TUGAS AKHIR

ANALISIS TIMBUNAN TANAH DARI LAPUKAN *CLAY SHALE*

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan

Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung

Disusun Oleh :

Andri Bagus Susanto

NIM : 30201900037

Chelvin Sanjaya

NIM : 30201900061

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG

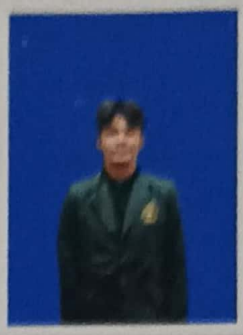
2023

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS TIMBUNAN TANAH DARI LAPUKAN *CLAY SHALE*

Andri Bagus Susanto.

NIM : 30201900037



Chelvin Sanjaya.

NIM : 30201900061

Telah disetujui dan disahkan di Semarang Juli 2023

Tim Penguji Tanda Tangan

1. **Dr. Rifqi Briyant Arief, ST., MT** .....
   NIDN: 0622057701
2. **Lisa Fitriyana, ST., M.Eng** .....
   NIDN: 0631128901
3. **Dr. Abdul Rochim, ST. MT** .....
   NIDN: 0610118101

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Islam Sultan Agung

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

NIDN: 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 39 / A.2 / SA – T / III / 2023

Pada hari ini tanggal 3 maret 2023 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II

1. Nama : Dr. Rifqi Briyant Arief , ST,.MT.
   Jabatan Akademik : Lektor
2. Nama : Lisa Fitriyana, ST., M.Eng.
   Jabatan Akademik : Lektor

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah

Andri Bagus Susanto
NIM : 30201900037

Chelvin Sanjaya
NIM : 30201900061

menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir:

Judul : ANALISIS TIMBUNAN TANAH DARI LAPUKAN *CLAY SHALE*

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	13 Maret 2023	
2	Seminar Proposal	19 April 2023	ACC
3	Pengumpulan data	1 Mei 2023	
4	Analisis data	3 Mei 2023	
5	Penyusunan laporan	08 Juni 2023	
6	Selesai laporan	1 Agustus 2023	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui

Dosen Pembimbing I

Dr. Rifqi Briyant Arief, ST., MT

Dosen Pembimbing II

Lisa Fitriyana, ST., M.Eng

dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Andri Bagus Susanto
NIM : 30201900037
NAMA : Chelvin Sanjaya
NIM : 30201900061

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul : Analisis Timbunan Tanah Dari Lapukan *Clay Shale* benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang,

Yang membuat pernyataan,

Andri Bagus Susanto
NIM: 30201900037

Chelvin Sanjaya
NIM: 30201900061

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

NAMA	: Andri Bagus Susanto
NIM	: 30201900037
NAMA	: Chelvin Sanjaya
NIM	: 30201900061
JUDUL TUGAS AKHIR	: Analisis Timbunan Dari Lapukan *Clay Shale*

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijasah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang,

Yang membuat pernyataan,

Andri Bagus Susanto
NIM: 30201900037

Chelvin Sanjaya
NIM: 30201900061

MOTTO

“Kamu adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, menyuruh yang makruf, dan mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Di antara mereka

ada yang beriman, namun kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik”.
[Q.S. Ali Imron : 110]

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”.
[Q.S Al-Baqarah : 286]

“Yakinlah ada sesuatu yang menantimu selepas banyak kesabaran (yang Kau jalani) yang akan membuatmu terpana hingga Kau lupa pedihnya rasa sakit”. (Ali bin Abi Thalib)

“Angin tidak berhembus untuk menggoyangkan pepohonan, melainkan menguji akarnya”, (Ali bin Abi Thalib)

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan pemilik jiwa dan alam semesta yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarganya, sahabatnya dan juga para pengikutnya. Tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Orang tua saya, Ibu saya Supartiyah, atas semua dukungan moral maupun material, kasih sayang, kesabaran dan do'a.
2. Bapak Dr. Rifqi Briyant Arief, ST,. MT dan Ibu Lisa Fitriyana, ST., M.Eng. yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Seluruh dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA, terimakasih atas semua ilmunya yang sangat bermanfaat.
4. Keluarga saya kaka – kakak saya yang telang mensupport saya
5. Sahabat sekaligus partner laporan tugas akhir saya Chelvin Sanjaya, terimakasih atas waktu dan semangatnya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Teman – teman kontrakan BDX JAYA JAYA yang selalu ada saat susah maupun senang serta saling support sama lain.
7. Semua teman-teman Fakultas Teknik Sipil UNISSULA angkatan 2019, terimakasih atas semua bantuan, perhatian dan semangatnya.

Andri Bagus Susanto
NIM : 30201900037

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan pemilik jiwa dan alam semesta yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarganya, sahabatnya dan juga para pengikutnya. Tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua saya, Bapak saya Jayadi dan Ibu saya Sulistyowati, atas semua dukungan moral maupun material, kasih sayang, kesabaran dan do'a.
2. Bapak Dr. Rifqi Briyant Arief, ST,. MT dan Ibu Lisa Fitriyana, ST., M.Eng. yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Seluruh dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA, terimakasih atas semua ilmunya yang sangat bermanfaat.
4. Kakek dan Nenek serta adek saya terima kasih atas support serta masukan yang selalu diberikan.
5. Sahabat sekaligus partner laporan tugas akhir saya Andri Bagus Susanto, terimakasih sudah mau bertahan sampai sejauh ini dan juga terimakasih atas waktu serta semangatnya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Untuk teman-temanku Angkatan 2019 Fakultas Teknik terimakasih atas bantuan serta perhatiannya untuk selama ini.

Chelvin Sanjaya

NIM : 30201900061

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, karena hanya dengan rahmat dan karunia-Nya laporan Tugas Akhir ini dapat terselasaikan dengan baik tentang "Analisis Timbunan Tanah Dari Lapukan Clay Shale", guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Sarjana Taknik Sipil di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Pada kesempatan ini, penulis hendak menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyusunan tugas akhir ini, yaitu:

1. Bapak M. Rusli Ahyar, ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Dr. Rifqi Briyant Arief, ST,. MT. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Ibu Lisa Fitriyana, ST., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yan telah memberikan ilmunya kepada penulis
5. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya, semoga tugas akhir ini bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembacanya.

Semarang, Juli 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PERSETUJUAN ii
LEMBAR PENGESAHAN iii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR iv
PERNYATAAN BEBAS PLAGIAS v
PERNYATAAN KEASLIAN vii
MOTTO ix
PERSEMBAHAN x
KATA PENGANTAR xii
DAFTAR ISI xiii
DAFTAR TABEL xvii
DAFTAR GAMBAR xix
ABSTRAK xxi
ABSTRACK xxii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 2
1.3. Maksud dan Tujuan 2
1.4. Batasan Masalah 2
1.5. Sistematika Penulisan 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1. Tanah 5
2.1.1. Pengertian Tanah 6
2.1.2. Sifat Fisik Tanah 6
2.1.3. Tanah Dasar 6
2.1.4. Klasifikasi Tanah 6
2.2. Pengertian Timbunan 13
2.3. Pemadatan Tanah (*Proctor Modified*) 14
2.4. *California Bearing Ration (CBR)* 17
2.5. Uji Geser Langsung (*Direct Shear*) 19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 23
3.1. Bahan dan Peralatan 23
3.1.1. Bahan 23
3.1.2. Peralatan 24
3.2. Jalanya Penelitian 24
3.2.1. Tahap Persiapan 24
3.2.2. Tahap Pekerjaan Lapangan 24
3.2.3. Tahap Pekerjaan Laboratorium 24
3.3. Pengujian Kepadatan Tanah 26

