54
Na_2O	13,64	13,75	13,52
K_2O	0,35	0,2	0,27
SO_3	0,21	0,1	0,07

(Sumber : Value-Added Utilisation Of Waste Glass InConcrete Research Journal)



Gambar 3.3 Serbuk Kaca

(Sumber : Data Penulis, 2022)

3.5 Sistem Klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*)

Sistem klasifikasi *unified* banyak digunakan oleh berbagai organisasi konsultan geoteknik. Sistem *unified* menggunakan sifat-sifat indeks tanah sederhana seperti distribusi ukuran butiran, batas cair, dan indeks plastisitas. Klasifikasi ini mulai pertama diusulkan oleh Casagrande (1942), kemudian direvisi oleh kelompok teknisi dari USBR (*United State Bureau of Reclamation*).

Dalam sistem ini Casagrande membagi tanah atas 3 (tiga) kelompok (Sukirman 1992) yaitu :

- a. Tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika kurang dari 50% lolos saringan No.200.
- b. Tanah berbutir halus (lanau/lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan No. 200.
- c. Tanah organik yang dapat dikenal dari warna, bau, dan sisa-sisa tumbuh-tumbuhan yang terkandung di dalamnya.

Sistem klasifikasi ini paling sering digunakan untuk pekerjaan teknik fondasi seperti bendungan, bangunan dan konstruksi yang sejenis. Sistem ini biasa digunakan untuk mendesain lapangan udara dan untuk spesifikasi pekerjaan tanah untuk jalan.

Divisi Utama	Simbol Kelompok	Nama Jenis	Nama Jenis
Tanah berbutir kasar 50% butiran lebih banyak dari 4,75 mm (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 $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$ $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$
	GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil atau tidak mengandung butiran halus	
	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lempung	
	GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	
	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
	SP	Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lebih banyak dari 0,075 mm	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Diagram plastisitas Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar, batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang diarahkan keatas klasifikasi menggunakan dua simbol. Batas $CaLL$ (%) Garis $A: PI = 0,73(LL - 20)$
	SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	
	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung	
	CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus (lean clays)	
Tanah dengan kadar organik tinggi	OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	Diagram plastisitas Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar, batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang diarahkan keatas klasifikasi menggunakan dua simbol. Batas $CaLL$ (%) Garis $A: PI = 0,73(LL - 20)$
	MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elotris	
	CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (fat clays)	
	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	
	Pt	Gambut (peat) dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	

Gambar 3.4 Klasifikasi Tanah USCS

(Sumber : Hardiyatmo, 2002)

3.6 Berat Jenis Tanah

Berat jenis merupakan angka perbandingan antara berat isi butir tanah dan berat isi air suling pada temperatur dan volume yang sama. Dalam perhitungan analisis mekanika tanah, berat jenis (specific gravity) dari butiran tanah padat sering dibutuhkan. Harga berat jenis tanah yang diperlukan dapat kita periksa atau diuji di laboratorium, sehingga kita dapat menentukan harga-harga G_s secara akurat. Beratspesifik suatu tanah perlu diketahui karena di dalam tanah sendiri banyak mengandung berat spesifik mineral-mineral penting untuk diketahui berapa kadarnya. (Hardiyatmo, 1992)

Para ahli menyatakan berat tanah dalam istilah kerapatan butir-butir yang menyusun tanah. Biasanya ditetapkan sebagai massa atau berat satuan volume tanah padat dan disebut kerapatan butir. Dalam sistem metric kerapatan butir biasanya dinyatakan dengan istilah gram per sentimeter kubik. Jadi, satu sentimeter kubik tanah padat beratnya 2,6 gram kerapatan butir ialah 2,6 gram per sentimeter kubik. Meskipun terdapat kisaran besar dalam kisaran kerapatan mineral tanah, gambaran untuk kebanyakan tanah mineral biasanya bervariasi antara batas yang sempit yaitu antara 2,60 sampai 2,75 gram per sentimeter kubik. Nilai berat jenis dari berbagai macam jenis tanah diberikan pada tabel 3.2. (Hardiyatmo, 1992)

Tabel 3.3 Berat Jenis Tanah

Macam Tanah	Berat Jenis (gr/cm ³)
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau Tak Organik	2,62 – 2,68
Lempung Organik	2,58 – 2,65
Lempung Tak Organik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,8

(Sumber : Hary Christady Hardiyatmo, 1992)

Cara menentukan berat jenis ialah dengan cara mengukur berat sejumlah tanah yang isinya telah diketahui.

$$Gs = \frac{Wt}{(W4-W1)-(W3-W2)} \quad (3.1)$$

$$Wt = W2 - W1 \quad (3.2)$$

Dimana :

Gs = Berat jenis tanah (gram/cm³)

Wt = Berat tanah (gram)

W1 = Berat piknometer (gram)

W2 = Berat piknometer + contoh (gram)

W3 = Berat piknometer + air + tanah pada temperatur 20°C (gram)

W4 = Berat piknometer + air pada 20°C (gram)

3.7 Batas Cair (*Liquid Limit*)

Kadar air dimana transisi dari keadaan plastis ke keadaan cair dinamakan batas cair. Batas cair (liquid limit), didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis (Hardiyatmo,1992). Batas cair biasanya ditentukan dari uji *Casagrande* (1948). Tanah dalam keadaan batas cair apabila diperiksa dengan alat *Casagrande*, kedua bagian dalam mangkok yang dipisahkan oleh alat pembuat alur (*Grooving Tool*), menutup kembali sepanjang 12,7 mm oleh 25 kali pukulan. Atas dasar hasil analisis dari beberapa uji batasa cair, US Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi (1949), mengajukan suatu persamaan empiris untuk menentukan batas

cair, yaitu :

$$LL = W_N \left(\frac{N}{25} \right)^{\tan \beta} \quad (3.3)$$

Dimana :

LL = Batas cair terkoreksi untuk tertutupnya alur pada 25 pukulan

W_N = Kadar air

N = Jumlah pukulan yang menyebabkan tertutupnya alur pada kadar air

$\tan \beta$ = 0,121 (tidak tidak semua tanah mempunyai harga $\tan \beta = 0,121$)

3.8 Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis (*Plastic Limit*), didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air dimana tanah digulung sampai dengan diameter silinder 1/8 in atau 3,2 mm menjadi retak-retak ketika digulung. Batas plastis merupakan batas terendah dari tingkat keplastisan suatu tanah (Hardiyatmo, 1992). Indeks plastisitas adalah perbedaan antara batas cair dan batas plastis suatu tanah, atau dapat didefinisikan dalam persamaan berikut :

$$PI = LL - PL \quad (3.4)$$

Dimana :

PI = indeks plastisitas (%)

LL = batas cair (%)

PL = batas plastis (%)

Indeks plastisitas merupakan interval kadar air dimana tanah bersifat plastis. Karena itu, indeks plastisitas menunjukkan sifat keplastisan tanah. Jika tanah mempunyai *PI* tinggi, maka tanah mengandung banyak butiran lempung sedangkan jika tanah mempunyai *PI* rendah, seperti lanau, sedikit pengurangan kadar air berakibat tanah menjadi kering (Hardiyatmo, 1992). Batasan mengenai indeks plastisitas, sifat, macam tanah, dan kohesidiberikan oleh Atterberg terdapat dalam tabel 3.4.

Tabel 3.4 Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non plastis	Pasir	Non kohesif
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian

7-17	Plastisitas tinggi	Lempung berlanau	Kohesif
>17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

(Sumber : Hary Christady Hardiyatmo, 2002)

3.9 Kadar Air

Kadar air merupakan perbandingan antara berat air dengan berat butiran padat dalam tanah tersebut dan dinyatakan dalam persen. Kadar air merupakan sejumlah air yang terkandung dalam suatu benda. Kadar air tanah adalah jumlah air yang terkandung dalam tanah. Pengukuran kadar air tanah biasanya digunakan pada prosedur uji laboratorium. Jika kadar air tanah digabungkan dengan data uji lain, akan menghasilkan informasi karakteristik tanah yang signifikan. (Hardiyatmo, 1992).

Aplikasi dari pengujian kadar air, yaitu untuk menentukan daya dukung tanah, seperti contohnya sebelum pembuatan pondasi. Dalam pembuatan pondasi terlebih dahulu harus meneliti bagaimana kandungan kadar air dalam tanah. Semakin besar perubahan kadar air yang terjadi, semakin besar pula penurunan daya dukung. Kadar air dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Kadar\ Air\ Tanah\ (\omega) = \left(\frac{\text{Berat Air}}{\text{Berat Tanah Kering}} \right) \times 100\% \quad (3.5)$$

$$Kadar\ air = \left(\frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \right) \times 100\% \quad (3.6)$$

Dimana :

W1 = Berat cawan (gram)

W2 = Berat tanah basah + cawan (gram)

W3 = Berat tanah kering + cawan (gram)

3.10 Analisis Besar Butir

Analisa saringan adalah suatu usaha untuk mendapatkan ukuran distribusi tanah dengan menggunakan saringan. Sifat-sifat tanah sangat bergantung pada ukuran butirannya. Analisis butiran ini merupakan pengujian yang sangat sering dilakukan karena besarnya butiran akan dijadikan dasar untuk pemberian nama dan klasifikasi tanah.

Penyaringan merupakan metode yang biasanya secara langsung untuk menentukan ukuran partikel dengan didasarkan pada batas-batas bawah ukuran lubang saringan

yang digunakan. Batas terbawah dalam saringan adalah ukuran terkecil untuk partikel pasir. Ukuran saringan yang umum digunakan untuk menentukan ukuran Dalam analisis saringan, sejumlah saringan yang memiliki ukuran lubang berbeda-beda disusun dengan ukuran yang terbesar di atas yang kecil. Contoh tanah yang akan diuji dikeringkan dalam oven, gumpalan dihancurkan dan contoh tanah akan lolos melalui susunan saringan setelah saringan digetarkan. Tanah yang tertahan pada masing-masing saringan ditimbang dan selanjutnya dihitung persentase dari tanah yang tertahan pada saringan tersebut.

3.11 Pemadatan

Untuk menentukan hubungan kadar air dan berat volume, dan untuk mengevaluasi tanah agar memenuhi persyaratan kepadatan, maka umumnya dilakukan pengujian pemadatan. Tingkat kepadatan tanah diukur dari nilai berat volume keringnya(γ_d). Berat volume kering tidak berubah oleh adanya kenaikan kadar air. Dengan demikian, tanah yang telah selesai dipadatkan di lapangan, dan kemudian berubah kadar airnya (misalnya oleh hujan), maka berat volume kering tetap tidak berubah, sepanjang volume total tanah tetap.

Proctor (1933) telah mengamati bahwa ada hubungan yang pasti antara kadar air dan berat volume kering tanah padat. Untuk mencapai berat volume kering maksimum maka terdapat nilai kadar air optimum pada setiap jenis tanah. Hubungan antara berat volume kering dengan berat volume basah dan kadar air, bisa dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w} \quad (3.7)$$

Dimana :

γ_d = Berat volume kering (gram)

γ_b = Berat volume basah (gram)

w = Kadar air (gram)

Berat volume kering setelah pemadatan sangat bergantung pada jenis tanah, kadar air, dan usaha yang diberikan oleh alat penumbuk. Karakteristik kepadatan tanah dapat dinilai dari hasil pengujian *Proctor*.

3.12 *California Bearing Ratio*

Menurut SNI 1744-2012 CBR (*California Bearing Ratio*) merupakan beban penetrasi suatu jenis material dan beban standar pada kedalaman dan dengan kecepatan penetrasi yang sama. Untuk mengevaluasi potensi kekuatan material lapis tanah dasar, fondasi, termasuk material yang didaur ulang untuk perkerasan jalan dan lapangan terbang maka dilakukan pengujian CBR.

California State Highway Department mengembangkan metode untuk mengetahui daya dukung tanah yang disebut CBR (*California Bearing Ratio*). CBR dilakukan dengan cara pengujian penetrasi dengan menusukan benda ke dalam benda uji. Kekuatan dari tanah dasar tersebut dapat diketahui atau bahan tambah lain yang digunakan untuk perkerasan dapat diketahui dengan cara CBR. Sesuai dengan SNI-1744-2012 kekuatan dari tanah yang diuji dapat diuji dengan CBR. Berdasarkan nilai kekuatan tanah tersebut digunakan sebagai acuan perlu tidaknya distabilisasi setelah dibandingkan dengan yang disyaratkan dalam spesifikasinya.

Nilai CBR adalah perbandingan antara tekanan yang diperlukan untuk menembus tanah dengan piston berpenampang bulat seluas 3 *inch*² dengan kecepatan 1,27 mm/menit terhadap tekanan yang diperlukam untuk menembus bahan standard tertentu. Pengujian CBR ini bertujuan untuk mengetahui suatu nilai CBR pada variasi kadar air pemadatan. Untuk menentukan tebal perkerasan yang dibuthkan diatas lapisan tanah harus diperoleh terlebih dahulu nilai kekuatan lapisan tanah dasar dengan cara percobaan CBR (*Wesly*, 1997). Tanah dasar (*Subgrade*) pada konstruksi jalan dipadatkan sampai mencapai kepadatan 95% dari kepadatan maksimum.

CBR dapat dilakukan dengan dua metode yaitu CBR laboratorium rendaman dan CBR laboratorium tanpa rendaman. Nilai dari CBR laboratorium tanpa rendaman biasanya akan lebih besar dibandingkan dengan CBR laboratorium rendaman sehingga semakin besar nilai CBR yang akan dipakai semakin kecil juga tebal perkerasannya dan sebaliknya, jika nilai CBR yang dipakai kecil maka semakin besar juga untuk perkerasannya.

Nilai california bearing ratio dinyatakan dalam persen yang diperoleh dari hasil membagi nilai beban terkoreksi pada penetrasi dengan nilai beban standard an dikalikan dengan 100. Beban terkoreksi ditentukan pada setiap benda uji pada

penetrasi 0,1 inci dan 0,2 inci. Pada umumnya california bearing ratio dipilih dari penetrasi 0,1 inci, jika CBR pada penetrasi 0,2 inci lebih besar dibandingkan dengan CBR penetrasi 0,1 inci maka CBR wajib diulang. Apabila CBR telah diulang dan memberikan hasil yang sama maka gunakan CBR penetrasi 0,2 inci.

$$CBR = \frac{\text{Beban terkoreksi}}{\text{Beban standar}} \times 100 \quad (3.8)$$



Gambar 3.4 CBR Laboratorium

(Sumber : Data Penulis, 2022)

BAB 4

METODE PENELITIAN

4.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini meneliti tentang stabilisasi tanah lempung dengan menggunakan gipsum dan serbuk kaca terhadap nilai CBR. Sampel tanah yang akan digunakan dalam penelitian ini diambil dari Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten. Prosedur penelitian ini memiliki beberapa tahapan seperti dibawah ini :

a. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara mencari sumber pustaka (buku dan jurnal penelitian) untuk menjadi acuan penelitian mengenai stabilisasi tanah lempung terhadap nilai *California Bearing Ratio*.

b. Survei Lokasi dan Pengambilan Sampel Tanah

Tahapan ini penulis melakukan survei lokasi yang telah ditentukan untuk memeriksa apakah tanah di Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten perlu dilakukan stabilisasi tanah pada pengambilan sampel tanah dengan pertama kali melakukan pengujian yaitu metode uji *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) untuk mengetahui nilai CBR tanah di lokasi tersebut, setelah itu tanah diambil dengan menggunakan cangkul dan dimasukkan ke dalam karung.

c. Pengambilan Bahan Tambah Gipsum dan Serbuk kaca

Pada tahapan ini penulis melakukan pengambilan bahan tambah untuk tanah yaitu gipsum dan serbuk kaca. Untuk kebutuhan bahan gipsum akan didapatkan pada tempat pembuatan plafon dan lis gipsum berupa limbah yang nantinya limbah tersebut akan ditumbuk hingga hancur agar menghasilkan serbuk gipsum yang lolos saringan no. 200. Sedangkan untuk serbuk kaca didapatkan dari limbah kaca di lingkungan sekitar penulis lalu kaca tersebut dihancurkan dengan menggunakan alat LAA (*Los Angeles Abrasion*) yang sebelumnya dibersihkan terlebih dahulu agar menghindari adanya campuran dari partikel selain kaca. Dihasilkan pecahan kaca yang kecil, kemudiann kaca tersebut disaring menggunakan saringan no. 100 yang nantinya akan menjadi serbuk sebagai bahan tambah.

d. Persiapan Alat dan Bahan Pada Pengujian

Tahapan ini penulis mempersiapkan alat pengujian dan bahan campuran. Bahan campuran yang digunakan dalam penelitian ini yaitu gipsum dan serbuk kaca .

e. Pengujian Laboratorium

1) Pengujian Sifat Fisik Tanah

Pengujian ini terdiri dari Kadar Air, Berat Jenis Tanah, Batas *Atterberg*, Analisa Besar Butir. Kemudian dilakukan klasifikasi tanah menurut *Unified Soil Classification System* (USCS).

2) Pengujian Pemadatan Standar

Pengujian pemadatan dilakukan untuk mengetahui kadar air optimum dan berat isi kering maksimum dari kadar air dan berat isi kering. Pada pengujian ini tanah ditambah air dengan kadar yang berbeda-beda dan kemudian dipadatkan di dalam *mould* dengan penumbuk yang beratnya 2,5 kg dengan tinggi jatuh 30,5 cm. Tanah dipadatkan dalam tiga lapisan dengan setiap lapisan ditumbuk 10 kali pukulan. Tanah asli dicampur dengan gipsum dan serbuk kaca yaitu dengan variasi persentase 0% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 4% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 8% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 12% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 16% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 4% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca, 8% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca, 12% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca, dan 16% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca.

3) Pengujian *California Bearing Ratio*

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai CBR *unsoaked* pada tanah asli menggunakan bahan tambah gipsum dengan tumbukan yang digunakan yaitu 10, 30, dan 65 tumbukan. Variasi serbuk gipsum dan serbuk kaca yang digunakan yaitu 0% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 4% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 8% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 12% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 16% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 4% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca, 8% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca, 12% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca, dan 16% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca.

