

TUGAS AKHIR

ANALISIS STUDI STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN CAMPURAN POLIMER SILIKON TERHADAP UJI PEMADATAN DAN UJI NILAI CBR TANPA RENDAMAN PADA KAWASAN DELTAMAS CIKARANG PUSAT KABUPATEN BEKASI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Akademis dalam Menyelesaikan Program
Sarjana (Strata-1) Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP Bandung*

Disusun Oleh:

QISTI FATIN

2112201057



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANGGA BUANA YPKP
BANDUNG**

2024

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**ANALISIS STUDI STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN
CAMPURAN POLIMER SILIKON TERHADAP UJI PEMADATAN DAN
UJI NILAI CBR TANPA RENDAMAN PADA KAWASAN DELTAMAS
CIKARANG PUSAT KABUPATEN BEKASI**

Disusun Oleh:

Qisti Fatm

2112201057

Laporan Tugas Akhir ini diperiksa dan disetujui sebagai kelengkapan persyaratan kelulusan dan guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP Bandung

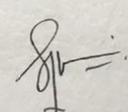
Disetujui dan Disahkan

Dosen Pembimbing


Ir. Chandra Afriade Siregar, ST., MT., IPU., Asean Eng., APEC Eng.
NIK. 432.200.167

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Universitas Sangga Buana YPKP Bandung


Muhammad Syukri, ST., MT
NIK. 432.200.200

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

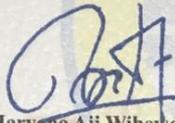
**ANALISIS STUDI STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN
CAMPURAN POLIMER SILIKON TERHADAP UJI PEMADATAN DAN
UJI NILAI CBR TANPA RENDAMAN PADA KAWASAN DELTAMAS
CIKARANG PUSAT KABUPATEN BEKASI**

Tugas Akhir ini diperiksa dan disetujui sebagai kelengkapan persyaratan kelulusan
guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil
Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.

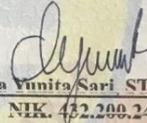
Disetujui Oleh:

Penguji 1

Penguji 2



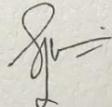
Dwi Haryana Aji Wihawa, ST., MT
NIK. 432.200.159



Dea Yunita Sari, ST., MT
NIK. 432.200.241

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Universitas Sangga Buana YPKP Bandung



Muhammad Syukri, ST., MT
NIK. 432.200.200

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Maka, sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan”

(Al- Insyirah : 5)

“Pada Akhirnya, ini semua hanyalah permulaan”

(Nadin Amizah)

“Rasakanlah proses yang kamu tempuh dalam hidupmu, sehingga kamu tau
betapa hebatnya dirimu sudah berjuang sampai detik ini”

Tugas Akhir ini saya persembahkan khusus untuk cinta pertamaku, panutanku serta pintu surgaku Ibu Ade Rostika, SE. Alhamdulillah kini penulis sudah berada di tahap ini, menyelesaikan tugas akhir sederhana ini sebagai wujud jawaban dan tanggung jawab atas kepercayaan yang telah diamanatkan kepadaku. Terimakasih atas limpahan doa yang tak berkesudahan, wanita hebat yang selalu memberikan kasih sayang, dukungan dan juga motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan sangat baik. Sehat selalu dan hiduplah lebih lama lagi bu, ibu harus selalu ada disetiap perjalanan dan pencapaian di hidup saya. Semoga Allah senantiasa memuliakan ibu baik di dunia maupun di akhirat. Aamiin.

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Studi Stabilisasi Tanah Lempung dengan Campuran Polimer Silikon Terhadap Uji Pemasatan dan Uji Nilai CBR tanpa Rendaman Pada Kawasan Deltamas Cikarang Pusat Kabupaten Bekasi**” ini merupakan hasil dari penelitian saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tugas Akhir yang saya kutip dari karya tulis orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang melanggar etika keilmuan dalam penulisan laporan ini, maka saya siap menanggung resiko dan sanksi yang berlaku.

Bandung, September 2024

Pembuat Pernyataan,



Qisti Fatm
2112201057

**ANALISIS STUDI STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN
CAMPURAN POLIMER SILIKON TERHADAP UJI PEMADATAN DAN
UJI NILAI CBR TANPA RENDAMAN PADA KAWASAN DELTAMAS
CIKARANG PUSAT KABUPATEN BEKASI**

Oleh:
Qisti Fatin

Sebuah tugas akhir yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana YPKP Bandung

© Qisti Fatin 2024
Universitas Sangga Buana – YPKP
2024

Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang
Tugas Akhir ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian
Dengan dicetak ulang, di fotokopi atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

ABSTRAK

Stabilisasi tanah merupakan salah satu metode penting dalam meningkatkan kualitas tanah, terutama pada tanah lempung yang memiliki sifat mudah berubah ketika terpapar cuaca. Penelitian ini berfokus pada analisis stabilisasi tanah lempung dengan menggunakan campuran polimer silikon di kawasan Deltamas, Cikarang Pusat, Kabupaten Bekasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi campuran polimer silikon terhadap kepadatan tanah dan nilai California Bearing Ratio (CBR) tanpa rendaman. Penelitian ini dilakukan melalui uji laboratorium dengan tiga variasi campuran polimer silikon, yaitu 10%, 15%, dan 20% dari berat tanah uji. Hasil uji menunjukkan bahwa penambahan polimer silikon meningkatkan kepadatan tanah dan nilai CBR secara signifikan dibandingkan dengan tanah asli. Peningkatan ini menunjukkan bahwa penggunaan polimer silikon efektif dalam memperbaiki kualitas tanah lempung, yang pada gilirannya dapat meningkatkan daya dukung tanah dan stabilitas struktur yang dibangun di atasnya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pemilihan metode perbaikan tanah lempung yang efektif di kawasan serupa, serta berkontribusi dalam pengembangan teknik stabilisasi tanah di Indonesia.

Kata Kunci: Stabilisasi tanah, tanah lempung, polimer silikon, kepadatan tanah, nilai CBR, Deltamas Cikarang.

ABSTRACT

Soil stabilization is a crucial method in improving soil quality, particularly for clay soils, which are prone to changes when exposed to weather conditions. This study focuses on the analysis of clay soil stabilization using a silicone polymer mixture in the Deltamas area, Central Cikarang, Bekasi Regency. The aim of this research is to determine the effect of varying silicone polymer mixtures on soil density and the California Bearing Ratio (CBR) without soaking. The study was conducted through laboratory tests with three variations of silicone polymer mixtures, namely 10%, 15%, and 20% by soil weight. The test results showed that the addition of silicone polymer significantly increased soil density and CBR values compared to the original soil. This increase indicates that the use of silicone polymer is effective in improving the quality of clay soil, which in turn can enhance the soil's bearing capacity and the stability of structures built on it. The results of this study are expected to serve as a reference in selecting effective clay soil improvement methods in similar areas and contribute to the development of soil stabilization techniques in Indonesia.

Keywords: Soil stabilization, clay soil, silicone polymer, soil density, CBR value, Deltamas Cikarang.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran ALLAH SWT karena berkat rahmat dan hidayahnya maka dapat menyelesaikan Tugas Akhir. Tugas Akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan Pendidikan Strata Satu Jurusan Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.

Dengan selesainya saya menyusun Tugas Akhir ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada:

1. Allah SWT atas berkah rahmat dan hidayahnya saya bisa diberikan kesehatan lahir dan batin sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sangat baik.
2. Kedua orang tua saya yang memberi doa, dukungan dan motivasi baik moril maupun materil.
3. Dr. Didin Saepudin, SE., M.Si, Selaku Rektor Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan Keuangan Perbankan – Bandung.
4. Dr. Teguh Nurhadi Suharsono, ST., MT, Selaku Wakil Rektor I Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan Keuangan Perbankan – Bandung.
5. Bambang Susanto, SE., M.Si, Selaku Wakil Rektor II Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan Keuangan Perbankan – Bandung.
6. Dr. Nurhaeni Sikki, S.AP., M.A.P, Selaku Wakil Rektor III Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan Keuangan Perbankan – Bandung.
7. Slamet Risnanto, ST., M. Kom, Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan Keuangan Perbankan – Bandung.
8. Muhammad Syukri, ST., MT, Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan Keuangan perbankan – Bandung.
9. Ir. Muhammad Ryanto, MT, Selaku Wakil Ketua Program Sudi Teknik Sipil dan Wali Dosen Program Studi Teknik Sipil 2020 Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan Keuangan Perbankan – Bandung.
10. Ir. Chandra Afriade Siregar, ST., MT., IPU, Asean Eng., APEC Eng. Selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing dan memotivasi.

11. Seluruh civitas Universitas Sangga Buana yang secara langsung ataupun tidak langsung telah membantu kelancaran pengerjaan Tugas Akhir ini.
12. Seluruh keluarga tercinta yang telah banyak memberikan dukungan, bantuan, dan doa serta hiburan hingga saya bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
13. Teruntuk Rachel Margareth Safary, sahabat penulis yang selalu menemani, memberi dukungan dan motivasi serta semangat yang sangat berarti dari penulis SMK hingga saat ini. Terimakasih sudah menjadi partner bertumbuh di segala kondisi yang terkadang tidak terduga, menjadi pendengar yang baik untuk penulis serta menjadi orang yang selalu meyakinkan penulis bahwa segala masalah yang dihadapi selama proses tugas akhir akan berakhir.
14. Teruntuk Siti Nur Azizah, Rahmawati, Maldhita Gica Shifarani, Hanatyani Nur Asmi, dan Lisyah Maharani selaku teman baik semasa perkuliahan. Terimakasih sudah membuktikan bahwa pertemanan di kuliah tidak seburuk itu. Terimakasih telah membuat kehidupan perkuliahan terasa begitu cepat dan penuh kebahagiaan. Seluruh dukungan dan dorongan yang telah diberikan akan selalu penulis kenang.
15. Terimakasih kepada teman-teman teknik sipil 2020 atas segala pengalaman dan bantuannya selama masa perkuliahan.
16. Teruntuk seseorang dengan inisial AMS yang telah berkontribusi banyak sejak awal penulisan tugas akhir ini sampai titik ini dimana penulis akhirnya mendapatkan gelar ST. Terimakasih telah menjadi bagian dari perjalanan penulis menyusun tugas akhir ini, telah meluangkan baik waktu, tenaga, materi maupun moril kepada penulis, sudah mau mendengarkan keluh kesah penulis sepanjang pembuatan tugas akhir ini. Semoga kita bisa sukses bersama sesuai dengan apa yang kita impikan.
17. Teruntuk Agnie Luthfianza, dibalik semua lingkungan teman yang aku miliki, aku akan selalu pulang untuk satu temen ini, orang yang tau siapa aku sebenarnya, kalau bukan dia siapa lagi yang mendengarkanku tanpa menghakimi, dan kepada siapa aku menangis. Semoga kita ga pernah asing ya.

Sadar akan keterbatasan ilmu dan kemampuan yang dimiliki, penulisan Tugas Akhir ini tentu masih sangat jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan yang harus di perbaiki, penulis berharap mendapatkan saran dan kritik membangun kepada kami agar menjadi lebih baik lagi. Penulis berharap laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca umumnya dan penulis pribadi khususnya. Atas segala perhatiannya penulis mengucapkan terima kasih.

Bandung, September 2024

Qisti Fatin
2112201057

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Lokasi Penelitian	6
1.7 Sistematika Penulisan.....	7
BAB II.....	8
TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Tanah	8
2.2 Mineral Tanah.....	10
2.2.1 Kaolinite.....	10
2.2.2 Montmorillonite	11
2.2.3 Halloysite	13
2.2.4 Illite	14
2.3 Sifat Fisik Tanah.....	15
2.3.1 Berat isi Tanah (γ)	16
2.3.2 Kadar Air Tanah (w).....	18
2.3.3 Berat Spesifik Tanah (Gs)	19
2.3.4 Batas-Batas Atterberg (Atterberg Limit).....	21
2.3.5 Gradasi Butiran	24
2.4 Sifat Mekanis Tanah	27
2.4.1 Kepadatan.....	28

2.4.2	Kuat Geser.....	29
2.4.3	Konsolidasi.....	35
2.4.4	CBR.....	36
2.5	Klasifikasi Tanah	38
2.5.1	Sistem Unified Soil Classification System (USCS).....	39
2.5.2	Sistem Klasifikasi AASHTO.....	40
2.6	Tanah Bermasalah	43
2.6.1	Tanah Longsor.....	43
2.6.2	Tanah Lunak.....	45
2.6.3	Tanah Gambut.....	47
2.6.4	Tanah Ekspansif.....	49
2.6.5	Tanah Lempung Serpih (Tanah lempung).....	51
2.6.6	Tanah Rentan Likuifaksi	53
2.7	Stabilisasi Tanah.....	55
2.8	Polimer	58
BAB III.....		61
METODOLOGI PENELITIAN.....		61
3.1	Diagram Alir.....	61
3.2	Penentuan Lokasi Penelitian.....	62
3.3	Studi Literatur.....	63
3.4	Pengumpulan Data.....	63
3.4.1	Data Primer	63
3.4.2	Data Sekunder	65
3.5	Analisis Data	69
BAB IV		70
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		70
4.1	Lokasi Penelitian	70
4.2	Karakteristik Tanah Asli	70
4.2.1	Pengujian Mineralogi Tanah	70

4.2.2	Pengujian Sifat Fisik Tanah.....	72
4.2.3	Pengujian Sifat Mekanis Tanah.....	73
4.3	Data Uji dengan Variasi Campuran Polimer Silikon.....	81
4.3.1	Pengujian Pematatan dengan Variasi Campuran Polimer Silikon..	81
4.3.2	Pengujian CBR tanpa rendaman dengan Variasi Campuran Polimer Silikon	86
4.4	Rekapitulasi Hasil Pengujian.....	90
BAB V.....		92
PENUTUP.....		92
5.1	Kesimpulan.....	92
5.2	Saran.....	93
LAMPIRAN.....		96
DAFTAR PUSTAKA.....		94

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Cara Uji Kepadatan Berat untuk Tanah.....	28
Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi Tanah Unified.....	40
Tabel 2.3 Klasifikasi Tanah berdasarkan AASHTO.....	42
Tabel 4.1 Data Penelitian Mineralogi XRD	71
Tabel 4.2 Mineralogi Oxide	71
Tabel 4.3 Mineralogi Element.....	72
Tabel 4.4 Paramater Tanah	72
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Pemadatan dengan Campuran Polimer Silikon	86
Tabel 4.6 Kadar Air Pengujian Pemadatan dengan Campuran Polimer Silikon...	86
Tabel 4.7 Rekapitulasi Hasil Pengujian Pemadatan dan Pengujian CBR tanpa Rendaman.....	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Lokasi Kawasan Deltamas	6
Gambar 2.1 Contoh Mineral Tanah Kaolinite.....	11
Gambar 2.2 Struktur Mineral Tanah Kaolinite.....	11
Gambar 2.3 Contoh Mineral Tanah Montmorillonite	12
Gambar 2.4 Struktur Mineral Tanah Montmorillonite	12
Gambar 2.5 Contoh Mineral Tanah Halloysite	13
Gambar 2.6 Struktur Mineral Tanah Halloysite	14
Gambar 2.7 Contoh Mineral Tanah Illite	15
Gambar 2.8 Struktur Mineral Tanah Illite.....	15
Gambar 2.9 Nilai – nilai Batas Atterberg untuk Subkelompok Tanah.....	43
Gambar 2.10 Kondisi Tanah Longsor	44
Gambar 2.11 Kondisi Tanah Lunak	46
Gambar 2.12 Kondisi Tanah Gambut.....	48
Gambar 2.13 Kondisi Tanah Ekspansif.....	50
Gambar 2.14 Kondisi Tanah Lempung Serpih.....	52
Gambar 2.15 Kondisi Tanah Rentan Likuifaksi.....	55
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian	61
Gambar 3.2 Kondisi Tanah di lokasi penelitian	62
Gambar 4.1 Lokasi Penelitian.....	70
Gambar 4.2 Grafik Uji Pemadatan Tanah Asli.....	73
Gambar 4.3 Hasil Pengujian Triaxial UU Tanah Asli	74
Gambar 4.4 Hasil Pengujian UCS Tanah Asli.....	76
Gambar 4.5 Hasil Pengujian UCS Tanah Asli Remoulded	77
Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian UCS Tanah Asli	78
Gambar 4.7 Hasil Pengujian CBR tanpa Rendaman Tanah Asli.....	80
Gambar 4.8 Grafik Nilai CBR tanpa Rendaman dengan Variasi Campuran 10%	87
Gambar 4.9 Grafik Nilai CBR tanpa Rendaman dengan Variasi Campuran 20%	88

Gambar 4.10 Grafik Nilai CBR tanpa Rendaman dengan Variasi Campuran 30% 89

Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Tanah Asli dan Variasi Campuran Uji Pematatan
..... 90

Gambar 4.12 Perbandingan Tanah Asli dan Variasi Campuran Uji CBR tanpa
Rendaman..... 91

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah longsor, tanah lunak, tanah gambut, tanah ekspansif, dan tanah lempung serpih adalah masalah geoteknik yang paling umum di Indonesia. Jika analisis tanah dilakukan dengan benar, tanah lempung tampak seperti batuan keras, tetapi fakta bahwa kekuatan tanah lempung sangat tidak stabil dan dapat berubah dengan cepat menyebabkan kerusakan dan kegagalan struktur (Adisurya and Makarim 2022). Ketika tanah lempung terekspos terhadap faktor cuaca (udara dan air), kekuatan gesernya dapat menurun secara signifikan. Lapisan tanah lempung yang lemah akan sangat membahayakan konstruksi yang di atasnya. Daya dukung tanah akan berkurang secara signifikan, menyebabkan tanah tidak mampu memikul beban bangunan dan dapat menyebabkan keruntuhan yang signifikan.

Kawasan Deltamas terletak di Kabupaten Bekasi, Jawa Barat, Indonesia. Secara umum, tanah di kawasan ini memiliki karakteristik yang bervariasi, tetapi sebagian besar termasuk dalam kategori tanah lempung dan tanah liat. Tanah lempung dan tanah liat ini dapat bervariasi dari lempung berpasir hingga lempung berkerikil, bergantung pada formasi geologi setempat. Perlu dicatat bahwa keberadaan tanah tanah lempung di suatu kawasan dapat dipengaruhi oleh formasi geologi yang ada di daerah tersebut. Oleh karena itu, penelitian geologi lokal atau kajian geoteknik dapat memberikan gambaran yang lebih jelas tentang komposisi dan karakteristik tanah tanah lempung di kawasan Deltamas. Penggunaan tanah tanah lempung di kawasan Deltamas dapat beragam, termasuk dalam proyek konstruksi, pertanian, dan pengembangan infrastruktur.

Di Indonesia, banyak kasus kerusakan konstruksi karena tanah tanah lempung karena kurangnya pengetahuan tentang jenis tanah ini, yang menyebabkan kesalahan desain. Salah satu kasus yang paling terkenal di Indonesia adalah Jembatan Cisomang, yang merupakan bagian dari ruas Jalan Tol Cikampek - Padalarang pada KM 100 + 700. (Zarkasi Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Irpani Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, and Arifien Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat 2018).

Tanah lempung adalah jenis tanah yang terdiri dari butiran – butiran kecil yang terbuat dari campuran mineral lempung dan shale. Di Indonesia, tanah tanah lempung dapat ditemukan di beberapa daerah yang memiliki formasi geologi yang kaya akan endapan sedimen. Tanah tanah lempung umumnya memiliki karakteristik yang berbeda – beda tergantung pada komposisi mineral, tingkat kelembapan, dan kondisi geologi setempat. Pemanfaatan tanah tanah lempung di Indonesia dapat berkaitan dengan pembangunan infrastruktur, pertanian, serta pengembangan industri konstruksi dan material bangunan. Namun dalam penggunaannya perlu memperhatikan karakteristik dan sifat – sifat khusus dari tanah tanah lempung agar dapat mengoptimalkan manfaatnya dan mencegah potensi masalah yang dapat timbul.

Tanah lempung disebut juga tanah lempung batuan dan merupakan jenis tanah yang berada di antara tanah lempung dan batu. Ketika tanah lempung mengendap di dalam tanah, ia menjadi seperti batu yang sangat keras. Ketika tanah lempung terkena udara dan air, tanah tersebut mengalami pelapukan (pelapukan tanah), melunak, dan kehilangan kekuatan (Sabrina, Yudhyantoro, and Chairullah 2023). Tanah lempung umumnya berada di zona tidak jenuh air, karena efek kapilaritas lebih dominan di area tersebut, tergantung pada posisi muka air tanah. Selain itu, perilaku tanah lempung sering dianggap sebagai material transisi antara tanah dan batuan. Masalah yang sering terjadi pada tanah lempung adalah kecenderungannya mengalami degradasi dengan cepat saat terpapar udara, terutama ketika dalam kondisi basah atau terendam.

Metode stabilisasi tanah dilakukan dengan mencampur bahan-bahan untuk memperkuat fondasi tanah dasar. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan kapasitas menahan beban dan daya dukung tanah selama masa penggunaan jalan, serta melawan tegangan fisik dan kimia yang diakibatkan oleh kondisi cuaca dan lingkungan. Karakteristik tanah dasar meliputi kekuatan kekakuan, potensi pengembangan, permeabilitas air, serta perubahan volume. Dengan sifat-sifat ini, dibutuhkan beragam teknik untuk meningkatkan kualitas tanah (Ibrahim 2013). Metode untuk memperbaiki sifat-sifat tanah yang tidak stabil atau tidak stabil dikenal sebagai stabilisasi tanah. Untuk stabilisasi tanah, bahan-bahan tertentu ditambahkan ke susunan tanah asli. Dalam penelitian ini, polimer silikon digunakan untuk stabilisasi tanah lempung. Polimer silikon telah dikenal sebagai salah satu bahan tambah yang baik untuk stabilisasi tanah, dengan tujuan untuk mengubah sifat tanah, mengurangi kelunakan tanah, dan meningkatkan daya dukung tanah.

Sejarah teknik sipil menunjukkan bahwa kondisi tanah pondasi yang tidak diselidiki dan tidak terekam secara menyeluruh adalah penyebab utama kegagalan bangunan sipil (Brata and Siregar 2021). Banyak penelitian telah dilakukan tentang menggunakan bahan tambah untuk memperbaiki tanah. Dengan menggunakan bahan tambah polimer silikon, sifat tanah dapat diperbaiki secara signifikan. Namun, tidak banyak penelitian yang menyelidiki penggunaan polimer silikon sebagai stabilisasi tanah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan stabilitas tanah lempung di kawasan deltamas dengan menggunakan polimer silikon, yang ditambahkan sebesar 10%, 15%, dan 20% dari berat benda uji. Dengan mengetahui nilai stabilitas yang diperoleh dengan menggunakan polimer silikon, metode ini dapat digunakan untuk meningkatkan kondisi tanah di kawasan deltamas. Kekuatan geser, daya dukung, dan permeabilitas tanah akan meningkat dengan tanah yang stabil.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, tanah lempung sangat rentan terhadap perubahan iklim dan cuaca, sehingga stabilisasi tanah diperlukan. Oleh karena itu, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi campuran polimer silikon terhadap kepadatan tanah lempung di Kawasan Deltamas, Cikarang Pusat, Kabupaten Bekasi?
2. Bagaimana pengaruh variasi campuran polimer silikon terhadap nilai CBR tanpa rendaman pada tanah lempung di Kawasan Deltamas, Cikarang Pusat, Kabupaten Bekasi?
3. Bagaimana perbandingan tanah asli dan variasi campuran polimer silikon terhadap kepadatan dan nilai CBR tanpa rendaman tanah lempung?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dari penelitian tugas akhir ini untuk:

1. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana variasi persentase polimer silikon dalam campuran tanah lempung mempengaruhi tingkat kepadatannya.
2. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana variasi persentase polimer silikon dalam campuran tanah lempung mempengaruhi nilai CBR tanpa rendaman.
3. Penelitian ini adalah untuk membandingkan kepadatan dan nilai CBR tanpa rendaman antara tanah lempung asli dan tanah lempung yang dicampur dengan berbagai persentase polimer silikon.

1.4 Batasan Penelitian

Adapun batasan masalah yang akan di bahas pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini di lakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Maratama Solabo Lestari.
2. Dalam penelitian ini difokuskan pada studi stabilisasi tanah lempung yang berlokasi di Kawasan Deltamas Cikarang, Kabupaten Bekasi.
3. Tanpa meninjau penggunaan polimer silikon dalam proses stabilisasi tanah memiliki dampak lingkungan yang perlu di pertimbangkan.
4. Tanpa meninjau analisis biaya dan keberlanjutan dari studi stabilisasi tanah lempung dengan campuran polimer silikon
5. Tanpa meninjau parameter pengujian permeabilitas, retakan dan perubahan volume.
6. Penelitian membatasi campuran polimer silikon dengan tambahan bahan lainnya seperti agregat, bahan pengikat, atau bahan stabilisasi lainnya.
7. Pengujian yang di lakukan hanya uji pemadatan (kompaksi) dan CBR tanpa rendaman.

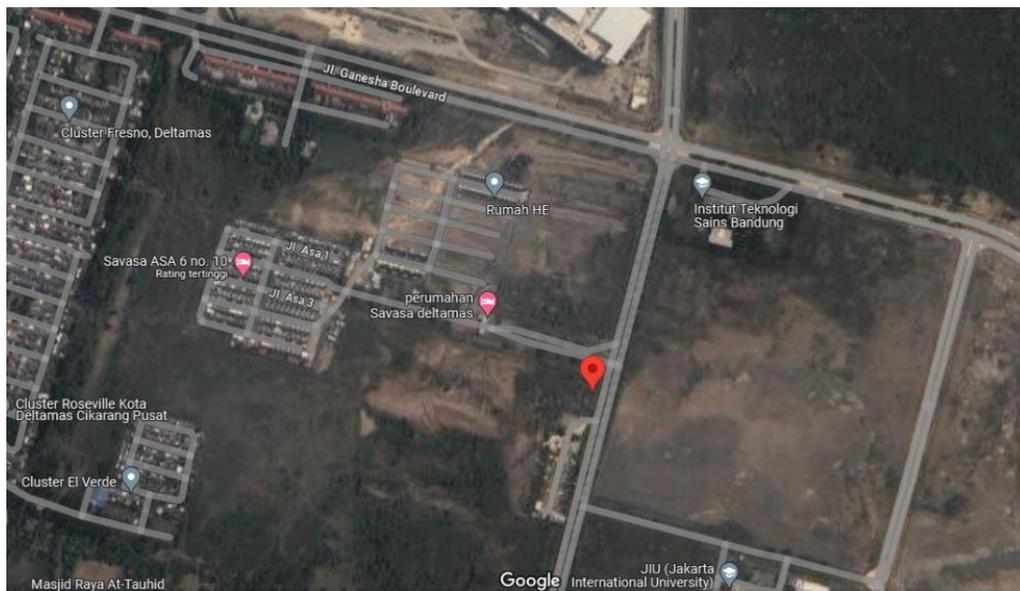
1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat menunjukkan bagaimana campuran polimer silikon dapat meningkatkan karakteristik tanah lempung, seperti kekuatan geser, kepadatan, dan stabilitas. Ini sangat bermanfaat dalam rekayasa geoteknik karena memastikan tanah memiliki sifat yang diperlukan untuk pembangunan infrastruktur. Selain itu, penelitian ini dapat menunjukkan bagaimana campuran polimer silikon dapat meningkatkan nilai CBR tanah lempung, yang menunjukkan peningkatan daya dukung tanah dan stabilitas. Selain itu, meningkatkan pengetahuan kita tentang bagaimana menggunakan teknik perbaikan tanah lempung yang distabilisasi dengan campuran polimer silikon. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan saat memilih jenis perbaikan yang lebih baik untuk tanah yang memiliki ketahanan yang rendah.