3.4. Pengujian CBR Laboratorium 27
3.5. Pengujian *Atterbag Limit* 31
3.6. Pengujian Geser Langsung 32
3.6. Diagram Alir 34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 35
4.1. Hasil Penelitian 35
4.1.1. Sifat Fisik Tanah 35
4.1.1.1. Kadar Air 35
4.1.1.2. Berat Jenis Tanah (Gs) 36
4.1.1.3. *Atterbag Limit* 37
4.1.2. Sifat Teknik Tanah 40
4.1.2.1. *Direct Shear* 40
4.1.2.2. Pemadatan Tanah 45
4.1.2.3. *California Bearing Ration (CBR)* 49
4.2. Pembahasan Hasil Pengujian 60
BAB V PENUTUP 62
5.1. Kesimpulan 62
5.2. Saran 63
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Tabel Berat Jenis Tanah 6
Tabel 2.2. Sistem Klasifikasi AASHTO 9
Tabel 2.3. Sistem Klasifikasi USCS 12
Tabel 2.5. Klasifikasi Tanah Dasar Berdasarkan Nilai CBR 19
Tabel 4.1. Hasil Percobaan Kadar Air Sampel Tanah *Clay Shale* 36
Tabel 4.2. Data Hasil Pengujian Pikmometer 36
Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Pikmometer 37
Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Batas Cair 38
Tabel 4.5. Hasil Perhitungan Batas Plastis 39
Tabel 4.6. Hasil Perhitungan *Direct Shear* 41
Tabel 4.7. Hasil Penggambaran *Direct Shear* 44
Tabel 4.8. Data Hasil Uji *Proctor Modified* 46
Tabel 4.9. Hasil Perhitungan *Proctor Modified* 48
Tabel 4.10. Data Pengujian CBR *Unsoaked* 49
Tabel 4.11. Hasil Perhitungan CBR *Unsoaked* 50
Tabel 4.12. Data Penetrasi Sampel Tanah *Clay Shale* 1 Hari 51
Tabel 4.13. Data Penetrasi Sampel Tanah *Clay Shale* 3 Hari 53
Tabel 4.14. Data Penetrasi Sampel Tanah *Clay Shale* 7 Hari 55
Tabel 4.15. Data Penetrasi Sampel Tanah *Clay Shale* 21 Hari 57
Tabel 4.16. Harga CBR *Unsoaked* Tanah *Clay Shale* 59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Proses Pelapukan Clay Shale 1
Gambar 2.3. Grafik Hubungan Berat Volume Kering dan Kadar air 16
Gambar 2.4. Grafik Pengujian CBR 18
Gambar 2.5. Alat Pengujian Geser Langsung 21
Gambar 2.6. Grafik Hasil Uji Geser Langsung 22
Gambar 3.1. Tanah *Clay Shale* 23
Gambar 3.2. Simulasi 4 Sampel Tanah 25
Gambar 3.3. Diagram Alir Penelitian 35
Gambar 4.1. Pengambilan Sampel 36
Gambar 4.2. Grafik Batas Limit Tanah *Clay Shale* 38
Gambar 4.3. Grafik Indeks Plastisis 40
Gambar 4.4. Grafik *Direct Shear* Sampel 1 hari 42
Gambar 4.5. Grafik *Direct Shear* sampel 3 Hari 42
Gambar 4.6. Grafik *Direct Shear* sampel 7 Hari 43
Gambar 4.7. Grafik *Direct Shear* sampel 21 Hari 43
Gambar 4.8. Grafik Nilai Kohesi Sampel Tanah *Clay Shale* 44
Gambar 4.9. Grafik Sudut Geser Dalam 45
Gambar 4.10. Grafik *Proctor Modified* Tanah *Clay Shale* 48
Gambar 4.11. Grafik CBR Sampel Tanah 1 Hari 52
Gambar 4.12. Grafik CBR Sampel Tanah 3 Hari 54
Gambar 4.13. Grafik CBR Sampel Tanah 7 Hari 56
Gambar 4.14. Grafik CBR Sampel Tanah 21 Hari 58
Gambar 4.15. Grafik Nilai CBR Tanah *Clay Shale* 60

ANALISIS TIMBUNAN TANAH DARI SERPIHAN *CLAY SHALE*

ABSTRAK

Tanah di Indonesia terdiri dari berbagai macam – macam jenis dan karangtristik yang berbeda. Sehingga pada saat proses kontruksi perlu mengisentifikasiya terlebih dahulu karna bisa menyebabkan masalah selama pembangunan, salah satu pekerjaan kontruksi yang behubungan dengan tanah yaitu pekerjaan timbunan. Bayak kegagalandalam pekerjaan timbunan yang di sebabkan karena pengaruh tanah. Salah satu yang menyebabkan masalah yaitu tanah *clay shale*. Tanah *clay shale* memiliki karangtristikmudah mengalami pelapukan tanah jika terus menerus terkena matahari dan hujan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan timbunan tanah dengan lapukan clay shale.

Penelitian ini menggunakan sampel tanah dari serpihan *clay shale*, yang kemudian di padatkan dengan *proctor modified* di laboratorium. Setelah itu masing – masing sampel di letakkan dibawah sinar matahari langsung kemudian di siram dengan air tiap harinya. Kemudian dilakukan uji *califonia bearing ration (CBR)* dan *direct shear* setiap 3 hari, 7 hari dan 21 hari.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa timbunan tanah dengan serpihan *clay shale* akan semakin menurun kualitasnya apabila sering terkena sinar matahari dan hujan. Hasil itu di tunjukan pada nilai CBR yang awalnya 25,27 kemudian pada hari ke-27 menjadi 10,92 sedangkan dalam kuat geser langsung nilai kohesi yang di dapatkan berbanding terbalik dengan sudut geser dalam.

Kata Kunci : Clay shale, Timbunan, *Proctor modified*, *California bearing ration* dan
direct shear

ABSTRACT

Soil in Indonesia consists of various types and different characteristics. So that during the construction process it is necessary to authenticate it first because it can cause problems during construction, one of the construction works related to land is embankment work. Many failures in embankment work are caused by the influence of soil. One that causes problems is clay shale soil. Clay shale soil has a characteristic that is easily weathered if it is continuously exposed to sun and rain. This study aims to determine the feasibility of soil embankment with weathered clay shale.

This study used soil samples from clay shale flakes, which were then compacted using a proctor modified in the laboratory. After that, each sample was placed under direct sunlight and then flushed with water every day. Then the califonia bearing ration (CBR) and direct shear tests were carried out every 3 days, 7 days and 21 days.

The results showed that soil heap with clay shale flakes will decrease in quality if it is often exposed to sunlight and rain. The results are shown in the initial CBR value of 25.27 then on the 27th day it becomes 10.92 whereas in the direct shear strength the cohesion value obtained is inversely proportional to the internal shear angle.

Keywords: *Clay shale, Land heap, Proctor modified, California bearing ration and direct shear*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Clay shale adalah batuan sedimen halus yang terdiri dari campuran lumpur yang mengandung kepingan mineral lempung serta potongan kecil mineral lain, terutama kalsit dan kuarsa. Tanah *clay shale* memiliki karakteristik "fissility", yaitu patahan memanjang yang terdiri dari lamina tipis atau lapisan berlapis dengan sarang laba-laba kurang dari 1 cm. (Blatt dan Robaert, 1996).