Tabel 4.1 Variasi Sampel

Variasi Sampel	Tanah	Gypsum	Serbuk kaca
A	100%	0%	0%
B	100%	4%	0%
C	100%	8%	0%
D	100%	12%	0%
E	100%	16%	0%
F	100%	4%	8%
G	100%	8%	8%
H	100%	12%	8%
I	100%	16%	8%

(Sumber : Data Penulis, 2022)

f. Stabilisasi Tanah

Tahapan ini sampel tanah dicampurkan dengan bahan tambah berupa gipsum dengan variasi persentase 0% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 4% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 8% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 12% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 16% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 4% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca, 8% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca, 12% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca, dan 16% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca. Kemudian tanah yang telah dicampurkan dimasukkan ke dalam kantong plastik, setelah itu dilakukan pemeraman untuk sampel tersebut dengan waktu 0 hari, 3 hari, dan 7 hari.

g. Analisis Data

Setelah semua pengujian telah selesai maka akan didapatkan data dari hasil pengujian. Data yang telah didapat akan dianalisis dengan standar yang berlaku pada setiap pengujian dan acuan yang digunakan antara lain :

- 1) Kadar Air mengacu pada SNI 1965:2008
- 2) Berat Jenis mengacu pada SNI 1964:2008
- 3) Batas Cair mengacu pada SNI 1967:2008
- 4) Batas Plastis mengacu pada SNI 1966:2008
- 5) Analisa Saringan mengacu pada SNI 3423:2008

- 6) Pemadatan Ringan mengacu pada SNI 1742:2008
- 7) Pengujian CBR mengacu pada SNI 1744:2012

h. Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan analisis pada setiap pengujian yang telah dilakukan, maka penulis membuat kesimpulan dan saran untuk pembaca yang akan melakukan penelitian kembali.

4.2 Jumlah Benda Uji Penelitian

Pengujian kadar air, analisa saringan, dan berat isi tanah hanya untuk variasi campuran 0% (tanpa bahan tambah). Untuk pengujian berat jenis, batas cair, batas plastis, pemadatan standar, dan kuat tekan bebas diuji untuk setiap presentase bahan tambah dengan variasi presentase gipsum dan serbuk kaca variasi persentase 0% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 4% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 8% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 12% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 16% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 4% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca, 8% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca, 12% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca, dan 16% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca. Kemudian untuk pengujian *California Bearing Ratio* dilakukan pemeraman dengan waktu 0 hari, 3 hari, dan 7 hari.

Tabel 4.2 Jumlah Sampel Benda Uji CBR

Waktu Pemeraman	Persentasi bahan tambahan								
	0%	4%	8%	12%	16%	4%	8%	12%	16%
	serbuk gipsum + 0%	serbuk gipsum + 0%	serbuk gipsum + 0%	serbuk gipsum + 0%	serbuk gipsum + 0%	serbuk gipsum + 8%	serbuk gipsum + 8%	serbuk gipsum + 8%	serbuk gipsum + 8%
	serbuk kaca	serbuk kaca	serbuk kaca	serbuk kaca	serbuk kaca	serbuk kaca	serbuk kaca	serbuk kaca	serbuk kaca
0 hari	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3 hari	3	3	3	3	3	3	3	3	3
7 hari	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Total									99

(Sumber : Data Penulis, 2022)

Tabel 4.3 Jumlah Sampel Benda Uji Sifat Fisis Tanah

Pengujian	Persentasi bahan tambahan								
	0%	4%	8%	12%	16%	4%	8%	12%	16%
	serbuk	serbuk	serbuk	serbuk	serbuk	serbuk	serbuk	serbuk	serbuk
	gypsum	gypsum	gypsum	gypsum	gypsum	gypsum	gypsum	gypsum	gypsum
	+ 0%	+ 0%	+ 0%	+ 0%	+ 0%	+ 8%	+ 8%	+ 8%	+ 8%
	serbuk	serbuk	serbuk	serbuk	serbuk	serbuk	serbuk	serbuk	serbuk
	kaca	kaca	kaca	kaca	kaca	kaca	kaca	kaca	kaca
Kadar air	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Berat Isi	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Analisis Besar Butir	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Berat Jenis Tanah	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Batas Cair	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Batas Plastis	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Pemadatan Standar	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Total									265

(Sumber : Data Penulis, 2022)

4.3 Bahan Tambah Penelitian

Kebutuhan tanah dengan gipsum dihitung berdasarkan hasil pengujian pemadatan tanah standar, kemudian dikalikan dengan presentase bahan tambah yang akan digunakan sesuai dengan presentase variasi campuran.

a. Kebutuhan tanah untuk pengujian *California Bearing Ratio*

$$\begin{aligned}
 \text{Volume mold} &= \frac{1}{4} \times \Pi \times d^2 \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times 3.142 \times 15,182^2 \times 16,85 \\
 &= 3048.790 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \gamma_{dry} \text{ maksimum} &= 1,605 \text{ (pengujian pemadatan standar)}
 \end{aligned}$$

$$\text{Massa tanah} = \text{volume mold} \times \gamma_{dry} \text{ maksimum}$$

$$= 3048.790 \times 1,605$$

$$= 4893.308 \text{ gram}$$

b. Kebutuhan gipsum

Kebutuhan gipsum dengan variasi campuran 4% untuk pengujian *california bearing ratio* :

$$\begin{aligned} \text{Bahan tambah} &= \text{massa tanah} \times \% \text{variasi campuran} \\ &= 4893.308 \text{ cm}^3 \times 4\% \\ &= 146.799 \text{ gram} \end{aligned}$$

Untuk pengujian satu mold *california bearing ratio* untuk variasi tambahan gipsum 3% dibutuhkan sebanyak 146,76057 gram.

c. Kebutuhan serbuk kaca

Kebutuhan serbuk kaca dengan variasi campuran 3% untuk pengujian *california bearing ratio* :

$$\begin{aligned} \text{Bahan tambah} &= \text{massa tanah} \times \% \text{variasi campuran} \\ &= 4893.308 \text{ cm}^3 \times 3\% \\ &= 146,76057 \text{ gram} \end{aligned}$$

Untuk pengujian satu mold *california bearing ratio* untuk variasi tambahan serbuk kaca 3% dibutuhkan sebanyak 146,76057 gram.

Kebutuhan serbuk kaca dengan variasi campuran 5% untuk pengujian *california bearing ratio* :

$$\begin{aligned} \text{Bahan tambah} &= \text{massa tanah} \times \% \text{variasi campuran} \\ &= 4893.308 \text{ cm}^3 \times 5\% \\ &= 244,60095 \text{ gram} \end{aligned}$$

Untuk pengujian satu mold *california bearing ratio* untuk variasi tambahan serbuk kaca % dibutuhkan sebanyak 244,60095 gram.

Kebutuhan serbuk kaca dengan variasi campuran 7% untuk pengujian *california bearing ratio* :

$$\begin{aligned} \text{Bahan tambah} &= \text{massa tanah} \times \% \text{variasi campuran} \\ &= 4893.308 \text{ cm}^3 \times 7\% \\ &= 342,44133 \text{ gram} \end{aligned}$$

Untuk pengujian satu mold *california bearing ratio* untuk variasi tambahan

serbuk kaca 5% dibutuhkan sebanyak 342,44133 gram.

Kebutuhan serbuk kaca dengan variasi campuran 9% untuk pengujian *california bearing ratio* :

$$\begin{aligned}\text{Bahan tambah} &= \text{massa tanah} \times \% \text{variasi campuran} \\ &= 4893.308 \text{ cm}^3 \times 9\% \\ &= 440,28171 \text{ gram}\end{aligned}$$

Untuk pengujian satu mold *california bearing ratio* untuk variasi tambahan serbuk kaca 5% dibutuhkan sebanyak 440,28171 gram.

d. Kebutuhan kadar air yang dibutuhkan

Kadar air optimum yang digunakan berasal dari kadar air tanah asli. Kebutuhan kadar air untuk pengujian *california bearing ratio* :

$$\begin{aligned}\text{Bahan tambah} &= \text{massa tanah} \times \text{kadar air optimum} \\ &= 4893.308 \times 19,502\% \\ &= 954,045 \text{ gram}\end{aligned}$$

Untuk pengujian satu mold *california bearing ratio* untuk variasi campuran dibutuhkan air sebanyak 954,045 gram.

Tabel 4.4 Kebutuhan Tanah

No	Pengujian	Variasi Campuran									Jumlah (Kg)
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	
		kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	
1	Kadar air	0,62	-	-	-	-	-	-	-	-	0,62
2	Analisa Besar Butir	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5
3	Berat Isi	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1,8
4	Berat Jenis Tanah	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	4,5
5	Batas Cair	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	5,4

6	Batas Plastik	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	4,05
7	Pemadatan Standar	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	121,5
8	CBR	44,040	44,040	44,040	44,040	44,040	44,040	44,040	44,040	44,040	396,36
Jumlah											534,73

(Sumber : Data Penulis, 2022)

Tabel 4.5 Kebutuhan Gypsum

No	Pengujian	Variasi Campuran									Jumlah (Kg)
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	
		0%	4%	8%	12%	16%	4%	8%	12%	16%	
		kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	
1	Kadar Air	-	0,0186	0,031	0,0434	0,0558	0,0186	0,031	0,0434	0,0558	0,2976
2	Berat Isi	-	0,006	0,01	0,014	0,018	0,006	0,01	0,014	0,018	0,096
3	Berat Jenis Tanah	-	0,015	0,025	0,035	0,045	0,015	0,025	0,035	0,045	0,24
4	Batas Cair	-	0,018	0,03	0,042	0,054	0,018	0,03	0,042	0,054	0,288
5	Batas Plastik	-	0,0135	0,0225	0,0315	0,0405	0,0135	0,0225	0,0315	0,0405	0,216
6	Pemadatan Standar	-	0,405	0,675	0,945	1,215	0,405	0,675	0,945	1,215	6,48

7	CB R	-	1,3 21	2,20 2	3,08 3	3,96 4	1,32 1	2,20 2	3,08 3	3,96 4	21,1 4
Jumlah											28,7 56

(Sumber : Data Penulis, 2022)

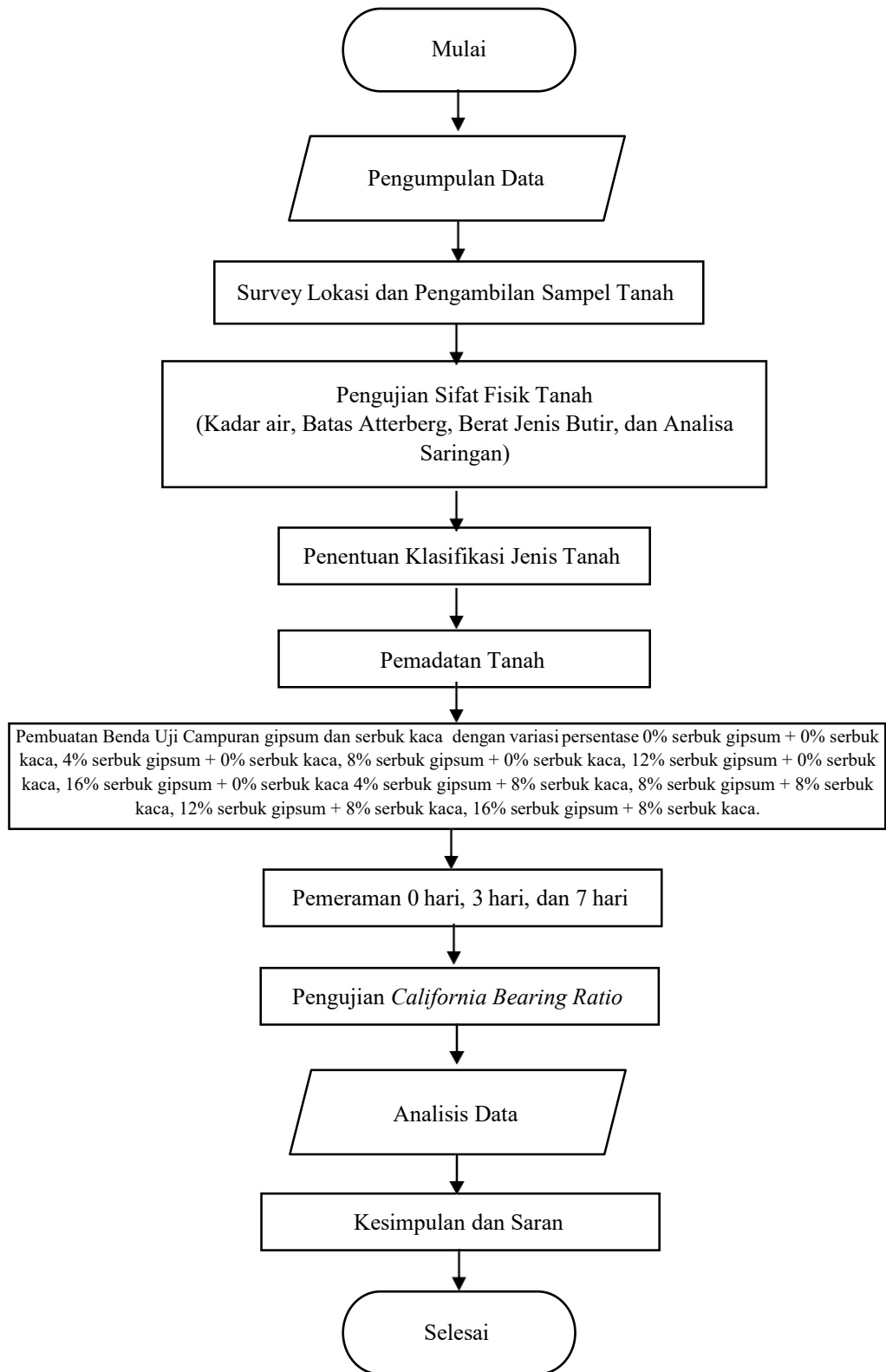
Tabel 4.6 Kebutuhan Serbuk Kaca

No	Pengujian	Variasi Campuran
		8%
		kg
1	Kadar Air	0,124
2	Berat Isi	0,04
3	Berat Jenis Tanah	0,1
4	Batas Cair	0,12
5	Batas Plastis	0,09
6	Pemadatan Standar	2,7
7	CBR	8,808
Jumlah		12,982

(Sumber : Data Penulis, 2022)

Berdasarkan tabel di atas bisa disimpulkan bahwa untuk jumlah kebutuhan tanah untuk pengujian sebesar 534,73 kg dan jumlah bahan tambah serbuk kaca yang dibutuhkan yaitu 28,756 kg, serta 12,982 kg untuk kebutuhan bahan tambah Gypsum.

4.4 Prosedur Penelitian



Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian

(Sumber : Data Penulis 2022)

4.5 Jadwal Penelitian

Tabel 4.7 Estimasi Waktu Penelitian

No	Kegiatan	November		Desember				Januari				Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli	
		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				
1	Pengajuan Judul																																
2	Pengumpulan Data																																
3	Pembiayaan Usual																																
4	Seleksi Hibah Usulan Skripsi																																
5	Seminar Proposal Penelitian																																
6	Laboratorium																																
7	Pengolahan Data																																
8	Seminar Hasil																																
9	Sidang Akhir																																

Rencana

Realisasi

(Sumber : Data Penulis, 2022)

BAB 5

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Pendahuluan

Tanah yang digunakan untuk penelitian ini yaitu tanah lempung yang didapatkan dari Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten. Bahan tambah yang digunakan yaitu serbuk kaca dan *gypsum*, serbuk kaca didapatkan dari limbah kaca yang berada di lingkungan penulis, lalu dihancurkan hingga halus menggunakan alat LAA, yang kemudian disaring dengan menggunakan saringan no. 100, sementara *gypsum* diambil dari limbah pembuatan plafon dan lis plafon milik usaha Pak Rudi yang berada di Ciracas.



Gambar 5.1 Lokasi Pengambilan Sampel

(Sumber : Data penulis, 2023)

Metode yang digunakan untuk mengambil sampel tanah yaitu dengan cara membersihkan terlebih dahulu permukaan tanah dari benda – benda yang mengganggu, setelah itu tanah digali dengan kedalaman kira – kira 20 cm dari permukaan tanah. Kemudian tanah dimasukkan ke dalam karung, lalu dibawa dan disimpan di tempat pengujian, yaitu di Laboratorium Teknik Sipil Untirta.



Gambar 5.2 Pengambilan Sampel Tanah

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Sampel tanah yang akan dijadikan bahan untuk penelitian kemudian dimasukkan ke dalam oven agar kondisi tanah menjadi kering. Tanah yang menggumpal perlu dihancurkan dengan menggunakan palu agar mempermudah dalam pembuatan sampel penelitian.



Gambar 5.3 Tanah Setelah Dikeringkan

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Serbuk kaca yang digunakan sebagai bahan tambah diambil dari limbah di lingkungan penulis dalam berbagai kondisi, baik yang masih utuh berbentuk botol maupun yang sudah menjadi pecahan kaca. Jenis kaca yang digunakan yaitu kaca transparan atau bening tidak berwarna. Kaca – kaca tersebut kemudian dihancurkan menggunakan alat LAA dan disaring menggunakan saringan no. 100 agar menghasilkan serbuk kaca yang akan digunakan sebagai bahan tambah pengujian.



Gambar 5.4 Bahan Tambah Kaca

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Bahan tambah lainnya yaitu *gypsum* diambil dari toko pembuat plafon dan lis plafon dalam keadaan bongkahan kering yang harus dihancurkan, kemudian *gypsum* tersebut disaring dengan menggunakan saringan no. 200. *Gypsum* yang lolos saringan no. 200 tersebut akan digunakan sebagai bahan tambahan untuk pengujian.



Gambar 5.5 Bahan Tambah Gypsum

(Sumber : Data Penulis, 2023)

5.2. Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

Pengujian sifat fisik tanah dilakukan agar mengetahui sifat - sifat fisik tanah yang datanya akan digunakan untuk mengklasifikasi tanah tersebut. Pengujiannya berupa pengujian kadar air, berat jenis, berat isi, Analisa besar butir, batas cair, dan batas plastis.

5.2.1. Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan agar dapat mengetahui kandungan air yang terdapat pada sampel tanah. Kadar air merupakan perbandingan berat air dalam tanah dengan berat kering tanah dan dinyatakan dalam persen (%).

Tabel 5.1 Analisa Kadar Air Tanah

No.	Item	Simbol	Satuan	4	10
1	Berat Cawan	W1	gram	154	4,6
2	Berat Cawan + Tanah Basah	W2	gram	176	24,4
3	Berat Cawan + Tanah Kering	W3	gram	170,83	20,03
4	Berat Tanah Basah	$W_{tb} = W2 - W1$	gram	22	19,8
5	Berat Tanah Kering	$W_d = W3 - W1$	gram	16,83	15,43
6	Berat Air	$W_w = W_{tb} - W_d$	gram	5,17	4,37
7	Kadar Air	$\omega = (W_w/W_d) \times 100\%$	%	30,72	28,32
8	Rata-rata Kadar Air		%	29,52	

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Berdasarkan hasil pengujian kadar air tanah yang dilakukan didapatkan nilai kadar air tanah di Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten sebesar 29,52%. Nilai kadar air tanah ini dapat digunakan untuk pengujian lainnya seperti pada pengujian penentuan batas cair dan batas plastis tanah.