1.6 Lokasi Penelitian

Kawasan Deltamas adalah sebuah Kota Mandiri seluas ± 3.200 Ha yang terletak di Cikarang Pusat, Kabupaten Bekasi. Lokasinya sangat strategis, berada di antara Jakarta dan Bandung, serta di sebelah timur Jakarta dengan akses langsung dari Tol Jakarta-Cikampek KM 37. Penelitian ini dilakukan di lokasi yang berada di koordinat GPS $6^{\circ}21'23.8''S$ dan $107^{\circ}11'49.4''E$.

Kawasan Deltamas dikembangkan sebagai kawasan industri terbesar di Indonesia, dengan luas 1,458 hektar dan memiliki lahan cadangan untuk dikembangkan di masa depan. Kawasan ini dinamakan Greenland International Industrial Center (GIIC) dan mengusung tema ramah lingkungan dengan berbagai keuntungan yang ditawarkan. Dalam beberapa tahun terakhir, kawasan Deltamas juga dikembangkan sebagai kawasan komersial dan hunian, dengan berbagai properti yang dijual, seperti tanah komersial dan kavling industri.



Gambar 1.1 Peta Lokasi Kawasan Deltamas

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika dari penulis laporan usulan penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini merupakan tahap awal yang memberikan gambaran menyeluruh mengenai permasalahan, mencakup Latar Belakang Masalah, Rumusan Masalah, Tujuan dan Manfaat Penelitian, Batasan Masalah, serta sistematika penulisan Tugas Akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memaparkan teori-teori yang menjadi dasar untuk analisis dalam penelitian kasus ini. Teori-teori tersebut digunakan sebagai landasan untuk mendukung proses analisis dan pemecahan masalah dalam penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini membahas pendekatan dan jenis penelitian yang diterapkan, serta metode pengumpulan data yang mencakup data primer dan sekunder. Selain itu, bab ini juga menguraikan metode pemecahan masalah melalui penyusunan langkah-langkah yang dirancang untuk menyelesaikan permasalahan teori yang ada.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas data-data yang diperoleh dari hasil pengujian, kemudian dilakukan analisis untuk mendapatkan hasil perhitungan yang mendalam serta menarik kesimpulan berdasarkan penelitian tersebut.

BAB V PENUTUP

Bab ini membahas kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian. Selain itu, bab ini juga memuat saran-saran yang dapat dijadikan acuan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Tanah terdiri dari beragam agregat atau butiran mineral padat yang terbentuk melalui proses pelapukan batuan secara alami. Dalam konstruksi bangunan, tanah memiliki peran penting sebagai penopang pondasi dan tempat peletakan struktur. Ukuran butiran tanah bervariasi dan terbagi menjadi empat kategori: kerikil (gravel), pasir (sand), lanau (silt), dan lempung (clay). Setiap jenis tanah ini memiliki karakteristik yang berbeda (Candra et al. 2018). Tanah adalah material yang berasal dari batuan dasarnya tetapi tidak termasuk batuan dasarnya yang tidak terkonsolidasi (tidak terkonsolidasi) maupun yang terkonsolidasi (terkonsolidasi) dalam teknik tanah. Tanah terdiri dari butiran mineral yang memiliki berbagai ikatan yang lemah sertamemiliki bentuk dan ukuran, serta air dan gas (Kementerian PUPR 2020).

Menurut (Kusuma and Mina 2017) Tanah berfungsi sebagai dasar bagi bangunan sipil, berperan dalam menerima dan menahan beban struktur di atasnya. Pada tanah lunak, terdapat dua masalah utama: daya dukung yang rendah dan penurunan yang signifikan. Selain itu, sifat tanah lunak yang tinggi juga menambah tantangan. Untuk mengatasi masalah-masalah ini, diperlukan upaya stabilisasi tanah guna memperbaiki kualitas tanah dan meningkatkan daya dukungnya.

Tanah sebagai pondasi suatu bangunan yang berdiri di atasnya harus memenuhi syarat daya dukung yang dimiliki sehingga mampu mendukung beban bangunan di atasnya. Berdasarkan pandangan dalam ilmu mekanika tanah, tanah merujuk pada segala endapan alami yang relevan dalam rekayasa sipil, kecuali batuan padat yang tidak mengalami perubahan (P. Studi et al. 2023). Daya dukung tanah berbeda-beda tergantung pada jenis dan sifatnya. Tanah lunak, misalnya, memiliki daya dukung yang relatif kecil terhadap beban bangunan yang akan didirikan di atasnya. Jika bangunan

akan didirikan di atas tanah lunak ini, perbaikan atau stabilisasi harus dilakukan terlebih dahulu.

Menurut (Panguriseng and Makassar 2018) Transformasi bahan tanah melalui proses fisik, kimia, dan biologi membentuk lapisan tanah. Menurut teknisi sipil, "tanah" dan "batuan" adalah dua kategori bahan yang membentuk kerak bumi. Tanah merupakan campuran agregat atau butiran mineral alami yang dapat dipisahkan secara mekanis ketika dicampur dengan air. Berbeda dengan tanah, batuan adalah agregat di mana mineral-mineralnya terikat satu sama lain dengan gaya kohesif yang kuat dan tidak dapat dipisahkan secara mekanis. Tanah mengandung campuran unsur organik dan mineral dalam bentuk padat, gas, dan cair. Komposisi tanah terdiri dari lapisan partikel yang berbeda dari bahan aslinya, dipengaruhi oleh sifat fisik, mineralogi, dan kimia tanah. Proses interaksi antara hidrosfer, atmosfer, dan faktor lainnya menyebabkan perbedaan ini. Partikel tanah terbentuk dari batuan yang telah mengalami perubahan melalui proses kimia dan lingkungan, seperti erosi dan cuaca. Struktur partikel tanah yang longgar menciptakan ruang pori dalam formasi tanah.

Tanah terdiri dari tiga fase berbeda: padat, cair, dan gas. Sifat tanah bergantung pada interaksi antara fase-fase ini dan tegangan yang diterimanya. Fase padat meliputi tanah liat, mineral non-tanah liat, dan bahan organik, yang diklasifikasikan berdasarkan ukurannya, seperti tanah liat, pasir, dan kerikil. Fase cair terdiri dari air yang mengandung senyawa organik, yang dapat berasal dari limbah, air tanah, dan tumpahan kimia. Fase gas biasanya terdiri dari udara. Mineralogi tanah adalah ilmu yang mempelajari kimia, struktur, dan sifat fisik mineral, termasuk ukuran, bentuk, sifat kimia, kemampuan kompresibilitas, dan daya dukung muatan partikel tanah. Semua faktor ini—susunan partikel, kelompok partikel, ruang pori, dan komposisi—membentuk struktur tanah.

2.2 Mineral Tanah

Pembentukan mineral tanah salah satu bahan utama penyusun tanah, dapat berasal dari pelapukan fisik dan kimia batuan yang merupakan bahan induk tanah. Selain itu, proses pembentukan mineral tanah dapat berasal dari pelapukan mineral primer dan sekunder yang sudah ada sebelumnya atau rekristalisasi senyawa hasil pelapukan lainnya. Tingkat stabilitas tanah dipengaruhi oleh proses pembentukan tanah, terutama di daerah berlereng, di mana angka tanah longsor meningkat. Jika kadar mineral liat tanah meningkat, infiltrasi dan perkolasi air tanah akan menjadi lebih lambat dan lebih cepat. Oleh karena itu, untuk menilai stabilitas tanah di wilayah berlereng, kandungan mineral tanah sangat penting (B. Studi, Tombolopao, and Gowa 2011).

2.2.1 Kaolinite

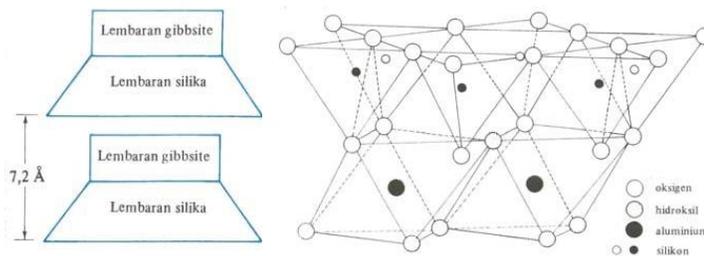
Kaolinite adalah salah satu mineral tanah yang penting karena peranannya dalam berbagai aplikasi industri serta pengaruhnya terhadap sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Kaolinit adalah silikat alumina hidrat dengan rumus kimia $Al_2Si_2O_5(OH)_4$. Artinya, setiap unit strukturnya terdiri dari dua atom aluminium, dua atom silikon, lima atom oksigen, dan empat atom hidrogen.

Kaolinite memiliki struktur kristal yang unik, biasanya berbentuk lembaran. Partikel kaolinit terdiri dari lapisan silikat tetrahedral yang terikat dengan lapisan oktahedral alumina hidrat. Kaolinit banyak ditemukan di seluruh dunia, terutama dalam endapan tanah liat dan sedimen yang terbentuk melalui pelapukan batuan granit, feldspar, dan mineral lainnya. Kaolinit memiliki banyak aplikasi industri. Salah satu penggunaan utamanya adalah dalam pembuatan keramik, kertas, cat, dan produk-produk kosmetik. Kaolinit juga digunakan dalam industri farmasi sebagai bahan pengikat dan pembawa. Kaolinit memiliki kemampuan untuk bertindak sebagai pengikat ion dalam tanah, mempengaruhi sifat-sifat kimia tanah seperti kapasitas tukar kation dan retensi air. Mineral ini juga dapat mempengaruhi kesuburan tanah dengan

menahan atau melepaskan nutrisi tertentu. Kaolinit dapat berinteraksi dengan organisme tanah seperti mikroorganisme dan akar tanaman. Beberapa studi menunjukkan bahwa kaolinit dapat memengaruhi aktivitas mikroba tanah dan penyerapan nutrisi oleh tanaman.



Gambar 2.1 Contoh Mineral Tanah Kaolinite



Gambar 2.2 Struktur Mineral Tanah Kaolinite

2.2.2 Montmorillonite

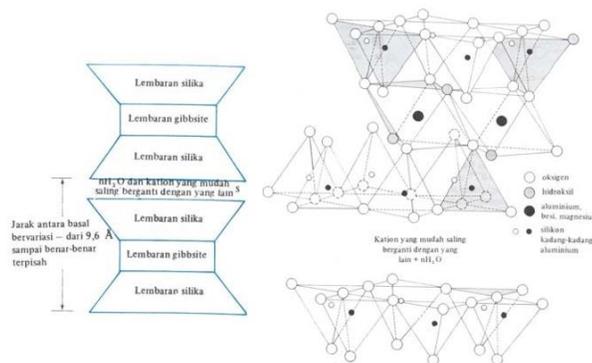
Montmorillonite adalah silikat alumina hidrat yang mengandung ion magnesium, aluminium, dan besi. Rumus kimianya bisa bervariasi, tetapi secara umum dapat direpresentasikan sebagai $(Na,Ca)_{0.33}(Al,Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$. Montmorillonit memiliki struktur kristal yang berbentuk lembaran dan bersifat tahan terhadap air, yang menyebabkan kemampuannya untuk mengembang ketika terhidrasi. Struktur lembaran ini menyebabkan montmorillonit memiliki kemampuan untuk menyerap dan mengikat air serta ion-ion dalam larutan. Montmorillonit biasanya berwarna putih hingga abu-abu, tetapi bisa juga berwarna merah atau hijau karena

adanya kontaminasi zat besi. Mineral ini memiliki tekstur halus dan sering kali berbentuk lempengan tipis.

Montmorillonite memiliki kapasitas tukar kation yang tinggi, yang memungkinkannya untuk menyerap dan melepaskan ion-ion dalam larutan, termasuk nutrisi penting bagi tanaman seperti nitrogen, fosfor, dan kalium. Mineral ini juga dapat memengaruhi tekstur dan struktur tanah tempatnya ditemukan. Montmorillonit dapat berinteraksi dengan organisme tanah seperti mikroorganisme dan akar tanaman. Mineral ini dapat memengaruhi ketersediaan nutrisi bagi tanaman dan aktivitas mikroba tanah, yang dapat berdampak pada produktivitas tanah dan pertumbuhan tanaman.



Gambar 2.3 Contoh Mineral Tanah Montmorillonite



Gambar 2.4 Struktur Mineral Tanah Montmorillonite

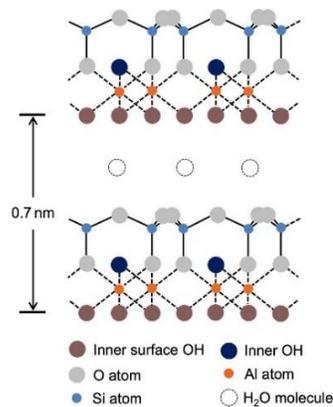
2.2.3 Halloysite

Halloysite adalah mineral lempung yang termasuk dalam kelompok kaolin. Seperti kaolin, halloysite juga terbentuk dari penguraian batuan granit dan bebatuan vulkanik. Namun, keunikan utama halloysite adalah struktur tabung-tipisnya yang unik, yang memberikannya sifat-sifat yang berbeda dari kaolin. Halloysite memiliki rumus kimia yang mirip dengan kaolin, yaitu $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$. Namun, halloysite memiliki struktur yang lebih kompleks dan biasanya mengandung sejumlah kecil unsur lain seperti besi (Fe), magnesium (Mg), dan natrium (Na).

Halloysite memiliki sifat-sifat fisik yang mirip dengan kaolin, termasuk kemampuan untuk menyerap air, kemampuan tahan panas yang baik, dan stabilitas kimia yang tinggi. Namun, struktur tabung-tipisnya memberikan halloysite kemampuan penyerapan yang lebih besar dibandingkan dengan kaolin. Halloysite memiliki struktur kristal yang unik yang terdiri dari lapisan-lapisan silikat tetrahedral yang ditumpuk secara berulang, membentuk tabung-tipis berongga. Struktur ini memungkinkan halloysite memiliki luas permukaan yang besar dan kemampuan penyerapan yang tinggi.



Gambar 2.5 Contoh Mineral Tanah Halloysite

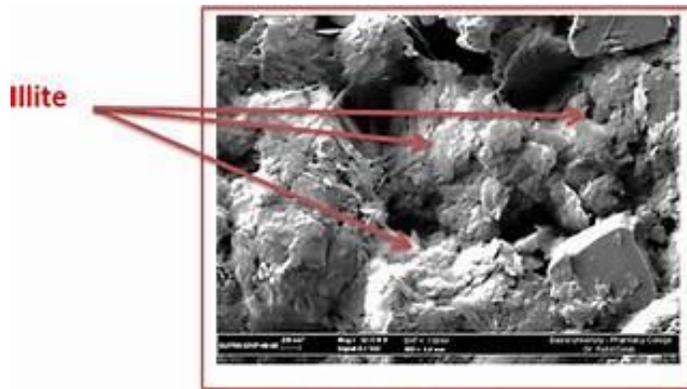


Gambar 2.6 Struktur Mineral Tanah Halloysite

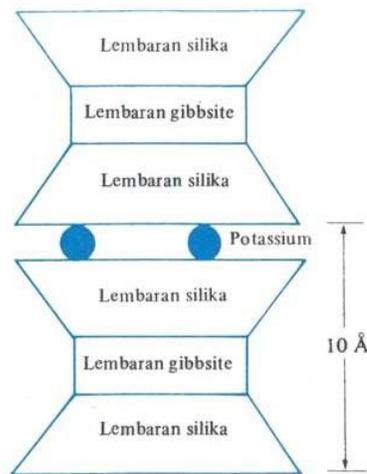
2.2.4 Illite

Illite adalah mineral yang terdiri dari struktur kristal yang kompleks yang mengandung silikon (Si), oksigen (O), dan aluminium (Al), serta unsur-unsur lain seperti kalium (K), magnesium (Mg), dan besi (Fe). Rumus kimianya dapat ditulis sebagai $(K,H_3O)(Al,Mg,Fe)_2(Si,Al)_4O_{10}[(OH)_2,(H_2O)]$, menunjukkan variasi dalam kandungan unsur-unsur dan gugus hidroksil. Illite memiliki struktur kristal yang mirip dengan muskovit dan biotit, dua mineral mika lainnya. Struktur kristalnya terdiri dari lapisan-lapisan silikat tetrahedral yang dipisahkan oleh lapisan-lapisan alumina octahedral. Illite cenderung memiliki lapisan silikat yang lebih tipis dan lebih padat daripada muskovit atau biotit.

Illite memiliki sifat-sifat fisik yang mirip dengan mineral lempung lainnya, termasuk kemampuan untuk menyerap air, kemampuan tahan panas yang baik, dan stabilitas kimia yang tinggi. Hal ini membuatnya berguna dalam berbagai aplikasi, termasuk industri keramik, pembuatan kertas, dan sebagai bahan baku dalam pembuatan cat dan bahan bangunan. Illite digunakan dalam berbagai aplikasi industri, termasuk sebagai bahan baku untuk keramik dan kertas, sebagai bahan pengisi dalam cat dan plastik, serta sebagai bahan penyerap dalam produk-produk kosmetik dan farmasi. Illite juga memiliki potensi dalam penggunaan lingkungan seperti pengolahan air dan tanah.



Gambar 2.7 Contoh Mineral Tanah Illite



Gambar 2.8 Struktur Mineral Tanah Illite

2.3 Sifat Fisik Tanah

Sifat fisik tanah mencakup atribut-atribut yang berkaitan dengan bentuk dan kondisi tanah, seperti tekstur, struktur, bobot, porositas, stabilitas, konsistensi, warna, dan suhu. Sifat-sifat ini mempengaruhi proses perakaran tanaman dengan mempengaruhi kemampuan tanah dalam menyerap hara, air, dan oksigen, serta membatasi pergerakan akar tanaman. Menurut (Holilullah, Afandi, and Novpriansyah 2015) Sifat fisik tanah memengaruhi pertumbuhan tanaman dengan menentukan penetrasi akar, kemampuan tanah dalam menahan air, drainase, aerasi, dan ketersediaan unsur hara. Semua faktor ini berperan penting dalam mendukung kesehatan dan

perkembangan tanaman. Menurut (Li, Istighosah, and Istighosah 2008) Sifat fisik tanah yaitu sifat yang berhubungan dengan elemen penyusunan massa tanah yang ada.

Struktur sifat fisik tanah mengacu pada susunan atau kemasan partikel-partikel tanah menjadi agregat atau gumpalan. Struktur yang baik memungkinkan sirkulasi udara, drainase air yang baik, dan penetrasi akar tanaman yang optimal. Faktor-faktor seperti aktivitas organisme tanah, pengolahan tanah, dan kandungan bahan organik dapat mempengaruhi struktur tanah. Porositas sifat fisik tanah merujuk pada ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel tanah. Porositas yang baik penting untuk sirkulasi udara, penyimpanan air, dan habitat bagi mikroorganisme tanah dan akar tanaman. Porositas tanah dipengaruhi oleh tekstur, struktur, dan konsistensi tanah.

Salah satu sifat fisik tanah yang perlu diperhatikan adalah kemungkinan degradasi struktur tanah yang disebabkan oleh operasi pengelolaan. Selain itu, bahan organik secara cepat hilang dari lahan budidaya yang tidak tererosi. Berbagai jenis penggunaan lahan dapat memengaruhi kualitas tanah karena perubahan sifat fisik tanah, yang pada gilirannya dapat mengurangi produktivitas lahan. Konsistensi tanah mengacu pada kekuatan tanah dalam merespon tekanan atau perubahan kondisi lingkungan. Sifat konsistensi tanah dapat berupa lempungan (*plasticity*), kekakuan (*firmness*), atau kepadatan (*compactness*). Konsistensi tanah mempengaruhi kemampuan tanah untuk diolah, sirkulasi udara, dan drainase air.

2.3.1 Berat isi Tanah (γ)

Berat isi tanah, atau biasa disebut densitas tanah, adalah ukuran berat tanah per satuan volume. Ini adalah parameter penting dalam karakterisasi sifat fisik tanah dan sering digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pertanian, rekayasa sipil, dan ilmu tanah. Berat isi tanah diukur dalam satuan berat per satuan volume, misalnya gram per sentimeter kubik (g/cm^3) atau kilogram per meter kubik (kg/m^3). SNI (Standar Nasional Indonesia) yang terkait dengan berat isi tanah adalah SNI 03-1969-1990 tentang Tata Cara Pengukuran dan Pemilihan Berat Isi Tanah. Standar ini memberikan pedoman

tentang cara melakukan pengukuran berat isi tanah, yang merupakan salah satu parameter penting dalam karakterisasi tanah. ASTM D2937 adalah standar yang digunakan untuk menentukan berat jenis dan berat isi dari tanah dan batuan. Standar ini memberikan metode yang disetujui untuk menentukan berat jenis dan berat isi dengan menggunakan teknik sampel uji tidak terganggu, yang biasanya dilakukan di lapangan. Pengujian berat isi dilakukan dengan urutan kerja sebagai berikut:

1. Persiapan
 - a. Periksa kesiapan peralatan sesuai dengan petunjuk penggunaannya.
 - b. Siapkan formulir untuk mencatat data pengujian.
 - c. Periksa kondisi contoh tanah.
2. Persiapan Contoh Uji Tanah:
 - a. Keluarkan sampel dari tabung.
 - b. Bentuk contoh tanah pada cetakan dan ratakan kedua ujungnya.
3. Langkah-langkah Pengujian:
 - a. Timbang berat cetakan.
 - b. Hitung isi cetakan.
 - c. Timbang berat cetakan beserta benda uji.
 - d. Hitung kadar air sesuai dengan rumus yang tertera pada instruksi no.2.

$$\gamma_d = \gamma \times 100 / (100 + w)$$

Keterangan :

γ_d = berat isi kering (kN/m³)

w = kadar air (%), dihitung sesuai dengan metode pengujian kadar air tanah (SNI-1965-1990 F)

4. Hitung berat isi dan berat isi kering dengan urutan sebagai berikut :
 - a. Hitung berat isi dengan rumus 1

$$\gamma = (B2 - B1) / V$$

Keterangan :

γ = berat isi tanah (kN/m³)

B1 = berat cetakan uji (kN)

B2 = berat cetakan dan benda uji (kN)

V = volume tanah (m³)

- b. Hitung berat isi kering dengan rumus 2

$$\gamma = (B2 - B1) / V$$

Keterangan :

γ = berat isi tanah (kN/m³)

B1 = berat cetakan uji (kN)

B2 = berat cetakan dan benda uji (kN)

V = volume tanah (m³)

2.3.2 Kadar Air Tanah (w)

Kadar air tanah sering dilambangkan sebagai w adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat tanah kering tersebut. Penentuan kadar air harus dilakukan di laboratorium. Ini adalah parameter penting dalam karakterisasi sifat fisik tanah dan berpengaruh besar terhadap ketersediaan air bagi tanaman, stabilitas lereng, dan berbagai proses geoteknik lainnya. Pengujian kadar air tanah biasanya mengacu pada standar ASTM D2216 Standar ini memberikan metode yang terstandarisasi untuk mengukur kadar air dalam tanah dan batuan dengan menggunakan teknik pengeringan dan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang relevan untuk pengujian kadar air tanah adalah SNI 03-2837-1992 - Cara Uji Kadar Air Tanah. Pengujian kadar air tanah dilakukan dengan urutan kerja sebagai berikut:

1. Timbang dan catat berat cawan kering kosong yang berisi spesimen uji (beserta tutupnya, jika ada).

2. Tempatkan contoh tanah basah di dalam cawan, dan jika menggunakan penutup, tutuplah dengan rapat. Timbang dan catat berat cawan yang berisi bahan basah.
3. Buka tutup cawan (jika ada) dan masukkan cawan yang berisi bahan uji basah ke dalam oven pengering. Keringkan hingga beratnya konstan, dengan suhu oven dipertahankan pada $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
4. Setelah benda uji mengering hingga beratnya konstan, keluarkan cawan dari oven (dan tutup kembali jika ada penutupnya). Biarkan cawan dan bahan uji mendingin pada suhu kamar atau hingga cawan dapat dipegang dengan aman. Timbang dan catat berat cawan beserta bahan yang telah dikeringkan menggunakan timbangan yang sama dengan yang digunakan sebelumnya. Pastikan untuk menutup kembali cawan jika bahan uji menyerap kelembapan udara sebelum menentukan berat kering.