Sifat mekanis dari tanah *clay Shale* itu sendiri sangat unik. Ia akan menyusut dan mengeras ketika dalam keadaan kering, tetapi ketika terkena air, ia akan mengembang sampai batas tertentu dan kehilangan gaya gesernya. Ini dapat terjadi secara tiba-tiba, bahkan karena beratnya sendiri. Sifat kembang-susut sangat dipengaruhi oleh iklim dan cuaca, sehingga dapat mengubah *clay shale* dari batuan menjadi tanah. (M.Nickmann,2010). Selain itu, di lokasi di mana muka air tanah telah berubah secara signifikan dan curah hujan sangat tinggi. Proses pelapukan tanah *clay shale* dapat dilihat pada gambar 1.1.

(a) Masih utuh (b) Mulai runtuh (c) Sudah hancur

Gambar 1.1 Proses pelapukan tanah *clay shale* saat terkena sinar matahari dan udara

Dalam kebanyakan kasus, tanah *clay shale* sangat rentan terhadap cuaca dan perubahan iklim. Masalah ini dapat menyebabkan retakan dan pelapukan tanah di daerah tersebut daerah yang langsung terkena udara. Sifat tanah *clay shale*

menyebabkan banyak masalah geoteknik, seperti longsornya beberapa bagian badan jalan, seperti di jalan tol Cipularang dan lereng jalan tol Semarang Bawen. Jadi, saat membangun di dekat tanah, hal itu harus diselesaikan terlebih dahulu karena apabila ada air di dalamnya, bangunan itu dapat mengembang, mengalami pelapukan, dan longsor. *Clay shale* yang ada dipermukaan tanah sudah melapuk karena sudah terekpos sinar matahari,air dan udara. Pada analisis timbunan tanah *clay shale* ini penulis hanya mendapatkan sampel penelitian yang sedikit sehingga semua pengujian hanya satu pasang. Dengan banyaknya matrial tanah lapukan clay shale dapat dijadikan pertimbangan untuk matrial timbunan (contoh proyek di ibu kota negara cukup rawan karena di dominasi jenis *clay shale* dengan daya dukung rendah (wicaksono, 2022). Tanah lapukan *clay shale* yang sudah melapuk selama bertahun-tahun karatristiknya tidak jelas masih seperti tanah lapukan *clay shale* atau seperti tanah yang lain.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam Analisis Timbunan Tanah dari Lapukan *Clay Shale* adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perubahan fisik tanah lapukan *clay shale* akibat terkena sinar matahari?
2. Bagaimana pengaruh kualitas timbunan tanah lapukan *clay shale* apabila terkena sinar matahari?
3. Apakah timbunan dengan tanah lapukan *clay shale* akan menurun kualitasnya karena perubahan kadar air dari cuaca hujan?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam Analisis Timbunan Tanah dari Lapukan *Clay Shale* adalah sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian tanah berlokasi di Bawen, Kabupaten Semarang, JawaTengah
2. Analisis kelayakan tanah lapukan *clay shale* pada matrial timbunan.
3. Tanah yang dipakai pengujian adalah tanah lapukan *clay shale* yang sudah melapuk

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari Analisis Timbunan Tanah dari Lapukan *Clay Shale* adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kekuatan timbunan tanah pada lapukan *clay shale*.
2. Mengetahui kuat geser tanah pada lapukan *clay shale*.
3. Mengetahui kelayakan tanah lapukan *clay shale* untuk matrial timbunan.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan mampu membrikan pengetahuan dan pemahaman terhadap karangtristik tanah lapukan *clay shale*. Hal ini sangat bermanfaat untuk dapat diaplikasikan dalam melakukan perencanaan, monitoring dan evaluasi tanah clay shale sebagai timbunan.

1.6 Sistematika Laporan

Dalam penyusunan Tugas Akhir terdapat lima bab, masing masing bab terdiri datas :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini pendahuluan mengenai latar belakang permasalahan yang muncul, tujuan penulisan dan sistematika laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memaparkam definisi tanah, timbunan, pemadatan tanah dan metode yang akan di gunakan.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi penjelasan tentang metode-metode yang berkaitan dengan alur penelitian untuk mendapatkan tujuan yang ingin dicapai dalam penilitian.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang analisis data dan analisis perhitungan dengan melakukan praktikum.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang hasil akhir dan hasil analis yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

2.1.1. Pengertian Tanah

Tanah merupakan hasil dari proses pelapukan batuan atau lapisan permukaan bumi yang terbuka dan terletak dalam matriks tanah. Definisi ini dinyatakan oleh Bowles (1989). Tanah itu sendiri adalah sebuah campuran dari berbagai partikel, yang meliputi kerikil (*gravel*), batuan besar (*boulders*), zat koloid (*colloids*), butiran halus (*silt*), pasir (*sand*), serta lempung (*clay*). Berdasarkan pandangan dalam ilmu mekanika tanah, tanah merujuk pada segala endapan alami yang relevan dalam rekayasa sipil, kecuali batuan padat yang tidak mengalami perubahan. Ilmu mekanika batuan (*rock mechanics*) digunakan secara khusus untuk mempelajari batuan padat tersebut. Lingkup endapan alami ini mencakup beragam material mulai dari batuan besar hingga lempung, sesuai dengan definisi yang disampaikan oleh Soedarmo dan Edy Purnomo pada tahun 1997. Ketika merencanakan pekerjaan dasar tanah, skala pekerjaan yang dibutuhkan bergantung pada jenis perkerasan kaku atau lentur yang akan diterapkan. Sifat-sifat dasar tanah, di sisi lain, bergantung pada jenis perkerasan dan komponen yang telah diatur sebelumnya. Dalam konteks konstruksi, untuk mengevaluasi kekuatan tanah, data-data seperti tingkat pemadatan, Nilai CBR (*California Bearing Ratio*), dan kapasitas daya dukung sering digunakan sebagai acuan.

Beberapa jenis tanah biasanya terdiri dari kombinasi ataupun lebih dari satu jenis partikel. Tanah lempung biasanya terdiri dari banyak jenis partikel lempung, terkadang dicampur dengan lanau atau pasir, atau bahkan terdiri dari campuran bahan organik..

Terdapat 3 unsur penyusun tanah yaitu : udara, air dan zat padat. Air sendiri biasanya memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kualitas teknik tanah sedangkan udara biasanya diabaikan dan hanya berdampak kecil saja. Tanah dianggap jenuh jika ruang diantara butiran rongga granular seluruhnya terisi oleh air, kondisi tersebut biasanya terjadi pada tanah yang jenuh. Sedangkan tanah yang tidak memiliki kandungan kadar

air sama sekali atau kandungan airnya nol adalah tanah kering. Tetapi apabila rongga tanah tersebut berisi air dan udara maka tanah tersebut dalam kondisi sebagian jenuh.