5.2.2. Berat Jenis Tanah

Pengujian berat jenis tanah bertujuan untuk mengetahui berat jenis butir material yang merupakan salah satu bagian padat dari tanah, maka dilakukan pengujian berat jenis tanah. Berat jenis tanah merupakan perbandingan antara berat isi butir tanah dengan berat isi air suling dalam keadaan organik dan volume yang sama.



Gambar 5.6 Pengujian Berat Jenis Tanah

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Berdasarkan SNI 1964-2008 sampel yang digunakan yaitu tanah yang sudah kering oven kemudian menggunakan yang tanah lolos saringan No.4 dan saringan No.10. Sampel tanah dimasukkan ke dalam tabung piknometer, kemudian tambahkan air suling 2/3 tabung piknometer. Lakukan pemanasan supaya gelembung yang berada didasar tanah bisa naik ke atas. Selanjutnya masukkan air suling sampai leher tabung piknometer. Kemudian biarkan supaya suhu tabung piknometer sama dengan suhu ruangan lalu timbang. Selanjutnya isi tabung pioknometer dengan air suling sampai leher tabung piknometer lalu timbang.

Tabel 5.2 Analisa Berat Jenis Tanah

No.	Item	Saringan 4	Saringan 10
1	Berat Pikno + contoh (W2)	312,5	297,5
2	Berat Pikno (W1)	203	200,5
3	Berat tanah ($W_t = W_2 - W_1$)	109,5	97
4	Temperatur	32	32
5	Berat Pikno + Air + tanah pada temperatur 20C (W3)	847,5	863,5
6	Berat Pikno + Air pada temperatur 20C (W4)	779,5	804,5
7	$W_5 = W_t + W_4$	889	901,5
8	Isi tanah ($W_5 - W_3$)	41,5	38
9	Berat Jenis (Gs)	2,639	2,553
10	Rata - rata	2,596	

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.3 Klasifikasi Berat Jenis Tanah

Macam Tanah	Berat Jenis (gr/cm^3)
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau Tak Organik	2,62 – 2,68
Lempung Organik	2,58 – 2,65
Lempung Tak Organik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,8

(Sumber : Hary Christady Hardiyatmo, 1992)

Berdasarkan dari pengujian yang dilakukan, berat jenis tanah tanpa bahan tambahan di Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten yaitu 2,596, dan termasuk kedalam golongan tanah lempung organik.

5.2.3. Batas Cair

Pengujian batas cair bertujuan untuk mengetahui transisi kadar air dari keadaan plastis ke keadaan cair. Menurut SNI 1967-2008 benda uji yang digunakan yaitu tanah dalam kondisi kering oven yang lolos saringan no. 40 (0,425 mm), untuk setiap pengujian batas cair tanah yang diperlukan sebanyak 50 gram.

Pengujian batas cair dilakukan dengan menggunakan alat cassagrande, dengan mencampurkan tanah dengan air suling dan diaduk didalam cawan porselen hingga tanah dan air menjadi homogen. Kemudian tanah diletakkan diatas alat cassagrande lalu diratakan dengan ketebalan ± 1 cm dengan menggunakan spatula. Kemudian menggunakan alat grooving tool untuk membuat alur sehingga sampel tanah terbagi menjadi 2 bagian dengan sama rata. Setelah itu dilakukan pengujian dengan cara memutar engkol sampai mangkok terketuk supaya kedua sisi sampel menyatu dengan kecepatan 2 putaran per detik. Setelah itu mencatat jumlah ketukan yang diperlukan untuk sampel menyatu. Jika jumlah ketukan melebihi 50 ketukan maka pengujian harus diulang dari awal dengan menambahkan sedikit air suling. Kemudian sampel tanah diambil dan dimasukkan kedalam cawan kemudian ditimbang lalu dimasukkan kedalam oven selama 24 jam. Setelah 24 jam timbang Kembali sampel tanah.



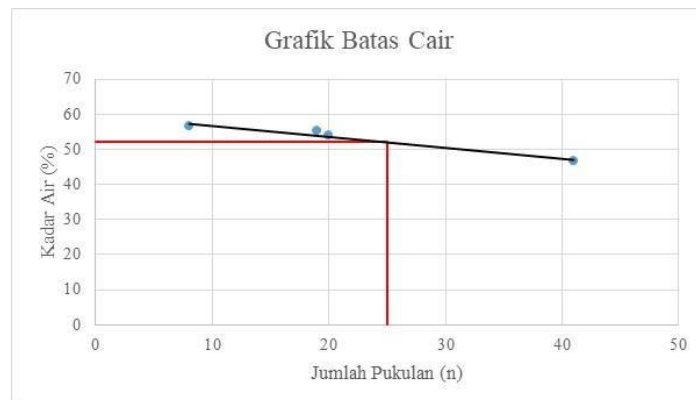
Gambar 5.7 Pengujian Batas Cair Tanah

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.4 Analisa Batas Cair Tanah

Pengujian	Simbol	Batas Cair			
Nomor Cawan		1	2	3	4
Banyak Pukulan	n	8	19	20	41
Berat Cawan + Tanah Basah (gram)	W2	26,13	26,8	31	29
Berat Cawan + Tanah Kering (gram)	W3	18,4	19,05	21,58	20,97
Berat Tanah Basah (gram)	$W4 = W2 - W1$	21,41	21,8	26,9	25,23
Berat Tanah Kering (gram)	$W5 = W3 - W1$	13,68	14,05	17,48	17,2
Berat Air (gram)	$W6 = W4 - W5$	7,73	7,75	9,42	8,03
Berat Cawan (gram)	W1	4,72	5	4,1	3,77
Kadar Air	$w = (W6/W5) \times 100\%$	56,506	55,160	53,890	46,686
Batas Cair	LL	52			

(Sumber : Data Penulis, 2023)



Gambar 5.8 Grafik Hubungan Kadar Air dengan Jumlah Ketukan

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Berdasarkan hasil pengujian tanah pada Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten memiliki nilai batas cair yang didapat dari grafik sebesar 52%. Nilai batas cair ini tentunya masih tinggi yang bisa mengakibatkan kurangnya kekuatan untuk menahan beban jika terjadi deformasi.

5.2.4. Batas Plastis

Batas plastis dilakukan pengujian untuk mengetahui kadar air kedudukan antara daerah plastis dan semi padat. Menurut SNI 1966-2008 benda uji yang digunakan

yaitu tanah dalam kondisi kering oven yang lolos saringan no.40 (0,425 mm) sebanyak 50 gram.

Pengujian batas plastis dilakukan dengan cara mencampurkan sampel tanah dengan air suling kedalam cawan porselen, setelah itu diaduk hingga sampel tanah menjadi homogen. Kemudian sampel tanah digulung diatas pelat kaca sampai berbentuk batang yang memiliki diameter 3 mm. Sampel tanah yang sudah digulung dimasukkan kedalam cawan dan ditimbang, lalu dimasukkan kedalam oven selama 24 jam. Sampel tanah dikeluarkan dan ditimbang untuk mengetahui kadar airnya.



Gambar 5.9 Pengujian Batas Plastis Tanah

(Sumber : Data Penulis, 2022)

Tabel 5.5 Analisa Batas Plastis Tanah

No.	Pengujian	Simbol	Batas Plastis		
			1	2	3
1	Nomor Cawan				
2	Berat Cawan + Tanah Basah (gram)	W2	13,42	13,47	13,5
3	Berat Cawan + Tanah Kering (gram)	W3	12,25	12,13	12,31
4	Berat Tanah Basah (gram)	$W4 = W2 - W1$	5,18	5,09	5,39
5	Berat Tanah Kering (gram)	$W5 = W3 - W1$	3,83	3,75	3,99
6	Berat Air (gram)	$W6 = W4 - W5$	1,35	1,34	1,4
7	Berat Cawan	W1	8,42	8,38	8,32
8	Kadar Air	$W = (W6/W5) \times 100\%$	35,248	35,733	35,088
9	Plastic Limit	PL	35,356		
10	Index Plasticity	PI	16,644		

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Berdasarkan hasil pengujian batas plastis diketahui nilai batas plastis tanah asli Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten adalah 35,356%.

5.2.5. Indeks Plastisitas

Berdasarkan dengan pengujian sebelumnya didapatkan nilai batas cair dan batas plastis, maka nilai indeks plastisitas dapat diketahui. Indeks plastisitas merupakan selisih antara nilai batas cair dengan nilai batas plastis. Berikut merupakan nilai indeks plastisitas dari sampel tanah Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten.

$$PI = LL - PL \quad (5.1)$$

$$PI = 52\% - 35,36\%$$

$$PI = 16,64\%$$

Tabel 5.6 Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non Plastis	Pasir	Non Kohesif
<7	Plastisitas Rendah	Lanau	Kohesif Sebagian
7 - 17	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
>17	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesif

(Sumber : Hardiyatmo, 2002)

Berdasarkan nilai indeks plastisitas dapat menentukan sifat, jenis, dan kohesi tanah menurut Hardiyatmo, H.C. Berdasarkan data perhitungan indeks plastisitas dapat disimpulkan bahwa tanah pada Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten termasuk kedalam tanah berplastisitas tinggi dengan macam tanah lempung berlanau.

5.2.6. Berat Isi

Menurut SNI 03-3637-1994 pengujian berat isi tanah benda uji yang digunakan berupa sampel tanah asli ataupun tanah tidak asli yang dicetak di cetakan benda uji. Setiap pengujian hanya menggunakan satu benda uji. Pengujian ini dilakukan

dengan cara mengeluarkan sampel tanah asli, lalu tanah dimasukkan ke dalam cawan benda uji, kemudian ratakan kedua ujungnya. Selanjutnya catat data yang diperlukan seperti berat cetakan benda uji, berat cetakan dan sampel tanah, kemudian tanah dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam. Setelah itu sampel dikeluarkan dari oven dan ditimbang berat cetakan dan benda uji setelah dioven untuk mengetahui kadar air yang ada.

Tabel 5.7 Analisa Berat Isi Tanah

No	Item	Simbol	Satuan	Nilai
1	No. Ring	No	-	1
2	Tinggi Ring	T	cm	1,914
3	Diameter Ring	D	cm	6,4
4	Volume Ring	V	cm ³	61,598
5	Berat Ring	W1	gram	52
6	Berat Tanah Basah + Ring	W2	gram	144,5
7	Berat Tanah Kering + Ring	W3	gram	121
8	Berat Tanah Basah	$W_{tb} = W2 - W1$	gram	92,5
9	Berat Tanah Kering	$W_s = W3 - W1$	gram	69
10	Berat Air	$W_w = W_{tb} - W_s$	gram	23,5
11	Kadar Air	$W_n = (W_w/W_s) \times 100\%$	%	34,1
12	Berat Isi Tanah	$Y_n = W_s / V$	gram/cm ³	1,13
13	Berat Isi Kering	$Y_d = Y_n / (1 + W_n)$	gram/cm ³	0,836

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Berdasarkan hasil pengujian Berat Isi Tanah yang dilakukan, diketahui bahwa nilai kadar air sebesar 34,1%, berat isi tanah sebesar 1,12 gram/cm³ dan berat isi kering tanah sebesar 0,836 gram/cm³.

5.2.7. Analisa Besar Butir

Analisa besar butir sangat penting untuk dilakukan pengujian karena pengujian ini berfungsi untuk mengetahui distribusi ukuran butir tanah yang digunakan untuk menentukan klasifikasi tanah. Berdasarkan SNI 3423-2008 sampel tanah untuk pengujian menggunakan tanah yang sudah dikeringkan dalam oven sebesar ± 500 gram.

Sebelum dilakukan pengujian siapkan tanah dengan kondisi kering oven yang telah dioven selama 24 jam. Pengujian ini menggunakan alat *sieve shaker* untuk mengguncang dari saringan yang ada supaya sampel tanah terdistribusi dengan baik. Sebelum melakukan pengujian saringan ditimbang terlebih dahulu kemudian disusun dengan berurutan dari diameter saringan terbesar hingga terkecil yaitu saringan No. 4, No. 8, No. 10, No. 16, No. 30, No. 40, No. 50, No. 100, No. 200, dan pan. Kemudian tanah dimasukkan kedalam saringan dan diguncangkan dengan alat *sieve shaker* selama 15 menit. Setelah selesai timbang saringan beserta benda ujinya. Berikut merupakan hasil perhitungan untuk penentuan analisa besar butir tanah :

Tabel 5.8 Analisa Besar Butir Tanah

No	No. Saringan (mm)	Diameter Saringan	Berat Saringan (gr)	Saringan + Benda Uji (gr)	Tanah Diatas (gr)	Berat Diatas (%)	Jumlah Diatas (%)	Berat Lewat Ayakan (%)
1	4	4,75	430	430	0	0	0	100
2	8	2,36	249	259	10	2	2	98
3	10	2,00	388	400	12	2,4	4,4	95,6
4	16	1,18	417	422	5	1	5,4	94,6
5	30	0,80	414	421	7	1,4	6,8	93,2
6	40	0,43	240	278	38	7,6	14,4	85,6
7	50	0,30	402	419	17	3,4	17,8	82,2
8	100	0,15	401	431	30	6,0	23,8	76,2
9	200	0,08	185	306	121	24,2	48	52
10	pan	0,00	454	714	260	52	100	0
Jumlah					500	100		

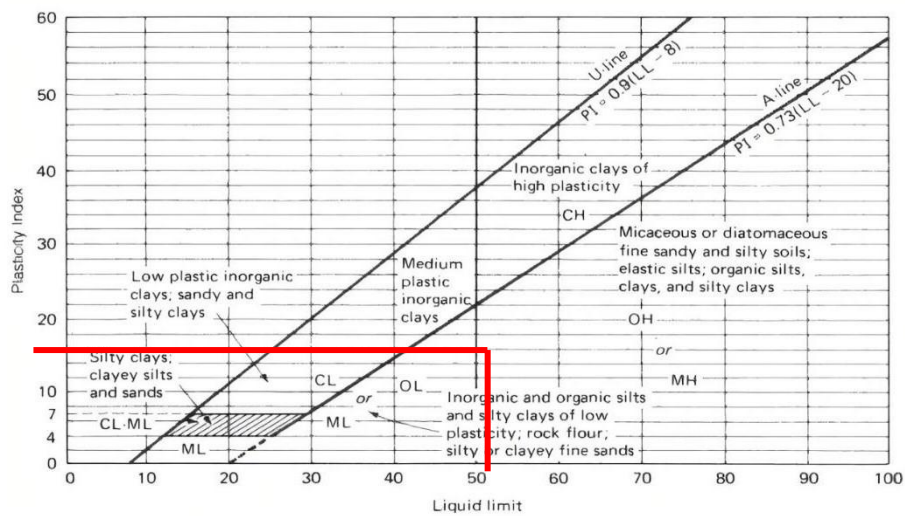
(Sumber : Data Penulis, 2023)

Berdasarkan Siten Klasifikasi Tanah USCS (*Unified Soil Classification System*) tanah yang lolos saringan no. 200 lebih dari 50% maka tanah dikategorikan sebagai tanah berbutir halus, sehingga tanah yang digunakan untuk penelitian ini termasuk ke dalam kategori tanah berbutir halus dengan persentase tanah yang lolos saringan no. 200 sebesar 52%.

5.2.8. Sistem Klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*)

Sistem USCS menggunakan sifat-sifat indeks tanah sederhana seperti distribusi ukuran butiran, batas cair, dan indeks plastisitas (Hardiyatmo dkk., 1992). Dari pengujian yang telah dilakukan sebelumnya didapat data sebagai berikut :

- Pengujian analisa saringan dengan jumlah tanah yang lolos saringan No. 200 yaitu 52%, sehingga tanah yang lolos lebih dari 50% dikategorikan sebagai tanah berbutir halus.
- Nilai dari pengujian batas cair didapatkan sebesar 52%.
- Nilai indeks plastisitas yang didapatkan dari pengujian sebelumnya sebesar 16,644%.



Gambar 5.10 Grafik Hubungan Batas Cair dan Indeks Plastisitas

(Sumber : Hardiyatmo, 1992)

Berdasarkan dengan data yang telah ada kemudian dicocokkan dengan tabel sistem klasifikasi tanah USCS yang diperoleh dari Kampung Kukul, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten sebagai tanah OH, yaitu lempung organik dengan plastisitas sedang hingga tinggi.

Tabel 5.9 Sistem Klasifikasi Tanah USCS (*Unified Soil Classification System*)

Prosedur Klasifikasi		Simbol	Nama Jenis
Tanah Berbutir Halus (Lebih dari 50% lolos pada)	Lanau bercampur lempung	ML	Lanau tak organik dengan sedikit pasir halus, bubukan batu, atau pasir halus berlempung dengan sedikit palstis
		CL	Lanau berlempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lanau bercampur lempung, pasir halus

	dengan batas cair (Liquid Limit) kurang dari 50%	OL	Lanau organik atau lanau berlempung organik dengan plastisitas rendah sedang
	Lempung bercampur lanau dengan batas cair lebih dari 50%	MH	Lempung tak organik, lempung bercampur lanau, pasir halus
		CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang hingga tinggi
		PT	Humus dan tanah dengan kadar organik tinggi

(Sumber : Hardiyatmo, 1992)

5.2.9. Pemadatan

Pengujian pemadatan tanah dilakukan dengan menggunakan metode *standard proctor test*. Pengujian pemadatan tanah dilakukan untuk menentukan nilai berat isi kering maksimum dan mengetahui kadar air optimum. Berdasarkan dengan SNI 1742-2008 terdapat 4 cara untuk melakukan pemadatan tanah. Untuk pengujian ini dilakukan dengan menggunakan cara A, benda uji tanah yang digunakan yaitu tanah yang lolos saringan No. 4 sebanyak 2500 gram dengan kondisi tanah kering oven. Setiap pengujian menggunakan 5 sampel dengan penambahan air yang bervariasi. Kemudian tanah dicampurkan dengan air dan diaduk supaya sampel menjadi homogen, setelah itu dimasukkan kedalam mold. Selanjutnya tanah dipadatkan menjadi 3 lapisan, setiap lapisan ditumbuk menggunakan penumbuk sebanyak 25 kali tumbukan. Pemadatan tanah dilakukan disetiap variasi campuran sehingga dilakukan pemadatan pada tiap campuran untuk mengetahui berat isi kering maksimum dan kadar air optimum tiap campuran.