Hitung kadar air material dengan cara sebagai berikut :

$$w = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_3} \times 100\%$$

Dengan :

- w : kadar air, (%)
- W_1 : berat cawan dan tanah basah (gram)
- W_2 : berat cawan dan tanah kering (gram)
- W_3 : berat cawan (gram)
- $(W_1 - W_2)$: berat air (gram)
- $(W_2 - W_3)$: berat tanah kering (partikel padat) (gram)

2.3.3 Berat Spesifik Tanah (Gs)

Berat spesifik tanah sering dilambangkan sebagai Gs adalah rasio antara berat jenis tanah terhadap berat jenis air pada kondisi tertentu. Ini adalah parameter yang penting dalam ilmu tanah dan geoteknik karena mempengaruhi sifat-sifat mekanis dan hidrolis tanah. Berat spesifik tanah sering digunakan untuk mengkategorikan tanah dan memperkirakan perilaku mereka dalam berbagai kondisi. Dalam prakteknya, berat

jenis tanah juga dapat dihitung dengan membagi berat kering tanah oleh volume partikel padatnya. Volume partikel padat adalah volume partikel tanah tanpa pori-pori udara atau air. Uji berat jenis ini menggunakan standar ASTM D-854 Standar ini memberikan metode untuk menentukan berat jenis (specific gravity) dari padatan tanah dengan menggunakan pycnometer air dan SNI 03-2834-2000 - Cara Uji Berat Jenis Tanah. Urutan pelaksanaan pengujian adalah sebagai berikut:

1. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230^{\circ}\text{F} \pm 9^{\circ}\text{F}$) selama 24 jam, kemudian dinginkan dalam desikator.
2. Cuci piknometer atau botol pengukur dengan air suling, lalu keringkan dan timbang (W_1 gram).
3. Masukkan benda uji ke dalam piknometer atau botol pengukur, kemudian timbang (W_2 gram).
4. Tambahkan akuades ke dalam piknometer atau botol pengukur yang berisi benda uji, sehingga piknometer atau botol pengukur terisi dua pertiga.
5. Untuk benda uji yang mengandung tanah liat, biarkan benda uji terendam selama 24 jam atau lebih.
6. Panaskan piknometer atau botol pengukur yang berisi benda uji rendam dengan hati-hati selama 10 menit atau lebih untuk mengeluarkan udara dari dalam benda uji. Jika perlu, miringkan piknometer atau botol pengukur sekali untuk mempercepat proses pengeluaran udara.
7. Jika diperlukan, keluarkan udara menggunakan pompa vakum dengan tekanan 13,33 kPa (100 mmHg).
8. Rendam piknometer atau botol pengukur di dalam bak perendaman hingga suhunya stabil. Tambahkan air suling secukupnya sampai penuh, keringkan bagian luarnya, dan timbang (W_3 gram).
9. Ukur suhu isi piknometer atau botol pengukur untuk mendapatkan faktor koreksi (K).
10. Jika isi piknometer atau botol pengukur tidak diketahui, tentukan isinya sebagai berikut:
 - a. Kosongkan dan bersihkan piknometer atau botol pengukur.

- b. Isi piknometer atau botol pengukur dengan air suling pada suhu yang sama, kemudian keringkan dan timbang (W_4 gram)

Hitung berat jenis tanah dengan cara sebagai berikut :

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$$

2.3.4 Batas-Batas Atterberg (Atterberg Limit)

Batas Atterberg, juga dikenal sebagai Atterberg Limits, adalah serangkaian batas yang digunakan untuk menggambarkan sifat konsistensi tanah lempung dan mendefinisikan perubahan dalam sifat fisik tanah lempung saat kelembaban berubah.

Batas-batas Atterberg meliputi:

1. Batas Cair (Liquid Limit)

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada batas antara keadaan plastis dan keadaan cair. Pengujian ini menggunakan standar yang relevan adalah ASTM D423 standar ini memberikan metode untuk menentukan batas cair, batas plastis, dan indeks plastis tanah. Untuk batas cair, metode yang paling umum digunakan adalah metode penetrometer yang menggunakan alat Casagrande dan SNI 03-1965-1990 - Cara Uji Batas Cair Tanah. Standar ini memberikan metode yang sesuai untuk menentukan batas cair tanah. Urutan pelaksanaan pengujian adalah sebagai berikut :

1. Ambil sampel tanah secukupnya, masukkan ke dalam cawan porselen, dan tumbuk dengan penumbuk karet. Tambahkan aquades dan aduk hingga homogen.
2. Pindahkan tanah ke piring kaca dan aduk hingga homogen menggunakan pisau dempul. Buang bagian yang kasar.
3. Ambil sebagian contoh tanah dan masukkan ke dalam mangkuk alat Casagrande, ratakan permukaannya dengan pisau. Potong contoh tanah dalam mangkuk Casagrande dengan alat grooving secara lurus untuk memperoleh jalur tengah.

4. Putar alat Casagrande dengan kecepatan konstan 2 putaran/detik. Mangkuk akan terangkat dan turun dengan ketinggian 10 mm (sudah diatur).
5. Hentikan percobaan ketika bagian yang dipotong merapat, dan catat jumlah tikungan, biasanya berkisar antara 10-100 tikungan.
6. Ambil tanah dari bagian yang telah dibengkokkan dan masukkan ke dalam oven dalam wadah yang telah ditimbang. Timbang tanah + wadah sebelum dimasukkan ke dalam oven.
7. Oven tanah selama 24 jam pada suhu 105°C - 100°C, kemudian masukkan ke dalam desikator selama ± 1 jam untuk mencegah penyerapan uap air dari udara.
8. Lakukan percobaan di atas sebanyak 5 kali.
9. Segera setelah ditimbang, keluarkan dari desikator.
10. Setelah kadar air diperoleh, buat grafik hubungan antara kadar air dan jumlah ketukan pada kertas berskala semilog. Grafik ini secara teoritis merupakan garis lurus.
11. Kadar air di mana jumlah ketukan sebanyak 25 kali disebut Batas Cair. Liquid Limit ini diulangi dengan tanah yang telah dimasukkan ke dalam oven, ditambahkan air suling secukupnya, dan prosedur selanjutnya dilakukan sama seperti di atas. Liquid Limit yang diperoleh dalam kondisi ini disebut “ $M_{L\text{ Oven}}$ ”

2. Batas Plastis (Plastic Limit)

Tujuan dari batas plastis adalah untuk mengetahui kadar air suatu jenis tanah pada keadaan batas antara keadaan plastis dan semi padat. Nilai batas plastis dapat dihitung dengan menggunakan kadar air sampel rata-rata. Standar untuk pemeriksaan ini adalah ASTM D423. Standar SNI 03-1965-1990—Cara Uji Batas Plastis Tanah mencakup pengukuran batas plastis tanah, serta batas cair dan indeks plastis. Urutan pelaksanaan pengujian adalah sebagai berikut :

1. Masukkan sampel tanah ke dalam mangkuk, remas-remas hingga lembut. Tambahkan sedikit air suling dan aduk hingga homogen.

2. Letakkan sampel tanah di atas piring kaca dan gulung dengan telapak tangan hingga diameternya kira-kira 1/8 inci (3 mm). Terdapat tiga kondisi yang mungkin:
 - a. Gulungan terlalu basah, sehingga tanah belum retak saat diameternya 1/8 inci.
 - b. Gulungan terlalu kering, sehingga tanah mulai retak sebelum mencapai diameter 1/8 inci.
 - c. Gulungan dengan kadar air yang tepat, yaitu tanah mulai retak saat mencapai diameter 1/8 inci.
3. Timbang tiga buah wadah kosong.
4. Masukkan gulungan tanah ke dalam wadah, dengan masing-masing wadah berisi lima gulungan dan berat minimum masing-masing ± 5 g. Oven ketiga wadah yang berisi gulungan tanah selama ± 24 jam pada suhu 105-110°C.
5. Setelah dioven, masukkan wadah ke dalam desikator selama kurang lebih 1 jam, kemudian timbang.
6. Hitung harga rata-rata kadar air dari percobaan di atas untuk mendapatkan batas plastis tanah

3. Batas Susut (Shrinkage Limit)

Batas Susut (Shrinkage Limit): Apabila air dalam tanah secara bertahap hilang, tanah akan menyusut. Ini terjadi ketika kehilangan air secara bertahap mencapai titik keseimbangan di mana lebih banyak kehilangan air tidak akan menyebabkan perubahan volume tanah. Standar ASTM D423 dan SNI 3422-2008 digunakan untuk tes ini. Urutan pelaksanaan pengujian adalah sebagai berikut :

1. Gunakan tanah yang dapat berupa tanah yang terganggu.
2. Isi cincin silinder dengan sampel tanah, ratakan kedua permukaan tanah, dan ukur tinggi serta diameter cincin.
3. Oven sampel tanah pada suhu 105-110°C selama 24 jam.
4. Setelah dioven, masukkan sampel tanah ke dalam desikator selama kurang lebih 1 jam.

5. Isi wadah kaca dengan air raksa, ratakan permukaan wadah dengan pelat kaca, karena permukaan air raksa bersifat cembung.
6. Timbang pelat kaca dan wadah kaca secara terpisah.
7. Letakkan wadah kaca di atas gelas beker, kemudian tekan perlahan sampel tanah ke dalam air raksa di dalam wadah yang telah diratakan dengan pelat kaca.
8. Timbang berat gelas tersebut + Hg yang tumpah.

2.3.5 Gradasi Butiran

Gradasi butiran adalah distribusi ukuran butir agregat, yang ditentukan dalam nilai prosentase butiran yang tertinggal atau tertahan pada saringan tertentu. Gradasi agregat mempengaruhi tingkat porositas dan kemampuan beton, karena jumlah volume pori yang terdapat diantara butiran agregat. Semakin bervariasi ukuran butir, semakin kecil pori diantara butiran, maka agregat semakin mampat dan semakin sedikit kebutuhan perekat (pasta semen) untuk merekatkan butiran dan mengisi rongga-rongga yang kosong. Gradasi butiran merujuk pada distribusi ukuran partikel yang terdapat dalam suatu material, seperti tanah, pasir, kerikil, atau bahan lainnya. Analisis gradasi butiran berguna dalam memahami sifat-sifat material, seperti kepadatan, permeabilitas, stabilitas, dan tekstur.

Distribusi ukuran butiran atau gradasi agregat yang digunakan dalam beton harus memenuhi persyaratan yang berlaku. Agregat kasar harus kuat, bebas dari kotoran organik, tidak menyerap secara kimia, dan memiliki gradasi yang memungkinkan beton menjadi padat, homogen, serta kuat. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh gradasi butiran batu pecah terhadap kekuatan beton. Dalam pembuatan benda uji beton, campuran dibuat menggunakan ukuran butiran batu pecah 5-10 mm, 10-20 mm, 20-30 mm, serta kombinasi dari ketiganya. Hasil uji tekan menunjukkan bahwa beton dengan batu pecah 5-10 mm memiliki kuat tekan 322,5 kg/cm², 10-20 mm sebesar 334 kg/cm², 20-30 mm sebesar 368 kg/cm², dan kombinasi ketiga ukuran butiran menghasilkan kuat tekan 390,5 kg/cm². Setelah konversi pada umur 28 hari,

kekuatan beton meningkat, dengan kenaikan 43% pada hari ke-7, 13% pada hari ke-14, dan 5,1% pada hari ke-21. Kesimpulan dari hasil ini adalah bahwa penggunaan batu pecah dengan gradasi campuran (heterogen) menghasilkan kekuatan tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan batu pecah yang hanya memiliki satu ukuran butiran (homogen).

1. Analisa Saringan

Analisa saringan adalah proses pengujian yang digunakan untuk menentukan gradasi agregat, yang merupakan persentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan. Proses analisa saringan melibatkan pembagian agregat berdasarkan ukuran butiran, yang digunakan untuk menentukan modulus kehalusan dan pembagian butiran agregat. Analisa saringan agregat halus dan agregat kasar dapat dilakukan menggunakan pasir Muntilan dan kerikil Batang, yang diukur dengan berat tertahan dan persentase tertahan pada setiap ukuran saringan. Persentase tertahan dikalikan dengan berat total agregat dan dibagi dengan berat total agregat untuk menentukan persentase tertahan kumulatif. Jumlah persentase tertahan kumulatif dikurangi dengan persentase lolos kumulatif untuk menentukan persentase lolos kumulatif.

Langkah-langkah untuk pengujian analisis saringan berdasarkan ASTM D421:

1. Ambil sampel agregat halus yang representatif dari sumbernya. Pastikan sampel tersebut telah diambil dan disimpan dengan benar untuk menghindari kontaminasi atau perubahan sifat-sifatnya.
2. Timbang sampel agregat halus secara akurat. Berat sampel yang diperlukan akan tergantung pada persyaratan spesifik dari standar pengujian dan jenis agregat yang digunakan.
3. Siapkan rangkaian saringan dengan ukuran lubang yang sesuai sesuai dengan persyaratan standar. Biasanya, pengayakan dilakukan dengan menggunakan serangkaian saringan dengan ukuran lubang yang berbeda-beda dari yang terbesar hingga yang terkecil. Tempatkan sampel agregat halus di atas saringan teratas.

4. Mulailah proses pengayakan dengan mengocok saringan secara horisontal dan vertikal secara bersamaan dengan intensitas yang cukup untuk memastikan bahwa semua partikel yang kecil akan lolos melalui lubang saringan yang sesuai.
5. Setelah proses pengayakan selesai, timbang berat dari masing-masing saringan dan berat bahan yang tertahan pada setiap saringan.
6. Hitung persentase berat bahan yang tertahan pada setiap saringan terhadap berat total sampel yang awalnya digunakan. Ini memberikan distribusi ukuran partikel agregat halus dalam sampel.
7. Untuk mendapatkan hasil yang akurat, langkah-langkah ini sering kali diulang beberapa kali dengan sampel yang berbeda dari agregat halus yang sama.
8. Hasil dari analisis saringan ini kemudian dilaporkan, termasuk distribusi ukuran partikel agregat halus dalam sampel.

2. Analisa Hidrometer

Analisa hidrometer adalah metode untuk menentukan distribusi ukuran partikel dalam suspensi, seperti tanah, lumpur, atau bahan lainnya, menggunakan alat yang disebut hidrometer. Metode ini berlandaskan prinsip bahwa partikel yang lebih besar akan mengendap lebih cepat daripada partikel yang lebih kecil dalam suspensi. Ketika hidrometer diturunkan ke dalam larutan, pengukuran ketinggian bagian atas hidrometer dapat digunakan untuk menghitung konsentrasi partikel berdasarkan ukuran dan kepadatan partikel yang mengendap pada waktu tertentu. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D422 dan SNI 03-3423-1994. Berikut adalah langkah-langkah umum untuk pengujian analisis hidrometer berdasarkan standar tersebut:

1. Ambil sampel agregat halus yang representatif dari sumbernya. Pastikan sampel tersebut telah diambil dan disimpan dengan benar untuk menghindari kontaminasi atau perubahan sifat-sifatnya.
2. Timbang sampel agregat halus secara akurat. Berat sampel yang diperlukan akan tergantung pada persyaratan spesifik dari standar pengujian dan jenis agregat yang digunakan.

3. Campurkan sampel agregat halus dengan air dalam wadah yang sesuai. Pastikan untuk mencampurkan dengan baik untuk mendapatkan suspensi yang homogen.
4. Letakkan hidrometer dalam suspensi agregat halus yang telah disiapkan. Pastikan hidrometer berada di posisi tegak lurus dan biarkan hidrometer untuk menetap dalam suspensi.
5. Amati dan catat kedalaman penetrasi hidrometer dalam suspensi agregat halus pada interval waktu yang ditentukan. Pengukuran ini biasanya dilakukan pada interval waktu tertentu, misalnya setiap menit, untuk jangka waktu yang ditentukan.
6. Baca nilai yang ditunjukkan oleh skala hidrometer pada kedalaman tertentu pada setiap interval waktu. Nilai-nilai ini akan menunjukkan kerapatan suspensi pada waktu-waktu tertentu.
7. Setelah selesai melakukan pengukuran, olah data yang diperoleh dari pengujian untuk mendapatkan nilai kerapatan agregat halus pada berbagai interval waktu.
8. Hasil dari pengujian hidrometer ini kemudian dilaporkan, termasuk nilai-nilai kerapatan agregat halus pada interval waktu yang ditentukan.

2.4 Sifat Mekanis Tanah

Sifat mekanis tanah merujuk pada bagaimana massa tanah berperilaku terhadap gaya atau tekanan mekanis. Kemampuan tanah untuk menahan beban sangat dipengaruhi oleh ukuran dan susunan partikelnya. Untuk menentukan parameter desain dalam pengolahan tanah, seperti daya dukung tanah (soil bearing capacity) dan kemampuan bergerak mesin pertanian (trafficability), sifat mekanis tanah perlu diukur. Informasi ini membantu dalam menentukan daya dan ukuran mesin pengolah tanah, panen, dan peralatan pertanian lainnya. Berdasarkan ukuran partikel, tanah dibagi menjadi berbagai kelas. Untuk menghitung parameter sifat mekanis tanah, salah satu alat yang digunakan adalah alat triaksial. Alat ini memungkinkan pengujian berbagai parameter mekanis tanah dengan memberikan tekanan dalam tiga arah, sehingga memberikan informasi mendetail tentang kekuatan dan kestabilan tanah.

2.4.1 Kepadatan

Kepadatan tanah dihitung dengan mengukur berat volume kering tanah yang dipadatkan. Ketika tanah dipadatkan, kerapatan tanah meningkat, mengurangi volume udara tanpa perubahan signifikan dalam volume air. Proses ini membuat partikel tanah menjadi lebih padat karena adanya air. Selain kadar air, jenis tanah dan usaha pemadatan juga memengaruhi kepadatan tanah. Tujuan dari pengujian kepadatan tanah adalah untuk mencapai tingkat kelembapan optimum (OMC) dan tingkat kepadatan maksimum (MDD). Pengujian ini umumnya dilakukan menggunakan standar seperti ASTM D-698 untuk Uji Kompaksi Proctor, ASTM D-1557 untuk Uji Kompaksi Modifikasi Proctor, dan SNI 1743-2008. Urutan pelaksanaan pengujian adalah sebagai berikut :

1. Ditetapkan 4 pilihan uji yaitu cara A, cara B, cara C dan cara D, sebagai berikut:

Tabel 2.1.1 Cara Uji Kepadatan Berat untuk Tanah

Uraian	Cara A	Cara B	Cara C	Cara D
Diameter cetakan (mm)	101,60	152,40	101,60	152,40
Tinggi cetakan (mm)	116,43	116,43	116,43	116,43
Volume cetakan (cm ³)	943	2124	943	2124
Massa penumbuk (kg)	4,54	4,54	4,54	4,54
Tinggi jatuh penumbuk (mm)	457	457	457	457
Jumlah lapis	5	5	5	5
Jumlah tumbukan per lapis	25	56	25	56
Bahan lolos saringan	No. 4 (4,75 mm)	No. 4 (4,75 mm)	19,00 mm (3/4")	19,00 mm (3/4")

2. Metode pengujian tanah dapat dibagi lebih lanjut berdasarkan sifat-sifat tanah sebagai berikut:
 - a. Sampel tanah berbutir kasar yang keras: Tanah jenis ini tidak mudah hancur saat diambil dan cenderung cepat menyerap air. Contoh tanah semacam ini biasanya berupa tanah berbutir kasar yang memiliki sifat keras.
 - b. Sampel tanah berbutir kasar yang lunak atau tanah berbutir halus: Tanah ini mudah hancur saat diambil, seperti batu pasir atau batu gamping, tetapi membutuhkan waktu lebih lama untuk menyerap air. Tanah berbutir halus seperti lanau dan lempung umumnya memiliki kemampuan serapan air yang lebih rendah.

- c. Pemilihan metode pengujian: Metode pengujian yang digunakan harus dijelaskan dalam spesifikasi bahan tanah yang akan diuji. Jika spesifikasi tidak menyatakan metode yang digunakan, maka metode A dapat digunakan.
- d. Metode A dan B: Digunakan untuk campuran tanah yang tertahan pada ayakan No. 4 (4,75 mm) sebesar 40% atau kurang. Sementara, metode C dan D digunakan jika tanah tertahan pada ayakan No. 19,00 mm sebesar 30% atau kurang. Butiran yang tertahan ini dianggap sebagai butiran kasar.
- e. Koreksi kepadatan: Jika sampel tanah mengandung 5% atau lebih butiran kasar, dan hasil uji kepadatan digunakan untuk mengontrol pemadatan di lapangan, maka perlu dilakukan koreksi sesuai dengan SNI 03-1976-1990. Hal ini penting untuk membandingkan kepadatan tanah di lapangan dengan kepadatan hasil uji laboratorium.

2.4.2 Kuat Geser

Kuat geser adalah parameter penting dalam mekanika tanah yang menggambarkan kemampuan suatu tanah untuk menahan gaya geser sebelum terjadi pergerakan atau deformasi. Ini adalah ukuran kestabilan tanah terhadap gaya geser yang bekerja padanya. Kuat geser sering digunakan dalam perencanaan dan analisis stabilitas lereng, pondasi, dan struktur bangunan. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-2850 dan SNI 03-4813-1998.

1. Kuat Tekan Bebas (UCS)

Kekuatan tekan bebas (UCS - Unconfined Compressive Strength) adalah kemampuan suatu bahan untuk menahan gaya tekan tanpa adanya tekanan konfining dari segala arah. Dalam konteks tanah, UCS adalah ukuran kekuatan tekan tanah kohesif ketika tanah tersebut tidak memiliki tekanan konfining di sekitarnya. UCS biasanya diukur dalam tekanan per satuan luas, misalnya dalam psi (pound per square inch) atau MPa (megapascal).

UCS adalah parameter penting dalam rekayasa geoteknik dan digunakan dalam perencanaan dan analisis struktur tanah seperti pondasi, dinding penahan tanah, dan proyek-proyek konstruksi lainnya. Uji kekuatan tekan bebas sering dilakukan dengan menggunakan mesin uji tekan yang dapat mengukur kekuatan sampel tanah ketika diberi beban secara perlahan hingga sampel tersebut mengalami kegagalan. Hasil dari uji UCS memberikan informasi tentang kemampuan tanah untuk menahan gaya tekan dan dapat digunakan dalam perhitungan desain untuk memastikan keamanan dan kestabilan struktur yang dibangun di atas tanah tersebut.

Kuat tekan bebas (UCS) adalah nilai tegangan aksial maksimum yang dapat ditopang oleh suatu bahan sebelum mengalami kerusakan akibat gaya tekan. Pengujian UCS dilakukan pada tanah kohesif, baik tanah yang tidak terganggu (remolded) maupun tanah yang dipadatkan (compacted). Standar pengujian untuk kuat tekan bebas meliputi ASTM D-2166 dan SNI 03-3984-1995. Keunggulan pengujian UCS termasuk kemudahan pelaksanaan dan kebutuhan sampel yang relatif sedikit. Berikut adalah langkah-langkah umum yang diperlukan dalam uji ini:

1. Sampel tanah diambil dari lapangan dan diperlakukan sesuai dengan prosedur standar untuk mendapatkan benda uji yang representatif.
2. Sampel tanah ditempatkan dalam alat uji yang sesuai dan dipadatkan dengan kepadatan yang diinginkan.
3. Setelah sampel ditempatkan, beban diterapkan secara perlahan pada sampel tanah hingga sampel ini mengalami kegagalan.
4. Kekuatan tekan bebas diukur ketika sampel mengalami kegagalan.
5. Hasil pengujian dilaporkan sesuai dengan prosedur standar.

2. Kuat Geser Langsung (Direct Shear)

Uji Kuat Geser Langsung (Direct Shear Test) adalah metode pengujian untuk menentukan kekuatan geser tanah secara langsung menggunakan alat shear box, yang pertama kali diperkenalkan oleh Coulomb pada tahun 1776. Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh parameter kekuatan geser tanah, yaitu kohesi (c) dan sudut geser

dalam (ϕ). Kuat geser langsung mengukur kemampuan material seperti tanah untuk menahan gaya geser tanpa tekanan konfining. Dalam konteks geoteknik, uji ini sering digunakan untuk menilai kekuatan geser tanah dengan menerapkan gaya geser langsung pada sampel yang ditempatkan di antara dua bidang geser.

Prosedur uji dilakukan dengan menempatkan sampel tanah ke dalam kotak geser (shear box) dan menerapkan tegangan normal pada sampel. Gaya horizontal kemudian diberikan melalui alat pendorong pada bagian bawah kotak, menggeser sampel tanah yang berada di bawah tegangan normal tersebut. Uji ini sangat penting untuk menentukan daya dukung tanah (bearing capacity), tekanan tanah pada dinding penahan, serta kestabilan lereng. Hasil uji memberikan informasi penting mengenai sifat-sifat tanah, seperti kohesi dan sudut geser dalam, yang mempengaruhi kestabilan struktur dalam proyek konstruksi.

Standar ASTM untuk pengujian Kuat Geser Langsung adalah ASTM D-3080-04. Pengujian ini dapat dilakukan pada berbagai jenis tanah, termasuk tanah pasir dan lempung, dengan menggunakan alat-alat yang sesuai. Prosedur ini melibatkan langkah-langkah seperti berikut:

1. Sampel tanah diambil dan diperlakukan sesuai dengan prosedur standar untuk mendapatkan benda uji yang representatif.
2. Sampel tanah ditempatkan di antara dua lempeng geser di dalam alat uji.
3. Gaya geser diterapkan pada sampel tanah dengan cara yang diatur sesuai dengan prosedur standar. Selama pengujian, keadaan drainase dan konsolidasi bisa dikendalikan.
4. Pengukuran dilakukan untuk mencatat gaya geser yang diterapkan pada saat sampel tanah mengalami kegagalan.
5. Hasil pengujian digunakan untuk menentukan kekuatan geser langsung dan sifat-sifat mekanik lainnya dari sampel tanah.

3. Triaxial

Uji Triaxial adalah metode pengujian yang digunakan untuk menentukan kekuatan geser tanah dengan menempatkan sampel tanah dalam alat uji triaxial. Alat ini memberikan tekanan dari tiga arah: tekanan aksial, samping, dan radial. Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh parameter kekuatan geser tanah, seperti kohesi (c) dan sudut geser (ϕ), yang penting untuk analisis daya dukung tanah, stabilitas lereng, serta tekanan pada dinding penahan.

Terdapat empat jenis pengujian Triaxial, yaitu pengujian tidak terkonsolidasi dan tidak terdrainase (UU), terkonsolidasi dan tidak terdrainase (CU), terkonsolidasi dan terdrainase (CD), serta CU-BP (Consolidated Undrained-Back Pressure). Pengujian ini esensial dalam menganalisis daya dukung tanah, stabilitas lereng, dan gaya dorong dinding penahan. Hasil pengujian digunakan untuk memahami perilaku tanah di bawah berbagai kondisi beban, serta menentukan parameter mekanik seperti kekuatan geser dan sudut geser. Informasi ini digunakan untuk memprediksi sifat mekanik tanah dan mendukung keputusan dalam desain struktur tanah. Pengujian ini mengikuti standar ASTM D 4767-04.