2.1.2. Sifat Fisik Tanah

Sifat fisik tanah dapat dapat dipengaruhi oleh analisis butiran dan lainya, sedangkan jenis dan permukaan tanah dapat digunakan untuk mengdentifikasi asal dari butiran. Tanah itu sendiri terdapat dua atau tiga bagian. Sedangkan dalam tanah yang kandungannya nol atau disebut tanah kering, biasanya hanya terdapat dua bagian yaitu partikel tanah dan udara. Sedangkan tanah yang jenuh dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian butiran tanah dan pori air. Sedangkan tiga komponen yang menyusun tanah dalam keadaan tidak jenuh yaitu butiran-butiran tanah , pori air dan kandungan udara. Nilai-nilai dari berbagai jenis tanah dan jenis tanah dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Berat Jenis Tanah

Macam Tanah	Berat jenis (Gs)
Pasir	2,62 – 2,68
Krikil	2,65 – 2,68
Lanau Anorganik	2,62 – 2,68
Lempung Organik	2,58 – 2,65
Lempung Anorganik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,8

(Sumber : Hardiyatmo, 2012)

2.1.3. Tanah Dasar

Lapisan tanah yang terletak paling dasar disebut tanah dasar atau *subgrade* dan digunakan sebagai membangun lapisan perkerasan dan lapisan yang mendukung konstruksi bangunan di atasnya. Tanah asli yang baik dapat digunakan jika tanah dasar merupakan tanah asli yang di padatkan, tanah urugan yang diisi dengan tanah dari

lokasi lain, atau tanah yang distabilisasi (dengan semen, kapur bahan lainya). Karanktristik dan daya dukung tanah dasar dapat memiliki damak yang signifikan terhadap kekuatan dan umur panjang ataupun keawetan perkerasan jalan.

Masalah umum dengan tanah dasar adalah sebagai berikut:

1. Perubahan bentuk permanen, atau deformasi permanen, dari jenis tanah tertentu sebagai akibat dari beban yang melaluinya.
2. Daya dukung tanah tidak merata dan sulit ditentukan di wilayah dengan berbagai jenis tanah, karakteristik, dan pelaksanaan.
3. Karakteristik mengembang dan menyusut tanah tertentu karena adanya perubahan kadar air atau udara.

Tanah dasar yang memiliki kekuatan dan keseimbangan yang rendah akan cepat berubah bentuk dan retak jika tanah dasar lemah dan tidak stabil. Tanah dengan sifat yang kurang baik Ketika digunakan sebagai tanah dasar untuk kontruksi bangunan. Maka dari itu perlu adanya stabilisasi tanah untuk meningkatkan sifat mekanik dan kimia tanah. Jenis tanah, tingkat kepadatan kadar air, kondisi drainase dan faktor lainya semua berdampak pada daya dukung tanah dasar. Menurut para ahli persyaratan jalan di Indonesia memeriksa CBR dengan nilai minimal CBR sebesar 6% suntuk menilai daya dukung tanah dasar untuk merancang ketebalan perkerasan jalan.

2.1.4. Klasifikasi Tanah

Klasifikasi Tanah adalah proses pengelompokan tanah ke dalam kategori atau subkategori berdasarkan kesamaan sifat. Plastisitas dan distribusi ukuran butir adalah dasar dari sebagian besar sistem klasifikasi rekayasa. Pembagian tanah ke dalam kelompok atau subkelompok yang memiliki karakteristik yang sama sangat menguntungkan dalam banyak masalah teknis seperti perencanaan perkerasan jalan, pembangunan bendungan, dan sebagainya. Dengan memberikan pengarahan melalui metode empiris berdasarkan pengalaman sebelumnya, klasifikasi tanah sangat membantu perancangan. Sistem klasifikasi yang digunakan biasanya adalah sistem klasifikasi Sistem *USCS (Unified Soil Classification System)* dan *AASHTO* (*American Association of State Highway and Transportation Official*). Sistem yang dimaksud memanfaatkan komponen dasar indeks tanah.

1. Klasifikasi *ASSHTO*

Sistem klasifikasi administrasi jalan umum *AASHTO* pertama kali dibuat pada tahun 1929. Sistem klasifikasi ini digunakan untuk menentukan kualitas tanah sebagai perencanaan timbunan jalan *subgrade* dan *subbase*. Sistem *AASHTO* tanah terdapat tujuh kelompok utama yang diberi label A-1 hingga A-7 masing masing dengan subkelompoknya sendiri. Setiap jenis tanah dalam dianalisis berdasarkan indeks kelompok yang ditetapkan. Penilaian tanah dalam kelompok ini didasarkan pada nilai indeks kelompok yang dihitung menggunakan rumus empiris dan dapat dilihat pada **Gambar 2.1.**

Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi 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	Maks 50						
No.40	Maks 30	Maks 50	Min 51				
No.200	Maks 15	Maks 25	Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat Frasaksi yang lolos ayakan No.40							
Batas Caira (LL)				Maks 40	Min 41	Maks 40	Min 41
Indeks Plastisitas (PI)	Maks 6		NP	Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11
Tipe Material yang paling dominan	Batu Pecah, kerikil dan pasi		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Peniliaian 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	
						A-7-5	A-7-6
Analisis Ayakan (% lolos)							
No.10							
No.40							
No.200	Min 36		Min 36		Min 36	Min 36	
Sifat Frasaksi yang lolos ayakan No. 40.							
Batas Caira (LL)	Maks 40		Min 41		Maks 40	Min 41	
Indeks Plastisitas (PI)	Maks 10		Maks 10		Min 11	Min 11	
Tipe Material yang paling dominan	Tanah Berlanau				Tanah Berlempung		
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa Sampai Jelek						

(Sumber : Bina Marga, 2012)

Indeks kelompok (GI) digunakan untuk mengetahui lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya. Indeks kelompok dapat dihitung dengan Persamaan 3.1.

$$GI = (F - 35)\,[0{,}2 + 0{,}005\,(LL - 40)] + 0{,}01\,(F - 15)\,(PI - 10) \quad \text{.....(1)}$$

Keterangan:

PI = Indeks plastisitas

GI = Indeks kelompok (*group index*)

LL = Batas cair (*Liquid limit*) dan

F = Persen butiran lolos saringan no. 200 (0,075 mm)

Kelompok indeks (GI) memiliki peran penting dalam mengidentifikasi kapasitas tanah dasar untuk menahan beban roda. *AASHTO* memperkenalkan konsep Indeks Kelompok yang bergantung pada proporsi tanah yang dapat melewati saringan No.200 serta batas *Atterberg*. Ketika nilai GI meningkat, akurasi penggunaan tanah cenderung menurun. Tanah berbutir kasar dibagi ke dalam klasifikasi A-1 hingga A-3. Tanah tipe A-1 adalah tanah granuler yang memiliki gradasi yang baik, sedangkan A-3 merujuk pada pasir bersih dengan gradasi yang kurang baik. Kelas A-2 mencakup tanah granuler (dengan kurang dari 35% butiran yang lolos saringan No.200), namun masih mengandung sedikit lempung. Sementara itu, tanah berbutir halus diklasifikasikan dari A-4 hingga A-7, yang mengindikasikan jenis tanah lempung lanau dengan variasi tertentu.

2. Klasifikasi *USCS*

Cassagrande memperkenalkan Sistem Klasifikasi Tanah Terpadu pada tahun 1942, kemudian disempurnakan oleh *USBR (United States Bureau of Reclamation).* Dalam Sistem Klasifikasi Tanah Terpadu ini, tanah digolongkan sebagai tanah berbutir kasar (seperti kerikil dan pasir) apabila lebih sedikit dari 50% partikel lolos dari saringan nomor 200. Sebaliknya, tanah dianggap sebagai tanah berbutir halus (seperti lanau/lempung) jika lebih dari 50% partikel lolos dari saringan nomor 200. Setelah itu, tanah dikelompokkan menjadi berbagai kelompok dan subkelompok. Berdasarkan penjelasan Das (1985), Sistem Klasifikasi Tanah Terpadu dikategorikan ke dalam dua kelompok besar, yaitu :

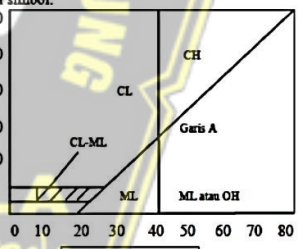
a. Suatu bentuk tanah yang dikenal sebagai tanah berbutir kasar terdiri dari kerikil dan pasir, dengan partikel kurang dari 50% dari berat sampel yang cukup besar untuk melewati saringan No. 200. Huruf awal G atau S biasanya ditempatkan sebelum simbol digunakan untuk mewakili kelompok ini. Dalam metode ini, G berarti kerikil dan S untuk pasir.
b. Tanah berbutir halus didefinisikan sebagai jenis tanah yang proporsi partikelnya lebih besar dari 50% berat keseluruhan sampel dan lolos saringan No. 200. Huruf awal M untuk lanau anorganik, C untuk lempung anorganik, dan O untuk lanau organik dan lempung organik biasanya digunakan sebagai titik awal untuk simbol yang digunakan untuk mendefinisikan kategori ini.