Gambar 5.11 Pengujian Pemadatan

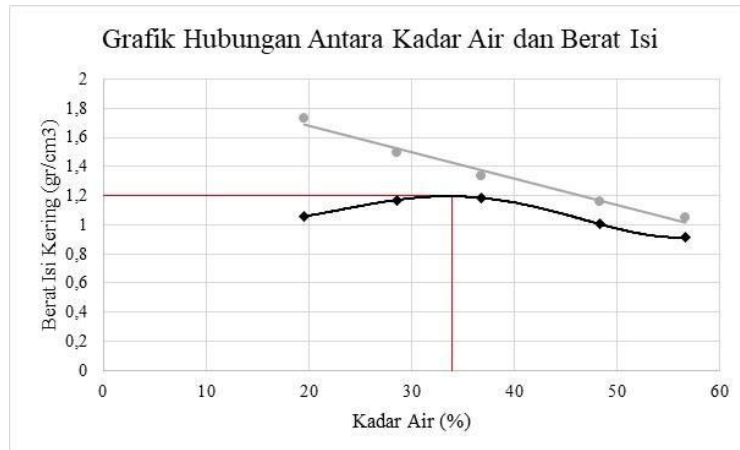
(Sumber : Data Penulis, 2023)

Setelah itu ratakan permukaan sampel menggunakan pisau perata. Selanjutnya menimbang benda uji dengan mold dan mengambil sampel pada bagian atas dan bagian bawah, keringkan sampel di dalam oven selama 24 jam. Lalu sampel ditimbang dengan kondisi kering oven. Hasil pengujian pemadatan diperoleh melalui grafik yang berbentuk parabola dengan hubungan antara kadar air optimum dan berat isi kering maksimum. Kemudian kadar air optimum dan berat isi kering tersebut digunakan untuk mengetahui kebutuhan tanah dan air yang diperlukan dalam pengujian CBR (*California Bearing Ratio*). Berikut adalah data yang didapat dari pengujian pemadatan :

Tabel 5.10 Pemadatan Tanah

Uji ke	1		2		3		4		5	
Sampel Tanah	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Cawan, W1 (gram)	5	4,83	4,08	3,88	4	4,05	3,92	3,82	3,94	5,19
Cawan + tanah basah, W2 (gram)	35,53	46,05	25,83	26,44	32,67	31,05	44,96	50	60,57	59,73
Cawan + tanah kering, W3 (gram)	30,55	39,32	21,05	21,36	24,88	23,87	31,54	35	39,93	40,15
Tanah basah, W4 = W2 - W1 (gram)	30,53	41,22	21,75	22,56	28,67	27	41,04	46,18	56,63	54,54
Tanah kering W5 = W3 - W1 (gram)	25,55	34,49	16,97	17,48	20,88	19,82	27,62	31,18	35,99	34,96
Massa air, W6 = W4 - W5 (gram)	4,98	6,73	4,78	5,08	7,79	7,18	13,42	15	20,64	19,58
Kadar air, w = (W6/W5) x 100%	0,194912	0,195129	0,281674	0,290618	0,373084	0,36226	0,48588	0,48108	0,57349	0,56007
Kadar Air rata-rata, waverage %	0,19502048		0,286145695		0,367672317		0,483478706		0,566780643	

(Sumber : Data Penulis, 2023)



Gambar 5.12 Grafik Hubungan Kadar Air dan Berat Isi Kering

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Berdasarkan grafik 5.14, dapat disimpulkan bahwa sampel tanah pada Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten memiliki nilai berat isi kering maksimum sebesar 1,2% dan nilai kadar air optimum sebesar 34%. Nilai berat isi kering maksimum akan digunakan untuk menentukan jumlah tanah pengujian CBR sedangkan kadar air optimum akan digunakan untuk penambahan air pada pengujian CBR.

5.2.10. Pengujian DCP

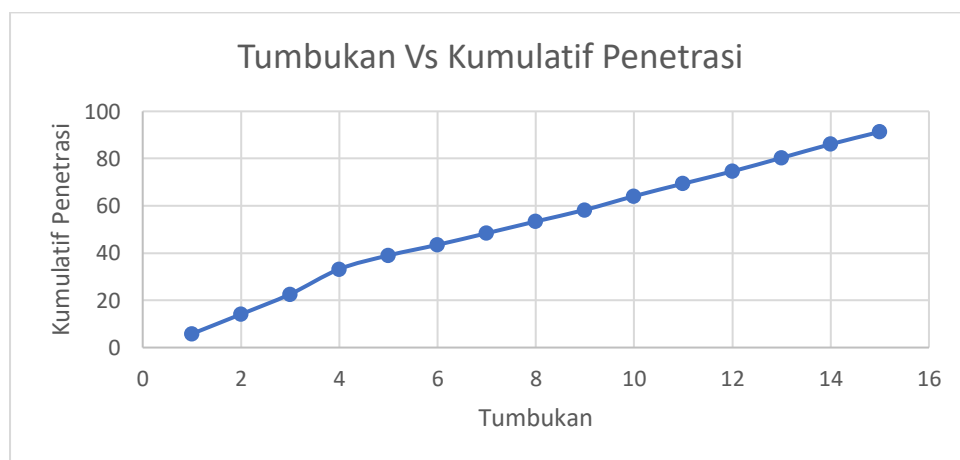
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan lapis fondasi jalan dan tanah dasar. DCP dijadikan sebagai alternatif apabila pengujian CBR Lapangan tidak memungkinkan untuk dilakukan. Pengujian ini dilakukan menggunakan batang silinder berdiameter 16 mm dan terdapat konus di ujungnya. Alat terpasang tegak lurus di atas permukaan tanah. Kemudian dilakukan penetrasi dengan cara ditumbuk menggunakan penumbuk bermassa 8 kg mulai dari permukaan tanah hingga kedalaman ± 90 cm. Lalu mencatat kedalaman di setiap tumbukannya. Dan setelah selesai, keluarkan batang penetrasi dengan menumbukkan pegangan dengan penumbuk hingga ke permukaan. Berikut perhitungan untuk hasil pengujian DCP.

Tabel 5.11 Hasil Pengujian DCP Titik 1

Tumbukan	angka DCP		selisih (cm)	kumulatif penetrasi (cm)	DCP (mm/tumbukan)	CBR (%)
	X0 (cm)	X1 (cm)				
1	0	5,8	5,8	5,8	60,87	3
2	5,8	14,1	8,3	14,1		
3	14,1	22,6	8,5	22,6		

4	22,6	33,2	10,6	33,2
5	33,2	39	5,8	39
6	39	43,5	4,5	43,5
7	43,5	48,4	4,9	48,4
8	48,4	53,4	5	53,4
9	53,4	58,3	4,9	58,3
10	58,3	64,1	5,8	64,1
11	64,1	69,4	5,3	69,4
12	69,4	74,6	5,2	74,6
13	74,6	80,3	5,7	80,3
14	80,3	86,1	5,8	86,1
15	86,1	91,3	5,2	91,3

(Sumber : Data Penulis, 2023)



Gambar 5.13 Grafik Hubungan Antara Banyak Tumbukan dengan Kumulatif Penetrasi Titik 1

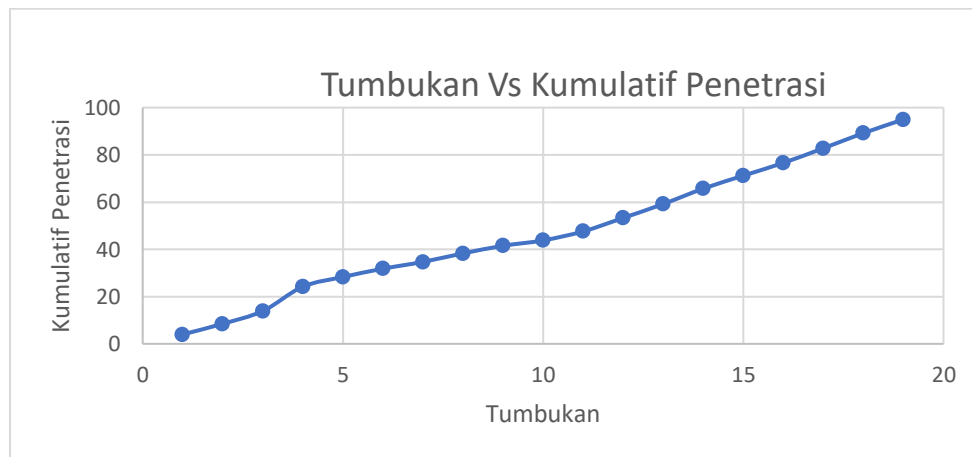
(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.12 Hasil Pengujian DCP Titik 2

Tumbukan	angka DCP		selisih (cm)	kumulatif penetrasi (cm)	DCP (mm/tumbukan)	CBR (%)
	X0 (cm)	X1 (cm)				
1	0	4	4	4	50	4
2	4	8,5	4,5	8,5		
3	8,5	13,9	5,4	13,9		
4	13,9	24,2	10,3	24,2		
5	24,2	28,3	4,1	28,3		
6	28,3	31,8	3,5	31,8		
7	31,8	34,7	2,9	34,7		
8	34,7	38,3	3,6	38,3		
9	38,3	41,5	3,2	41,5		
10	41,5	43,8	2,3	43,8		
11	43,8	47,6	3,8	47,6		
12	47,6	53,3	5,7	53,3		

13	53,3	59,2	5,9	59,2
14	59,2	65,7	6,5	65,7
15	65,7	71,2	5,5	71,2
16	71,2	76,6	5,4	76,6
17	76,6	82,8	6,2	82,8
18	82,8	89,2	6,4	89,2
19	89,2	95	5,8	95

(Sumber : Data Penulis, 2023)



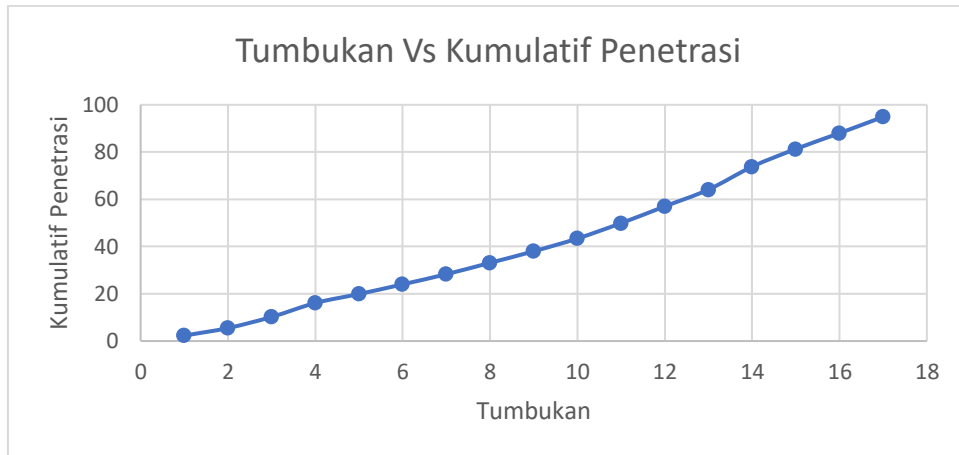
Gambar 5.14 Grafik Hubungan Antara Banyak Tumbukan dengan Kumulatif Penetrasi Titik 2

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.13 Hasil Pengujian DCP Titik 3

Tumbukan	angka DCP		selisih (cm)	kumulatif penetrasi (cm)	DCP (mm/tumbukan)	CBR (%)
	X0 (cm)	X1 (cm)				
1	0	2,3	2,3	2,3	55,824	3,5
2	2,3	5,5	3,2	5,5		
3	5,5	10,2	4,7	10,2		
4	10,2	16,1	5,9	16,1		
5	16,1	19,9	3,8	19,9		
6	19,9	24	4,1	24		
7	24	28,3	4,3	28,3		
8	28,3	33,1	4,8	33,1		
9	33,1	38	4,9	38		
10	38	43,4	5,4	43,4		
11	43,4	49,9	6,5	49,9		
12	49,9	57	7,1	57		
13	57	64,1	7,1	64,1		
14	64,1	73,8	9,7	73,8		
15	73,8	81,3	7,5	81,3		
16	81,3	88	6,7	88		
17	88	94,9	6,9	94,9		

(Sumber : Data Penulis, 2023)



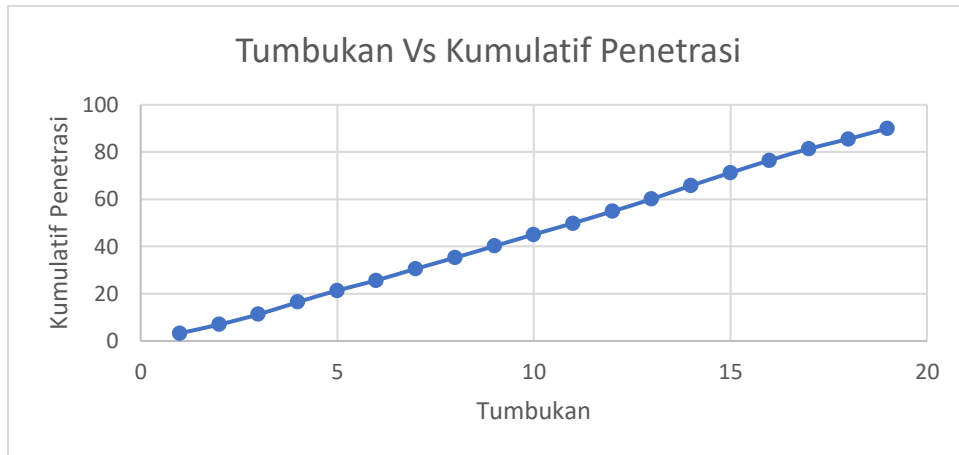
Gambar 5.15 Grafik Hubungan Antara Banyak Tumbukan dengan Kumulatif Penetrasi Titik 3

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.14 Hasil Pengujian DCP Titik 4

Tumbukan	angka DCP		selisih (cm)	kumulatif penetrasi (cm)	DCP (mm/tumbukan)	CBR (%)
	X0 (cm)	X1 (cm)				
1	0	3,3	3,3	3,3	47,368	4,1
2	3,3	7	3,7	7		
3	7	11,3	4,3	11,3		
4	11,3	16,5	5,2	16,5		
5	16,5	21,4	4,9	21,4		
6	21,4	25,7	4,3	25,7		
7	25,7	30,6	4,9	30,6		
8	30,6	35,3	4,7	35,3		
9	35,3	40,2	4,9	40,2		
10	40,2	45,1	4,9	45,1		
11	45,1	49,9	4,8	49,9		
12	49,9	54,9	5	54,9		
13	54,9	60,1	5,2	60,1		
14	60,1	65,8	5,7	65,8		
15	65,8	71,2	5,4	71,2		
16	71,2	76,5	5,3	76,5		
17	76,5	81,4	4,9	81,4		
18	81,4	85,5	4,1	85,5		
19	85,5	90	4,5	90		

(Sumber : Data Penulis, 2023)



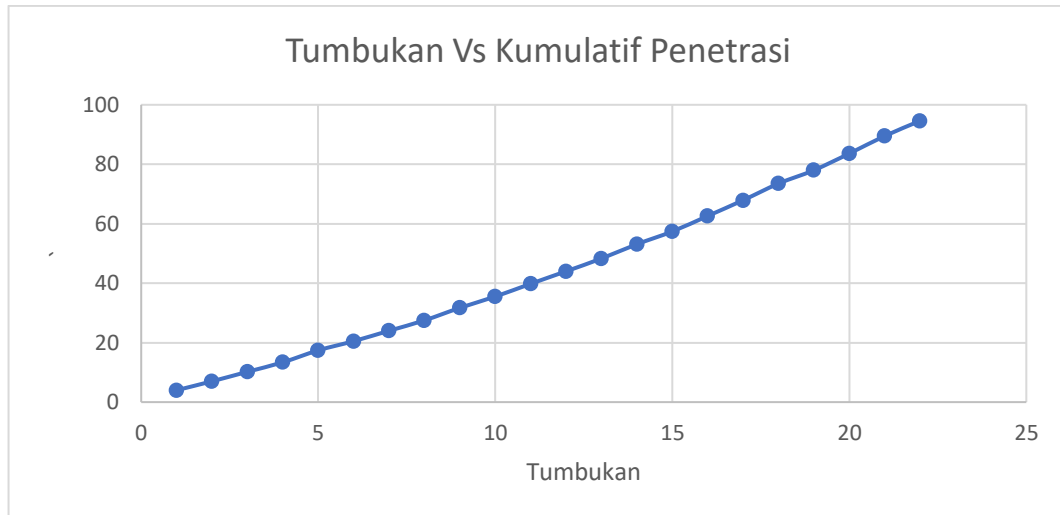
Gambar 5.16 Grafik Hubungan Antara Banyak Tumbukan dengan Kumulatif Penetrasi Titik 4

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.15 Hasil Pengujian DCP Titik 5

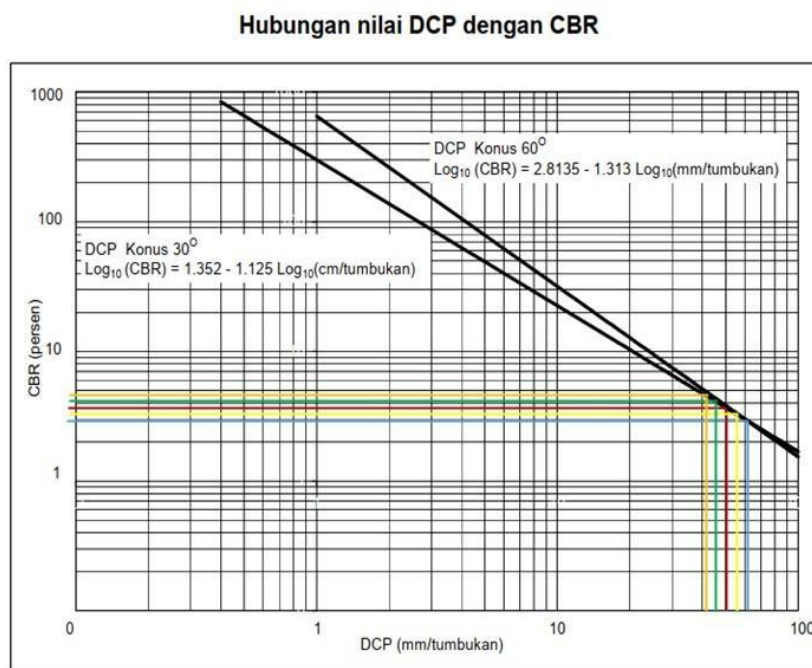
Tumbukan	angka DCP		selisih (cm)	kumulatif penetrasi (cm)	DCP (mm/tumbukan)	CBR (%)
	X0 (cm)	X1 (cm)				
1	0	4	4	4	43	4,5
2	4	7	3	7		
3	7	10,2	3,2	10,2		
4	10,2	13,4	3,2	13,4		
5	13,4	17,4	4	17,4		
6	17,4	20,5	3,1	20,5		
7	20,5	24	3,5	24		
8	24	27,5	3,5	27,5		
9	27,5	31,7	4,2	31,7		
10	31,7	35,5	3,8	35,5		
11	35,5	39,8	4,3	39,8		
12	39,8	44	4,2	44		
13	44	48,3	4,3	48,3		
14	48,3	53,1	4,8	53,1		
15	53,1	57,4	4,3	57,4		
16	57,4	62,6	5,2	62,6		
17	62,6	67,9	5,3	67,9		
18	67,9	73,5	5,6	73,5		
19	73,5	78	4,5	78		
20	78	83,6	5,6	83,6		
21	83,6	89,5	5,9	89,5		
22	89,5	94,6	5,1	94,6		

(Sumber : Data Penulis, 2023)



Gambar 5.17 Grafik Hubungan Antara Banyak Tumbukan dengan Kumulatif Penetrasi Titik 5

(Sumber : Data Penulis, 2023)



Gambar 5.18 Grafik Hubungan Antara Banyak Tumbukan dengan Kumulatif Penetrasi

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Hasil pengujian sampel tanah Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten dilakukan sebanyak 5 titik yang memiliki nilai CBR dengan rata rata 3,8%. Berdasarkan Revisi Manual Desain Perkerasan Jalan (2017) Nomor 02/M/BM/2017 bahwa jika nilai CBR efektif kurang dari 6% maka

diperlukan stabilisasi pada tanah tersebut.