1. Triaxial UU

Uji Triaxial Unconsolidated Undrained (UU) adalah suatu metode pengujian yang digunakan untuk menentukan kekuatan geser tanah. Pengujian ini dilakukan dengan cara memasukkan contoh tanah ke dalam alat uji triaxial yang dapat memberikan tekanan dari tiga arah, yaitu tekanan axial, tekanan samping, dan tekanan radial. Dengan demikian, pengujian ini dapat menentukan parameter-parameter kekuatan geser tanah, seperti kohesi (c) dan sudut geser (ϕ), yang sangat penting dalam analisis daya dukung tanah, stabilitas lereng, dan gaya dorong pada dinding penahan.

Pengujian Triaxial UU dilakukan dengan menggunakan metode triaxial unconsolidated-undrained, yang berarti bahwa tanah tidak terkonsolidasi dan

tidak terdrainase. Pengujian ini dilakukan pada 4 titik, yaitu dengan menggunakan alat pengujian triaxial yang dapat memberikan tekanan dari tiga arah, yaitu tekanan axial, tekanan samping, dan tekanan radial.

Pengujian Triaxial UU sangat penting dalam teknik sipil dan memiliki manfaat yang luas, seperti membantu dalam mengkaji dampak bencana alam dan memprediksi sifat mekanik tanah. Hasil pengujian ini digunakan untuk memahami bagaimana suatu material tanah akan berperilaku di bawah beban atau tekanan dari berbagai arah. Data yang dihasilkan dari pengujian ini dapat dianalisis untuk mendapatkan parameter-parameter mekanik seperti kekuatan geser dan sudut geser, yang kemudian dapat digunakan untuk memprediksi sifat mekanik tanah dan membuat keputusan yang cerdas dalam desain struktur tanah.

Standar ASTM untuk pengujian Triaxial UU adalah ASTM D 2850. Pengujian Triaxial UU sangat diperlukan untuk melakukan analisis daya dukung tanah, stabilitas lereng, dan gaya dorong pada dinding penahan.

2. Triaxial CU

Uji Triaxial Consolidated Undrained (CU) adalah metode pengujian yang digunakan untuk menentukan kekuatan geser tanah. Pengujian ini dilakukan dengan menempatkan sampel tanah ke dalam alat triaxial yang dapat memberikan tekanan dari tiga arah: tekanan aksial, tekanan samping, dan tekanan radial.

Metode triaxial CU dilakukan dalam tiga tahapan utama, yaitu tahap kejenuhan (saturated), tahap konsolidasi, dan tahap penggeseran. Dalam pengujian ini, tanah dikonsolidasi namun tidak didrainase. Uji Triaxial CU sangat penting dalam bidang teknik sipil karena memiliki berbagai manfaat, termasuk membantu dalam analisis dampak bencana alam dan memprediksi sifat mekanik tanah. Data dari pengujian ini digunakan untuk memahami bagaimana tanah akan berperilaku di bawah beban atau tekanan dari berbagai arah. Hasil analisis ini

menyediakan parameter mekanik seperti kekuatan geser dan sudut geser, yang penting dalam memprediksi perilaku tanah dan mendukung pengambilan keputusan dalam desain struktur tanah..

Standar ASTM untuk pengujian Triaxial CU adalah ASTM D 4767-88, Consolidated Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils. Pengujian Triaxial CU dilakukan dengan menggunakan peralatan yang sesuai, seperti peralatan pembebanan aksial, peralatan ukur, peralatan pengontrol tekanan, dan peralatan lain yang dibutuhkan.

Pengujian Triaxial CU sangat diperlukan untuk melakukan analisis daya dukung tanah, stabilitas lereng, dan gaya dorong pada dinding penahan. Hasil pengujian ini digunakan untuk memahami bagaimana suatu material tanah akan berperilaku di bawah beban atau tekanan dari berbagai arah. Data yang dihasilkan dari pengujian ini dapat dianalisis untuk mendapatkan parameter-parameter mekanik seperti kekuatan geser dan sudut geser, yang kemudian dapat digunakan untuk memprediksi sifat mekanik tanah dan membuat keputusan yang cerdas dalam desain struktur tanah.

3. Triaxial CD

Uji Triaxial Consolidated Drained (CD) adalah suatu metode pengujian yang digunakan untuk menentukan kekuatan geser tanah. Pengujian ini dilakukan dengan cara memasukkan contoh tanah ke dalam alat uji triaxial yang dapat memberikan tekanan dari tiga arah, yaitu tekanan aksial, tekanan samping, dan tekanan radial.

Pengujian Triaxial CD dilakukan dengan menggunakan metode triaxial consolidated drained, yang berarti bahwa tanah terkonsolidasi dan terdrainase. Pengujian ini dilakukan pada 3 tahapan, yaitu tahap jenuh (saturated), tahap konsolidasi, dan tahap penggeseran dengan alat. Pengujian Triaxial CD sangat penting dalam teknik sipil dan memiliki manfaat yang luas, seperti membantu

dalam mengkaji dampak bencana alam dan memprediksi sifat mekanik tanah. Hasil pengujian ini digunakan untuk memahami bagaimana suatu material tanah akan berperilaku di bawah beban atau tekanan dari berbagai arah. Data yang dihasilkan dari pengujian ini dapat dianalisis untuk mendapatkan parameter-parameter mekanik seperti kekuatan geser dan sudut geser, yang kemudian dapat digunakan untuk memprediksi sifat mekanik tanah dan membuat keputusan yang cerdas dalam desain struktur tanah.

Standar ASTM untuk pengujian Triaxial CD adalah ASTM D 4767-88, Consolidated Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils. Pengujian Triaxial CD dilakukan dengan menggunakan peralatan yang sesuai, seperti peralatan pembebanan aksial, peralatan ukur, peralatan pengontrol tekanan, dan peralatan lain yang dibutuhkan.

Pengujian Triaxial CD sangat diperlukan untuk melakukan analisis daya dukung tanah, stabilitas lereng, dan gaya dorong pada dinding penahan. Hasil pengujian ini digunakan untuk memahami bagaimana suatu material tanah akan berperilaku di bawah beban atau tekanan dari berbagai arah. Data yang dihasilkan dari pengujian ini dapat dianalisis untuk mendapatkan parameter-parameter mekanik seperti kekuatan geser dan sudut geser, yang kemudian dapat digunakan untuk memprediksi sifat mekanik tanah dan membuat keputusan yang cerdas dalam desain struktur tanah.

2.4.3 Konsolidasi

Konsolidasi adalah proses perubahan volume tanah yang terjadi ketika tanah di bawah tekanan hidrostatik yang konstan. Ini terjadi ketika beban diterapkan pada tanah, menyebabkan peningkatan tekanan air pori dalam tanah yang menyebabkan penurunan volume tanah secara bertahap. Proses konsolidasi dapat dijelaskan menggunakan Hukum Konsolidasi Terzaghi, yang menghubungkan penurunan volume tanah dengan waktu dan tingkat konsolidasi. Metode ini umumnya diterapkan dalam

analisis konsolidasi untuk memprediksi penurunan tanah dan perilaku deformasi tanah dalam berbagai situasi. Standar untuk pengujian ini menggunakan ASTM D2435.

2.4.4 CBR

Uji CBR (California Bearing Ratio) digunakan untuk menilai kekuatan tanah dasar atau bahan lain yang akan digunakan dalam pembuatan perkerasan jalan raya. Nilai CBR yang diperoleh digunakan untuk menentukan ketebalan perkerasan yang diperlukan. Dalam pengujian ini, sampel tanah dengan kepadatan tertentu ditempatkan dalam tabung dan diuji dengan alat penekan standar. Standar yang digunakan untuk uji ini adalah SNI 1744:2012 dan ASTM D1883.

1. CBR Unsoaked

CBR unsoaked adalah metode untuk menentukan nilai daya dukung tanah dalam keadaan tidak rendam. Pengujian CBR unsoaked digunakan untuk menentukan nilai daya dukung tanah dalam keadaan tidak rendam, yang merupakan kondisi yang lebih realistis dalam lingkungan tanah terbuka. Metode ini menggunakan alat uji yang berbeda dari pengujian CBR soaked (rendam), yang menggunakan sampel tanah yang rendam dalam air selama 24 jam sebelum diuji. Prosedur pengujian CBR unsoaked meliputi langkah-langkah berikut:

1. Ambil sampel tanah dari lokasi yang relevan dengan kondisi lapangan yang akan dinilai. Pastikan sampel yang diambil mewakili kondisi tanah secara akurat.
2. Tentukan berat volume (unit weight) atau kepadatan tanah sampel sesuai dengan standar yang berlaku, seperti ASTM D1557 untuk uji proctor standar atau metode lainnya yang sesuai.
3. Persiapkan spesimen uji yang sesuai dengan prosedur standar yang berlaku. Ini biasanya melibatkan pemadatan sampel tanah dalam cetakan uji dengan jumlah energi yang ditentukan.
4. Letakkan spesimen uji di dalam alat uji CBR dan pastikan bahwa spesimen terpasang dengan stabil di bawah plat pengujian.

5. Terapkan beban pada plat uji secara bertahap hingga mencapai nilai tertentu yang ditentukan oleh prosedur standar. Biasanya, beban ini diberikan dalam langkah-langkah yang disebut "increments".
6. Catat kedalaman penetrasi plat uji ke dalam sampel tanah pada setiap increment beban. Ini biasanya dilakukan dengan menggunakan alat pengukur deformasi yang terpasang di atas plat pengujian.
7. Hitung nilai CBR dengan menggunakan rumus yang sesuai dengan standar yang digunakan. Nilai CBR unsoaked diperoleh dari hasil uji tanpa direndam sebelumnya.

Pengujian CBR unsoaked memberikan gambaran tentang kekuatan tanah dalam kondisi alami, tanpa direndam sebelumnya. Informasi ini penting dalam mengevaluasi kemampuan tanah untuk mendukung beban dari struktur jalan atau landasan. Hasil pengujian CBR unsoaked digunakan dalam perencanaan dan desain jalan untuk memastikan stabilitas dan kinerja jalan yang memadai.

2. CBR Soaked

CBR soaked adalah nilai CBR yang diperoleh dari pengujian tanah setelah direndam dalam air selama periode waktu tertentu sebelum dilakukan pengujian CBR. Pengujian CBR soaked memberikan informasi tentang kekuatan relatif tanah dalam kondisi yang lebih jenuh atau lembab, yang dapat mencerminkan kondisi lapangan yang lebih realistis. Berikut adalah langkah-langkah umum dalam pengujian CBR soaked:

1. Ambil sampel tanah dari lokasi yang relevan dengan kondisi lapangan yang akan dinilai. Pastikan sampel yang diambil mewakili kondisi tanah secara akurat.
2. Persiapkan spesimen uji yang sesuai dengan prosedur standar yang berlaku. Ini biasanya melibatkan pemadatan sampel tanah dalam cetakan uji dengan jumlah energi yang ditentukan.

3. Setelah spesimen uji dipersiapkan, rendam spesimen dalam air selama periode waktu tertentu, biasanya 4 hari hingga 7 hari. Proses ini memungkinkan sampel tanah mencapai kondisi jenuh sebelum pengujian dilakukan.
4. Setelah periode perendaman selesai, spesimen uji ditempatkan di dalam alat uji CBR dan beban diterapkan pada plat uji secara bertahap, serupa dengan pengujian CBR unsoaked.
5. Catat kedalaman penetrasi plat uji ke dalam sampel tanah pada setiap increment beban menggunakan alat pengukur deformasi yang sesuai.
6. Hitung nilai CBR dengan menggunakan rumus yang sesuai dengan standar yang digunakan, dengan mempertimbangkan kedalaman penetrasi dan beban yang diterapkan pada spesimen uji yang telah direndam sebelumnya.

Pengujian CBR soaked memberikan gambaran tentang kekuatan tanah dalam kondisi yang lebih jenuh atau lembab, yang lebih mencerminkan kondisi lapangan yang sebenarnya. Informasi ini penting dalam mengevaluasi kemampuan tanah untuk mendukung beban dari struktur jalan atau landasan dalam kondisi yang lebih realistis. Hasil pengujian CBR soaked digunakan dalam perencanaan dan desain jalan untuk memastikan stabilitas dan kinerja jalan yang memadai dalam kondisi lapangan yang berbeda.

2.5 Klasifikasi Tanah

Setiap jenis tanah memiliki karakteristik, kesesuaian tanaman, dan hambatan pertanian yang berbeda. Metode klasifikasi tanah digunakan untuk mengelompokkan berbagai jenis tanah berdasarkan karakteristik serupa atau hampir sama. Setiap kelompok tanah diberi nama untuk memudahkan identifikasi dan pemahaman serta membedakannya dari jenis tanah lainnya. Untuk mencapai hasil pertanian yang optimal, teknologi pengelolaan tanah yang spesifik sesuai dengan jenis tanah tersebut diperlukan.

Klasifikasi tanah biasanya didasarkan pada pengujian indeks sederhana untuk menentukan karakteristiknya. Karakteristik ini digunakan untuk mengelompokkan tanah ke dalam kategori klasifikasi yang didasarkan pada ukuran partikel dari analisis saringan dan plastisitasnya. Berdasarkan hasil analisis distribusi partikel dan batas Atterberg, tanah dapat dimasukkan ke dalam sistem klasifikasi seperti AASHTO.

2.5.1 Sistem Unified Soil Classification System (USCS)

Sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan dalam bidang rekayasa sipil dan geoteknik adalah Sistem Klasifikasi Tanah Terpadu (Unified Soil Classification System/USCS). Sistem ini awalnya dikembangkan oleh Casagrande selama Perang Dunia II untuk kebutuhan teknik militer Amerika Serikat. Pada tahun 1969, American Society for Testing and Materials (ASTM) mengadopsi sistem ini sebagai metode standar untuk klasifikasi tanah (ASTM D2487). USCS membagi tanah menjadi dua kategori utama: tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus. Pada sistem klasifikasi USCS, tanah dibagi menjadi dua kategori:

- a. Tanah berbutir kasar adalah tanah pasir dan kerikil dengan berat total sampel tanah yang lolos ayakan No. 200 kurang dari 50%. Tanah berpasir ditunjukkan dengan huruf S dan tanah berkerikil dengan huruf G. Selain itu, W menunjukkan tanah bergradasi baik, sedangkan P menunjukkan tanah bergradasi buruk.
- b. Tanah berbutir halus adalah lanau dan lempung, di mana berat sampel tanah yang lolos saringan No. 200 lebih dari 50%. Tanah dalam kelompok ini ditunjukkan dengan huruf O dan C, masing-masing. Plastisitas tinggi ditunjukkan dengan huruf H, sedangkan plastisitas rendah ditunjukkan dengan huruf L.

Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi Tanah Unified

Jenis Tanah	Prefiks	Sub Kelompok	Sufiks
Kerikil	G	Gradasi baik	W
		Gradasi buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	$w_L < 50\%$	L
Organik	O	$w_L > 50\%$	H
Gambut	Pt		

2.5.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

Tabel 2.3 dan Gambar 2.9 menunjukkan klasifikasi AASHTO yang saat ini digunakan dalam rekayasa jalan dan transportasi. Klasifikasi AASHTO, yang dikembangkan oleh American Association of State Highway and Transportation Officials, bertujuan untuk menilai material subgrade dalam konstruksi jalan raya. Sistem ini membagi tanah menjadi tujuh kelompok utama. Kelompok tanah berbutir kasar, seperti A-1, A-2, dan A-3, memiliki partikel yang lolos dari saringan No. 200 sebanyak 35% atau kurang. Kelompok tanah berbutir kasar A-4, A-5, A-6, dan A-7 memiliki partikel yang lolos saringan No.200.. Kelompok A-4 hingga A-7 ini sebagian besar terdiri dari lanau dan lempung. Kriteria berikut digunakan dalam sistem klasifikasi AASHTO:

a. Ukuran butir

Kerikil, pasir, lanau, dan lempung adalah empat kategori butir yang berbeda. Pasir adalah bagian tanah yang lolos saringan 75 mm dan tertahan saringan 2 mm (No. 10), sedangkan lanau dan lempung memiliki diameter lolos saringan 0,0075 mm (No. 200).

b. Plastisitas

Bagian halus tanah dengan indeks plastisitas (IP) 10 atau lebih disebut berlanau, dan bagian halus tanah dengan indeks plastisitas (IP) 6 atau lebih disebut berlempung.

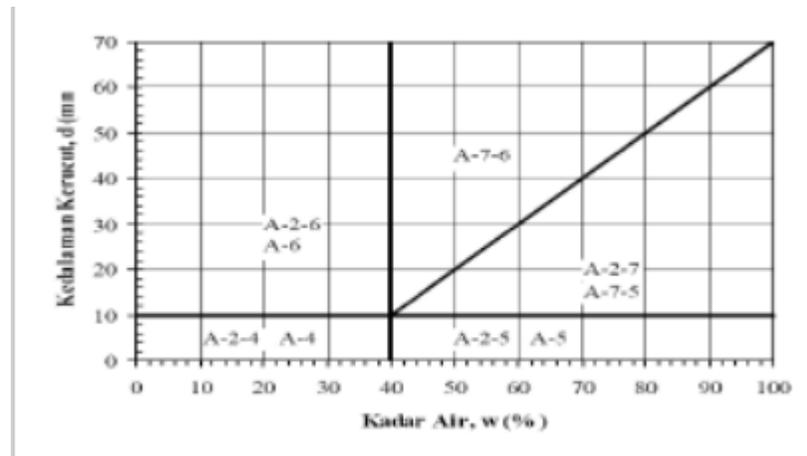
- c. Dalam contoh tanah yang akan diuji, batuan dengan ukuran lebih dari 75 mm harus dikeluarkan terlebih dahulu. Persentase batuan yang dikeluarkan harus dicatat.

Tanah dibagi menjadi 7 kelompok menurut sistem klasifikasi AASHTO: A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, dan A-7. Kelompok A-1 dan A-2 terdiri dari tanah dengan butiran kurang dari 35% dari total butiran tanah; kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7 terdiri dari tanah yang sebagian besar terdiri dari lempung dan lanau. Data klasifikasi tanah dari percobaan di laboratorium disajikan dalam Tabel 2.3. Kelompok tanah yang lebih baik berada di sebelah kiri, dan yang lebih buruk berada di sebelah kanan.

Tabel 2.3 Klasifikasi Tanah berdasarkan AASHTO

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

Menurut klasifikasi AASHTO, tanah terbagi menjadi dua kategori: tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus. Saringan No. 200 membedakan kedua kategori ini. Gambar 2.9 menunjukkan nilai batas cair (liquid limit) dan indeks plastisitas untuk kelompok tanah A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, dan A-7.



Gambar 2.9 Nilai – nilai Batas Atterberg untuk Subkelompok Tanah

2.6 Tanah Bermasalah

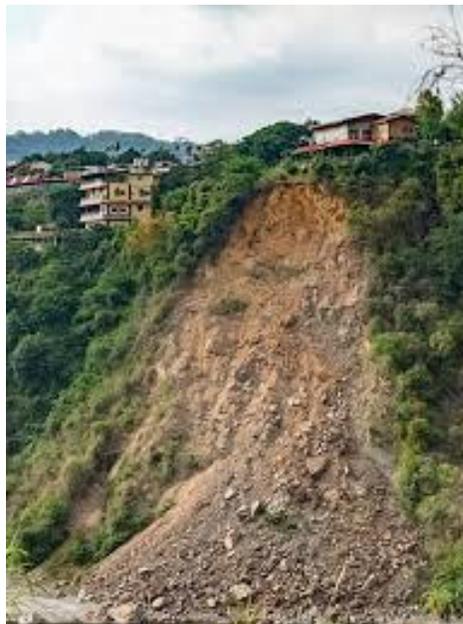
Tanah bermasalah dalam konstruksi merujuk pada tanah yang memiliki karakteristik tertentu yang dapat menyebabkan risiko atau kesulitan dalam pembangunan struktur bangunan atau infrastruktur.

2.6.1 Tanah Longsor

Tanah longsor adalah salah satu masalah umum yang terjadi pada konstruksi, terutama di daerah yang memiliki topografi miring atau lereng curam. Longsor terjadi ketika lapisan tanah tergelincir atau tergerus secara tiba-tiba, seringkali disebabkan oleh faktor-faktor seperti curah hujan berlebihan, perubahan tekanan air tanah, aktivitas manusia, atau gempa bumi. Tanah yang longsor cenderung memiliki tekstur pasir, lempung, atau campuran keduanya. Tanah berbutir halus seperti lempung memiliki kecenderungan yang lebih tinggi untuk longsor karena kemampuan mereka untuk menahan air, yang meningkatkan berat dan tekanan pada lereng. Hujan yang intens dan berkepanjangan dapat mempercepat proses longsor dengan menyebabkan peningkatan tekanan air di dalam tanah. Air yang meresap ke dalam tanah dapat merusak stabilitas lereng dengan meningkatkan berat tanah dan mengurangi gesekan antarpartikel.

Ketika tanah atau material longgar lainnya bergerak secara tiba-tiba dari lereng atau tempatnya yang semula, itu disebut aktivitas tanah longsor. Perubahan tekanan air pori, perubahan struktur tanah, gempa bumi, pembakaran hutan atau penggundulan tanah, dan peningkatan tekanan atau beban di lereng adalah beberapa sumber aktivitas tanah longsor. Ciri-ciri tanah longsor meliputi:

1. Terjadi di perbukitan dan lereng gunung dengan kemiringan sekitar 20 derajat atau lebih.
2. Lapisan tanah di atas lereng biasanya tebal.
3. Lereng sering kali gundul, dengan minimnya pepohonan atau vegetasi yang dapat menstabilkan tanah.
4. Adanya retakan atau celah di tebing dan lereng.
5. Sistem saluran air yang buruk di area lereng dapat memperburuk kondisi.
6. Adanya mata air atau rembesan air di tebing yang sering kali didahului oleh longsoran kecil.
7. Keberadaan bangunan atau struktur di bagian atas lereng yang menambah beban pada tanah



Gambar 2.10 Kondisi Tanah Longsor

2.6.2 Tanah Lunak

Tanah lunak adalah jenis tanah yang memiliki sifat-sifat tertentu yang membuatnya kurang stabil dan mungkin sulit untuk mendukung beban struktural atau konstruksi. Tanah lunak sering kali memiliki tekstur lempung atau lumpur yang halus dan berbutir halus. Kandungan air yang tinggi dalam tanah ini membuatnya menjadi lebih lunak dan mudah terekskavasi. Tanah lunak cenderung memiliki konsistensi yang lembut dan mudah ditekan. Saat ditekan, tanah ini dapat dengan mudah berubah bentuk dan mengalami deformasi. Tanah lunak memiliki kemampuan tinggi untuk menahan air, yang dapat membuatnya menjadi lebih lunak dan kurang stabil. Ini terutama berlaku pada tanah dengan kadar air yang tinggi.

Tanah lunak sering kali memiliki daya dukung yang rendah, yang berarti bahwa tanah ini mungkin tidak mampu menopang beban struktural dengan baik. Hal ini dapat menyebabkan penurunan atau deformasi pada struktur yang didukung oleh tanah tersebut. Tanah lunak cenderung mengalami penyusutan dan pemadatan saat ditekan oleh beban struktural. Ini bisa menyebabkan penurunan atau pergeseran pada bangunan yang dibangun di atasnya. Tanah lunak sering kali memerlukan perhatian khusus dalam perencanaan dan pelaksanaan konstruksi untuk memastikan bahwa stabilitas struktural yang memadai tercapai. Teknik-teknik seperti penggunaan pondasi yang dalam, penggunaan bahan stabilisasi tanah, atau rekayasa tanah dapat digunakan untuk meningkatkan daya dukung dan stabilitas tanah lunak.

Aktivitas tanah lunak merujuk pada perilaku tanah yang memiliki kekakuan yang rendah atau kekuatan geser yang lemah. Tanah lunak seringkali memiliki kandungan air yang tinggi dan konsistensi yang lunak, sehingga cenderung untuk mengalami deformasi atau perubahan bentuk dengan mudah ketika dikenai beban atau tekanan.

Tanah lunak biasanya merujuk pada jenis tanah yang memiliki kepadatan yang rendah, kelembaban tinggi, dan kemampuan dukungan yang terbatas. Ciri-ciri umum dari tanah lunak meliputi:

1. Tanah lunak cenderung memiliki kekuatan dan kepadatan yang rendah, sehingga tidak dapat memberikan dukungan yang memadai untuk struktur bangunan atau infrastruktur.
2. Permukaan tanah lunak cenderung mengalami penurunan atau deformasi yang lebih besar daripada tanah yang lebih padat. Ini dapat terjadi akibat beban tambahan, perubahan kondisi air tanah, atau proses alami seperti pengendapan.
3. Tanah lunak dapat cenderung mengalami pergerakan lateral atau bergeser, terutama ketika terkena beban tambahan atau tekanan dari arah tertentu. Ini dapat menyebabkan retakan atau deformasi pada bangunan atau struktur di atasnya.
4. Tanah lunak sering kali memiliki karakteristik lumpur, dengan kandungan air yang tinggi dan kemampuan aliran yang baik. Ini membuatnya rentan terhadap proses erosi dan pencucian, terutama saat terkena hujan atau aliran air.
5. Tanah lunak dapat menjadi faktor yang memperburuk dampak gempa bumi karena sifatnya yang lunak dan kurang stabil. Tanah lunak dapat mengalami likuefaksi, di mana kemampuan dukungan tanah hilang karena tekanan air yang bertambah akibat getaran gempa.
6. Lumpur sering kali menjadi ciri khas tanah lunak. Lumpur dapat muncul di permukaan tanah atau tersembunyi di bawah lapisan tanah yang lebih padat. Lumpur dapat menyebabkan masalah seperti pengendapan, pergerakan tanah, dan kehilangan stabilitas.



Gambar 2.11 Kondisi Tanah Lunak

2.6.3 Tanah Gambut

Tanah gambut adalah jenis tanah organik yang terbentuk dari material tumbuhan yang terdekomposisi secara parsial atau tidak sempurna di lingkungan yang tergenang air atau lembab. Tanah gambut memiliki kandungan bahan organik yang sangat tinggi, biasanya lebih dari 50% berat kering tanah. Bahan organik ini terutama terdiri dari serasah tanaman, akar, dan bagian-bagian tanaman yang terdekomposisi. Tanah gambut terbentuk melalui proses akumulasi material tumbuhan yang terdekomposisi di lingkungan rawa atau daerah yang tergenang air. Proses pembentukannya sangat lambat, dan lapisan gambut dapat tumbuh hanya beberapa milimeter setiap tahunnya. Tanah gambut memiliki konsistensi yang padat dan kompak ketika kering, tetapi sangat lunak dan berair ketika basah. Hal ini disebabkan oleh tingginya kandungan air dan rendahnya kadar mineral di dalam tanah gambut.