Berikut simbol-simbol yang digunakan dalam sistem *USCS* adalah :

S = Pasir (sand)
H = Plastisitas tinggi (high plasticity)
C = Lempung (clay)
G = Kerikil (gravel)
O = Lanau atau Lempung Organik (organic silt or clay)
Pt = Tanah Gambut dan Tanah Organik Tinggi
M = Lanau (silt)
P = Gradasi buruk (poorly graded)
W = Gradasi baik (well graded)
L = Plastisitas rendah (low plasticity).

Klasifikasi kelompok dan subkelompok yang lebih detail pada sistem *USCS*. Dapat dilihat di **Gambar 2.2** berikut:

Tabel 3.3 Sistem Klasifikasi Tanah *USCS*

Divisi Utama			Simbol	Nama Umum		Kriteria Klasifikasi	
Tanah berbutir kasar ≥50% butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil 50%≥ fraksi kasar tertahan saringan No.4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus: Kurang dari 5% lolos saringan no. 200: GM,GP, SW, SP. Lebih dari 12% lolos saringan no.200: GM, GC, SM, SC. 5% -12% lolos saringan No.200 :Batasan klasifikasi yang mempunyai simbol dobel		
			GP	Krikil bergradasi buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
		Kerikil dengan Butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran, kerikil-pasir-lanau		Batas-batas *Atterberg* di garis A atau PI < 4	Bila batas *Atterberg* berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol
			GC	Kerikil berlempung, campuran, kerikil-pasir-lempung		Batas-batas *Atterberg* di bawah garis A atau PI > 7	
	Pasir>= 50% fraksi kasar lolos saringan No.4	Pasir bersih (hanya Pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus			
			SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau		Batas-batas Atterberg di garis A atau PI < 4Batas	Bila batas *Atterberg* berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung		Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PI > 7	
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No.200		Lanau dan lempung batas ≤ 50%	ML	Lanau organik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas *Atterberg* yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.  Garis A : PI = 0.73 (LL-20)		
			CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (*lean clasy*)			
			OL	lanau -organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah			
		Lanau dan lempung batas cair ≥50%	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis			
			CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (*fat clasy*)			
			OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi			
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi			PT	Peat (gambut), muck, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi		Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488	

(Sumber : Bina Marga, 2012)

2.2 Pengertian Timbunan

Perkembangan di dunia kontruksi sangatlah besar dan pesat sehingga dapat menjadikan kegiatan pembangunan berlangsung di hampir seluruh wilayah di dunia, seluruh kegiatan suatu kontruksi tidak akan pernah terlepas dari kegiatan pekerjaan tanah yang sebagaimana menjadi salah satu dasar bagi berdirinya suatu kontruksi, salah satunya adalah pekerjaan timbunan. Timbunan merupakan satu cara atau metode yang di gunakan dalam pekerjaan tanah yang bertujuan untuk meratakan atau menyetarakan suatu elevasi tanah. Timbunan digolongka menjadi 2 jenis yaitu sebagai berikut :

1. Timbunan biasa

   Timbunan biasa digunakan untuk mencapai elevasi dasar tanah dasar yang digambarkan dalam gambar perencanaan desain dikenal sebagai tanggul biasa. Stok biasa juga sering digunakan untuk menggantikan material *subgrade* yang saat ini digunakan tetapi di bawah standar.

   1.1 Timbunan tanah yang memenuhi syarat sebagai timbunan biasanya harus dibuat menggunakan tanah yang telah disertifikasi untuk digunakan dalam konstruksi permanen oleh inspektur yang terlatih.

   1.2 Dalam timbunan biasa, bahan yang digunakan harus tidak termasuk tanah dengan tingkat plastisitas yang tinggi, yang dapat diidentifikasi sebagai tipe A-7-6 berdasarkan persyaratan dalam *(AASHTO M 145)* atau sebagai tipe CH dalam sistem klasifikasi *"Unified"* atau *"Casagrande"*. Selain itu, material pengisi ini harus memiliki nilai CBR tidak kurang dari 6% saat diuji sesuai dengan metode *(AASHTO T 193).*

   1.3 Tanah yang memiliki kemampuan untuk mengembang secara signifikan, dengan nilai indeks aktivitas lebih besar dari 1,25 saat diuji sesuai dengan metode *(AASHTO T 258),* tidak diperbolehkan digunakan sebagai bahan dalam timbunan. Nilai indeks aktivitas dihitung berdasarkan indeks plastisitas (PI) - metode *(AASHTO T 90)* dan persentase partikel lempung *(AASHTO T 88).*

2. Timbunan pilihan

   Timbunan pilihan digunakan untuk elevasi akhir tanah dasar yang ditunjukkan pada gambar perencanaan dengan tujuan khusus lainnya, seperti untuk

mengurangi ketebalan lapisan tanah dasar pondasi atau digunakan untuk mengurangi gaya lateral tekanan tanah di belakang dinding penahan tanah, diketahui sebagai tanggul opsional.Bahan timbunan biasa harus memenuhi syarat sebagai berikut :

2.2 Jika timbunan pilihan memenuhi spesifikasi Insinyur, timbunan pilihan sering dipasang di lokasi. Semua timbunan yang digunakan harus ditangani secara normal. Bahan yang digunakan pada timbunan yang telah ditetapkan sebagai timbunan yang dipilih tidak harus memenuhi standar untuk timbunan biasa tetapi juga harus memiliki kualitas tertentu tergantung pada aplikasi yang dimaksudkan, sebagaimana diizinkan atau disetujui oleh Insinyur. Semua stok terpilih harus menjalani pengujian sesuai dengan SNI 03-1744-1989 dalam segala keadaan.

2.2. Bahan pilihan untuk timbunan yang umumnya digunakan pada lereng atau proyek stabilisasi timbunan, atau pada situasi lain di mana stabilitas geser yang memadai diperlukan, dapat berupa kerikil atau campuran kerikil dengan lempung bergradasi baik, atau bahkan lempung dengan tingkat plastisitas yang rendah. Ketika pengerjaan pemadatan dilakukan dalam keadaan kering normal, maka jenis timbunan yang dipilih akan disesuaikan dengan kecuraman lereng yang akan dibangun atau timbun. Direksi Pekerjaan bertanggung jawab dalam menentukan dan menyetujui jenis bahan yang akan digunakan sesuai dengan kebutuhan proyek.