5.2.11. Rekapitulasi Hasil Pengujian Tanah Tanpa Bahan Tambah

Tabel 5.16 Rekapitulasi Hasil Pengujian Tanah Tanpa Bahan Tambah

No	Pengujian	Unit	Hasil
1	Kadar Air	%	29,52
2	Berat Jenis Tanah	gram/cm ³	2,596
3	Batas Cair Tanah	%	52
4	Batas Plastis Tanah	%	35,356
5	Indeks Plastisitas Tanah	%	16,644
6	Berat Isi Tanah	gram/cm ³	1,3
7	Analisa Besar Butir Tanah		Tanah Berbutir Halus
8	CBR	%	3,8

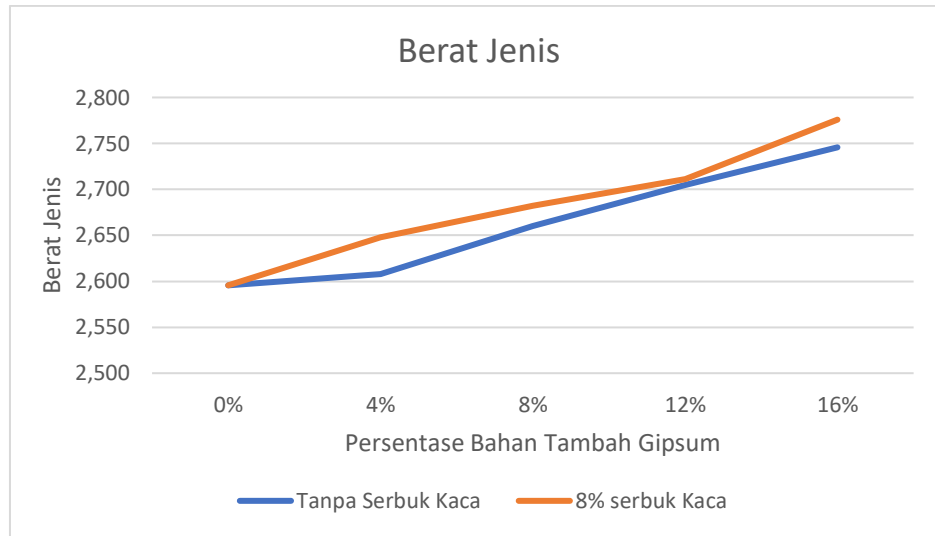
(Sumber : Data Penulis, 2023)

5.3. Hasil Pengujian dengan Penambahan Serbuk Kaca dan Gypsum

Penelitian ini dilakukan dengan dengan bahan tambah serbuk kaca dan Gypsum terhadap beberapa pengujian diantaranya berat jenis, batas-batas Atterberg, berat isi, pemadatan, dan CBR. Dengan penambahan sebanyak 0% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 4% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 8% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 12% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 16% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 4% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca, 8% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca, 12% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca, dan 16% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca dapat mengetahui perbedaan perilaku tanah.

5.3.1. Berat Jenis Tanah

Pengujian berat jenis tanah dilakukan dengan menggunakan tanah asli dan penambahan bahan aditif berupa serbuk kaca dan Gypsum. Sampel tanah yang digunakan yaitu tanah lolos saringan No.4 dan No.10. Berikut adalah hasil pengujian berat jenis tanah.



Gambar 5.19 Grafik Berat Jenis Terhadap Setiap Persentase Bahan Tambah
(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.16 Persentase Kenaikan Berat Jenis Tanah

Variasi Serbuk Kaca	Variasi Gypsum	Nilai	Persentase Kenaikan
0%	0%	2,596	0,000%
0%	4%	2,608	0,479%
0%	8%	2,660	2,481%
0%	12%	2,705	4,161%
0%	16%	2,746	5,670%
8%	4%	2,648	1,899%
8%	8%	2,682	3,196%
8%	12%	2,711	4,289%
8%	16%	2,776	6,667%

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Berdasarkan dengan hasil pengujian berat jenis yang sudah dilakukan tanah Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten didapat bahwa nilai berat jenis pada tanah asli memiliki nilai sebesar 2,596 gram/cm³ dan mengalami kenaikan setelah ditambah dengan gipsium menjadi 2,746 gram/cm³ serta ketika ditambah serbuk kaca dan gipsium bertambah menjadi 2,776 gram/cm³. Dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan bahan tambah gipsium

dan kombinasi gipsum dan serbuk kaca akan meningkatkan nilai berat jenisnya. Kenaikan nilai berat jenis tanah ini mengindikasikan bahwa tanah tersebut menjadi lebih padat atau lebih berat dari sebelum ditambahkan bahan campur. Semakin tinggi nilai berat jenis tanah akan membuat tanah semakin stabil. Dengan campuran 16% serbuk gipsum dan 8% serbuk kaca didapatkan kenaikan berat jenis tanah paling tinggi yaitu 2,776 gram/cm³ dengan persentase kenaikan 6,667%.

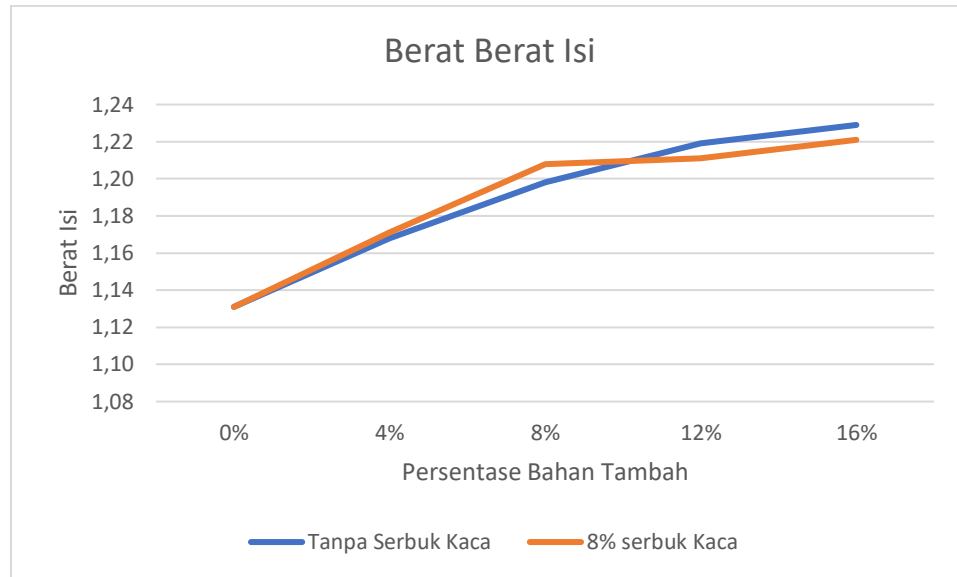
5.3.2. Berat Isi

Pengujian berat isi tanah dilakukan tanah asli ataupun tanah tidak asli yang dicetak dalam cetakan benda uji. Untuk setiap pengujian hanya menggunakan satu benda uji.

Tabel 5.17 Persentase Kenaikan/Penurunan Berat Isi

Variasi Serbuk Kaca	Variasi Gipsum	Nilai	Persentase Kenaikan/ Penurunan
0%	0%	1,13	0,000%
0%	4%	1,17	3,271%
0%	8%	1,20	5,840%
0%	12%	1,22	7,593%
0%	16%	1,23	8,413%
8%	4%	1,17	3,694%
8%	8%	1,21	6,854%
8%	12%	1,21	7,102%
8%	16%	1,22	7,928%

(Sumber : Data Penulis, 2023)



Gambar 5.20 Grafik Perbandingan Berat Isi dengan Persentase Bahan Tambah

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Berdasarkan hasil pengujian berat isi tanah pada setiap variasi campuran diketahui bahwa dengan penambahan bahan aditif berupa serbuk kaca dan gipsum dapat mempengaruhi nilai berat isi tanah dimana nilai berat isi tanah meningkat seiring dengan penambahan serbuk kaca dan gipsum. Nilai berat isi tanah yang mulanya 1,3 gram/cm³ mengalami kenaikan hingga 1,23 gram/cm³ setelah ditambah 16% serbuk gipsum dan mencapai 1,22 gram/cm³ setelah ditambah 16% serbuk gipsum dan 8% serbuk kaca.

5.3.3. Batas Cair

Pengujian batas cair tanah dilakukan dengan menggunakan tanah asli dan penambahan bahan aditif berupa serbuk kaca dan gypsum. Sampel tanah yang digunakan yaitu tanah lolos saringan No. 40. Berikut adalah hasil pengujian batas cair tanah.

Tabel 5.18 Persentase Penurunan Nilai Batas Cair Pemeraman 0 Hari

Variasi Serbuk Kaca	Variasi Gypsum	Nilai	Persentase Penurunan
0%	0%	52,00	0,000%
0%	4%	47,80	8,077%
0%	8%	47,20	9,332%
0%	12%	46,80	10,180%

0%	16%	45,90	12,103%
8%	4%	47,40	8,835%
8%	8%	47,00	9,679%
8%	12%	46,10	11,593%
8%	16%	45,00	13,980%

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.19 Persentase Penurunan Nilai Batas Cair Pemeraman 3 Hari

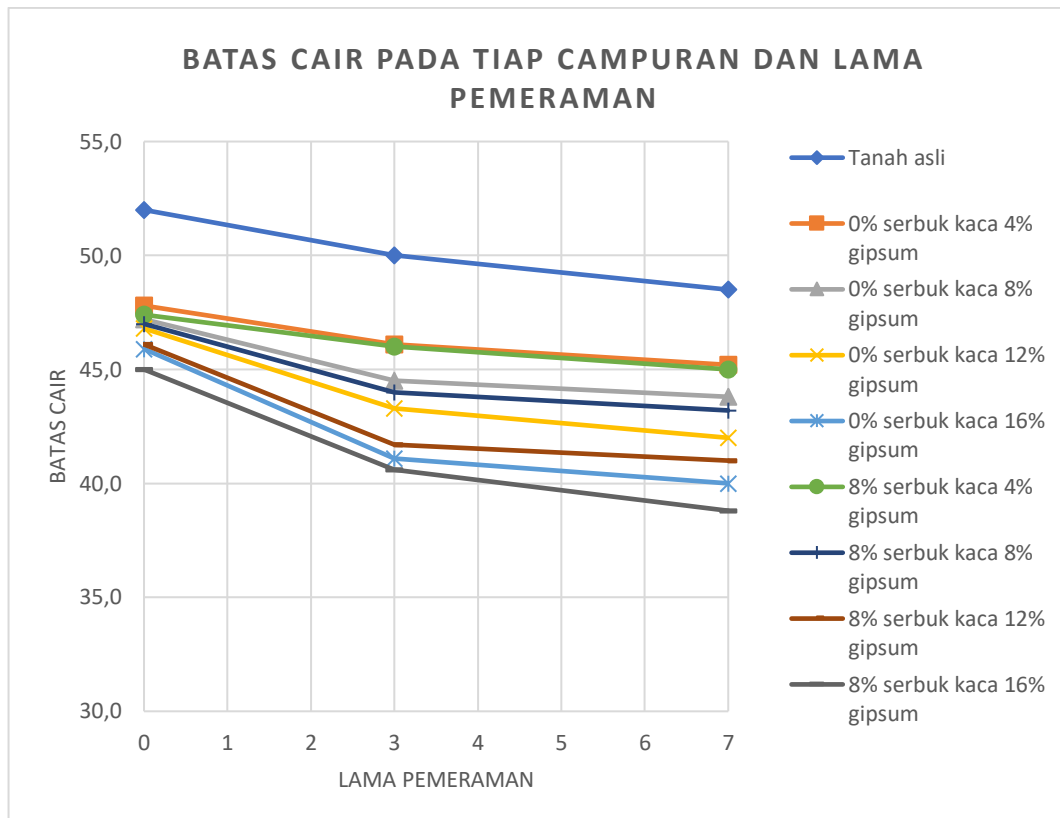
Variasi Serbuk Kaca	Variasi Gypsum	Nilai	Persentase Penurunan
0%	0%	50,00	0,000%
0%	4%	46,10	7,800%
0%	8%	44,50	11,271%
0%	12%	43,30	13,967%
0%	16%	41,10	19,048%
8%	4%	46,00	7,126%
8%	8%	44,00	11,474%
8%	12%	41,70	16,701%
8%	16%	40,60	19,339%

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.20 Persentase Penurunan Nilai Batas Cair Pemeraman 7 Hari

Variasi Serbuk Kaca	Variasi Gypsum	Nilai	Persentase Penurunan
0%	0%	48,50	0.000%
0%	4%	45,20	6,804%
0%	8%	43,80	9,901%
0%	12%	42,00	14,011%
0%	16%	40,00	18,773%
8%	4%	45,00	6,273%
8%	8%	43,20	10,273%
8%	12%	41,00	15,366%
8%	16%	38,80	20,731%

(Sumber : Data Penulis, 2023)



Gambar 5.21 Grafik Batas Cair Terhadap Lama Pemeraman

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Berdasarkan dengan pengujian batas cair yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan bahan tambah gipsum dan serbuk kaca dapat menurunkan nilai batas cair. Lamanya pemeraman dapat mempengaruhi nilai batas cair dimana nilai batas cair setiap pemeraman mengalami penurunan. Penurunan nilai batas cair menunjukkan kemampuan tanah yang semakin tinggi untuk mempertahankan kekuatannya dalam keadaan jenuh air atau kelembaban tinggi. Nilai batas cair terendah yaitu 38,8% dengan bahan tambah kombinasi 16% gipsum dan 8% serbuk kaca dengan lama pemeraman 7 hari. Kombinasi serbuk kaca dan gipsum lebih efektif untuk menurunkan nilai batas cair tanah dibandingkan jika hanya menambahkan serbuk gipsum saja hal ini dikarenakan serbuk kaca dan gipsum memiliki sifat *cementious* yang dimana dapat mengeras dan menambah kekuatan jika dijadikan bahan aditif.

5.3.4. Batas Plastis

Pengujian batas plastis tanah dilakukan dengan menggunakan tanah asli dan penambahan bahan aditif berupa serbuk kaca dan gipsum. Sampel tanah yang

digunakan yaitu tanah lolos saringan No.40. Berikut adalah hasil pengujian batas plastis tanah.