Tanah gambut memiliki sifat isolasi termal yang baik, yang berarti bahwa tanah ini mampu mempertahankan suhu yang relatif stabil di bawah permukaannya. Hal ini memengaruhi iklim mikro di sekitar tanah gambut dan dapat memengaruhi pertumbuhan vegetasi serta kehidupan hewan. Tanah gambut memiliki potensi untuk digunakan dalam pertanian, pertanian perikanan, dan penanaman hutan. Namun, proses pemanfaatannya sering kali melibatkan tantangan teknis dan lingkungan, termasuk drainase yang buruk, ketahanan terhadap kebakaran, dan degradasi tanah. Tanah gambut memiliki nilai ekologis yang tinggi karena menyediakan habitat yang penting bagi berbagai spesies tumbuhan dan hewan. Namun, pemanfaatan tanah gambut harus dilakukan dengan hati-hati untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan dan mempertahankan fungsi ekologis tanah gambut yang penting.

Aktivitas tanah gambut merujuk pada berbagai perubahan atau fenomena yang terjadi di dalam ekosistem gambut. Tanah gambut adalah jenis tanah organik yang terbentuk dari akumulasi bahan organik yang terdekomposisi di daerah rawa atau lahan basah lainnya. Aktivitas tanah gambut dapat memiliki berbagai dampak dan implikasi

terhadap lingkungan, ekosistem, dan masyarakat yang bergantung pada ekosistem gambut. Ciri-ciri tanah gambut meliputi:

1. Tanah gambut biasanya memiliki warna gelap hingga hitam karena tingginya kandungan bahan organik yang terdekomposisi.
2. Tanah gambut mengandung jumlah bahan organik yang tinggi, seringkali lebih dari 50% berat kering. Bahan organik ini biasanya terdiri dari sisa-sisa tumbuhan seperti serasah, lumut, dan akar yang terdekomposisi.
3. Tanah gambut cenderung memiliki tekstur yang lunak dan berpori karena dekomposisi bahan organik. Ini membuatnya mudah terkompresi dan rentan terhadap perubahan volume.
4. Tanah gambut umumnya bersifat asam karena dekomposisi bahan organik menghasilkan asam humat dan asam fulvik. Kondisi asam ini dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan ketersediaan nutrisi.
5. Tanah gambut biasanya memiliki kandungan air yang tinggi, bahkan dalam kondisi permukaan yang tampak kering. Kandungan air yang tinggi membuatnya mudah terbakar dan sulit untuk dibangun.
6. Tanah gambut dapat memiliki ketebalan yang bervariasi, mulai dari beberapa sentimeter hingga puluhan meter, tergantung pada kondisi pembentukannya.
7. Tanah gambut seringkali didominasi oleh vegetasi khas seperti lumut, semak belukar, dan pohon-pohon yang teradaptasi dengan baik pada kondisi tanah yang basah dan asam.
8. Proses pembentukan tanah gambut seringkali menghasilkan lapisan-lapisan yang terpisah, dengan lapisan gambut yang lebih tua di bagian bawah dan lapisan yang lebih muda di bagian atas.



Gambar 2.12 Kondisi Tanah Gambut

2.6.4 Tanah Ekspansif

Tanah ekspansif, atau tanah lempung ekspansif, adalah jenis tanah yang memiliki karakteristik perubahan volume yang besar akibat perubahan kadar air. Ketika lembab, tanah ini mengembang, dan saat kering, ia menyusut. Hal ini disebabkan oleh tingginya kandungan lempung dalam tanah tersebut. Fraksi lempung ini menyebabkan partikel tanah saling melekat dan membentuk agregat yang dapat mengembang ketika menyerap air, sehingga mempengaruhi kestabilan dan kekuatan tanah, terutama dalam konstruksi.

Tanah ekspansif dikenal dengan kemampuannya mengalami perubahan volume yang signifikan sesuai dengan perubahan kadar air. Ketika tanah ini basah, partikel-partikel lempung menyerap air dan mengalami perluasan, yang menyebabkan peningkatan volume tanah. Sebaliknya, saat tanah mengering, air yang terikat pada partikel lempung menguap, mengakibatkan penyusutan dan penurunan volume tanah. Proses penyusutan ini sering kali menimbulkan retakan pada permukaan tanah, yang dapat berdampak pada struktur bangunan yang berdiri di atasnya. Retakan ini berpotensi menyebabkan kerusakan pada fondasi, dinding, atau struktur bangunan secara keseluruhan, terutama jika fondasi tidak dirancang untuk menangani perubahan volume tanah.

Aktivitas tanah ekspansif merujuk pada perilaku tanah yang memiliki kemampuan untuk mengalami perubahan volume yang signifikan sebagai respons terhadap perubahan kelembaban. Tanah ekspansif cenderung menyusut saat kering dan mengembang saat basah, yang dapat menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan dan infrastruktur. Ciri-ciri tanah ekspansif meliputi:

1. Tanah ekspansif cenderung mengalami pembengkakan saat kelembaban meningkat dan menyusut saat kelembaban berkurang. Perubahan volume ini dapat menyebabkan keretakan pada bangunan dan infrastruktur yang didirikan di atasnya.

2. Tanah ekspansif dapat ditemukan dalam berbagai ketebalan, mulai dari lapisan tipis hingga lapisan yang sangat tebal di bawah permukaan tanah.
3. Tanah ekspansif biasanya memiliki kandungan lempung yang tinggi. Partikel lempung memiliki kemampuan untuk menyerap air, yang mengarah pada pembengkakan tanah.
4. Ketika tanah ekspansif menyusut akibat kekeringan, retakan-retakan sering terbentuk di permukaan tanah. Retakan ini dapat menjadi petunjuk bahwa tanah tersebut memiliki sifat ekspansif.
5. Tanah ekspansif dapat menyebabkan kerusakan pada bangunan dan infrastruktur yang didirikan di atasnya, seperti retak pada dinding, lantai yang miring, atau fondasi yang terangkat.
6. Tanah ekspansif cenderung memiliki masalah drainase karena kemampuan air yang rendah untuk meresap ke dalam tanah. Hal ini dapat menyebabkan genangan air yang berkepanjangan dan meningkatkan risiko pembengkakan tanah.
7. Tanah ekspansif dapat sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan, seperti perubahan curah hujan atau pembangunan struktur air tanah di sekitarnya.
8. Saat tanah ekspansif mengering, terjadi penyusutan yang dapat menyebabkan celah-celah di permukaan tanah atau bahkan keretakan pada bangunan.



Gambar 2.13 Kondisi Tanah Ekspansif

2.6.5 Tanah Lempung Serpih (Tanah lempung)

Tanah lempung serpih, atau tanah lempung, adalah jenis tanah yang terbentuk dari partikel-partikel halus yang disebut lempung yang terkompak dan terikat bersama dengan kandungan mineral serpih yang tinggi. Tanah lempung serpih memiliki tekstur yang sangat halus dan butiran lempung yang terdiri dari partikel-partikel berukuran mikroskopis. Komposisi mineral utamanya adalah lempung, dengan kandungan serpih yang tinggi. Tanah lempung serpih biasanya memiliki kekuatan mekanis yang tinggi karena kompak dan padatnya struktur tanahnya. Namun, tanah ini juga rentan terhadap retakan dan pecah karena tekanan air atau perubahan volume.

Tanah lempung serpih memiliki kapasitas retensi air yang tinggi. Ini dapat bermanfaat untuk pertumbuhan tanaman, tetapi juga dapat menyebabkan masalah drainase jika tidak ditangani dengan benar. Tanah lempung serpih cenderung memiliki konsistensi yang lengket dan mudah berubah bentuk ketika basah, tetapi keras dan retak-retak ketika kering. Ini dapat menyulitkan pertanian dan konstruksi, karena struktur tanah yang tidak stabil. Tanah lempung serpih memiliki kemampuan untuk mengalami pemadatan ketika terkena beban atau tekanan, serta pengembangan ketika terkena air. Perubahan volume ini dapat menyebabkan keretakan pada struktur yang didukung oleh tanah tersebut.

Tanah lempung serpih sering kali digunakan dalam industri konstruksi untuk membuat bata, genteng, dan bahan bangunan lainnya. Namun, sifat-sifatnya yang rentan terhadap perubahan volume membuatnya menjadi sulit untuk digunakan dalam konstruksi tanah bergerak atau wilayah yang rawan terhadap tanah longsor. Tanah lempung serpih memiliki tingkat ketahanan terhadap erosi yang relatif tinggi karena kandungan lempung yang tinggi. Namun, jika terjadi erosi, tanah ini cenderung mengalami perubahan volume yang signifikan. Karena sifat-sifatnya yang khas, tanah lempung serpih memerlukan perhatian khusus dalam perencanaan dan manajemen tanah. Teknik-teknik seperti pengolahan tanah yang tepat, drainase yang baik, dan

stabilisasi tanah mungkin diperlukan untuk mengurangi dampak negatif dari sifat-sifat tanah lempung serpih. Ciri-ciri tanah lempung meliputi:

1. Tanah lempung memiliki komposisi utama dari partikel lempung. Partikel lempung ini memberikan sifat-sifat tanah yang khas, seperti kemampuan untuk menyerap air dan mengalami perubahan volume.
2. Tanah lempung biasanya memiliki kepadatan yang tinggi karena proses pemadatan dan pengerasan selama pembentukan batuan sedimen.
3. Tanah lempung sering kali memiliki struktur lapisan yang terlihat, yang merupakan hasil dari proses pengendapan yang teratur selama pembentukannya.
4. Tanah lempung sering memiliki warna yang beragam, mulai dari abu-abu hingga hitam, tergantung pada komposisi mineral dan kandungan organiknya.
5. Tanah lempung biasanya cukup keras dan tahan terhadap erosi, meskipun masih dapat terkikis oleh proses alami seperti air hujan dan arus sungai.
6. Tanah lempung cenderung menahan air, tetapi juga dapat mengalami pembengkakan ketika terkena air dalam jumlah besar.
7. Batuan lempung sering memiliki pola patahan dan retakan yang khas, yang bisa menjadi ciri khasnya ketika diekspos di permukaan tanah.
8. Tanah lempung dapat mengandung berbagai jenis mineral seperti kuarsa, feldspar, mika, dan mineral lempung seperti kaolinit atau illit.
9. Tanah lempung dapat ditemukan dalam ketebalan yang bervariasi, dari lapisan tipis hingga lapisan yang sangat tebal di bawah permukaan tanah.
10. Dalam beberapa kasus, tanah lempung dapat mengandung fragmen fosil atau jejak organisme yang terawetkan dalam batuan sedimen.



Gambar 2.14 Kondisi Tanah Lempung Serpih

2.6.6 Tanah Rentan Likuifaksi

Likuifaksi tanah, atau likuifaksi seismik, adalah fenomena di mana kekuatan tanah menurun drastis sehingga tanah yang sebelumnya padat menjadi longgar dan mudah bergerak. Peristiwa ini sering terjadi saat gempa bumi menghasilkan gelombang seismik yang memengaruhi tanah yang jenuh air. Selain gempa, likuifaksi juga dapat dipicu oleh aktivitas seperti peledakan, pemadatan, atau teknik vibroflotation, di mana getaran menyebabkan perubahan struktur butiran tanah. Tanah terdiri dari partikel dan ruang pori, dan ketika gempa mengguncang tanah yang berdekatan dengan sumber air, air mengisi ruang pori, menurunkan volumenya. Hal ini meningkatkan tekanan air antar partikel, mengakibatkan partikel tanah kehilangan kohesi dan bergerak bebas dalam air.

Proses likuifaksi terjadi melalui serangkaian tahapan. Saat tanah jenuh air mengalami getaran yang kuat, air di dalam pori-pori tanah mulai terdesak, mengurangi tegangan efektif yang mempertahankan kekuatan tanah. Seiring dengan peningkatan getaran, volume air yang terdesak semakin meningkat, menyebabkan kehilangan kontak antarpartikel tanah dan pembentukan jembatan air. Akibatnya, tanah kehilangan kekuatan geser dan menjadi cair seperti lumpur. Proses ini berlangsung selama guncangan berlangsung dan akan berhenti ketika getaran mereda.

Beberapa faktor mempengaruhi kemungkinan terjadinya likuifaksi tanah, antara lain:

1. Kandungan Air

Tanah yang memiliki kandungan air yang tinggi cenderung lebih rentan terhadap likuifaksi. Air berfungsi sebagai “pelumas” yang memfasilitasi pergerakan partikel tanah saat terjadi getaran.

2. Tekstur Tanah

Partikel tanah dengan ukuran yang lebih kecil memiliki porositas yang lebih tinggi, sehingga memungkinkan penetrasi air yang lebih besar. Oleh karena itu, tanah dengan

tekstur halus atau lempung cenderung lebih rentan terhadap likuifaksi daripada tanah dengan tekstur pasir.

3. Usia Lapisan Tanah Masih Muda

Pada dasarnya, lapisan tanah merupakan campuran kompleks antara cairan dan butiran tanah yang terbentuk secara alami. Seiring waktu, lapisan tanah yang terkubur menjadi lebih kuat melalui proses interaksi antar-partikel (litifikasi) dan reaksi kimia (diagenesis).

Selama likuifaksi, cairan dalam rongga tanah berpindah dan digantikan oleh partikel padat, yang menyebabkan partikel-partikel tanah menjadi lebih rapat. Hal ini meningkatkan kontak antar-butir atau kekuatan gesekan, sehingga memperkuat sedimen yang terkubur. Dalam proses diagenesis, beberapa reaksi kimia seperti sementasi, rekristalisasi, dan pelarutan akan terjadi.

Proses diagenesis juga dapat mengubah butiran sedimen menjadi mineral lain. Istilah "pengerasan" dan "penuaan" digunakan untuk menggambarkan proses penting ini. Seiring waktu, kekuatan tanah meningkat, sehingga lapisan tanah menjadi lebih tahan terhadap likuifaksi. Likuifaksi lebih rentan terjadi pada lapisan tanah yang berumur kurang dari 500 tahun. Material geologis yang berumur kurang dari 10.000 tahun atau berasal dari periode Holosen juga memiliki kerentanan terhadap likuifaksi. Berikut adalah beberapa ciri-ciri tanah yang rentan terhadap likuifaksi:

1. Tanah yang terdiri dari butiran halus, seperti pasir halus, lumpur, atau campuran pasir dan lumpur, cenderung lebih rentan terhadap likuifaksi. Butiran halus memiliki permukaan yang besar dan lebih cenderung menahan air, sehingga meningkatkan potensi likuifaksi.
2. Tanah yang memiliki kandungan air yang tinggi atau tanah yang jenuh dengan air lebih rentan terhadap likuifaksi. Air bertindak sebagai agen pengikat antara partikel tanah dan dapat mengurangi kekuatan geser tanah.
3. Tanah yang tidak padat atau memiliki struktur penyusunan yang longgar lebih rentan terhadap likuifaksi. Struktur longgar memungkinkan partikel-partikel tanah

untuk bergerak lebih bebas selama getaran, meningkatkan kemungkinan terjadinya likuifaksi.

4. Tanah yang terletak pada lereng curam atau memiliki kemiringan yang signifikan cenderung lebih rentan terhadap likuifaksi. Getaran gempa dapat menyebabkan pergeseran tanah pada lereng curam, meningkatkan potensi terjadinya likuifaksi.
5. Jika suatu daerah telah mengalami likuifaksi sebelumnya, kemungkinan besar tanah di daerah tersebut rentan terhadap likuifaksi di masa mendatang.
6. Kedalaman air tanah yang dangkal atau perubahan tingkat air tanah yang drastis juga dapat meningkatkan risiko likuifaksi karena tanah menjadi jenuh dengan air lebih cepat.
7. Tanah yang padat dan terkompaksi biasanya memiliki kekuatan geser yang lebih tinggi dan lebih sedikit rentan terhadap likuifaksi dibandingkan dengan tanah yang longgar.
8. Tanah dengan kandungan bahan organik yang tinggi cenderung memiliki kekuatan geser yang lebih tinggi dan lebih sedikit rentan terhadap likuifaksi.



Gambar 2.15 Kondisi Tanah Rentan Likuifaksi

2.7 Stabilisasi Tanah

Tujuan stabilisasi tanah adalah untuk mengolah tanah agar meningkatkan nilai atau besaran CBR (California Bearing Ratio) tanah asli, sehingga dapat digunakan sebagai lapisan dasar konstruksi. Dalam bidang rekayasa sipil, proses ini dikenal sebagai stabilisasi tanah. Jika tanah asli yang akan dijadikan landasan perkerasan

memiliki daya dukung yang rendah, perbaikan tanah harus segera dilakukan melalui stabilisasi, karena metode ini dapat meningkatkan kekuatan tanah sehingga mampu menahan beban dan mempertahankan stabilitas.

Stabilisasi tanah umumnya dilakukan melalui metode mekanis atau kimiawi. Stabilisasi mekanis bertujuan untuk meningkatkan gradasi tanah agar mencapai kualitas yang diinginkan. Proses ini bertujuan untuk memperbaiki kekuatan dan daya dukung tanah dengan meningkatkan kepadatannya dan mengoptimalkan gradasi partikel tanah. Metode ini melibatkan pencampuran tanah asli dengan jenis tanah lain guna mencapai gradasi yang lebih baik. Dalam stabilisasi mekanis, perhatian khusus perlu diberikan pada distribusi butiran tanah serta kadar airnya untuk memastikan tanah memiliki daya ikat yang optimal.

1. Penggantian Tanah

Penggantian tanah dalam stabilisasi tanah bertujuan untuk meningkatkan daya dukung dan kekuatan tanah, serta mengurangi perubahan volume yang signifikan akibat paparan kelembapan. Tanah lempung ekspansif adalah jenis tanah yang cenderung mengalami perubahan volume besar saat bersentuhan dengan air, sehingga perlu distabilkan untuk mengurangi pembengkakan dan meningkatkan kapasitas mekanisnya. Penggantian tanah asli dilakukan dengan material yang lebih baik, seperti tanah, batu, kerikil, dan pasir, atau menggunakan material pelapis seperti geotekstil, geomembran, geogrid, dan geocell. Stabilisasi tanah dapat ditingkatkan dengan memanfaatkan tanah yang lemah sambil meminimalkan penggantian tanah yang tidak memenuhi syarat.

Berbagai metode stabilisasi tanah telah dikembangkan, antara lain stabilisasi mekanis (granular), stabilisasi dengan semen, kapur, bitumen, stabilisasi kimia, termal, listrik, serta grouting menggunakan geotekstil dan kain. Metode dewatering, yaitu pengurangan kadar air dalam tanah, juga termasuk dalam stabilisasi tanah. Penggantian tanah asli dapat dilakukan dengan mencampur tanah dengan bahan seperti semen,

kapur, atau abu, serta menggunakan cairan kimia untuk memperbaiki karakteristik tanah.

Stabilisasi tanah melalui pelapisan dan pemadatan merupakan solusi yang paling mudah dan ekonomis, sekaligus efektif dalam meningkatkan daya dukung dan kekuatan tanah. Penggantian tanah asli dan stabilisasi sangat penting dalam proyek konstruksi jalan raya dan lapangan terbang, karena mampu meningkatkan stabilitas struktur yang didirikan di atas tanah tersebut. Stabilisasi dapat ditingkatkan dengan mengoptimalkan penggunaan tanah yang lemah dan mengurangi penggantian tanah yang tidak sesuai dengan standar.

2. Stabilisasi Mekanis Tanah

Untuk mencapai tujuan stabilisasi mekanis tanah, tanah harus bergradasi baik atau bergradasi tinggi sehingga dapat memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Stabilisasi tanah secara mekanis pada dasarnya berarti meningkatkan kekuatan dan daya dukung tanah saat ini dengan meningkatkan kepadatan dan mengatur gradasi tanah. Untuk membuat gradasi baru yang lebih baik, masukkan dan campurkan tanah alami yang ada dengan jenis tanah lain. Dalam stabilisasi mekanis tanah, gradasi butir tanah yang memiliki daya ikat (*binder soil*) dan kadar air harus diperhatikan.

3. Stabilisasi Kimiawi Tanah

Stabilisasi kimia tanah adalah proses perbaikan sifat-sifat tanah yang kurang baik melalui penambahan bahan kimia. Dalam metode ini, tanah dicampur dengan bahan stabilisasi berbasis kimia untuk meningkatkan kekuatan dan stabilitasnya. Proses ini sering digunakan untuk memperbaiki tanah yang akan dijadikan dasar konstruksi, seperti perkerasan jalan. Bahan kimia yang umum digunakan dalam stabilisasi ini termasuk garam dapur, yang berfungsi untuk meningkatkan kekuatan serta daya tahan (*durability*) tanah terhadap beban dan kondisi lingkungan yang bervariasi.

Stabilisasi tanah menggunakan polimer silikon adalah salah satu metode stabilisasi tanah yang menggunakan bahan kimia sebagai perekat. Polimer silikon adalah senyawa

kimia yang tiap molekulnya bergabung membentuk rantai, yang digunakan sebagai bahan perekat dalam stabilisasi tanah. Proses stabilisasi tanah menggunakan polimer silikon melibatkan pencampuran material tanah dengan larutan polimer silikon, kemudian dilakukan pemadatan. Cara kedua, larutan polimer silikon hanya disemprotkan ke permukaan tanah. Polimer silikon memiliki sifat perekat yang membantu mengikat mineral tanah menjadi lebih rapat, yang mengurangi kembang susut tanah lempung ekspansif. Hasil stabilisasi tanah menggunakan polimer silikon akan mempunyai sifat yang lebih baik, seperti kekuatan geser yang lebih tinggi, kemampatan yang lebih tinggi, dan stabilitas volume yang lebih baik. Metode stabilisasi tanah menggunakan polimer silikon dapat digunakan untuk meningkatkan stabilitas dan kapasitas daya dukung tanah, memastikan bahwa tanah dapat dilewati kendaraan proyek dan tidak terjadi penurunan (settlement) yang melebihi yang diijinkan.

2.8 Polimer

Polimer adalah molekul besar yang terbentuk dari pengulangan struktur molekul yang lebih kecil yang disebut monomer. Proses pengulangan ini biasa disebut polimerisasi. Polimer memiliki beragam struktur dan sifat yang bergantung pada jenis monomer yang digunakan, metode polimerisasi, dan kondisi reaksi. Ada dua jenis polimer utama:

1. Polimer Alam

Polimer alam adalah polimer yang ditemukan secara alami dalam organisme hidup. Contohnya adalah protein, polisakarida, dan asam nukleat seperti DNA dan RNA. Polimer alam memiliki peran penting dalam berbagai fungsi biologis, seperti struktur sel, penyimpanan energi, dan transmisi informasi genetik.

2. Polimer Sintetis

Polimer sintetis adalah polimer yang diproduksi secara buatan melalui reaksi kimia dari monomer yang dihasilkan dari bahan-bahan kimia non-organik. Contohnya adalah polietilena, polipropilena, polivinilklorida (PVC), polistirena, dan banyak

lagi. Polimer sintetis digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk industri plastik, karet, serat, cat, bahan bangunan, dan banyak lagi.

Dalam industri konstruksi, polimer digunakan dalam berbagai macam aplikasi untuk memenuhi berbagai kebutuhan teknis dan fungsional. Berikut adalah beberapa contoh penggunaan polimer dalam konstruksi:

1. Pengikat

Polimer seperti resin epoksi atau akrilik digunakan sebagai pengikat dalam produksi berbagai material konstruksi seperti beton, mortir, dan aditif untuk meningkatkan kekuatan, ketahanan aus, dan daya tahan terhadap berbagai kondisi lingkungan.

2. Pengisi

Polimer juga digunakan sebagai pengisi atau penguat dalam material konstruksi seperti fiberglass-reinforced plastic (FRP) atau fiber-reinforced polymer (FRP). Material ini sering digunakan dalam struktur yang membutuhkan kekuatan tambahan, seperti jembatan, tangki penyimpanan, dan pelat dinding.

3. Pelapis

Polimer dapat digunakan sebagai pelapis permukaan untuk melindungi struktur dari kerusakan akibat korosi, aus, atau pengaruh lingkungan lainnya. Contohnya termasuk cat epoksi, cat akrilik, atau lapisan poliuretan yang digunakan pada permukaan logam, beton, atau kayu.

4. Geomembrane

Polimer seperti HDPE (High-Density Polyethylene) atau PVC (Polyvinyl Chloride) digunakan sebagai geomembrane dalam aplikasi konstruksi geoteknik, seperti pembuatan lapisan penahan air di bawah lapisan tanah untuk memastikan kedap air pada reservoir, dam, atau landfill.

5. Pipa Polimer

Polimer seperti PVC, HDPE, atau polipropilena digunakan sebagai bahan pipa untuk sistem saluran air, saluran pembuangan, saluran kabel, dan pipa untuk berbagai keperluan infrastruktur.

6. Panel dan Lembaran

Polimer dapat dibentuk menjadi panel atau lembaran untuk digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi seperti dinding, langit-langit, atap, dan panel dinding luar.