Faktor-faktor utama yang harus diperhatikan dalam timbunan adalah sebagai berikut:

a. stabilitas timbunan

b. penurunan timbunan

c. daya dukung timbunan

d. kemampuan melayani lalu lintas

2.3 Pemadatan Tanah (*Proctor Modified*)

Pemadatan tanah adalah proses memadatkan suatu partikel tanah secara mekanis sehingga mengakibatkan penurunan volume udara dan air. Pemadatan dilakukan apabila tanah di suatu lapangan membutuhkan perbaikan untuk menopang

konstruksi di diatasnya, atau akan digunakan sebagai bahan timbunan. Berikut ini adalah tujuan pemadatan tanah sebagai berikut;

1. mengurangi sifat permeabilitas,
2. mengetahui nilai kuat geser tanah,
3. mengurangi sifat mudah mampat (kompresibilitas),
4. mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air dan lain-lainnya.

Kelembaban dalam tanah mempengaruhi kepadatan tanah dan air diperkenalkan selama pemadatan dan digunakan sebagai agen pengencer untuk partikel tanah. Pergeseran partikel tanah menciptakan posisi yang lebih rapat dengan berpindah dari satu ke yang berikutnya. Pemadatan dilakukan ketika kadar air lebih tinggi dari kadar air optimal tanah yang akan dihasilkan. Tanah akan keras jika kadar airnya rendah, lunak atau cair jika kadar airnya tinggi. mempengaruhi karakteristik tanah.

Uji pemadatan tanah, juga dikenal sebagai metode proktor standar, adalah prosedur yang dilakukan di laboratorium untuk mengidentifikasi kadar air optimal di mana suatu jenis tanah akan mencapai kepadatan tertinggi dan kekeringan maksimum. Konsep pemadatan ini pertama kali dikembangkan oleh R. Proctor. Berdasarkan gagasan ini, proctor mengakui empat elemen-energi atau usaha yang digunakan pada pemadatan, karakteristik tanah (seperti gradasi, kualitas kohesi atau non-kohesi, ukuran partikel, dll.), kadar air, dan berat satuan dalam kondisi kering yang memiliki mempengaruhi proses pemadatan tanah. Pemadatan standar, juga dikenal sebagai pemadatan standar, menjelaskan prosedur pemadatan yang dilakukan dengan alat pemadatan konvensional..

Hubungan berat volume kering (γ_d) dengan berat volume basah (γ_w) dan kadar air (W), dinyatakan dalam

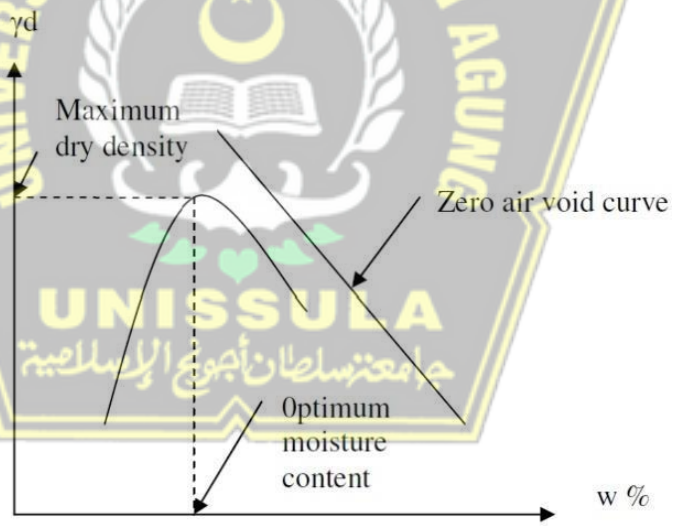
$$\gamma d = \frac{y\omega}{1+\omega}$$

Prinsip dasar dari Uji pemadatan melibatkan langkah-langkah di mana tanah ditempatkan dalam sebuah cetakan berbentuk silinder yang memiliki diameter 101,6 mm dan volume 943,3 cm3. Di dalam cetakan tersebut, tanah dikepakkan dengan menggunakan alat pemadat berupa penumbuk berbobot 4,54 kg yang jatuh dari ketinggian 457,2 mm. Proses pemadatan dilakukan dalam tiga tahap lapisan

terpisah, dan setiap lapisan dikenai pemadatan dengan melakukan 25 kali penumbukan.

Hasil dari uji pemadatan menghasilkan sebuah kurva yang menunjukkan nilai optimum kadar air (Wopt), yang digunakan untuk mengidentifikasi titik di mana berat volume kering mencapai maksimum atau kepadatan tertinggi. Ketika kadar air di beberapa jenis tanah rendah, tanah cenderung kaku dan sulit dikompresi. Namun, tanah memiliki kecenderungan untuk menjadi lebih lembut saat kadar air ditingkatkan. Berkurangnya berat air di dalam tanah akan menjadi hasil dari kandungan air yang tinggi. Tanah akan berada dalam keadaan yang dikenal sebagai saturasi dan berat volume kering akan berada pada titik tertinggi ketika semua udara di dalam tanah dihilangkan selama proses pemadatan. Namun, karena banyak keadaan lapangan yang mungkin memengaruhi proses, mendapatkan persyaratan ini mungkin sulit dalam praktiknya.

Hasil uji proctor yang dimodifikasi, yang ditunjukkan pada Gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2.3 Grafik Hubungan Berat Volume Kering dan Kadar Air

(Sumber: Hardiyatmo,2012)

2.4 California Bearing Ration (CBR)

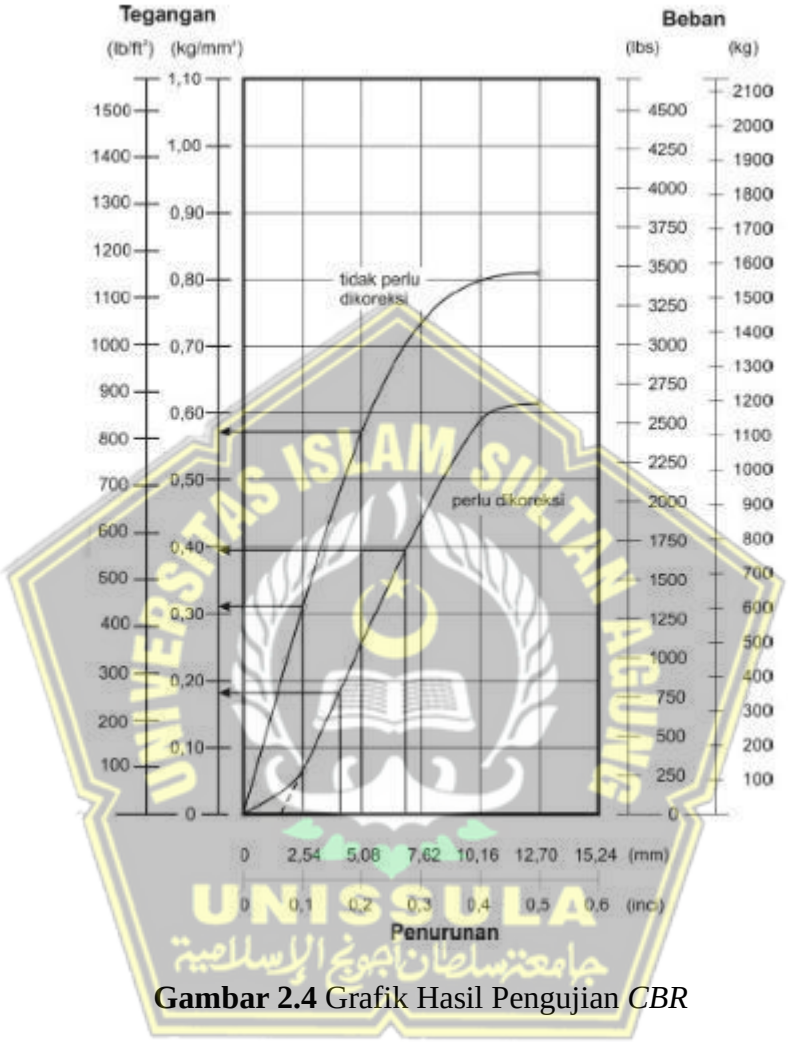
California Bearing Ration (CBR) adalah metode canggih untuk mengukur pemadatan tanah, dan menggunakan sampel tanah yang berasal dari hasil uji pemadatan proctor. Untuk berat jenis dan kadar air tertentu, pengujian ini dimaksudkan untuk menetapkan nilai daya dukung tanah atau nilai CBR. Dengan kata lain, angka CBR akan menunjukkan berapa berat yang dapat ditahan bumi.