Tabel 5.21 Persentase Penurunan Nilai Batas Plastis Pemeraman 0 Hari

Variasi Serbuk Kaca	Variasi Gypsum	Nilai	Persentase Penurunan
0%	0%	35,36	0.000%
0%	4%	34,93	1,378%
0%	8%	34,20	3,473%
0%	12%	33,80	4,643%
0%	16%	33,40	5,826%
8%	4%	34,84	1,506%
8%	8%	34,00	3,925%
8%	12%	33,40	5,690%
8%	16%	33,00	6,888%

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.22 Persentase Penurunan Nilai Batas Plastis Pemeraman 3 Hari

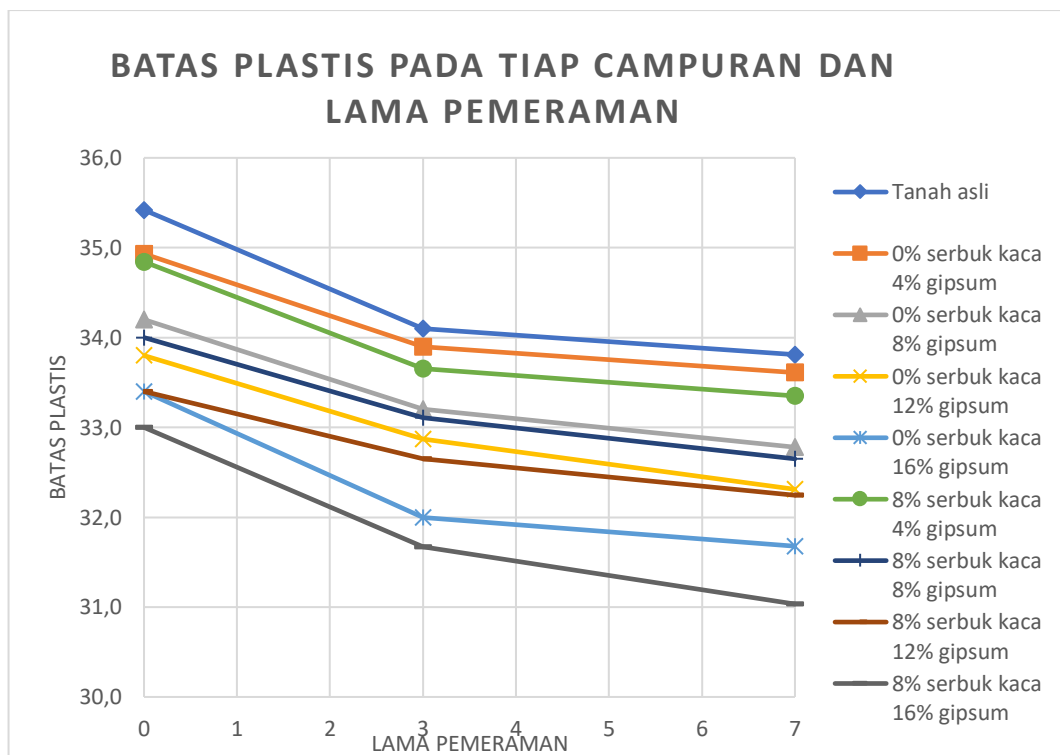
Variasi Serbuk Kaca	Variasi Gypsum	Nilai	Persentase Penurunan
0%	0%	34,10	0,000%
0%	4%	33,90	0,587%
0%	8%	33,20	2,651%
0%	12%	32,87	3,645%
0%	16%	32,00	6,292%
8%	4%	33,65	1,127%
8%	8%	33,11	2,740%
8%	12%	32,65	4,129%
8%	16%	31,67	7,131%

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.23 Persentase Penurunan Nilai Batas Plastis Pemeraman 7 Hari

Variasi Serbuk Kaca	Variasi Gypsum	Nilai	Persentase Penurunan
0%	0%	33,81	0,000%
0%	4%	33,61	0,592%
0%	8%	32,78	3,061%
0%	12%	32,31	4,492%
0%	16%	31,68	6,451%
8%	4%	33,35	1,173%
8%	8%	32,65	3,272%
8%	12%	32,25	4,512%
8%	16%	31,03	8,268%

(Sumber : Data Penulis, 2023)



Gambar 5.22 Grafik Batas Plastis Terhadap Lama Pemeraman

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 5.22 bahwa nilai batas plastis cenderung terus menurun dengan adanya penambahan serbuk kaca dan gipsum dari setiap persentase serta lamanya pemeraman. Hal ini bisa

terjadi karena semakin banyak penambahan serbuk kaca dan gipsum bisa menambahkan nilai kohesi tanah sehingga ikatan antar partikel tanah melekat. Penurunan ini juga diakibatkan adanya proses pemecahan lapisan ganda yang tersebar dan mengakibatkan flokulasi. Hal ini dapat mengurangi sifat plastis pada tanah yang ditunjukkan oleh penurunan indeks plastisitas. Nilai batas plastis terendah yaitu 31,03% dengan bahan tambah kombinasi 16% gipsum dan 8% serbuk kaca dengan lama pemeraman 7 hari. Kombinasi serbuk kaca dan gipsum lebih efektif untuk menurunkan nilai batas plastis tanah dibandingkan jika hanya menambahkan serbuk gipsum saja yang hanya mampu menurunkan nilai batas plastis tanah hingga 31,68% pada tambahan 16% serbuk gipsum dengan lama pemeraman 7 hari.

5.3.5. Indeks Plastisitas

Berdasarkan dengan pengujian sebelumnya didapatkan nilai batas cair dan batas plastis pada tiap variasi campuran, maka nilai indeks plastisitas dapat diketahui. Indeks plastisitas merupakan selisih antara nilai batas cair dengan nilai batas plastis. Berikut merupakan nilai indeks plastisitas dari sampel tanah Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten.

Tabel 5.24 Nilai Indeks Plastisitas Pemeraman 0 hari

Variasi Serbuk Kaca	Variasi Gipsum	Nilai Indeks Plastisitas	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0%	0%	16,64	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
0%	4%	12,87	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
0%	8%	13,00	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
0%	12%	13,00	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
0%	16%	12,50	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif

8%	4%	12,56	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
8%	8%	13,00	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
8%	12%	12,70	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
8%	16%	12,00	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.25 Nilai Indeks Plastisitas Pemeraman 3 hari

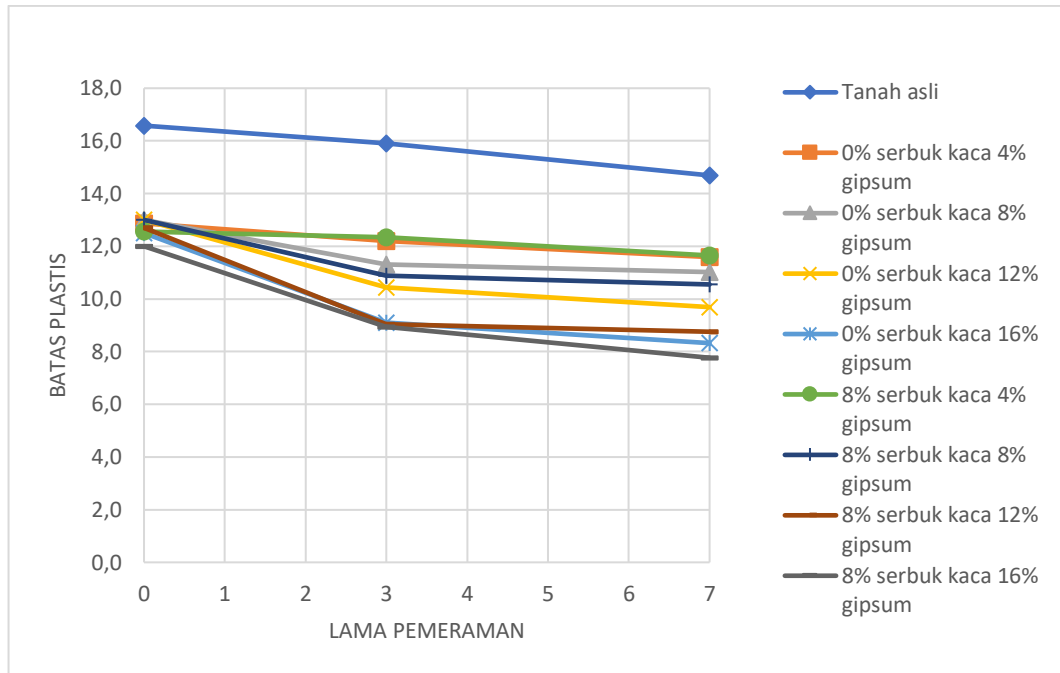
Variasi Serbuk Kaca	Variasi Gypsum	Nilai Indeks Plastisitas	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0%	0%	15,90	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
0%	4%	12,20	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
0%	8%	11,30	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
0%	12%	10,43	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
0%	16%	9,10	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
8%	4%	12,35	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
8%	8%	10,89	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
8%	12%	9,05	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
8%	16%	8,93	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.26 Nilai Indeks Plastisitas Pemeraman 7 hari

Variasi Serbuk Kaca	Variasi Gypsum	Nilai Indeks Plastisitas	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0%	0%	14.69	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
0%	4%	11.59	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
0%	8%	11.02	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
0%	12%	9.69	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
0%	16%	8.32	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
8%	4%	11.65	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
8%	8%	10.55	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
8%	12%	8.76	Plastisitas Rendah	Lempung Berlanau	Kohesif
8%	16%	7.77	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif

(Sumber : Data Penulis, 2023)



Gambar 5.23 Grafik Indeks Plastisitas Terhadap Lama Pemeraman

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Berdasarkan hasil analisis data pengujian batas cair dan batas plastis diketahui bahwa dengan penambahan bahan aditif berupa serbuk kaca dan gipsum dapat mempengaruhi penurunan nilai indeks plastisitas. Nilai Indeks Plastisitas terendah didapatkan pada pengujian sampel tanah pada campuran 8% serbuk kaca dan 16% gypsum 7 hari pemeraman dengan nilai Indeks Plastisitas 7,77%. Berkurangnya nilai batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitas dapat dipengaruhi oleh dengan pecahnya difus lapisan ganda yang mengelilingi partikel tanah lempung yang mengakibatkan berkurangnya sifat plastisitas (Padmaraj, 2017). Berkurangnya nilai indeks plastisitas bisa terjadi karena serbuk kaca memiliki kandungan SiO_2 yang bisa menyerap kelembapan jika sampel tanah menyerap terlalu banyak air yang menyebabkan kembang susut tanah dapat diminimalisir dan tanah menjadi stabil (Kusuma dkk., 2020).

5.4. California Bearing Ratio (CBR)

California Bearing Ratio merupakan beban penetrasi suatu jenis material dan beban standar pada kedalaman dan dengan kecepatan penetrasi yang sama. Untuk mengevaluasi potensi kekuatan material lapis tanah dasar, fondasi, termasuk material yang didaur ulang untuk perkerasan jalan dan lapangan terbang maka

dilakukan pengujian CBR. Sesuai dengan SNI 1744-2012 pengujian CBR dilakukan sebanyak 3 sampel dengan tumbukan yang berbeda-beda, yakni 10 tumbukan, 30 tumbukan, dan 65 tumbukan. Tanah yang digunakan untuk pengujian ini yaitu tanah dalam kondisi kering udara dan lolos saringan No.4.

Setelah dilakukan pengeringan campurkan bahan aditif berupa serbuk kaca dan gypsum dan air kedalam tanah dan diaduk hingga merata. Kemudian pasang *mold* CBR dan memasukkan pelat alas kedalam *mold* CBR. Masukkan campuran tanah kedalam *mold* CBR lalu ditumbuk dengan menggunakan penumbuk setiap lapisannya. Setiap lapisannya ditumbuk sebanyak 10 tumbukan untuk sampel pertama. Lakukan penumbukan sebanyak 30 dan 65 tumbukan untuk sampel berikutnya. Penumbukan dilakukan sesuai dengan pola tumbukan supaya saat dilakukan pemadatan bisa merata.



Gambar 5.24 Pemadatan Sampel CBR

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Setelah selesai pemadatan sebanyak 3 lapisan lalu lepaskan leher *mold* dan ratakan bagian permukannya. Kemudian lakukan pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) di Laboratorium Teknik Sipil Untirta. Untuk sampel CBR dilakukan beberapa pemeraman yaitu 0 hari, 3 hari, dan 7 hari. Pemeraman dilakukan supaya dapat meningkatkan nilai CBR dan dapat meurunkan nilai indeks plastisitas (Kusuma dkk., 2020). Pemeraman 0 hari atau tanpa pemeraman dilakukan pengujian CBR pada hari yang sama sedangkan untuk pemeraman 3 dan 7 hari diperam didalam mold dan dibungkus plastik supaya tanah dapat bereaksi dengan semen slag dan air secara maksimal.

Sampel yang akan diuji ditimbang terlebih dahulu beserta *mold* CBR dan taruh sampel di atas alas CBR. Setelah itu lakukan pengujian dan catat data yang

diperlukan.



Gambar 5.25 Pengujian CBR

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Berikut contoh perhitungan pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) pada tanah aslidengan pemeraman 0 hari :

Menghitung nilai CBR pada 10 tumbukan

Massa <i>mold</i>	= 4130 gram
Massa <i>mold</i> + benda uji basah	= 7576,5 gram
Massa benda uji basah	= 3446,5 gram
Volume <i>mold</i>	= 2125 cm ³
Densitas basah	= massa benda uji basah/volume <i>mold</i> = 3446,5/2125 = 1,622 gram/cm ³
Densitas kering	= Densitas basah/(1+kadar air) = 1,622 gram/cm ³ /(1+25,95%) = 1,288 gram/cm ³
Kalibrasi porvig ring	= 16,24 lb
Penetrasi 0,1 inch	= pembacaan arloji x kalibrasi = 5,4 x 16,24 lb = 87,7 lb
Penetrasi 0,2 inch	= pembacaan arloji x kalibrasi = 8 x 16,24 lb = 129,92 lb

Berikut ini merupakan table hasil dari pengujian CBR Tanah tanpa menambahkan bahan campuran.

Tabel 5.27 Hasil Pengujian CBR Tanah 10 Tumbukan

Elapsed Time	Proving Ring	Dial Reading	Pressure (lb/sqin)
	Penetration		
Sec	(inch)	I	I
0	0	0	0
15	0,0125	1,6	25,98
30	0,025	3	48,72
60	0,050	4	64,96
90	0,075	4,4	71,46
120	0,100	5,4	87,70
180	0,150	7,2	116,93
240	0,200	8	129,92

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Pehitungan CBR penetrasi 0,1 inch dan 0,2 inch :

$$\begin{aligned}
 \text{CBR 0,1 inch} &= \frac{\text{beban penetrasi}}{3000} \times 100 \\
 &= \frac{87,70}{3000} \times 100 \\
 &= 2,92\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CBR 0,2 inch} &= \frac{\text{beban penetrasi}}{4500} \times 100 \\
 &= \frac{129,92}{4500} \times 100 \\
 &= 2,89\%
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 1744-2012 pada dasarnya *california bearing ratio* dipilih dari penetrasi 0,1 inci, jika CBR pada penetrasi 0,2 inci lebih besar dibandingkan dengan CBR penetrasi 0,1 inci maka CBR wajib diulang. Apabila CBR telah diulang dan memberikan hasil yang sama maka gunakan CBR penetrasi 0,2 inci. Maka untuk nilai CBR tanah asli 10 tumbukan yaitu 2,92%.

Berikut ini merupakan rekapitulasi hasil perhitungan nilai CBR pada tiap tumbukan berdasarkan variasi persentase penambahan serbuk kaca dan gipsum berdasarkan lama waktu pemeraman.

Tabel 5.28 Rekapitulasi Nilai CBR Pada Tanah Tanpa Bahan Tambah

Pemeraman	Nilai CBR Tiap Tumbukan (%)		
	10 T	30 T	65 T
0 hari	2,92	4,98	5,09
3 hari	3,46	5,74	5,31
7 hari	4,01	5,95	6,5

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.29 Rekapitulasi Nilai CBR Pada Tanah dengan 4% Gypsum

Pemeraman	Nilai CBR Tiap Tumbukan (%)		
	10 T	30 T	65 T
0 hari	10,29	12,43	15,70
3 hari	12,35	15,22	18,78
7 hari	16,8	18,76	21,65

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.30 Rekapitulasi Nilai CBR Pada Tanah dengan 8% Gypsum

Pemeraman	Nilai CBR Tiap Tumbukan (%)		
	10 T	30 T	65 T
0 hari	12,44	15,70	17,2
3 hari	16,78	18,77	19,89
7 hari	19,49	22,4	23,4

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.31 Rekapitulasi Nilai CBR Pada Tanah dengan 12% Gypsum

Pemeraman	Nilai CBR Tiap Tumbukan (%)		
	10 T	30 T	65 T
0 hari	13,72	16,21	18
3 hari	16,89	20,11	22,23
7 hari	20,02	22,21	23,7

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.32 Rekapitulasi Nilai CBR Pada Tanah dengan 16% Gypsum

Pemeraman	Nilai CBR Tiap Tumbukan (%)		
	10 T	30 T	65 T

0 hari	13,78	16,5	17,98
3 hari	17,02	19,99	22,34
7 hari	20,14	22,25	23,36

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.33 Rekapitulasi Nilai CBR Pada Tanah dengan 8% Serbuk Kaca dan 4% Gypsum

Pemeraman	Nilai CBR Tiap Tumbukan (%)		
	10 T	30 T	65 T
0 hari	12,29	14,13	17,20
3 hari	14,31	16,92	19,88
7 hari	18,3	19,96	22,65

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.34 Rekapitulasi Nilai CBR Pada Tanah dengan 8% Serbuk Kaca dan 8% Gypsum

Pemeraman	Nilai CBR Tiap Tumbukan (%)		
	10 T	30 T	65 T
0 hari	13,43	17,50	18,62
3 hari	17,98	18,7	20,89
7 hari	21,19	22,4	23,46

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.35 Rekapitulasi Nilai CBR Pada Tanah dengan 8% Serbuk Kaca dan 12% Gypsum

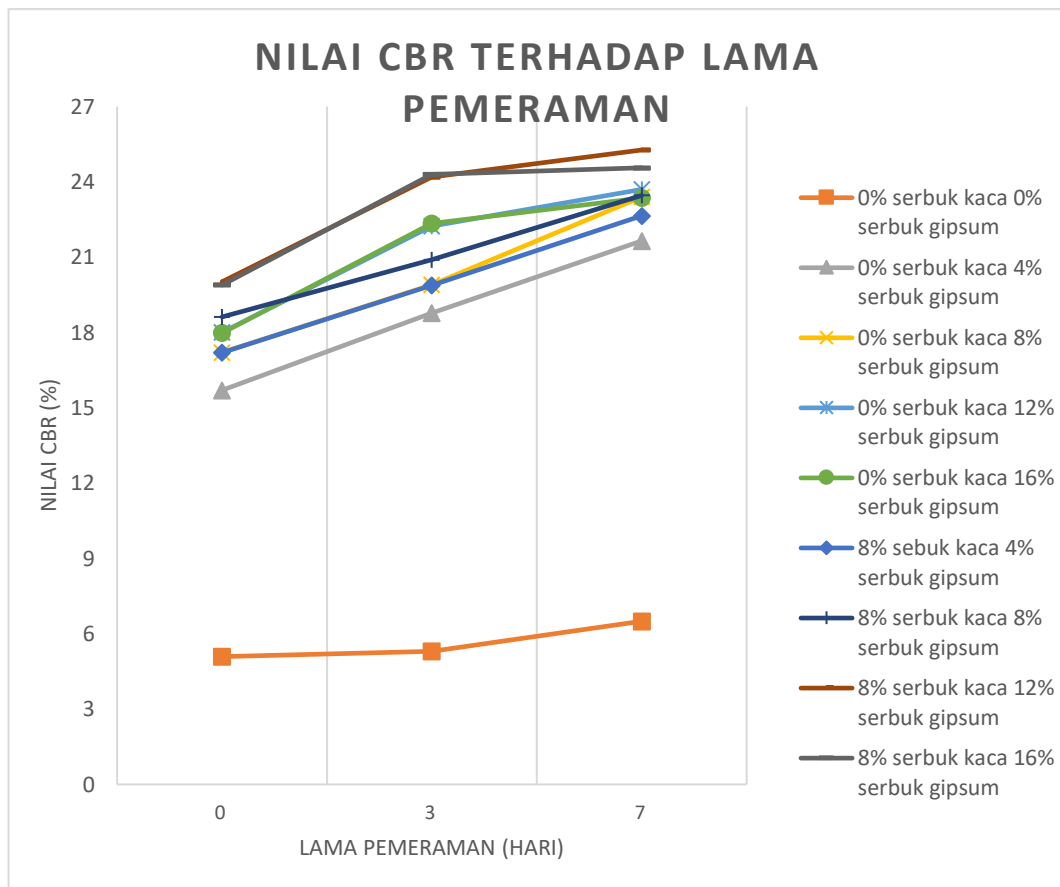
Pemeraman	Nilai CBR Tiap Tumbukan (%)		
	10 T	30 T	65 T
0 hari	15,62	18,13	20,02
3 hari	18,81	22,13	24,2
7 hari	22,26	24,31	25,27

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.36 Rekapitulasi Nilai CBR Pada Tanah dengan 8% Serbuk Kaca dan 16% Gypsum

Pemeraman	Nilai CBR Tiap Tumbukan (%)		
	10 T	30 T	65 T
0 hari	15,49	18,1	19,89
3 hari	18,02	20,93	24,3
7 hari	22,79	24,18	24,56

(Sumber : Data Penulis, 2023)



Gambar 5.26 Grafik Hasil CBR

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Berdasarkan Berdasarkan tabel diatas hasil pengujian CBR terus meningkat dengan penambahan baik hanya ditambah gypsum maupun campuran gypsum dan serbuk kaca . Nilai terbesar didapat dengan penambahan serbuk kaca 8% dan gipsum 12% dengan nilai CBR 25,27% dengan waktu pemeraman 7 hari. Serbuk kaca memiliki kandungan silika yang cukup besar yang mampu memperbesar nilai CBR. Selain itu campuran gypsum yang mengandung kapur dapat menyebabkan proses

sementasi. Penggumpalan yang dihasilkan dari sementasi ini meningkatkan ikatan antar butiran. Kemampuan butiran untuk saling mengunci akan tumbuh dengan meningkatnya koneksi antar butiran. Selain itu, ruang pori yang terisi sebagian akan ditutupi oleh zat sementasi yang lebih kuat, mencegah butiran mudah rusak atau cacat oleh efek air (Efendi Situmorang & Ardan, 2019). Lamanya pemeraman juga mempengaruhi terhadap nilai CBR karena proses kimia yang menentukankualitas tanah membutuhkan waktu karena bahan kimia yang terkandung dalam bahan aditif harus terlebih dahulu ada sebelum mereka dapat bereaksi (Efendi Situmorang & Ardan, 2019).