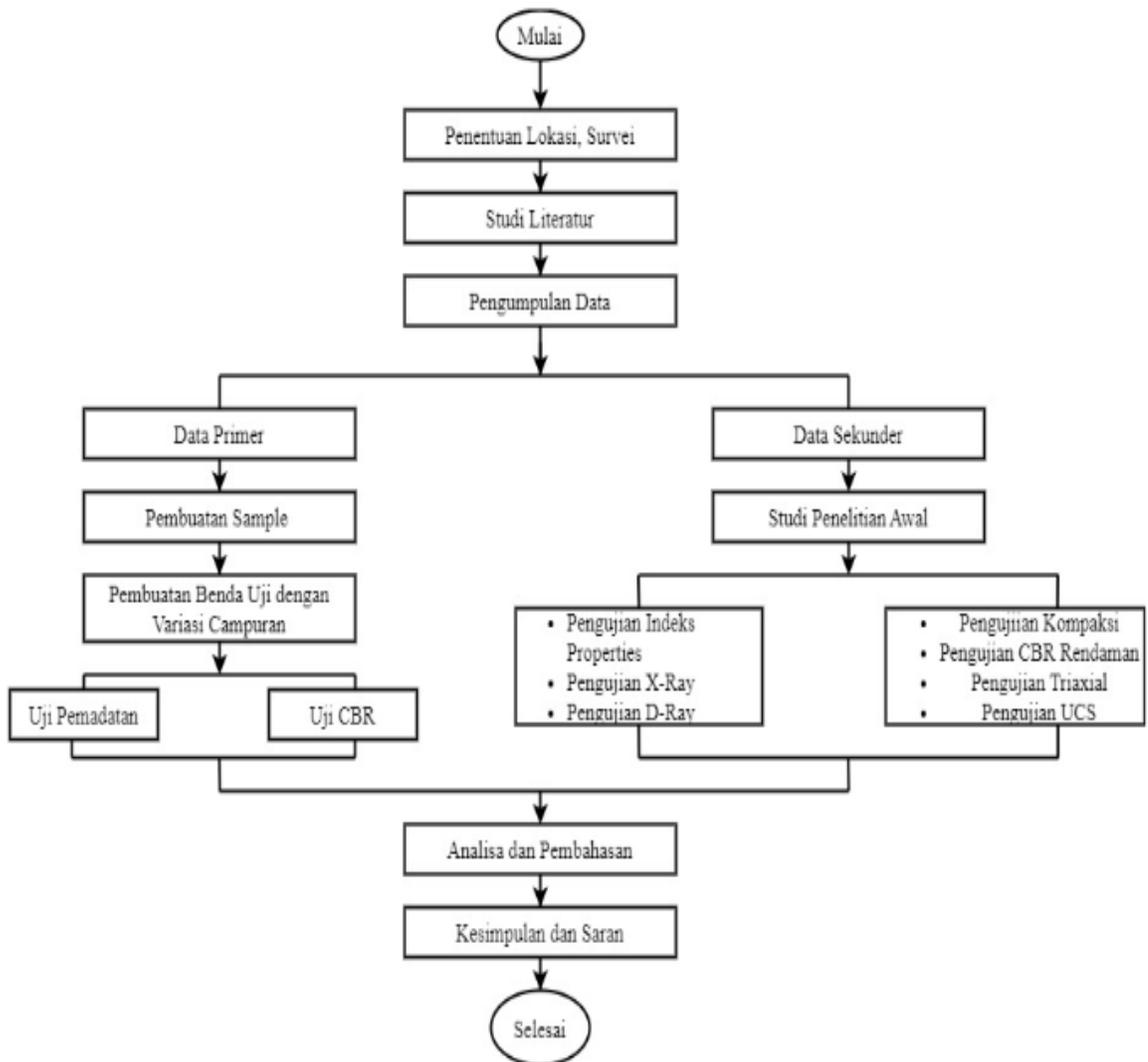
7. Isolasi Termal

Polimer digunakan dalam isolasi termal untuk meminimalkan transfer panas dan dingin dalam bangunan, seperti panel busa polistirena atau busa poliuretan yang digunakan dalam atap dan dinding bangunan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Secara sistematis langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian sebagai berikut:



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

3.2 Penentuan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Kawasan Deltamas, Kota Mandiri, yang memiliki luas $\pm 3,200$ ha di Cikarang Pusat, Kabupaten Bekasi. Lokasi ini sangat strategis karena berada di antara Jakarta dan Bandung dan di timur Jakarta dengan akses tol langsung dari Tol Jakarta Cikampek KM 37.

Kondisi tanah di Deltamas Bekasi mengalami beberapa masalah, termasuk pergerakan tanah yang menyebabkan rumah warga ambles. Untuk mencegah kecelakaan lalu lintas, pengelola Kawasan Deltamas juga menutup jalan sementara pengembang memperbaikinya. Dalam proses pembangunan wilayah Deltamas, masalah pergerakan tanah dan pengembangan kawasan industri masih menjadi fokus utama.



Gambar 3.2 Kondisi Tanah di lokasi penelitian

3.3 Studi Literatur

Studi literatur meliputi kegiatan studi pustaka berupa kajian dan teori tentang tanah, sifat fisik dan mekanis tanah, stabilisasi tanah, pengujian tanah, dan bahan campuran polimer silikon.

3.4 Pengumpulan Data

3.4.1 Data Primer

1. Pembuatan Sample

Pembuatan Sampel Tanah dilakukan pada tanah asli untuk mendapatkan nilai kadar air ideal dan berat isi kering tanah, yang akan digunakan sebagai dasar untuk menghitung berapa banyak tanah yang diperlukan untuk campuran.

2. Pembuatan Benda Uji dengan Variasi Campuran

Untuk stabilisasi tanah dengan polimer silikon, tanah dan air digunakan. Bahan uji dibuat dengan mencampur polimer silikon dengan variasi 10%, 20%, dan 30%, dan tanah yang telah dihaluskan melalui saringan No. 4 bersama dengan air. Kadar air ideal dan berat kering tanah asli digunakan untuk menghasilkan bahan uji. Bahan uji dimasukkan ke dalam kantong plastik dan diperam selama satu hari.

3. Pengujian Kompaksi dengan Tanah Campuran

Pengujian kompaksi pada tanah campuran yang dilakukan untuk mengetahui hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah. Berikut adalah langkah-langkah pengujian kompaksi:

1. Sampel tanah yang akan diuji harus disiapkan dengan cara menghancurkan tanah menjadi partikel-partikel yang lebih kecil dan kemudian diambil sebanyak 9 sampel dari 6 titik pengambilan sampel secara acak.
2. Kadar air tanah harus ditentukan dengan menggunakan kurva $p f$ atau metode lain yang sesuai.
3. Sampel tanah kemudian dipadatkan dengan menggunakan mold standar dan variasi kadar air untuk mengetahui hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah.

4. Hasil uji kompaksi kemudian dianalisis untuk menentukan kadar air optimal bagi pencapaian kepadatan yang diinginkan.
5. Pengujian kompaksi juga dapat dilakukan menggunakan alat plat getar, seperti stemper kodok, untuk mengetahui efek penambahan gilasan pada kepadatan tanah.
6. Pengujian tanah urug juga dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat tanah, seperti kadar air, berat jenis, berat isi, analisa saringan, batas plastis dan batas cair.
7. Pengujian kompaksi dengan penambahan gilasan dilakukan untuk mengetahui efek penambahan gilasan pada kepadatan tanah.
8. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk menentukan harga kepadatan tanah yang dinyatakan dengan berat isi kering (γ_{dry}).

4. Pengujian CBR Tanpa Rendaman dengan Tanah Campuran

Pengujian CBR tanpa rendaman dengan tanah campuran adalah suatu metode pengujian yang digunakan untuk mengetahui daya dukung tanah dasar dengan campuran polimer silikon. Berikut adalah langkah-langkah pengujian CBR rendaman:

1. Sampel tanah yang akan diuji harus disiapkan dengan cara menghancurkan tanah menjadi partikel-partikel yang lebih kecil dan kemudian diambil sebanyak 9 sampel dari 6 titik pengambilan sampel secara acak.
2. Kadar air tanah harus ditentukan dengan menggunakan kurva p f atau metode lain yang sesuai.
3. Sampel tanah kemudian dipadatkan dengan menggunakan mold standar dan variasi kadar air untuk mengetahui hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah
4. Hasil uji kompaksi kemudian dianalisis untuk menentukan kadar air optimal bagi pencapaian kepadatan yang diinginkan
5. Pengujian CBR laboratorium dilakukan dengan cara memasukkan sampel tanah ke dalam alat uji CBR, kemudian diuji dengan menggunakan hammer untuk mengetahui nilai CBR laboratorium
6. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk menentukan nilai CBR tanpa rendaman dan laboratorium, serta untuk mengetahui hubungan antara nilai CBR dengan kepadatan tanah.

7. Pengujian korelasi dilakukan untuk mengetahui hubungan antara nilai CBR lapangan dan nilai CBR laboratorium, serta untuk mengetahui apakah nilai CBR laboratorium dapat digunakan sebagai acuan untuk mengetahui daya dukung tanah dasar.

3.4.2 Data Sekunder

1. Pengujian Indeks Properties

Untuk memastikan bahwa lokasi tersebut layak untuk penelitian, survei lapangan dan pengujian indeks properti diperlukan. Sebelum dicampur dengan polimer silikon, metode tertentu digunakan untuk mengambil sampel tanah. Tanah dimasukkan ke dalam cangkul dan dimasukkan ke dalam karung, yang kemudian dibawa ke Laboratorium Jurusan Teknik Sipil di Universitas Sangga Buana YPKP untuk diuji sifat fisiknya, termasuk kadar air, berat isi, dan berat jenis butir.

2. Pengujian X-Ray

Berikut adalah urutan pelaksanaan pengujian:

1. Siapkan sampel dan keringkan dengan cara mengoven pada suhu 50°C selama 15 menit untuk menghilangkan kadar air yang ada.
2. Setelah kering, uji karakteristik material sampel menggunakan X-Ray Diffraction (XRD).
3. Ambil sampel yang sudah dikeringkan, kemudian letakkan di atas plat aluminium berukuran 2×2 cm sesuai dengan ukuran holder.
4. Plat aluminium yang berisi sampel dikarakterisasi menggunakan XRD-7000 SHIMADZU dengan sumber Cu-Ka1, yang memiliki panjang gelombang tertentu dalam satuan Å (Angstrom). Atur tegangan dan arus yang digunakan, lalu lakukan pengambilan data difraksi dalam rentang sudut 2θ dengan kecepatan baca waktu per detik.
5. Tembakkan sinar-X menuju sampel sehingga detektor akan bergerak sesuai dengan rentang sudut 2θ . Setelah itu, grafik difraktogram (hubungan intensitas dengan 2θ) akan muncul di monitor. Data ini kemudian diproses

menggunakan software Search and Match, yang memberikan informasi mengenai struktur kristal dalam sampel.

6. Jalankan program Match.
7. Impor file pola XRD.
8. Tentukan puncak-puncak yang akan digunakan sebagai acuan untuk mencocokkan pola XRD sampel dengan pola XRD dari database.
9. Identifikasi unsur-unsur yang terkandung dalam sampel.
10. Cocokkan pola XRD sampel dengan pola XRD dari database yang sesuai.

3. Pengujian D-Ray

Berikut adalah langkah-langkah pengujian D-Ray pada tanah:

1. Sampel tanah yang akan diuji harus disiapkan dengan cara menghancurkan tanah menjadi partikel-partikel yang lebih kecil dan kemudian diambil sebanyak 9 sampel dari 6 titik pengambilan sampel secara acak.
2. Sampel yang telah disiapkan kemudian dipotong sesuai ukuran pada mesin XRD untuk memastikan bahwa ukuran partikel-partikel tanah yang akan diuji sesuai dengan standar XRD.
3. Bagian sampel yang akan diuji kemudian diampelas untuk menghilangkan bagian-bagian yang tidak diperlukan dan memastikan bahwa permukaan sampel yang akan diuji rata dan halus.
4. Permukaan sampel yang akan diuji kemudian dilakukan coating untuk menghilangkan bagian-bagian yang tidak diperlukan dan memastikan bahwa permukaan sampel yang akan diuji rata dan halus.
5. Sampel yang telah siap kemudian diletakkan di dalam mesin XRD.
6. Pemindaian XRD dilakukan dengan cara mengirimkan sinar X ke permukaan sampel dan memantau pantulan sinar X yang dipantulkan oleh atom-atom dalam kristal tanah
7. Hasil pengujian XRD kemudian dianalisis menggunakan interpretasi database software Match3 untuk memastikan bidang dan mengidentifikasi mineral-mineral yang terkandung dalam tanah

8. Hasil interpretasi software Match3 kemudian dibaca untuk mengetahui karakteristik dan kandungan mineral-mineral yang terkandung dalam tanah

4. Pengujian Kompaksi

Pengujian kompaksi pada tanah dilakukan untuk mengetahui hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah. Berikut adalah langkah-langkah pengujian kompaksi:

1. Sampel tanah yang akan diuji harus disiapkan dengan cara menghancurkan tanah menjadi partikel-partikel yang lebih kecil dan kemudian diambil sebanyak 9 sampel dari 6 titik pengambilan sampel secara acak
2. Kadar air tanah harus ditentukan dengan menggunakan kurva p f atau metode lain yang sesuai
3. Sampel tanah kemudian dipadatkan dengan menggunakan mold standar dan variasi kadar air untuk mengetahui hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah
4. Hasil uji kompaksi kemudian dianalisis untuk menentukan kadar air optimal bagi pencapaian kepadatan yang diinginkan
5. Pengujian kompaksi juga dapat dilakukan menggunakan alat plat getar, seperti stemper kodok, untuk mengetahui efek penambahan gilasan pada kepadatan tanah
6. Pengujian tanah urug juga dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat tanah, seperti kadar air, berat jenis, berat isi, analisa saringan, batas plastis dan batas cair
7. Pengujian kompaksi dengan penambahan gilasan dilakukan untuk mengetahui efek penambahan gilasan pada kepadatan tanah
8. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk menentukan harga kepadatan tanah yang dinyatakan dengan berat isi kering (γ_{dry})

5. Pengujian Triaxial UU

Pengujian Triaxial UU (Unconsolidated Undrained) adalah suatu metode pengujian yang digunakan untuk mengetahui kekuatan geser tanah. Berikut adalah langkah-langkah pengujian Triaxial UU:

1. Sampel tanah yang akan diuji harus diambil dengan cara menghancurkan tanah menjadi partikel-partikel yang lebih kecil dan kemudian diambil sebanyak 9 sampel dari 6 titik pengambilan sampel secara acak.
2. Pengujian Triaxial dilakukan dengan cara memasukkan sampel tanah ke dalam alat uji Triaxial yang telah diisi dengan air, kemudian diuji dengan menggunakan hammer untuk mengetahui nilai CBR rendaman
3. Regangan yang terjadi pada tanah harus diukur dengan cara menghitung perbedaan antara tinggi awal dan tinggi akhir tanah setelah diuji
4. Tekanan yang terjadi pada tanah harus diukur dengan cara menghitung perbedaan antara beban yang diberikan dan tekanan yang terjadi pada tanah setelah diuji
5. Kuat geser yang terjadi pada tanah harus diukur dengan cara menghitung perbedaan antara beban yang diberikan dan kuat geser yang terjadi pada tanah setelah diuji
6. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk menentukan nilai CBR rendaman, regangan, tekanan, dan kuat geser yang terjadi pada tanah
7. Pengujian korelasi dilakukan untuk mengetahui hubungan antara nilai CBR lapangan dan nilai CBR laboratorium, serta untuk mengetahui apakah nilai CBR laboratorium dapat digunakan sebagai acuan untuk mengetahui daya dukung tanah dasar.

6. Pengujian UCS

Pengujian Uji Cepat Saringan (UCS) adalah salah satu metode untuk mengukur kekuatan tekan tanah. Berikut adalah langkah-langkah dalam pengujian UCS:

1. Ambil sampel tanah dari lokasi yang diinginkan. Pastikan sampel tersebut mewakili tanah yang akan dievaluasi dan sudah dibersihkan dari material yang tidak diinginkan seperti batu atau kotoran organik.
2. Sampel tanah kemudian dipadatkan ke dalam cetakan silinder dengan menggunakan teknik pemadatan standar seperti pemadatan dinamis atau pemadatan statis. Pemadatan bertujuan untuk mencapai tingkat kepadatan yang representatif dari kondisi lapangan.
3. Setelah pemadatan, sampel tanah dipotong menjadi benda uji silinder dengan dimensi standar yang sesuai dengan persyaratan uji UCS.
4. Benda uji silinder ditempatkan di antara dua plat baja pada mesin uji tekan. Pastikan bahwa benda uji dan plat berada pada posisi yang lurus dan rata.
5. Terapkan tekanan pada benda uji secara perlahan-lahan menggunakan mesin uji tekan. Tekanan ini diterapkan secara bertahap hingga benda uji mengalami kegagalan.
6. Catat beban yang diterapkan pada benda uji ketika terjadi kegagalan. Kegagalan bisa berupa pecah atau tergelincirnya benda uji.
7. Setelah pengujian selesai, hitung kekuatan tekan (UCS) dari sampel tanah dengan membagi beban yang diterapkan pada benda uji dengan luas penampang melintangnya.
8. Evaluasi hasil pengujian UCS untuk menentukan karakteristik kekuatan tekan tanah, seperti kekuatan kohesi dan kekuatan geser tanah.

3.5 Analisis Data

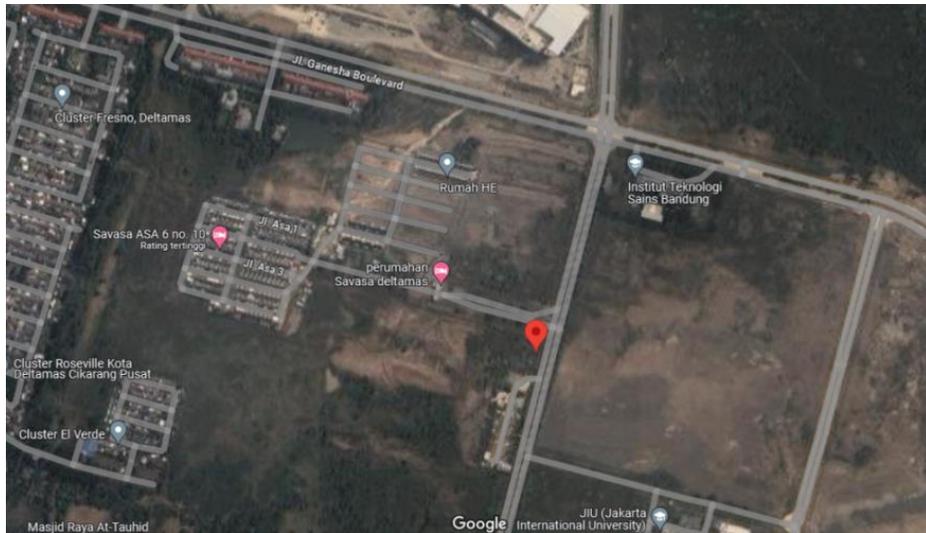
Hasil dari pengujian telah selesai dilaksanakan yang kemudian dilanjutkan dengan tahapan selanjutnya yaitu tahap analisis. Tahap analisis bertujuan untuk menemukan secara tepat potensi dan permasalahan, untuk kemudian merumuskan studi stabilisasi tanah lempung dengan campuran polimer silikon yang akan dilaksanakan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ada di Kawasan Deltamas terletak antara dengan koordinat gps $6^{\circ}21'23.8''S$ $107^{\circ}11'49.4''E$. Proses pengambilan tanah sample dilakukan secara manual menggunakan alat cangkul lalu dimasukkan kedalam karung. Tanah sample yang diambil kurang lebih sekitar 100kg.



Gambar 4.1 Lokasi Penelitian

4.2 Karakteristik Tanah Asli

4.2.1 Pengujian Mineralogi Tanah

A. Pengujian Mineralogi XRD

Sampel tanah yang diuji di Laboratorium Hidrogeologi dan Hidrogeokimia Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan Institut Teknologi Bandung diambil dari Kawasan Deltamas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tanah dasar lempung yang digunakan memiliki karakteristik sebagaimana tercantum dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Penelitian Mineralogi XRD

No	Mineral	Formula	Weight Ratio (%)
1	Quartz	Si O ₂	76.61
2	Halloysite	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	10.22
3	Kynaite	Al ₂ Si O ₅	3.03

Sumber: (Alena, Analisis Karakteristik Fisis Tanah Lempung pada Kawasan Deltamas, Cikarang Pusat, Bekasi, 2024)

Dalam hasil pengujian XRD, Tiga komponen mineral terbesar yang terkandung dalam sampel tanah ini adalah Kandungan mineral Quartz sebesar 79,61%, Kandungan mineral Halloysite sebesar 10,22%, dan Kandungan mineral Kyanite sebesar 3,03%.

B. Pengujian Mineralogi XRF

Pengujian X-Ray Fluorescence (XRF) pada tanah adalah teknik analisis yang dikenal mudah digunakan dan dapat mendeteksi berbagai unsur dalam sampel tanah, termasuk mineral penting dan logam berat. Pengujian XRF dapat dilakukan secara kualitatif untuk menentukan jenis unsur yang ada dalam tanah dan secara kuantitatif untuk menentukan konsentrasi masing-masing unsur.

1. Oxide

Tabel 4.2 Mineralogi Oxide

No.	Component	Result	Unit	Det. limit	El. line	Intensity	w/o normal
1	SiO ₂	59.9	mass%	0.05886	Si-KA	44.6080	41.4660
2	Al ₂ O ₃	25.0	mass%	0.02752	Al-KA	30.4710	17.2894
3	Fe ₂ O ₃	7.89	mass%	0.01087	Fe-KA	26.0021	5.4635

Sumber: (Alena, Analisis Karakteristik Fisis Tanah Lempung pada Kawasan Deltamas, Cikarang Pusat, Bekasi, 2024)

Tiga komponen kimia dominan pada pengujian XRF (X – Ray Fluorescence) ini adalah SiO₂ (Silika) sebesar 59,9%, Al₂O₃ (Alumina) sebesar 25,0%, dan Fe₂O₃ (Besi Oksida) 7,89%.

2. Element

Tabel 4.3 Mineralogi Element

No.	Component	Result	Unit	Det. limit	El. line	Intensity	w/o normal
1	Si	53.3	mass%	0.03307	Si-KA	44.6080	23.2888
2	Al	20.9	mass%	0.01454	Al-KA	30.4710	9.1289
3	Fe	15.3	mass%	0.01330	Fe-KA	26.0021	6.6835

Sumber: (Alena, Analisis Karakteristik Fisis Tanah Lempung pada Kawasan Deltamas, Cikarang Pusat, Bekasi, 2024)

Sedangkan, tiga komponen element dominan pada pengujian XRF (X – Ray Fluorescence) ini adalah Element Si sebesar 53,3%, Element Al sebesar 20,9%, dan Element Fe sebesar 15,3%.

4.2.2 Pengujian Sifat Fisik Tanah

Sample tanah diuji di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Sangga Buana YPKP Bandung. Dari hasil penelitian, tanah dasar lempung yang digunakan memiliki karakteristik seperti didapat dalam Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Paramater Tanah

No	Parameter Tanah	Hasil Pengujian
1	Kadar Air (w) (%)	35,99
2	Berat Isi Tanah (gr/cm ³)	1,77
3	Berat Spesifik Tanah (Gs)	2,63
4	Batas Cair (LL) (%)	43,46
5	Batas Plastis (PL) (%)	65,66
6	Indeks Plastik (IP) (%)	22,2

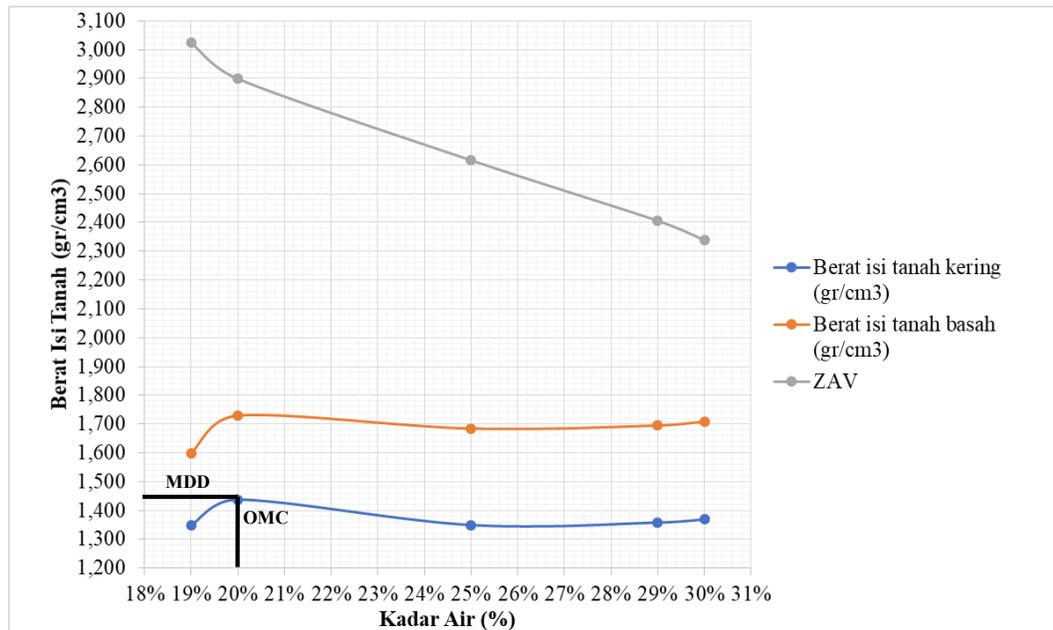
Sumber: (Alena, Analisis Karakteristik Fisis Tanah Lempung pada Kawasan Deltamas, Cikarang Pusat, Bekasi, 2024)

Kadar air tanah asli (w) adalah 35,99%. Pengujian berat isi tanah menghasilkan nilai rata-rata dari 4 sampel, di mana setiap sampel (1 hingga 4) memiliki berat volume sebesar 1,77. Nilai berat spesifik tanah diperoleh sebesar 2,63. Dari hasil pengujian, batas cair tanah ditemukan sebesar 43,46%, sedangkan batas plastis sebesar 65,66%. Indeks plastisitas, yang diperoleh dari selisih antara batas plastis dan batas cair, menunjukkan nilai sebesar 22,2%.