Di laboratorium, pengujian CBR biasanya dilakukan menggunakan dua metode, yaitu metode perendaman (soaked) dan tanpa perendaman (unsoaked) atau pengujian dengan pengawetan sampel. Protokol pengujian perendaman CBR selama empat hari diadopsi untuk memperhitungkan lingkungan Indonesia yang cenderung mendung, hujan, dan rawan banjir. Pengujian ini mencerminkan bagaimana kemampuan tanah bertahan setelah terpapar genangan air dengan waktu perumpamaan selama maksimal 4 hari. Sementara itu, pengujian CBR dengan pengawetan sampel memiliki tujuan untuk memahami durasi reaksi kimia antara tanah dan bahan tambahan. Metode dasar pengujian CBR adalah pengepresan sampel tanah ke dalam cetakan silinder menggunakan pengepresan konvensional dengan piston, dengan laju penetrasi sekitar 1,27 milimeter per menit.

Sampel tanah yang digunakan untuk uji CBR adalah yang telah diproses melalui filter nomor 4. Setelah itu, tanah tersebut dimasukkan ke dalam cetakan berbentuk silinder dengan diameter biasanya sekitar 15 mm. Kemudian, proses pemadatan dilakukan dalam lima lapisan berbeda, di mana setiap lapisan ditekan menggunakan penumbuk standar sebanyak 35 kali. Pada saat pengujian CBR dilakukan, sampel tanah ditempatkan di atas benda uji bersama dengan potongan pelat alas di atas mesin penetrasi. Sebuah pelat pemberat yang memiliki berat minimal 4,5 kg (setara dengan 10 pound) ditempatkan di atas permukaan sampel. Jam indikator beban dan jam penetrasi keduanya disetel ke 0. Untuk mencapai tingkat penetrasi sekitar 1,27 mm per menit, beban kemudian diterapkan dengan akurasi yang diperlukan. Pada interval penetrasi 0,025 inci (0,64 mm), beban ini akan terbaca.

Prinsip dasar dalam pengujian ini melibatkan proses penetrasi di mana suatu objek dimasukkan ke dalam sampel tanah uji, sehingga menghasilkan nilai kekuatan dasar tanah. Dalam hasil pengujian, nilai awal pada kurva beban umumnya mengalami penurunan yang disebabkan oleh adanya ketidakrataan

permukaan pada saat pemadatan sampel uji atau faktor-faktor lain yang mempengaruhi. Pada kondisi ini, titik awal yang seharusnya berada pada nol perlu disesuaikan, seperti yang dijelaskan pada **Gambar 2.4** di bawah ini.



Gambar 2.4 Grafik Hasil Pengujian *CBR*

(Sumber : Hardiyatmo, 2012)

Dengan membagi setiap beban dengan beban standar CBR yang relevan, nilai CBR dapat dihitung berdasarkan diagram yang dibuat dari data pengujian. Beban tipikal sebesar 70,31 kg/cm2 atau 1000 psi digunakan pada penetrasi 0,1" atau setara dengan 2,54 mm. Sedangkan beban normal yang digunakan adalah 105,47 kg/cm2 atau 1500 psi pada penetrasi 0,2" atau setara dengan 5,08 mm. Selanjutnya, pengganda 100% diterapkan pada hasil yang dihitung. Pada Persamaan 3.4 dijelaskan lebih lanjut metode perhitungan nilai CBR.

Persamaan 3.4 sebagai berikut :

1. CBR dengan beban standar 70,31 kg/cm2 atau 1000 psi dan ketahanan penetrasi 0,1" atau 2,54 mm.

   $CBR,1'' = \frac{P1}{3+1000}$ x 100%

2. Dengan beban tipikal 105,47 kg/cm2 atau 1500 psi, CBR terhadap penetrasi 0,2" atau 5,08 mm dimungkinkan.

   $CBR,1'' = \frac{P1}{3+1500}$ x 100%

Hasil uji CBR pada dasarnya dihitung dengan menggunakan penetrasi 2,54 mm, atau 0,1 inci, dan beban standar sekitar 70,31 kg/cm2, atau sekitar 1000 psi. Namun pada beberapa keadaan, pengujian harus diulang jika nilai CBR pada penetrasi 0,1 inci kurang dari penetrasi 0,2 inci atau sekitar 5,08 mm. Nilai CBR yang digunakan adalah nilai yang paling besar yaitu pada penetrasi 0,2 inchi atau sekitar 5,08 mm, jika pada pengujian kedua juga menghasilkan nilai CBR pada penetrasi 0,2 inchi masih lebih tinggi dari nilai CBR pada penetrasi 0,1 inchi (2,54 mm).

Tabel 2.5 di bawah menunjukkan kategorisasi tanah dasar berdasarkan pengujian CBR.

Tabel 2.5 Klasifikasi Tanah Dasar Berdasarkan Nilai *CBR*

Nilai *CBR*	Katerogi	Penggunaan	Klasifikasi	
			USCS	*AASHTO*
0–3	Sangat buruk	*Subgrade*	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3–7	Buruk sampai sedang	*Subgrade*	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7–20	Sedang	*Subgrade*	OL, CL, ML	A2, A4, A5, A7
20–50	Baik	*Base, Subgrade*	Gravel	A1, A2-5, A2-6
> 50	Sangat baik	*Base*	Gravel	A1, A2, A3

2.5 Uji Geser (*Direct Shear*)

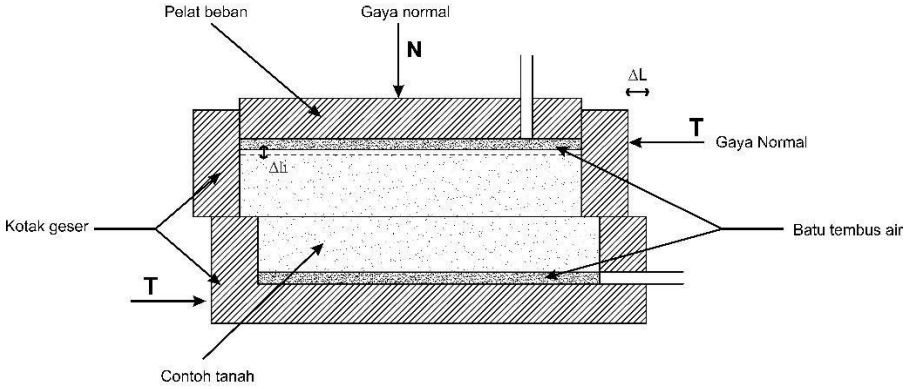
Pengujian kekuatan geser tanah dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis kemampuan dukungan tanah, mengevaluasi stabilitas lereng, dan mengukur tekanan yang dihadapi oleh dinding penahan tanah. Kekuatan geser tanah merujuk pada gaya tarik dan dorong yang timbul antara partikel-partikel tanah akibat desakan atau tarikan. Dalam konsep ini, artinya adalah ketika tanah

mengalami beban, kekuatan ini dihasilkan oleh kombinasi sifat kohesi dan gesekan antara partikel-partikel tanah.