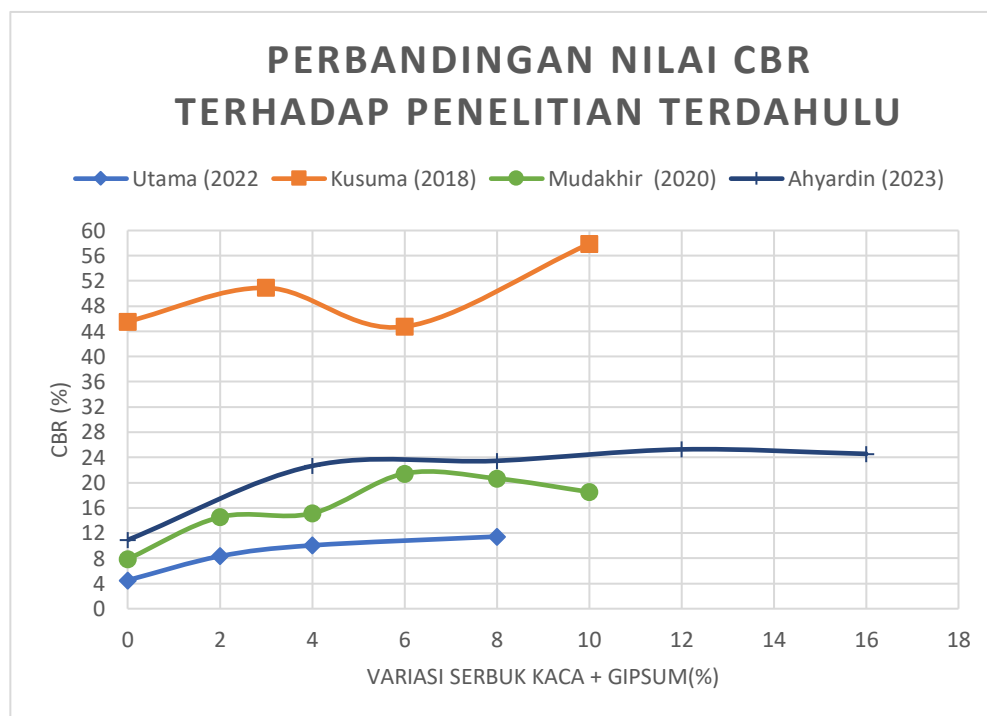
Hasil data ini kemudian akan *dispositioning* terdahulu untuk memperlihatkan beragam data pengujian dengan menggunakan serbuka kaca dan gipsum. Penelitian Mudakhir, Ibnu (2020) yang menggunakan serbuk kaca dan gipsum untuk melakukan pengujian CBR, Kusuma, R.I. (2018) menggunakan bahan tambah gypsum untuk pengujian CBR *unsoaked*, Utama, D.A. (2022) menggunakan bahan tambah serbuk kaca dan gypsum untuk pengian CBR pada tanah lempung. Berikut merupakan hasil *positioning* dengan penelitian terdahulu :

Tabel 5.37 Positionig Terhadap Penelitian Sebelumnya

Nama Peneliti	Material Sampel CBR	CBR (%)
Muhammad Ahyarudin (2023), bahan : Serbuk Kaca dan Gypsum	tanah asli	10,90
	tanah asli + 8% serbuk kaca + 4% gipsum	22,65
	tanah asli + 8% serbuk kaca + 8% gipsum	23,46
	tanah asli + 8% serbuk kaca + 12% gipsum	25,27
	tanah asli + 8% serbuk kaca + 16% gipsum	24,56
Rama Indera Kusuma, dkk (2018), bahan: Gypsum	tanah asli	45,562
	tanah asli + 3% gipsum	50,898
	tanah asli + 6% gipsum	44,741
	tanah asli + 10% gipsum	57,876
Dimas Anggara	tanah asli	4,511

Utama (2022), bahan : gypsum dan serbuk kaca	tanah asli + 2% SK + 8% LG	8,324
	tanah asli + 4% SK + 8% LG	10,044
	tanah asli + 8% SK + 8% LG	11,439
Ibnu Mudakhir (2020), bahan limbah gypsum, serbuk kaca	tanah + 0% serbuk kaca	7,87
	tanah + 2% serbuk kaca	14,528
	tanah + 4% serbuk kaca	15,124
	tanah + 6% serbuk kaca	21,44
	tanah + 8% serbuk kaca	20,649
	tanah + 10% serbuk kaca	18,52

(Sumber : Data Penulis, 2023)



Gambar 5.27 Grafik Hasil CBR dengan Penelitian Terdahulu

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Nilai CBR yang berbeda-beda diakibatkan dengan perbedaan lokasi yang diambil yang mengakibatkan perbedaan karakteristik sifat fisik tanah yang dijadikan sampel penelitian. Pemilihan variasi juga dapat menghasilkan nilai yang berbeda, dengan penambahan serbuk kaca dan gypsum akan menghasilkan nilai CBR yang tinggi, tetapi jika penambahannya terlalu berlebih akan menurunkan nilai CBR. Pemeraman juga dapat mempengaruhi nilai CBR, dengan semakin lama pemeraman yang dilakukan maka proses sementasi akan menjadi optimal sehingga nilai CBR menjadi optimal.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa stabilisasi tanah dengan menggunakan bahan tambah serbuk kaca dan gipsium dengan variasi 0% serbuk gipsium + 0% serbuk kaca, 4% serbuk gipsium + 0% serbuk kaca, 8% serbuk gipsium + 0% serbuk kaca, 12% serbuk gipsium + 0% serbuk kaca, dan 16% serbuk gipsium + 0% serbuk kaca, 4% serbuk gipsium + 8% serbuk kaca, 8% serbuk gipsium + 8% serbuk kaca, 12% serbuk gipsium + 8% serbuk kaca, dan 16% serbuk gipsium + 8%, dengan lama pemeraman 0 hari, 3 hari, dan 7 hari pada tanah lempung di Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten sebagai berikut :

1. Klasifikasi tanah asli berdasarkan sistem klasifikasi USCS termasuk ke dalam klasifikasi OH dengan nilai indeks plastisitas 16,644% yaitu tanah lempung organik dengan tanah plastisitas sedang hingga tinggi.
2. Penambahan serbuk kaca dan gipsium dapat mempengaruhi sifat fisik tanah lempung. Dengan adanya pengaruh penambahan semen slag akan menurunkan nilai indeks plastisitas tanah lempung. Indeks plastisitas tanah asli yaitu 16,644% pada penambahan 8% serbuk kaca dan 16% gipsium indeks plastisitas mengalami penurunan menjadi 7,77%.
3. Pemanfaatan serbuk kaca dan gipsium juga mampu meningkatkan nilai CBR. Nilai CBR yang didapat meningkat seiring dengan penambahan serbuk kaca dan gipsium, Tanah asli yang awalnya memiliki nilai CBR sebesar 3,8% mengalami peningkatan nilai CBR hingga mencapai 25,27% dengan persentase penambahan serbuk kaca 8% dan 12% gipsium dengan lama pemeraman selama 7 hari.

6.2. Saran

Penelitian yang telah dilakukan masih belum sempurna, sehingga untuk mengurangi ketidaksempurnaan tersebut, berikut ini beberapa saran untuk penelitian selanjutnya:

1. Melakukan penelitian seperti yang dilakukan penulis dengan menambahkan

waktu pemeraman agar mampu mengetahui nilai CBR yang lebih akurat.

2. Menggunakan variasi yang lebih bervariasi karena pada penelitian ini terdapat nilai CBR yang masih mengalami kenaikan hingga pada variasi tertinggi.
3. Melakukan penelitian dengan menjadikan variasi serbuk kaca yang berbeda agar mampu mendapatkan hasil optimum dengan perubahan persentase bahan tambah serbuk kaca yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Allowenda S, A. P., & Priadi, E. (2017). *Analisa Modulus Elastisitas Dalam Memprediksi Besarnya Keruntuhan Lateral Dinding Penahan Tanah Pada Tanah Lunak*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI 1964-2008 *Cara Uji Berat Jenis Tanah*. Kementrian Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI 1965-2008 *Cara Uji Penentuan Kadar Air Untuk Tanah dan Batuan*. Kementrian Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI 1965-2008 *Cara Uji Penentuan Kadar Air Untuk Tanah dan Batuan*. Kementrian Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI 1966-2008 *Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah*. Kementrian Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI 1967-2008 *Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah*. Kementrian Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI 1742-2008 *Cara Uji Kepadatan Ringan Untuk Tanah*. Kementrian Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI 3423-2008 *Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah*. Kementrian Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU.
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). SNI 1744-2012 *Metode Uji CBR Laboratorium*. Kementrian Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU.
- Bowles, J dan Hainim, JK, (1984). *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Edisi Kedua. Erlangga. Jakarta.

- Das, B.M. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekaayasa Geoteknis)*. Erlangga. Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C. (2002). *Mekanika Tanah I (edisi ke-3)*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Indera, R., Mina, E., & Fakhri, N. (2018). *Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Dengan Memanfaatkan Limbah Gypsum Dan Pengaruhnya Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR)*. Dalam Jurnal Fondasi (Vol. 7, Issue 1).
- Jomari, F. Tan dan Mary Ann Q. Adajar. (2020) “*Recycled Gypsum And Rice Husk Ash As Additives In The Stabilization Of Expansive Soil*” De La Salle University, Filipina.
- Jurusan Teknik Sipil. (2021). *Pedoman Penulisan Skripsi*. Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon.
- Ndaru, Febra W., dkk. (2014) “*Pengaruh Penambahan Serbuk Gypsum Dan Abu Sekam Padi Dengan Lamanya Waktu Pengeraman (Curing) Terhadap Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif Di Bojonegoro*” Universitas Brawijaya Maalang.
- Rifqi, Muhammad A., dkk. (2017) “*Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi Dan Kapur Pada Subgrade Perkerasan Jalan*” Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Roesyanto. (2018) “*Clay Stabilization By Using Gypsum And Paddy Husk Ash With Reference To UCT And CBR Value*” Universitas Sumatera Utara.
- Wesley, L.D. (2017). *Mekanika Tanah*. ANDI OFFSET. Yogyakarta.
- Yuliana, Lilie, dkk. (2022) “*Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Serbuk Gypsum, Abu Sekam Padi, Dan Kapur*” Universitas Palangka Raya.

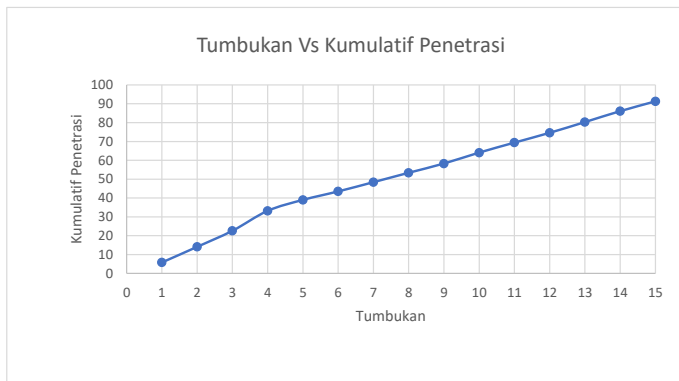
LAMPIRAN 2
BLANKO PENGUJIAN



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
 Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp.(0254)395502/081287301294

Nama Proyek : Penelitian Tugas Akhir M. Ahyarudin
 Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknik Sipil Untirta
 Variasi : 100% tanah asli
 Pengujian : DCP
 Titik : 1

Tumbukan	angka DCP		selisih (cm)	kumulatif penetrasi (cm)	DCP (mm/tumbukan)	CBR (%)	CBR Rata-Rata(%)
	X0 (cm)	X1 (cm)					
1	0	5.8	5.8	5.8	60.867	3	3.00
2	5.8	14.1	8.3	14.1			
3	14.1	22.6	8.5	22.6			
4	22.6	33.2	10.6	33.2			
5	33.2	39	5.8	39			
6	39	43.5	4.5	43.5			
7	43.5	48.4	4.9	48.4			
8	48.4	53.4	5	53.4			
9	53.4	58.3	4.9	58.3			
10	58.3	64.1	5.8	64.1			
11	64.1	69.4	5.3	69.4			
12	69.4	74.6	5.2	74.6			
13	74.6	80.3	5.7	80.3			
14	80.3	86.1	5.8	86.1			
15	86.1	91.3	5.2	91.3			



Mengetahui,

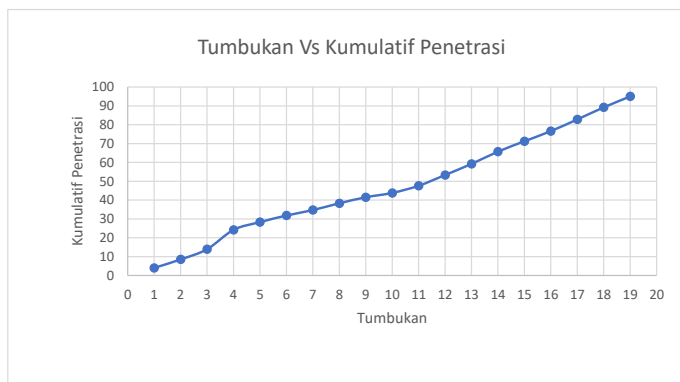
Kepala Laboratorium	Asisten Laboratorium	Mahasiswa
Baehaki, S.T., M.T.	Moh. Sopyan NIM. 3336190019	M. Ahyarudin NIM. 3336180034



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
 Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp.(0254)395502/081287301294

Nama Proyek : Penelitian Tugas Akhir M. Ahyarudin
 Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknik Sipil Untirta
 Variasi : 100% tanah asli
 Pengujian : DCP
 Titik : 2

Tumbukan	angka DCP		selisih (cm)	kumulatif penetrasi (cm)	DCP (mm/tumbukan)	CBR (%)	CBR Rata-Rata(%)
	X0 (cm)	X1 (cm)					
1	0	4	4	4	50.000	4	4.00
2	4	8.5	4.5	8.5			
3	8.5	13.9	5.4	13.9			
4	13.9	24.2	10.3	24.2			
5	24.2	28.3	4.1	28.3			
6	28.3	31.8	3.5	31.8			
7	31.8	34.7	2.9	34.7			
8	34.7	38.3	3.6	38.3			
9	38.3	41.5	3.2	41.5			
10	41.5	43.8	2.3	43.8			
11	43.8	47.6	3.8	47.6			
12	47.6	53.3	5.7	53.3			
13	53.3	59.2	5.9	59.2			
14	59.2	65.7	6.5	65.7			
15	65.7	71.2	5.5	71.2			
16	71.2	76.6	5.4	76.6			
17	76.6	82.8	6.2	82.8			
18	82.8	89.2	6.4	89.2			
19	89.2	95	5.8	95			



Mengetahui,

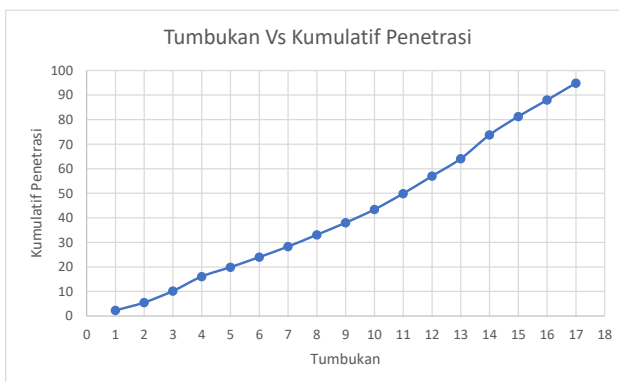
Kepala Laboratorium	Asisten Laboratorium	Mahasiswa
Baehaki, S.T., M.T.	Moh. Sopyan NIM. 3336190019	M. Ahyarudin NIM. 3336180034



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
 Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp.(0254)395502/081287301294

Nama Proyek : Penelitian Tugas Akhir M. Ahyarudin
 Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknik Sipil Untirta
 Variasi : 100% tanah asli
 Pengujian : DCP
 Titik : 3

Tumbukan	angka DCP		selisih (cm)	kumulatif penetrasi (cm)	DCP (mm/tumbukan)	CBR (%)	CBR Rata-Rata(%)
	X0 (cm)	X1 (cm)					
1	0	2.3	2.3	2.3	55.824	3.5	3.50
2	2.3	5.5	3.2	5.5			
3	5.5	10.2	4.7	10.2			
4	10.2	16.1	5.9	16.1			
5	16.1	19.9	3.8	19.9			
6	19.9	24	4.1	24			
7	24	28.3	4.3	28.3			
8	28.3	33.1	4.8	33.1			
9	33.1	38	4.9	38			
10	38	43.4	5.4	43.4			
11	43.4	49.9	6.5	49.9			
12	49.9	57	7.1	57			
13	57	64.1	7.1	64.1			
14	64.1	73.8	9.7	73.8			
15	73.8	81.3	7.5	81.3			
16	81.3	88	6.7	88			
17	88	94.9	6.9	94.9			