4.2.3 Pengujian Sifat Mekanis Tanah

A. Pengujian Pemadatan Tanah Asli

Laboratorium Mekanika Tanah Maratama Solabo Lestari menguji sampel tanah. Pengujian pemadatan dilakukan untuk menentukan kepadatan kering tanah dan kadar air ideal. Sebelum uji, air dengan kadar 450 ml, 600 ml, 750 ml, 900 ml, dan 1005 ml ditambahkan. Maka didapat benda uji sebagai berikut :



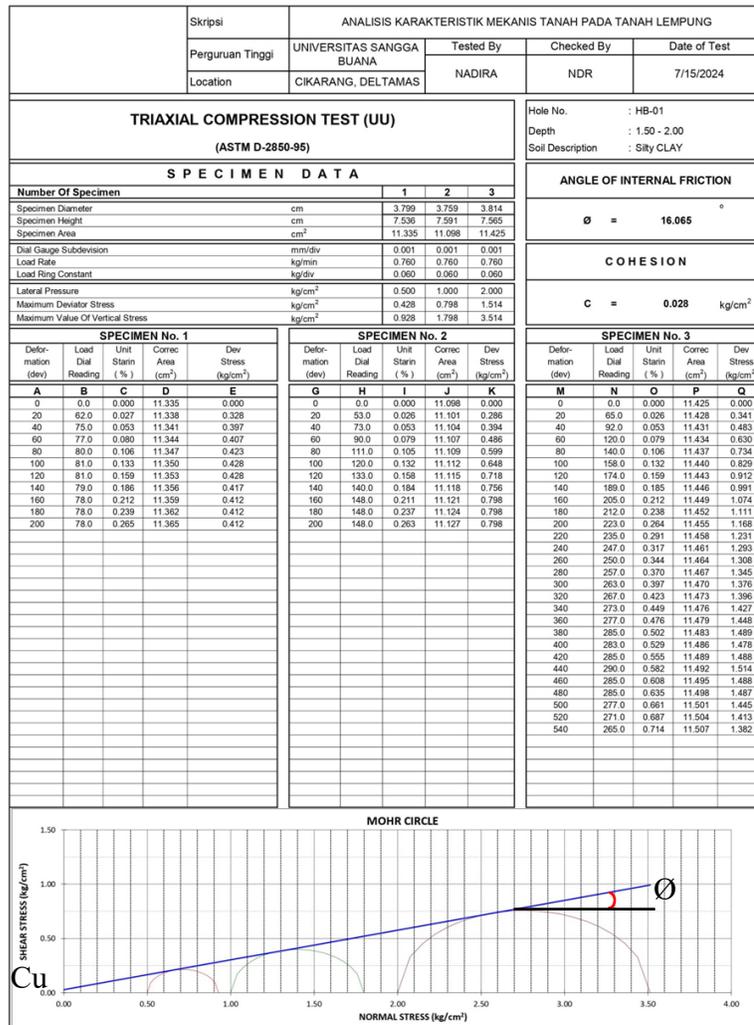
Sumber: (Nadira, Analisis Karakteristik Mekanis Tanah Lempung pada Kawasan Deltamas, Cikarang Pusat, Bekasi, 2024)

Gambar 4.2 Grafik Uji Pemadatan Tanah Asli

Berdasarkan pada gambar 4.2 di atas maka didapatkan kurva berat volume kering dengan kadar air optimum (OMC) sebesar 20,28% dan berat kering tanah maksimum (MDD) 1,438 gr/cm³.

B. Pengujian Triaxial Tanah Asli

Sample tanah diuji di Laboratorium Mekanika Tanah Maratama Solabo Lestari. Hasil pengujian triaxial UU berupa hubungan tegangan deviatorik dan regangan.



Gambar 4.3 Hasil Pengujian Triaxial UU Tanah Asli

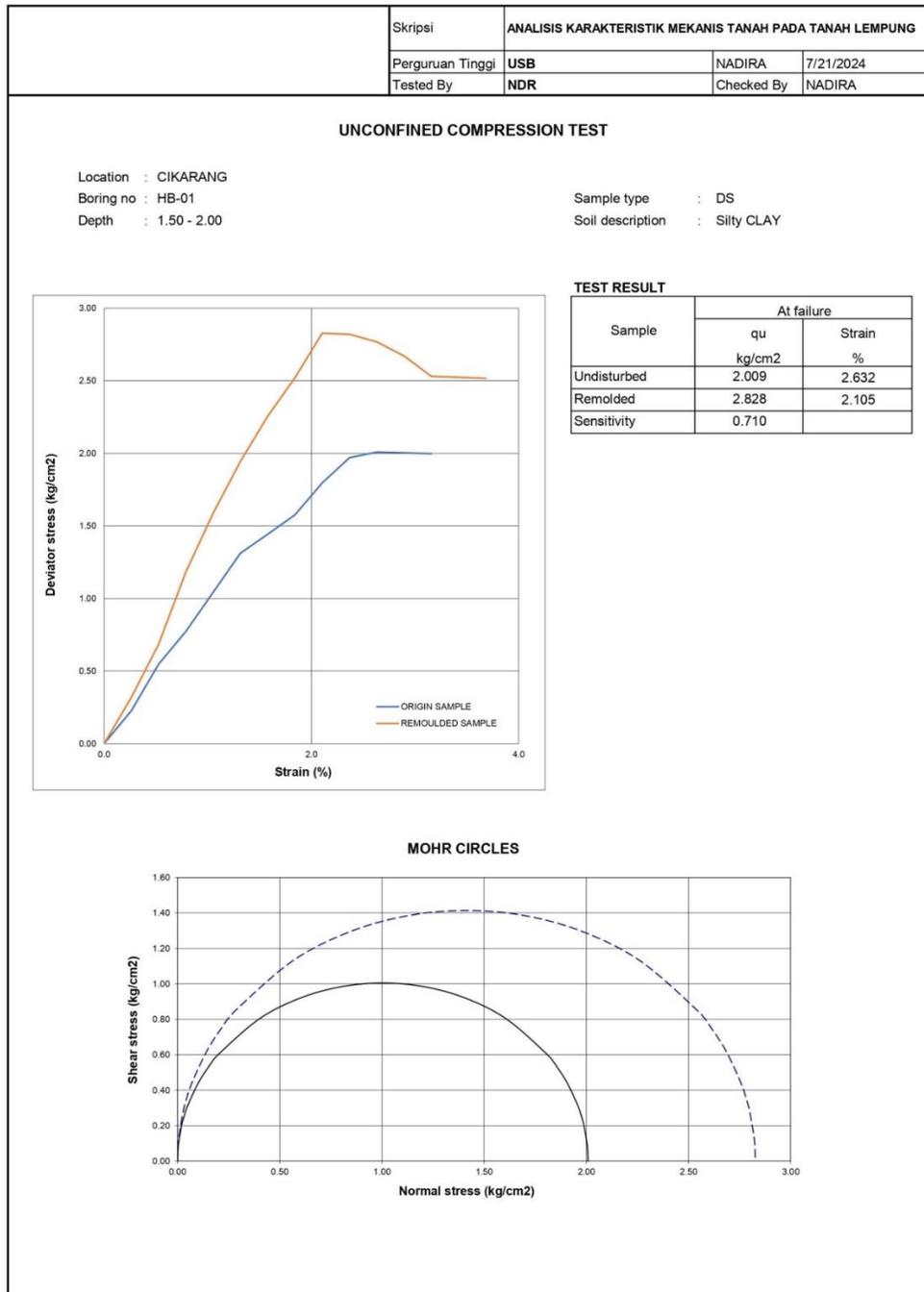
Sumber: (Nadira, Analisis Karakteristik Mekanis Tanah Lempung pada Kawasan Deltamas, Cikarang Pusat, Bekasi, 2024)

Berdasarkan pada gambar 4.3 data pengujian triaksial dari data yang setiap kedalaman interval 1.50 – 2.00 m, maka didapat nilai kohesi pada pengujian triaxial dengan metode UU yaitu $c = 0.028 \text{ kg/cm}^2$ dan sudut geser dalam yaitu $\phi = 16.065^\circ$. Dari nilai kedua korelasi kuat geser tanah termasuk dengan jenis tanah Silty Clay.

C. Pengujian UCS Tanah Asli

Sampel tanah diuji di Laboratorium Mekanika Tanah Maratama Solabo Lestari. Pengujian kuat tekan bebas (UCS) bertujuan untuk menentukan nilai q_u , c , dan ϕ dari tanah asli. Pengujian ini dilakukan pada kondisi tanah dengan kadar air optimum, di mana tanah memiliki kekuatan maksimum. Pengambilan sampel UCS dilakukan bersamaan dengan pengujian kompaksi. Tanah dengan kadar air 600 ml digunakan dalam pengujian UCS. Pengujian dilakukan pada dua kali percobaan: yang pertama menggunakan tanah asli, dan yang kedua menggunakan tanah remoulded.

Pada pengujian ini, air dalam sampel benda uji tidak dapat keluar. Hubungan kekuatan tekan bebas (q_u) dengan jenis tanah menyebabkan tegangan aksial yang diberikan pada benda uji meningkat seiring waktu sampai benda uji runtuh.



Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian UCS Tanah Asli

Sumber: (Nadira, Analisis Karakteristik Mekanis Tanah Lempung pada Kawasan Deltamas, Cikarang Pusat, Bekasi, 2024)

Pengambilan sampel UCS dilakukan bersamaan dengan pengujian Kompaksi. Tanah yang dengan kadar air 600 ml yang digunakan dalam pengujian UCS. Tanah

yang diambil hanya satu specimen, pengujian dilakukan dua (2) kali yang pertama menggunakan tanah asli dan yang kedua menggunakan tanah remoulded.

Dari pengujian yang telah dilakukan, didapat nilai tanah *undisturbed* 2.009 (kg/cm²), dan nilai untuk tanah *remoulded* 2.828 (kg/cm²). Maka dapat disimpulkan bahwa tanah *remoulded* lebih baik dari pada tanah *undisturbed*. Hal ini dikarenakan proses pembentukan tanah meningkatkan kepadatan dan kestabilan tanah, sehingga meningkatkan kekuatan kompresinya.

D. Pengujian CBR Tanpa Rendaman Tanah Asli

Laboratorium Mekanika Tanah Maratama Solabo Lestari menguji sampel tanah. Hasil pengujian kompaksi yang ideal digunakan sebagai campuran pada tanah yang akan diuji CBR dalam kondisi kering dan terendam. Hasil pengujian CBR tanpa rendam ditunjukkan pada Gambar 4.7.

CALIFORNIA BEARING RATIO

UNSOAKED

Judul Skripsi : ANALISIS KARAKTERISTIK MEKANIS TANAH PADA TANAH LEMPUNG	Tested by : Nadira
Location : CIKARANG, DELTAMAS	Date : 7/25/2024
Sample No. : HB-01	Proving Ring :
Depth : 1.50 - 2.00 m	Calibration Factor : 39.8 lbs/div
Number of blow : 25 x	

Swelling :

Date	-	-	-	-
Time	-	-	-	-
Reading	-	-	-	-
Dial Ch	-	-	-	-

SWELL (percentage of initial height) : 0.00

Weight of soil + mold	gr	10357.00
Weight of mold	gr	7107.00
Weight of wet soil	gr	3250.00
Volume of Dish	V	2250.08
Wet unit weight	γ_w	1.444
Dry unit weight	γ_d	1.216

Water Content

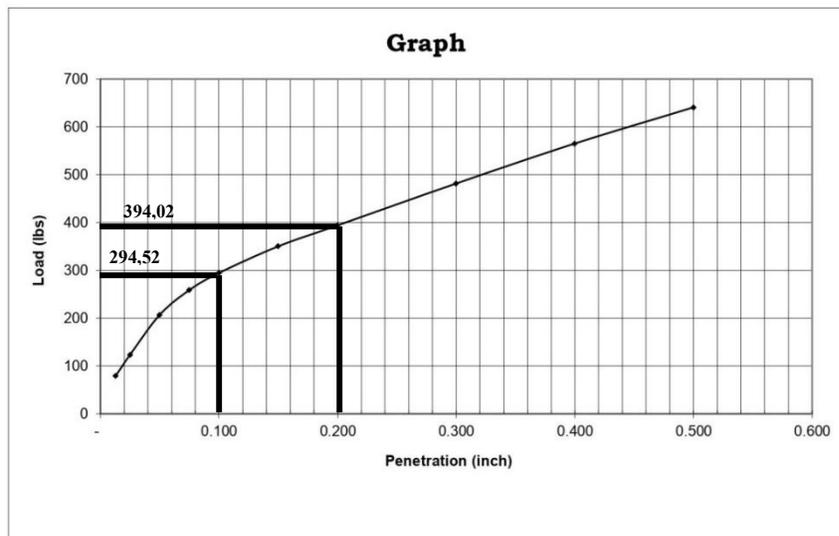
Wet soil + cont.	52.780	62.280
Dry soil + cont.	46.980	54.750
Cont. (No.)	M16	N14
Water	5.800	7.530
Dry soil	31.640	39.290
Water content (%)	18.331	19.165
	18.75	

Penetration :

El. Time (minute)	Penetration (in)	Dial Reading	Load (lbs)
		Top	Top
0.25	0.013	2	79.6
0.50	0.025	3.1	123.38
1.00	0.050	5.2	206.96
1.50	0.075	6.5	258.7
2.00	0.100	7.4	294.52
3.00	0.150	8.8	350.24
4.00	0.200	9.9	394.02
6.00	0.300	12.1	481.58
8.00	0.400	14.2	565.16
10.00	0.500	16.1	640.78

CBR VALUE

		0.1	0.2
CBR			
	Top	294.52 x 100% 3 x 1000	394.02 x 100% 3 x 1500
		9.817 %	8.756 %



Gambar 4.7 Hasil Pengujian CBR tanpa Rendaman Tanah Asli

Sumber: (Nadira, Analisis Karakteristik Mekanis Tanah Lempung pada Kawasan Deltamas, Cikarang Pusat, Bekasi, 2024)

Berdasarkan dari gambar 4.7, maka dapat disimpulkan bahwa nilai CBR Tanpa Rendaman pada pengujian yang dilakukan yaitu 9.817%. Tanah uji termasuk kedalam tanah dengan kategori sedang, dan daya dukung tanah pada tanah kawasan Deltamas Cikarang Pusat, Kabupaten Bekasi yaitu dalam keadaan Baik.

4.3 Data Uji dengan Variasi Campuran Polimer Silikon

4.3.1 Pengujian Pemadatan dengan Variasi Campuran Polimer Silikon

Sample tanah diuji di Laboratorium Mekanika Tanah Maratama Solabo Lestari. Pengujian pemadatan dilakukan dengan menambah bahan polimer silikon pada campuran tanah asli dengan cara yang berbeda untuk setiap campuran. Pemadatan tanah adalah proses meningkatkan kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antar partikel, mempengaruhi pori-pori udara di antara butiran tanah. Adapun hasil pengujian pemadatan dengan campuran polimer silikon ini berdasarkan pada perhitungan dari beberapa variasi campuran.

A. Campuran Polimer Silikon 10%

Pengujian pemadatan pada sample variasi campuran 10% dengan berat campuran polimer silikon sebanyak 0,60 gram dan air 540 ml.

Perhitungan :

Diameter Mold : 100,92 mm

Tinggi Mold : 116,42 mm

Berat Mold + Plat : 3,179 gr

1. Menghitung Berat Isi Tanah Basah (γ)

Perhitungan :

$$\text{Berat isi tanah basah } (\gamma) = \frac{W_2}{V} \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

Dimana:

W_2 = berat mold + alas + berat contoh tanah (gram)

V = volume mold (cm³)

$$(\gamma) = \frac{1.599}{932,106} \left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right)$$

$$= 1,715 \text{ gr/cm}^3$$

2. Menghitung Kadar Air

Sampel Bagian Atas

$$w = \frac{(46,850 - 39,200)}{(46,850 - 15,090)} \times 100/100$$

$$= 0,241$$

Sampel Bagian Tengah

$$w = \frac{(47,140 - 40,260)}{(47,140 - 15,340)} \times 100/100$$

$$= 0,216$$

Sampel Bagian Bawah

$$w = \frac{(73,610 - 37,840)}{(73,610 - 15,200)} \times 100/100$$

$$= 0,363$$

$$\text{Rata-rata kadar air} = \frac{\text{Sampel 1} + \text{Sampel 2} + \text{Sampel 3}}{3}$$

$$= 27,35 \%$$

3. Menghitung Berat Isi Tanah Kering (γ_d)

Perhitungan :

$$\text{Berat Isi Kering } (\gamma_d) = \frac{\gamma}{(1+W)} \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

Dimana :

γ = Berat isi basah (gr/cm³)

W = Kadar air setelah kompaksi (%)

$$(\gamma_d) = \frac{1,715}{(1 + 27,35)} \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

$$= 1,347 \text{ gr/cm}^3$$

B. Campuran Polimer Silikon 20%

Pengujian pemadatan pada sample variasi campuran 20% dengan berat campuran polimer silikon sebanyak 0,120 gram dan air 480 ml.

Perhitungan :

Diameter Mold : 100,92 mm

Tinggi Mold : 116,42 mm

Berat Mold + Plat : 3,179 gr

1. Menghitung Berat Isi Tanah Basah (γ)

Perhitungan :

$$\text{Berat isi tanah basah } (\gamma) = \frac{W_2}{V} \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

Dimana:

W_2 = berat mold + alas + berat contoh tanah (gram)

V = volume mold (cm^3)

$$\begin{aligned} (\gamma) &= \frac{1.616}{932,106} \left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right) \\ &= 1,734 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

2. Menghitung Kadar Air

Sampel Bagian Atas

$$\begin{aligned} w &= \frac{(53,550 - 45,340)}{(53,550 - 14,530)} \times 100/100 \\ &= 0,210 \end{aligned}$$

Sampel Bagian Tengah

$$\begin{aligned} w &= \frac{(55,120 - 46,050)}{(55,120 - 15,310)} \times 100/100 \\ &= 0,228 \end{aligned}$$

Sampel Bagian Bawah

$$w = \frac{(53,030 - 39,970)}{(53,030 - 14,340)} \times 100/100$$
$$= 0,338$$

$$\text{Rata-rata kadar air} = \frac{\text{Sampel 1} + \text{Sampel 2} + \text{Sampel 3}}{3}$$
$$= 25,86 \%$$

3. Menghitung Berat Isi Tanah Kering (γ_d)

Perhitungan :

$$\text{Berat Isi Kering } (\gamma_d) = \frac{\gamma}{(1+W)} \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

Dimana :

γ = Berat isi basah (gr/cm³)

W = Kadar air setelah kompaksi (%)

$$(\gamma_d) = \frac{1,734}{(1 + 25,86)} \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$
$$= 1,377 \text{ gr/cm}^3$$

C. Campuran Polimer Silikon 30%

Pengujian pematatan pada sample variasi campuran 30% dengan berat campuran polimer silikon 0,160 gram dan air 420 ml.

Perhitungan :

Diameter Mold : 100,92 mm

Tinggi Mold : 116,42 mm

Berat Mold + Plat : 3,179 gr

1. Menghitung Berat Isi Tanah Basah (γ)

Perhitungan :

$$\text{Berat isi tanah basah } (\gamma) = \frac{W_2}{V} \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

Dimana:

W_2 = berat mold + alas + berat contoh tanah (gram)

V = volume mold (cm^3)

$$\begin{aligned}(\gamma) &= \frac{1.486}{932,106} \left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right) \\ &= 1,594 \text{ gr/cm}^3\end{aligned}$$

2. Menghitung Kadar Air

Sampel Bagian Atas

$$\begin{aligned}w &= \frac{(44,090 - 38,000)}{(44,090 - 15,280)} \times 100/100 \\ &= 0,211\end{aligned}$$

Sampel Bagian Tengah

$$\begin{aligned}w &= \frac{(54,780 - 46,400)}{(54,780 - 14,660)} \times 100/100 \\ &= 0,209\end{aligned}$$

Sampel Bagian Bawah

$$\begin{aligned}w &= \frac{(54,410 - 46,050)}{(54,410 - 15,350)} \times 100/100 \\ &= 0,214\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata kadar air} &= \frac{\text{Sampel 1} + \text{Sampel 2} + \text{Sampel 3}}{3} \\ &= 21,14 \%\end{aligned}$$

3. Menghitung Berat Isi Tanah Kering (γ_d)

Perhitungan :

$$\text{Berat Isi Kering } (\gamma_d) = \frac{\gamma}{(1+W)} \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

Dimana :

γ = Berat isi basah (gr/cm^3)

W = Kadar air setelah kompaksi (%)

$$(\gamma_d) = \frac{1,594}{(1 + 21,14)} (\text{gr/cm}^3)$$

$$= 1,316 \text{ gr/cm}^3$$

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Pemadatan dengan Campuran Polimer Silikon

No	Nomor Tes / Kapasitas Air (ml)	600	540	480	420
1	Berat mould + tanah basah (gr)	4.670	4.778	4.795	4.665
2	Berat mould (gr)	3.179	3.179	3.179	3.179
3	Berat tanah basah (gr)	1.491	1.599	1.616	1.486
4	Volume mould (cm ³)	932,106	932,106	932,106	932,106
5	Berat isi tanah basah (gr/cm ³)	1,600	1,715	1,734	1,594
6	Berat isi tanah kering (gr/cm ³)	1,349	1,347	1,377	1,316

Tabel 4.6 Kadar Air Pengujian Pemadatan dengan Campuran Polimer Silikon

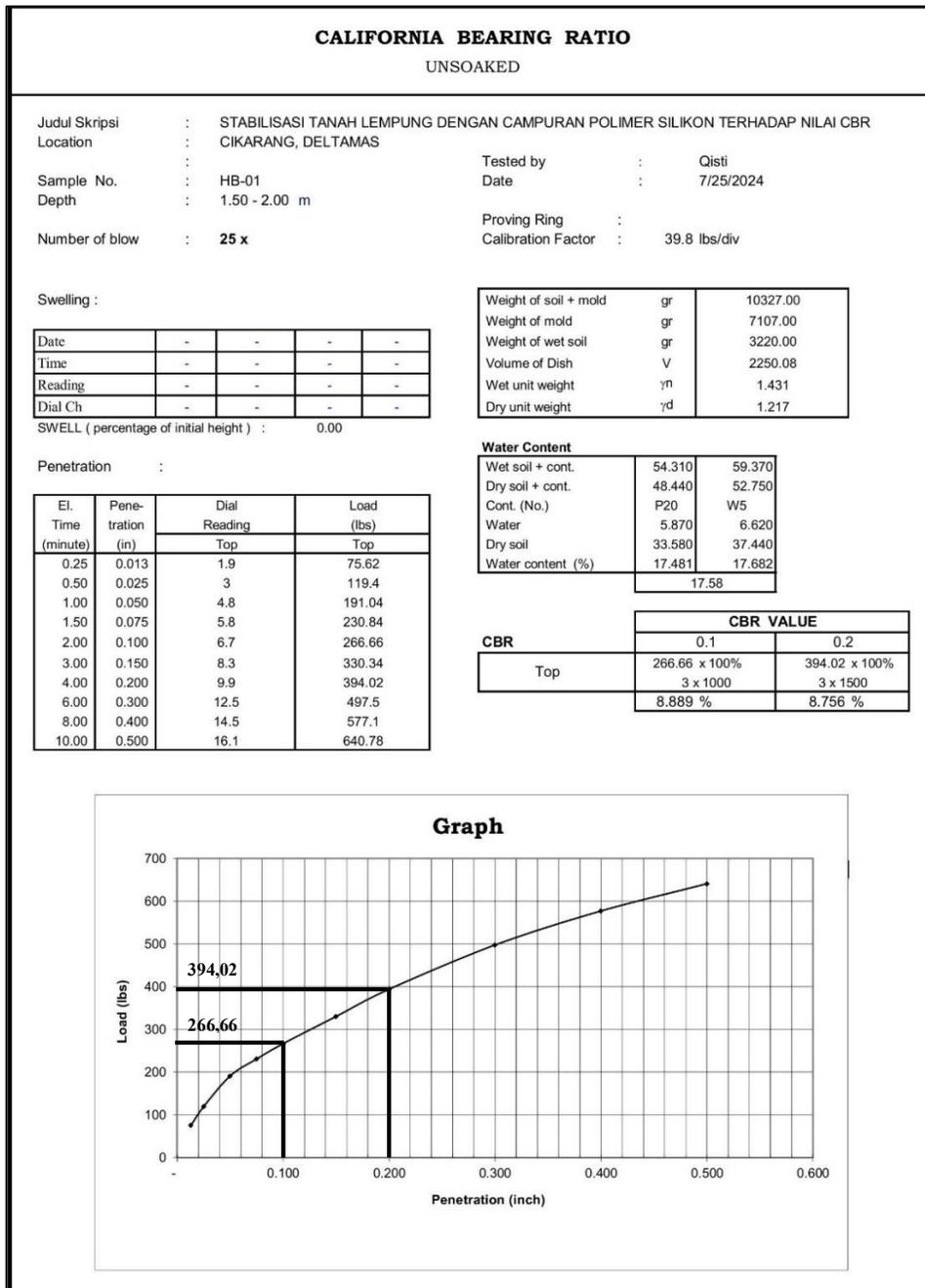
No	Nomor Test / Kapasitas Air	1			2			3		
	Bagian Sample	A	T	B	A	T	B	A	T	B
	Berat Cawan (gr)	15,090	15,340	15,200	14,530	15,310	14,340	15,280	14,660	15,350
1	Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	46,850	47,140	50,750	53,550	55,120	53,030	44,090	54,780	54,410
2	Berat Cawan + Tanah Kering	39,200	40,260	37,840	45,340	46,050	39,970	38,000	46,400	46,050
3	Kadar Air = $\frac{(4-3)}{(4-1)} \times 100\%$	24,087	21,635	36,315	21,040	22,783	33,755	21,138	20,887	21,403
4	Rata - rata Kadar Air	27,35			25,86			21,14		

4.3.2 Pengujian CBR tanpa rendaman dengan Variasi Campuran Polimer Silikon

Sample tanah diuji di Laboratorium Mekanika Tanah Maratama Solabo Lestari.

A. Tanah Asli + Campuran Polimer 10%

Hasil pengujian CBR tanpa rendam dengan variasi campuran 10%. Grafik hubungan nilai CBR dan berat isi kering terhadap variasi penambahan polimer ditunjukkan pada Gambar 4.8.