Mengetahui,

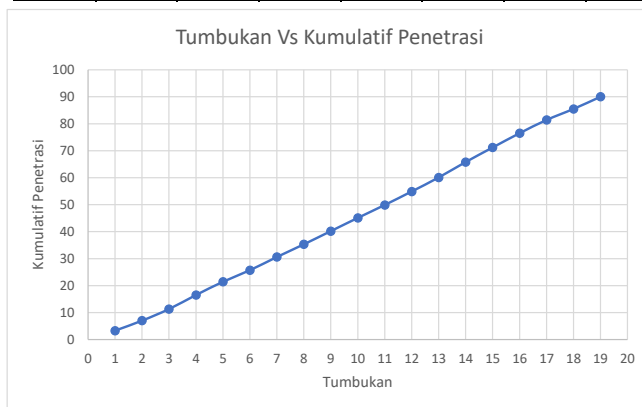
Kepala Laboratorium	Asisten Laboratorium	Mahasiswa
Baehaki, S.T., M.T.	Moh. Sopyan NIM. 3336190019	M. Ahyarudin NIM. 3336180034



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
 Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp.(0254)395502/081287301294

Nama Proyek : Penelitian Tugas Akhir M. Ahyarudin
 Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknik Sipil Untirta
 Variasi : 100% tanah asli
 Pengujian : DCP
 Titik : 4

Tumbukan	angka DCP		selisih (cm)	kumulatif penetrasi (cm)	DCP (mm/tumbukan)	CBR (%)	CBR Rata-Rata(%)
	X0 (cm)	X1 (cm)					
1	0	3.3	3.3	3.3	47.368	4.1	4.10
2	3.3	7	3.7	7			
3	7	11.3	4.3	11.3			
4	11.3	16.5	5.2	16.5			
5	16.5	21.4	4.9	21.4			
6	21.4	25.7	4.3	25.7			
7	25.7	30.6	4.9	30.6			
8	30.6	35.3	4.7	35.3			
9	35.3	40.2	4.9	40.2			
10	40.2	45.1	4.9	45.1			
11	45.1	49.9	4.8	49.9			
12	49.9	54.9	5	54.9			
13	54.9	60.1	5.2	60.1			
14	60.1	65.8	5.7	65.8			
15	65.8	71.2	5.4	71.2			
16	71.2	76.5	5.3	76.5			
17	76.5	81.4	4.9	81.4			
18	81.4	85.5	4.1	85.5			
19	85.5	90	4.5	90			



Mengetahui,

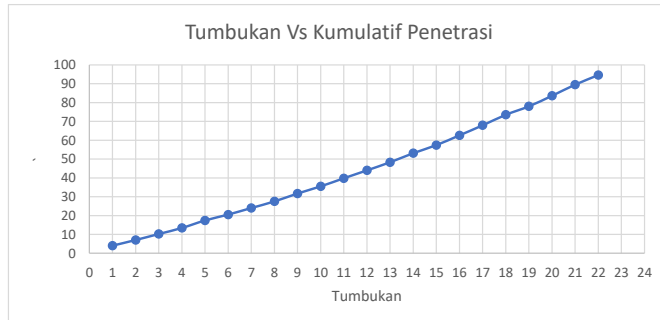
Kepala Laboratorium	Asisten Laboratorium	Mahasiswa
Baehaki, S.T., M.T.	Moh. Sopyan NIM. 3336190019	M. Ahyarudin NIM. 3336180034



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
 Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp.(0254)395502/081287301294

Nama Proyek : Penelitian Tugas Akhir M. Ahyarudin
 Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknik Sipil Untirta
 Variasi : 100% tanah asli
 Pengujian : DCP
 Titik : 5

Tumbukan	angka DCP		selisih (cm)	kumulatif penetrasi (cm)	DCP (mm/tumbukan)	CBR (%)	CBR Rata-Rata(%)
	X0 (cm)	X1 (cm)					
1	0	4	4	4	43.000	4.5	4.50
2	4	7	3	7			
3	7	10.2	3.2	10.2			
4	10.2	13.4	3.2	13.4			
5	13.4	17.4	4	17.4			
6	17.4	20.5	3.1	20.5			
7	20.5	24	3.5	24			
8	24	27.5	3.5	27.5			
9	27.5	31.7	4.2	31.7			
10	31.7	35.5	3.8	35.5			
11	35.5	39.8	4.3	39.8			
12	39.8	44	4.2	44			
13	44	48.3	4.3	48.3			
14	48.3	53.1	4.8	53.1			
15	53.1	57.4	4.3	57.4			
16	57.4	62.6	5.2	62.6			
17	62.6	67.9	5.3	67.9			
18	67.9	73.5	5.6	73.5			
19	73.5	78	4.5	78			
20	78	83.6	5.6	83.6			
21	83.6	89.5	5.9	89.5			
22	89.5	94.6	5.1	94.6			



Mengetahui,

Kepala Laboratorium	Asisten Laboratorium	Mahasiswa
Baehaki, S.T., M.T.	Moh. Sopyan NIM. 3336190019	M. Ahyarudin NIM. 3336180034



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp.(0254)395502/081287301294

Nama Proyek : Penelitian Tugas Akhir M. Ahyarudin
Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknik Sipil Untirta
Variasi : 100% tanah asli
Pengujian : Kadar Air
Pemeraman : -

No	item	symbol	Satuan	A	B
				sieve No. 4	Sieve No. 10
1	Berat Cawan	W1	gram	154	4.6
2	Berat Cawan + Tanah Basah	W2	gram	176	24.4
3	Berat Cawan + Tanah Kering	W3	gram	170.83	20.03
4	Berat Tanah Basah	$W_{tb} = W2 - W1$	gram	22	19.8
5	Berat Tanah Kering	$W_d = W3 - W1$	gram	16.83	15.43
6	Berat Air	$W_w = W_{tb} - W_d$	gram	5.17	4.37
7	Kadar Air	$\omega = (W_w / W_d) \times 100$	%	30.72	28.32
8	Rata - Rata Kadar Air		%	29.52	

Mengetahui,

Kepala Laboratorium	Asisten Laboratorium	Mahasiswa
Baehaki, S.T., M.T.	Moh. Sopyan NIM. 3336190019	M. Ahyarudin NIM. 3336180034



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp.(0254)395502/081287301294

Nama Proyek : Penelitian Tugas Akhir M. Ahyarudin
Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknik Sipil Untirta
Variasi : 100% tanah asli
Pengujian : Berat Jenis
Pemeraman : -

No	Item	Simbol	Satuan	Saringan no 4	Saringan no 10
1	Berat Pikhometer + Contoh	W2	gram	312.5	297.5
2	Berat Pikhometer	W1	gram	203	200.5
3	Berat Tanah	$W_t = W_2 - W_1$	gram	109.5	97
4	Temperatur		°C	32	
5	Berat Pikno+air+tanah pada	W3	gram	847.5	863.5
6	Berat Pikno + air pada	W4	gram	779.5	804.5
7	$W_5 = W_t + W_4$	W5	gram	889.00	901.50
8	Isi Tanah	$W_5 - W_3$	cm ³	41.50	38.00
9	Berat Jenis	$W_t / (W_5 - W_3)$	gram/cm ³	2.64	2.55
10	Rata - Rata		gram/cm ³	2.60	

Mengetahui,

Kepala Laboratorium	Asisten Laboratorium	Mahasiswa
Baehaki, S.T., M.T.	Moh. Sopyan NIM. 3336190019	M. Ahyarudin NIM. 3336180034



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp.(0254)395502/081287301294

Nama Proyek : Penelitian Tugas Akhir M. Ahyarudin
Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknik Sipil Untirta
Variasi : 0% Serbuk Kaca 4% Gypsum
Pengujian : Berat Jenis
Pemeraman : -

No	Item	Simbol	Satuan	Saringan no 4	Saringan no 10
1	Berat Pikhnometer + Contoh	W2	gram	313	298
2	Berat Pikhnometer	W1	gram	203	200.5
3	Berat Tanah	$Wt = W2 - W1$	gram	110	97.5
4	Temperatur		°C	32	
5	Berat Pikno+air+tanah pada	W3	gram	852	865
6	Berat Pikno + air pada	W4	gram	782.5	806.5
7	$W5 = Wt + W4$	W5	gram	892.50	904.00
8	Isi Tanah	$W5 - W3$	cm ³	40.50	39.00
9	Berat Jenis	$Wt / (W5 - W3)$	gram/cm ³	2.72	2.50
10	Rata - Rata		gram/cm ³	2.61	

Mengetahui,

Kepala Laboratorium	Asisten Laboratorium	Mahasiswa
Baehaki, S.T., M.T.	Moh. Sopyan NIM. 3336190019	M. Ahyarudin NIM. 3336180034



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp.(0254)395502/081287301294

Nama Proyek : Penelitian Tugas Akhir M. Ahyarudin
Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknik Sipil Untirta
Variasi : 0% Serbuk Kaca 8% Gypsum
Pengujian : Berat Jenis
Pemeraman : -

No	Item	Simbol	Satuan	Saringan no 4	Saringan no 10
1	Berat Piknometer + Contoh	W2	gram	311	296
2	Berat Piknometer	W1	gram	203	200.5
3	Berat Tanah	$Wt = W2 - W1$	gram	108	95.5
4	Temperatur		°C	32	
5	Berat Pikno+air+tanah pada	W3	gram	844	868
6	Berat Pikno + air pada	W4	gram	779	806
7	$W5 = Wt + W4$	W5	gram	887.00	902.00
8	Isi Tanah	$W5 - W3$	cm ³	43.00	34.00
9	Berat Jenis	$Wt / (W5 - W3)$	gram/cm ³	2.51	2.81
10	Rata - Rata		gram/cm ³	2.66	

Mengetahui,

Kepala Laboratorium	Asisten Laboratorium	Mahasiswa
Baehaki, S.T., M.T.	Moh. Sopyan NIM. 3336190019	M. Ahyarudin NIM. 3336180034



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp.(0254)395502/081287301294

Nama Proyek : Penelitian Tugas Akhir M. Ahyarudin
Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknik Sipil Untirta
Variasi : 0% Serbuk Kaca 12% Gypsum
Pengujian : Berat Jenis
Pemeraman : -

No	Item	Simbol	Satuan	Saringan no 4	Saringan no 10
1	Berat Pikhnometer + Contoh	W2	gram	315	299
2	Berat Pikhnometer	W1	gram	203	200.5
3	Berat Tanah	$Wt = W2 - W1$	gram	112	98.5
4	Temperatur		°C	32	
5	Berat Pikno+air+tanah pada	W3	gram	855	864
6	Berat Pikno + air pada	W4	gram	780.5	805.5
7	$W5 = Wt + W4$	W5	gram	893.00	904.00
8	Isi Tanah	$W5 - W3$	cm ³	38.00	40.00
9	Berat Jenis	$Wt / (W5 - W3)$	gram/cm ³	2.95	2.46
10	Rata - Rata		gram/cm ³	2.70	

Mengetahui,

Kepala Laboratorium	Asisten Laboratorium	Mahasiswa
Baehaki, S.T., M.T.	Moh. Sopyan NIM. 3336190019	M. Ahyarudin NIM. 3336180034



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp.(0254)395502/081287301294

Nama Proyek : Penelitian Tugas Akhir M. Ahyarudin
Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknik Sipil Untirta
Variasi : 0% Serbuk Kaca 16% Gypsum
Pengujian : Berat Jenis
Pemeraman : -

No	Item	Simbol	Satuan	Saringan no 4	Saringan no 10
1	Berat Pikhnometer + Contoh	W2	gram	310	296.5
2	Berat Pikhnometer	W1	gram	203	200.5
3	Berat Tanah	$Wt = W2 - W1$	gram	107	96
4	Temperatur		°C	32	
5	Berat Pikno+air+tanah pada	W3	gram	847	866
6	Berat Pikno + air pada	W4	gram	779.5	804.5
7	$W5 = Wt + W4$	W5	gram	886.50	900.50
8	Isi Tanah	$W5 - W3$	cm ³	39.50	34.50
9	Berat Jenis	$Wt / (W5 - W3)$	gram/cm ³	2.71	2.78
10	Rata - Rata		gram/cm ³	2.75	

Mengetahui,

Kepala Laboratorium	Asisten Laboratorium	Mahasiswa
Baehaki, S.T., M.T.	Moh. Sopyan NIM. 3336190019	M. Ahyarudin NIM. 3336180034



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp.(0254)395502/081287301294

Nama Proyek : Penelitian Tugas Akhir M. Ahyarudin
Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknik Sipil Untirta
Variasi : 8% Serbuk Kaca 4% Gypsum
Pengujian : Berat Jenis
Pemeraman : -

No	Item	Simbol	Satuan	Saringan no 4	Saringan no 10
1	Berat Piknometer + Contoh	W2	gram	313	298.5
2	Berat Piknometer	W1	gram	203	200.5
3	Berat Tanah	$W_t = W_2 - W_1$	gram	110	98
4	Temperatur		°C	32	
5	Berat Pikno+air+tanah pada	W3	gram	849	864
6	Berat Pikno + air pada	W4	gram	779	804.5
7	$W_5 = W_t + W_4$	W5	gram	889.00	902.50
8	Isi Tanah	$W_5 - W_3$	cm ³	40.00	38.50
9	Berat Jenis	$W_t / (W_5 - W_3)$	gram/cm ³	2.75	2.55
10	Rata - Rata		gram/cm ³	2.65	

Mengetahui,

Kepala Laboratorium	Asisten Laboratorium	Mahasiswa
Baehaki, S.T., M.T.	Moh. Sopyan NIM. 3336190019	M. Ahyarudin NIM. 3336180034



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
 Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp.(0254)395502/081287301294

Nama Proyek : Penelitian Tugas Akhir M. Ahyarudin
 Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknik Sipil Untirta
 Variasi : 8% Serbuk Kaca 8% Gypsum
 Pengujian : Berat Jenis
 Pemeraman : -

No	Item	Simbol	Satuan	Saringan no 4	Saringan no 10
1	Berat Pikhnometer + Contoh	W2	gram	310.5	298
2	Berat Pikhnometer	W1	gram	203	200.5
3	Berat Tanah	$Wt = W2 - W1$	gram	107.5	97.5
4	Temperatur		°C	32	
5	Berat Pikno+air+tanah pada	W3	gram	851	861
6	Berat Pikno + air pada	W4	gram	779.5	804.5
7	$W5 = Wt + W4$	W5	gram	887.00	902.00
8	Isi Tanah	$W5 - W3$	cm ³	36.00	41.00
9	Berat Jenis	$Wt / (W5 - W3)$	gram/cm ³	2.99	2.38
10	Rata - Rata		gram/cm ³	2.68	

Mengetahui,

Kepala Laboratorium	Asisten Laboratorium	Mahasiswa
Baehaki, S.T., M.T.	Moh. Sopyan NIM. 3336190019	M. Ahyarudin NIM. 3336180034



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp.(0254)395502/081287301294

Nama Proyek : Penelitian Tugas Akhir M. Ahyarudin
Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknik Sipil Untirta
Variasi : 8% Serbuk Kaca 12% Gypsum
Pengujian : Berat Jenis
Pemeraman : -

No	Item	Simbol	Satuan	Saringan no 4	Saringan no 10
1	Berat Piknometer + Contoh	W2	gram	314.5	298
2	Berat Piknometer	W1	gram	203	200.5
3	Berat Tanah	$W_t = W_2 - W_1$	gram	111.5	97.5
4	Temperatur		°C	32	
5	Berat Pikno+air+tanah pada	W3	gram	847	862
6	Berat Pikno + air pada	W4	gram	775	802
7	$W_5 = W_t + W_4$	W5	gram	886.50	899.50
8	Isi Tanah	$W_5 - W_3$	cm ³	39.50	37.50
9	Berat Jenis	$W_t / (W_5 - W_3)$	gram/cm ³	2.82	2.60
10	Rata - Rata		gram/cm ³	2.71	

Mengetahui,

Kepala Laboratorium	Asisten Laboratorium	Mahasiswa
Baehaki, S.T., M.T.	Moh. Sopyan NIM. 3336190019	M. Ahyarudin NIM. 3336180034



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon Tlp.(0254)395502/081287301294

Nama Proyek : Penelitian Tugas Akhir M. Ahyarudin
Lokasi Pengujian : Laboratorium Teknik Sipil Untirta
Variasi : 8% Serbuk Kaca 16% Gypsum
Pengujian : Berat Jenis
Pemeraman : -

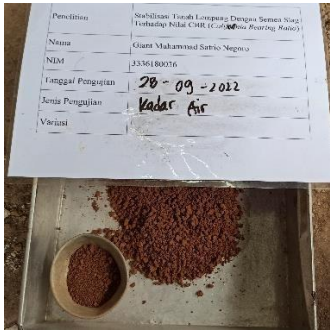
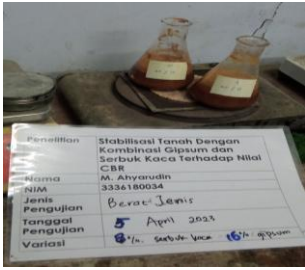
No	Item	Simbol	Satuan	Saringan no 4	Saringan no 10
1	Berat Piknometer + Contoh	W2	gram	310	300
2	Berat Piknometer	W1	gram	203	200.5
3	Berat Tanah	$Wt = W2 - W1$	gram	107	99.5
4	Temperatur		°C	32	
5	Berat Pikno+air+tanah pada	W3	gram	842	863
6	Berat Pikno + air pada	W4	gram	774.5	798.5
7	$W5 = Wt + W4$	W5	gram	881.50	898.00
8	Isi Tanah	$W5 - W3$	cm ³	39.50	35.00
9	Berat Jenis	$Wt / (W5 - W3)$	gram/cm ³	2.71	2.84
10	Rata - Rata		gram/cm ³	2.78	

Mengetahui,

Kepala Laboratorium	Asisten Laboratorium	Mahasiswa
Baehaki, S.T., M.T.	Moh. Sopyan NIM. 3336190019	M. Ahyarudin NIM. 3336180034

Dokumentasi Pengujian

No	Dokumentasi	Keterangan
1		Pengujian DCP
2		Pengambilan Tanah
3		Penyimpanan Tanah
4		Bahan Tambah Serbuk Kaca

5		Bahan Tambah Serbuk Gypsum
6		Pengujian Kadar Air
7		Pengujian Berat Jenis
8	 	Pengujian Atterberg

		
9		Pengujian ABB
10		Pengujian Pemadatan