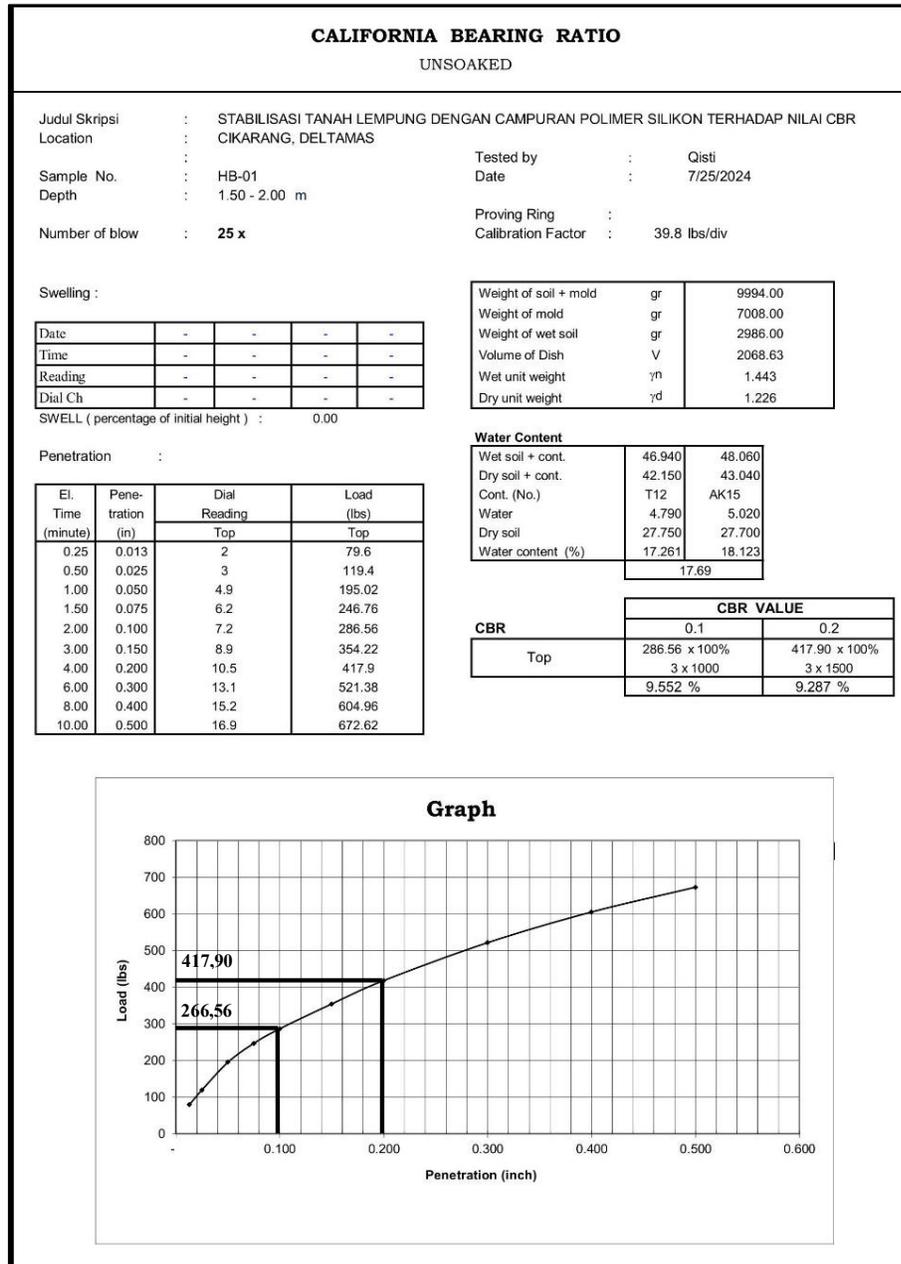


Gambar 4.8 Grafik Nilai CBR tanpa Rendaman dengan Variasi Campuran 10%

Dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa penambahan campuran polimer silikon sebanyak 10% pada tanah lempung dapat menurunkan nilai CBR tanah asli 9,817% menjadi 8,889%.

B. Tanah Asli + Campuran Polimer Silikon 20%

Hasil pengujian CBR tanpa rendam dengan variasi campuran polimer silikon 20%. Grafik hubungan nilai CBR dan berat isi kering terhadap variasi penambahan polimer ditunjukkan pada Gambar 4.9.

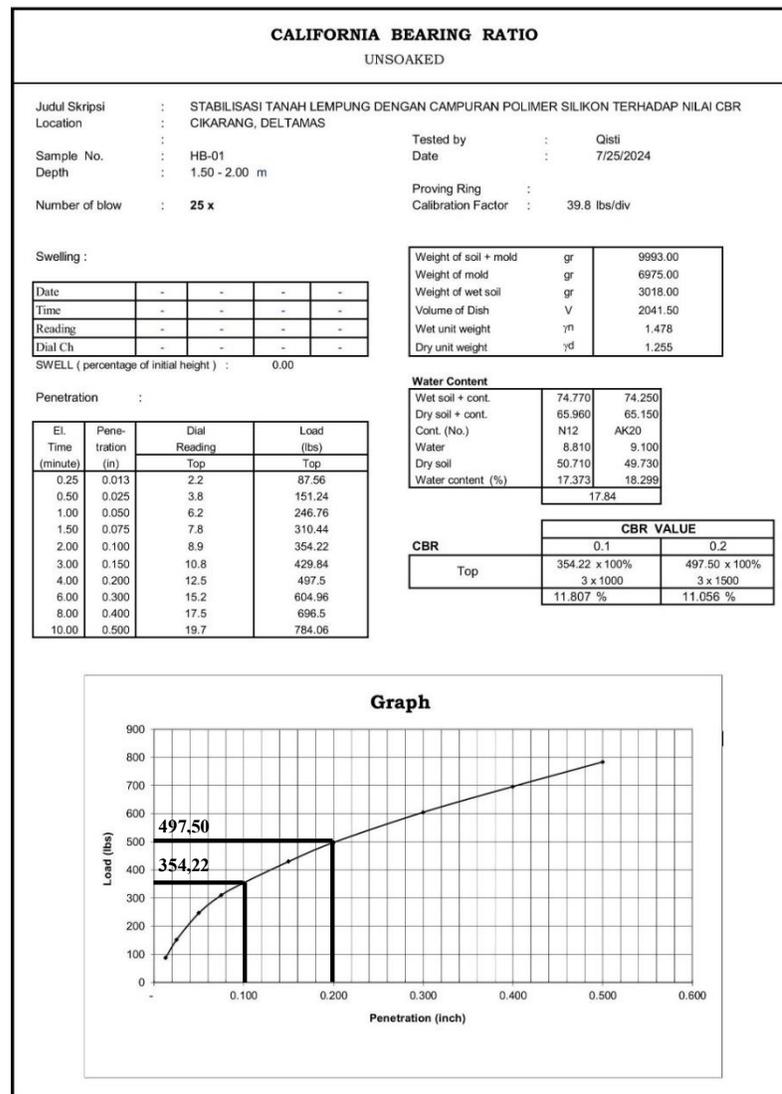


Gambar 4.9 Grafik Nilai CBR tanpa Rendaman dengan Variasi Campuran 20%

Dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.9 dapat dilihat bahwa penambahan campuran polimer sebanyak 20% pada tanah lempung dapat menurunkan nilai CBR tanah asli 9,817% menjadi 9,552%.

C. Tanah Asli + Campuran Polimer Silikon 30%

Hasil pengujian CBR tanpa rendam dengan variasi campuran 30%. Grafik hubungan nilai CBR dan berat isi kering terhadap variasi penambahan polimer ditunjukkan pada Gambar (x).



Gambar 4.10 Grafik Nilai CBR tanpa Rendaman dengan Variasi Campuran 30%

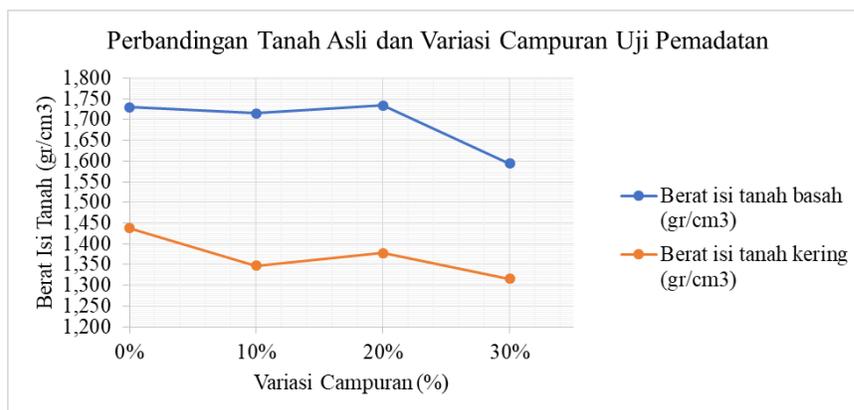
Dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.13 dapat dilihat bahwa penambahan campuran polimer sebanyak 30% pada tanah lempung dapat meningkatkan nilai CBR tanah asli 9,817% menjadi 11,807%.

4.4 Rekapitulasi Hasil Pengujian

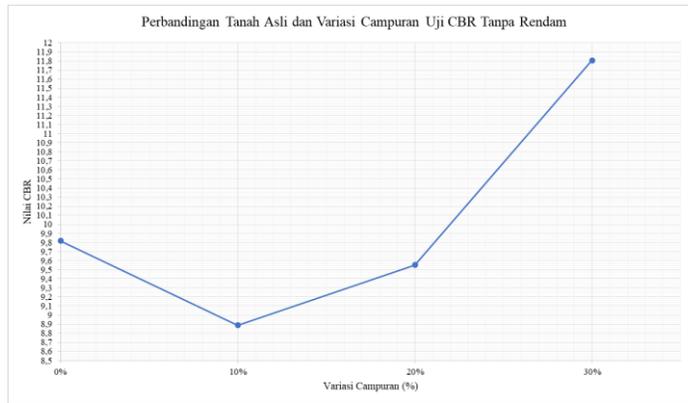
Dalam penelitian ini, serangkaian pengujian dilakukan untuk menganalisis pengaruh stabilisasi tanah lempung dengan campuran polimer silikon. Pengujian yang dilakukan mencakup uji pemadatan dan uji CBR tanpa rendaman, dengan berbagai variasi campuran polimer silikon. Rekapitulasi hasil dari uji pemadatan dan uji CBR tanpa rendaman dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Rekapitulasi Hasil Pengujian Pemadatan dan Pengujian CBR tanpa Rendaman

Nilai	Tanah Asli + Variasi Campuran						
	0%	10%		20%		30%	
		Nilai	Perubahan (%)	Nilai	Perubahan (%)	Nilai	Perubahan (%)
Berat Isi Tanah Basah (gr/cm³)	1,600	1,715	7,19	1,734	8,37	1,594	-0,38
Berat Isi Tanah Kering (gr/cm³)	1,349	1,347	-0,15	1,377	2,08	1,316	-2,45
CBR Tanpa Rendaman (%)	9,817	8,889	-9,45	9,552	-2,70	11,807	20,27



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Tanah Asli dan Variasi Campuran Uji Pemadatan



Gambar 4.12 Perbandingan Tanah Asli dan Variasi Campuran Uji CBR tanpa Rendaman

Berdasarkan pada tabel 4.7 dapat dilihat bahwa berat isi tanah basah tanpa campuran memiliki berat 1.600 gr/cm³. Tanah asli yang ditambahkan campuran polimer silikon 10% meningkat sebesar 7,19%, meningkatkan berat isi tanah basah menjadi 1,715 gr/cm³ dan tanah asli yang ditambahkan campuran polimer silikon 20% meningkat sebesar 8,37%, meningkatkan berat isi tanah basah menjadi 1,734 gr/cm³. Tanah asli yang ditambahkan campuran polimer silikon 30% menurun 0,38% dari tanah asli, menurunkan berat isi tanah basah menjadi 1,594 gr/cm³. Tanah asli memiliki berat isi tanah kering memiliki berat sebesar 1,349 gr/cm³. Tanah asli yang ditambahkan campuran polimer silikon sebanyak 10% memiliki perubahan penurunan sebesar 0,15% menurunkan berat isi tanah kering dari tanah asli menjadi 1,347 gr/cm³. Tanah asli yang ditambahkan campuran polimer silikon 20% meningkat sebesar 2,08% meningkatkan berat isi tanah kering menjadi 1,377 gr/cm³. Dan tanah asli yang ditambahkan campuran 30% mengalami perubahan penurunan sebesar 2,45% menurunkan berat isi tanah kering menjadi 1,316 gr/cm³. Pada pengujian CBR tanpa rendaman nilai tanah asli sebesar 9,817%. Tanah asli yang ditambahkan campuran polimer silikon 10% menurun sebesar 9,45% menurunkan nilai CBR menjadi 8,889%. Tanah asli yang ditambahkan campuran polimer silikon 20% menurun sebesar 2,70% menurunkan nilai CBR menjadi 9,552%. Tanah asli yang ditambahkan campuran polimer silikon meningkat sebesar 20,27% meningkatkan nilai CBR menjadi 11,807%.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian pengujian yang sudah dilakukan penulis, maka di dapatkan hasil pengujian pemadatan pada tanah asli yang ditambahkan campuran polimer silikon 10%, 20%, dan 30% mendapatkan hasil berat isi tanah basah dan berat isi tanah kering serta pengujian CBR tanpa rendaman dengan hasil nilai CBR, adapun kesimpulannya sebagai berikut:

1. Tanah asli yang ditambahkan campuran polimer silikon 10% mengalami perubahan peningkatan berat sebesar 7,19% pada hasil berat isi tanah basah dan mengalami perubahan penurunan sebesar 0,15% pada hasil berat isi tanah kering.
2. Tanah asli yang ditambahkan campuran polimer silikon 20% mengalami perubahan peningkatan 8,37% pada hasil berat isi tanah basah dan mengalami perubahan peningkatan 2,08% pada hasil berat isi tanah kering.
3. Tanah asli yang ditambahkan campuran polimer silikon 30% mengalami perubahan penurunan 0,38% pada hasil berat isi tanah basah dan mengalami perubahan penurunan 2,45% pada hasil berat isi tanah kering.
4. Pada hasil pengujian CBR tanpa rendaman pada tanah asli yang ditambahkan campuran polimer 10% mengalami perubahan penurunan nilai sebesar 9,45%, pada tanah asli yang ditambahkan campuran polimer 20% mengalami perubahan penurunan nilai sebesar 2,70%, sedangkan pada tanah asli yang ditambahkan campuran polimer silikon 30% mengalami perubahan peningkatan nilai sebesar 20,27%

5.2 Saran

Dari hasil pembahasan dan analisis yang dilakukan adapun saran yang bisa dipertimbangkan yaitu :

1. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengevaluasi dampak lingkungan dan analisis biaya penggunaan polimer silikon sebagai bahan stabilisasi tanah.
2. Disarankan untuk menerapkan hasil penelitian ini pada proyek konstruksi nyata di kawasan Deltamas untuk menguji efektivitas dan efisiensi penggunaan polimer silikon dalam skala besar.
3. Perlu dilakukan penelitian tambahan dengan parameter uji yang lebih beragam, seperti uji kekuatan geser, permeabilitas, retakan, dan perubahan volume untuk mendapatkan pemahaman yang lebih komprehensif tentang stabilisasi tanah menggunakan polimer silikon.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisurya, Hansel, and Chaidir Anwar Makarim. 2022. "Perilaku Kegagalan Konstruksi Jalan Raya Yang Bertumpu Pada Fondasi Tiang Di Tanah Tanah lempung." *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil* 5 (1): 55–70. <https://doi.org/10.24912/jmts.v5i1.16516>.
- Brata, Angga, and Chandra Afriade Siregar. 2021. "LAPANGAN DAN LABORATORIUM MENGGUNAKAN METODE A" 3 (1): 64–73.
- Candra, Agata Iwan, Sulik Anam, Zandy Bima Mahardana, and Andri Dwi Cahyono. 2018. "Studi Kasus Stabilitas Struktur Tanah Lempung Pada Jalan Totok Kerot Kediri Menggunakan Limbah Kertas 1" 2 (2): 88–97.
- Holilullah, Holilullah, Afandi Afandi, and Hery Novpriansyah. 2015. "Karakterisitk Sifat Fisik Tanah Pada Lahan Produksi Rendah Dan Tinggi Di Pt Great Giant Pineapple." *Jurnal Agrotek Tropika* 3 (2): 278–82. <https://doi.org/10.23960/jat.v3i2.2014>.
- Chandra Afriade, (2003). Pengaruh Campuran Polimer Silikon Pada Stabilisasi Tanah Ekspansif Cikampek - Purwakarta Terhadap Nilai CBR Rendaman.
- Ibrahim. 2013. "Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Penambahan Limbah Sawit Terhadap Nilai California Bearing Ratio." *Teknik Sipil* 9 (2): 160–62.
- Kementerian PUPR. 2020. "Pengenalan Tanah Problematik Untuk Struktur Jalan" 1 (1): 5–24.
- Chandra Afriade, (2003). Pengaruh Campuran Polimer Silikon Pada Stabilisasi Tanah Ekspansif Cikampk - Purwakarta Terhadap Nilai Pengembangan Bebas.
- Kusuma, Rama Indera, and Enden Mina. 2017. "STABILISASI TANAH DENGAN MENGGUNAKAN FLY ASH DAN PENGARUHNYA TERHADAP NILAI KUAT TEKAN BEBAS (Studi Kasus Jalan Raya Bojonegara, Kab. Serang)." *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil* 5 (1). <https://doi.org/10.36055/jft.v5i1.1251>.
- Panguriseng, Darwis, and Universitas Muhammadiyah Makassar. 2018. *DASAR-DASAR*.
- Chandra Afriade Siregar, ST., MT. (2019). Modul Praktikum Mekanika Tanah Edisi 1 Laboratorium Teknik Sipil USB YPKP.

- Chandra Afriade Siregar, ST., MT. (2019). Modul Praktikum Mekanika Tanah Edisi 2 Laboratorium Teknik Sipil USB YPKP.
- Sabrina, Azzahra, Yus Yudhyantoro, and Banta Chairullah. 2023. “Stabilisasi Kapur Terhadap Sifat-Sifat Fisis Dan Nilai Aktivitas Tanah Tanah lempung Jalan Tol Sigli – Banda Aceh STA . 10 + 800” 5.
- Studi, Berlereng, Kasus Tombolopao, and Kabupaten Gowa. 2011. “Asmita Ahmad, * Christianto Lopulisa, ** A.M. Imran, * Sumbangan Baja * **.” Studi, Program, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam, and Sultan Agung. 2023. “Analisis Timbunan Tanah Dari Lapukan Tanah lempung.”
- Chandra Afriade, Ilyas Suratman (2003). Stabilisasi Tanah Ekspansif Cikampek Purwakarta dengan Campuran Polimer Silikon Terhadap Kuat Tekan Bebas
- Zarkasi Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Iwan, Herry Irpani Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, and Herdianto Arifien Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2018. “Penanganan Jembatan Cisomang Ruas Tol Cikampek-Padalarang: Pembelajaran Penanganan Jembatan Akibat Pergerakan Tanah Tanah lempung” 4 (1): 25–36.

LAMPIRAN



CALIFORNIA BEARING RATION (CBR) TEST

NO SAMPLE :

Tanah Murni

Tanggal uji kadar Air

No sample	1	2	3
Berat container (gr)			
Berat Kontainer + Berat basah (gr)			
Berat Kontainer + Tanah Kering (gr)			

Tanggal Pengujian

Diuji Oleh

DATA ALAS

Nomor Mould	9			UNSOAKED
Diameter Mould	cm	cm	cm	
Tinggi Mould	cm	cm	cm	
Wight of Mould + Base Wn	10.357 gr	gr	gr	
Nomor Mould	10			SOAKED
Diameter Mould	cm	cm	cm	
Tinggi Mould	cm	cm	cm	
Wight of Mould + Base Wn	gr	10 gr	gr	

TIPE PENGUJIAN CBR

Time (menit)	Time (detik)	Penetration (div)	UNSOAKED			SOAKED		
			10 blows Reading (div)	25 blows Reading (div)	56 blows Reading (div)	10 blows Reading (div)	25 blows Reading (div)	56 blows Reading (div)
0.25	15	31.75						
0.5	30	63.5		3.1				
1	60	127		4.7				
1.5	90	190.5		6.6				
2	120	254		7.1				
3	180	381		8				
4	240	508		9.9				
6	360	762		12.1				
8	480	1016		14.2				
10	600	1270		16.1				

UNSOAKED

Test No	10 blows			25 blows			56 blows		
	T	M	B	T	M	B	T	M	B
Weight of Mould + wet soil				116	111.72	114			
Container Weight, w1 (gr)				19.34	15.17	15.96			
Container Weight + wet soil, w2 (gr)				52.78	58.59	62.28			
Container Weight + dry soil, w3 (gr)				46.93	51.56	54.97			

SOAKED

Test No	10 blows			25 blows			56 blows		
	T	M	B	T	M	B	T	M	B
Weight of Mould + wet soil									
Container Weight, w1 (gr)									
Container Weight + wet soil, w2 (gr)									
Container Weight + dry soil, w3 (gr)									



MAKINAMA SOLUBILITAS

Jl. R. Edang Suwanda No. 6A, Kp. Pasir Leutik, Desa Padanuka, Kec. Cimencyan, Kab. Bandung
Email : soil.lab@maratama.co.id

TRIAxIAL UU (UNCONSOLIDATED UNDRAINED) ASTM D-2850-95

Nama Proyek : Tanah Kurni
Lokasi Proyek :
No. Borhole : Deskripsi Tanah : Lempung
Kedalaman : No. Ring : 5, 18, 11
Kalibrasi Proving Ring :
Strain Rate (mm/min) :
Tanggal Pengujian : 15.07.2024
Penguji :

Three tables showing stress-strain data for three different soil samples (5, 18, 11). Each table has columns for Deform. dial read, Load dial read, and three stress levels (0.5, 1, 2 kg/cm2).

Data Awal Pengujian table with columns for sample numbers 5, 18, and 11. Rows include Tinggi Sampel, Diameter Sampel, Berat Ring, Berat Ring + Sampel, and Berat.

Badar Air Setelah Pengujian table with columns for sample numbers T19, N32, and N45. Rows include Berat Cawan, Berat Sampel (basah) + cawan, and Berat Sampel (Kering) + cawan.



MARATAMA SOIL LABORATORY

Jl. R. Eding Suswanda No. 5A, Kp. Pasir Lurik, Desa Padanaka, Kec. Cimayan, Kab. Bandung Email: soil.lab@maratama.co.id

UNCONFINED COMPRESSION TEST (UCT) ASTM D2106-06

Nama Proyek: Tanah Muara
 Lokasi Proyek: _____
 No. Borhole: _____
 Reklamasi: _____

Deskripsi Tanah: Tanah lempung
 No. Ring: 9.22.18

Kalibrasi Proving Ring: _____
 Strain Rate (mm/menit): _____
 Tanggal Pengujian: _____
 Penguji: _____

Deform. dial read	Sample Type	
	UDS	Remanidat
(mm.)	Load dial read (mm.)	Load dial read (mm.)
0		
20	5	7
40	12	15
60	17	21
80	23	25
100	29	41
120	32	50
140	35	56
160	40	63
180	44	63
200	45	63
220	45	60
240		57
260		53
280		
300		
320		
340		
360		
380		
400		
420		
440		
460		
480		
500		
520		
540		
560		
580		
600		
620		
640		
660		
680		
700		
720		
740		
760		
780		
800		
820		
840		

Deform. dial read	Sample Type	
	UDS	Remanidat
(mm.)	Load dial read (mm.)	Load dial read (mm.)
860		
880		
900		
920		
940		
960		
980		
1000		
1020		
1040		
1060		
1080		
1100		
1120		
1140		
1160		
1180		
1200		
1220		
1240		
1260		
1280		
1300		
1320		
1340		
1360		
1380		
1400		
1420		
1440		
1460		
1480		
1500		
1520		
1540		
1560		
1580		
1600		
1620		
1640		
1660		
1680		
1700		

Deform. dial read	Sample Type	
	UDS	Remanidat
(mm.)	Load dial read (mm.)	Load dial read (mm.)
1720		
1740		
1760		
1780		
1800		
1820		
1840		
1860		
1880		
1900		
1920		
1940		
1960		
1980		
2000		
2020		
2040		
2060		
2080		
2100		
2120		
2140		
2160		
2180		
2200		
2220		
2240		
2260		
2280		
2300		
2320		
2340		
2360		
2380		
2400		
2420		
2440		
2460		
2480		
2500		
2520		
2540		
2560		

Data Awal Pengujian

Tinggi Sampel: _____

Diameter Sampel: _____

Berat Ring: _____

Berat Ring + Sampel: _____

keRAF: 101

Remanidat: 1.41.21

Kadar Air Setelah Pengujian

Berat Cawan: _____

Berat Sampel (Basah) + cawan: _____

Berat Sampel (Kering) + cawan: _____



UPT PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS SANGGA BUANA YPKP
Jl. PHH Mustofa No. 68 Bandung Gedung E Lantai 5
Email: library@usbypkp.ac.id Website: perpustakaan.usbypkp.ac.id

Surat Keterangan Cek Plagiarisme
Nomor: 598/IX/SKCP/USB-YPKP/2024

Sehubungan dengan kewajiban Cek Plagiarisme dengan *similarity check maximal 25%* sebagai salah satu kelengkapan persyaratan administrasi bagi mahasiswa tingkat akhir, dengan ini UPT Perpustakaan Universitas Sangga Buana menerangkan bahwa:

Nama : Qisti Fatin
NPM : 2112201057
Program Studi : S1 Teknik Sipil
Judul Karya Tulis Ilmiah : "ANALISIS STUDI STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN CAMPURAN POLIMER SILIKON TERHADAP UJI PEMADATAN DAN UJI NILAI CBR TANPA RENDAMAN PADA KAWASAN DELTAMAS CIKARANG PUSAT KABUPATEN BEKASI"
Tanggal Cek Turnitin : 12 September 2024
Status : Lulus dengan 25% *Similiraty Check*

Adalah benar telah dilakukan *similarity check* sebagaimana data tersebut diatas, dan surat ini dibuat berdasarkan keadaan yang sebenar benarnya, untuk bisa dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bandung, 12 September 2024

Kepala UPT Perpustakaan



Widvapuri Prasastiningtyas, S.Sos., M.I.kom.
NIP. 432.200.173

 UNIVERSITAS SANGGA BUANA YPKP	FORMULIR BIMBINGAN/ASISTENSI (TUGAS AKHIR) Analisis Studi Stabilisasi Tanah Lempung dengan Campuran Polimer Silikon Terhadap Uji Pemadatan dan Uji Nilai CBR Tanpa Rendaman (Studi Kasus: Kawasan Deltamas Cikarang Pusat, Kabupaten Bekasi)			 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
	Mahasiswa : Qisti Fatm NPM. 2112201057	Dosen Pembimbing : Ir. Chandra Afriade Siregar, ST., MT., IPU, Asean Eng., APEC Eng. NIK. 432.200.167	TA 2023-2024	

No.	Tanggal Pertemuan	Uraian Kegiatan, Catatan Perbaikan	Paraf Pembimbing
1.	24.07.24	<ul style="list-style-type: none"> 1) Tentukan campuran polimer silikon! 2) Revisi Uji Pemadatan & CBR! 	
2.	26.07.24	<ul style="list-style-type: none"> 1) Tentukan campuran %? 	
3.	29.07.24	<ul style="list-style-type: none"> 1) Hasil uji ditabellen! 	
4.	31.07.24	<ul style="list-style-type: none"> 1) Sensitivity? 2) hitungannya? 	
5.	03.08.24	<ul style="list-style-type: none"> 1) Cek kembali satuan! 	
6.	06.08.24	<ul style="list-style-type: none"> 1) Penulisan judul gambar dan tabel cek! 	
7.	12.08.24	<ul style="list-style-type: none"> 1) Kesimpulan! 2) TA selesai! 3) Belajar! 4) Siap sidang! 	

Bandung, 12.08.2024

Pembimbing,


 Ir. Chandra Afriade Siregar, ST., MT., IPU, Asean Eng., APEC Eng