1. Hubungan kohesi tanah berkaitan dengan kepadatan dan jenis tanah, namun tidak bergantung pada tegangan vertikal yang bekerja pada bidang geser.
2. Tegangan vertikal pada bidang geser berbanding terbalik dengan gaya gesek antar partikel tanah yang berukuran sama.

Pengukuran karakteristik kekuatan geser tanah, seperti nilai kohesi dan sudut geser, dapat dilakukan dengan menggunakan metode pengujian yang disebut uji geser langsung. Peralatan yang digunakan dalam uji geser langsung meliputi bejana besi geser yang berfungsi sebagai bejana benda uji. Wadah ini dibagi menjadi dua bagian berukuran identik. Di seberang kotak geser, spesimen mengalami tegangan yang biasa. Untuk menimbulkan tegangan geser pada bagian tengah benda uji, gaya geser diberikan pada satu bagian atau setengah dari kotak geser (Hardiyatmo, 2010).

Kotak geser terbuat dari bahan besi digunakan sebagai komponen penting dalam pelaksanaan uji geser langsung, bertindak sebagai wadah untuk menempatkan benda uji. Biasanya, kotak geser ini memiliki bentuk yang bisa berupa lingkaran atau bujur sangkar, dengan luas permukaan berkisar antara 19,35 cm^2 hingga 25,8 cm^2 dan tinggi sekitar 2,54 cm^2. Kotak ini terbagi menjadi dua bagian yang setara. Tegangan normal diterapkan di atas benda uji yang ada di dalam wadah geser. Untuk memberikan gaya geser pada titik tengah benda uji, beban geser dialirkan ke bagian atas kotak geser. Gambar 2.6 di bawah ini menjelaskan metode uji kuat geser uji geser langsung.



Gambar 2.5 Alat Pengujian Geser Langsung

(Sumber : Hardiyatmo, 2010)

Pada tahun 1910, Mohr menegaskan idenya tentang keadaan seputar keruntuhan material. Keruntuhan dapat dihasilkan dari pertemuan tegangan geser krusial dan tingkat tegangan tipikal. Kekuatan geser tanah dapat direpresentasikan menggunakan Persamaan 2.5 di bawah ini, menurut Coulomb pada tahun 1776.

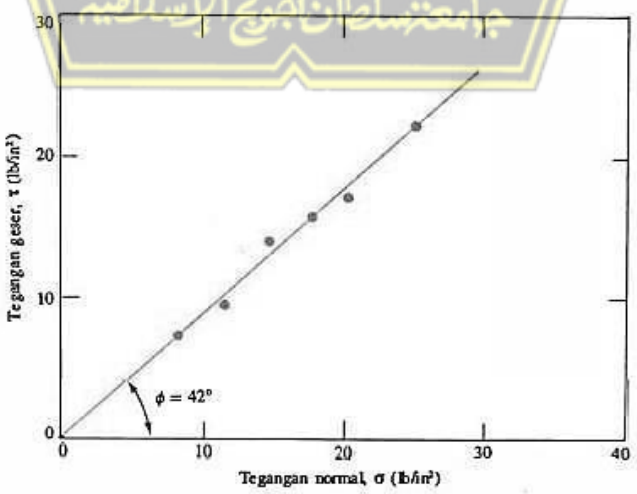
$$r = c+\sigma\ tg\ \varphi \quad \ldots\ldots\ldots\

(*undrained*),

6. bentuk partikel tanah
7. tegangan yang yang ditrima sebelum pengujian
8. perubahan tekanan selama pengambilan sampel
9. cara pengujian,
10. kecepatan pembebanan,
11. tekanan air yang dihasilkan, dan
12. persyaratan untuk menentukan kekuatan geser.

Ada dua cara untuk menganalisis hasil uji geser langsung: baik dengan mengelola tegangan geser, yang mengatur penambahan gaya geser dan mempertahankannya konstan, atau dengan mengendalikan tegangan, yang mengatur laju perpindahan geser. Baik pada tanah berpasir lepas maupun padat, temuan uji geser langsung menunjukkan korelasi antara tegangan geser dan perubahan ketebalan sampel tanah yang disebabkan oleh pergeseran geser. Dalam hasil pengujian ini, karakteristik unik dari tanah pasir padat, setengah padat, dan longgar dapat terlihat.

Dalam pandangan Hardiyatmo (2002), sampel tanah pasir dapat dikatakan memiliki perbandingan pori keritis ketika volumenya tetap konstan selama proses pergeseran. Pada tanah berpasir, dalam prakteknya, hanya gaya geser yang diuji dalam kondisi keadan jenuh yang utamanya lebih akurat. Sebuah contoh hasil uji geser langsung pada sampel tanah dapat dilihat pada Gambar 2.6 di bawah ini.



Gambar 2.6 Hubungan AntaraTegangan Geser dan Tegangan Normal
(Sumber : Hardiyatmo, 2002)

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Bahan dan Peralatan

3.1.1 Bahan

Bahan yang di gunakan dalam praktikum ini merupakan tanah lapukan *clay shale* yang diambil dari Ruas Jalan Tol Semarang – Bawen KM 438, Kecamatan Bawen, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. Tanah *clay shale* yang diambil merupakan tanah yang banyak dan sudah tercampuri ilalang atau tumbuhan. Jarak antara pelapukan tanah lapukan *clay shale* biasanya terjadi pada rentan waktu 5 tahun. Perbedaan tanah lapukan *clay shale* yang asli dan yang sudah tercampur dengan ilalang atau tumbuhan dapat dilihat pada gambar dibawah ini

Gambar 3.1 Clay shale di tempat penelitian

Gambar 3.2 Serpihan tanah lapukan *clay shale* sudah tercampur ilalang

3.1.2 Peralatan

Alat uji batas atterbag, yang digunakan untuk menguji parameter fisik seperti kadar air tanah awal dan berat jenis tanah, serta alat uji sifat tanah, khususnya alat uji proctor standar yang digunakan untuk pemadatan, diperlukan untuk penelitian ini. Peralatan untuk mengukur *california bearing ration* (CBR) dan geser langsung *(Direct Shear)* kadar air sampel uji dan sudut geser internal, masing-masing.

3.2 Jalanya penelitian

Tahap persiapan, tahap kerja lapangan, dan tahap kerja laboratorium adalah tiga fase yang membentuk keseluruhan struktur proyek penelitian.

3.2.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan yang diperlukan sebagai berikut :

1. Studi dasar - dasar yaitu studi literatur tentang :
   a. Pemadatan tanah (*proctor*).
   b. CBR laboratorium.
   c. Kuat Geser Tanah (*direct shear*).
   d. Batas cair (*Atterbag Limit).*
2. Mengumpulkan informasi dan data – data tentang tanah *clay shale.*

3.2.3 Tahap Pekerjaan Lapangan

Pekerjaan lapangan yang dilakukan pertama yaitu menentukan tempat dan lokasi pengambilan sampel yang kemudian dilakukan dengan pengambilan sampel tanah *clay shale*. Pengambilan serpihan tanah clayshale dilakukan di Ruas Jalan Tol Semarang – Bawen KM 438, Kecamatan bawen, Kabupaten Semarang, Jawa tengan.

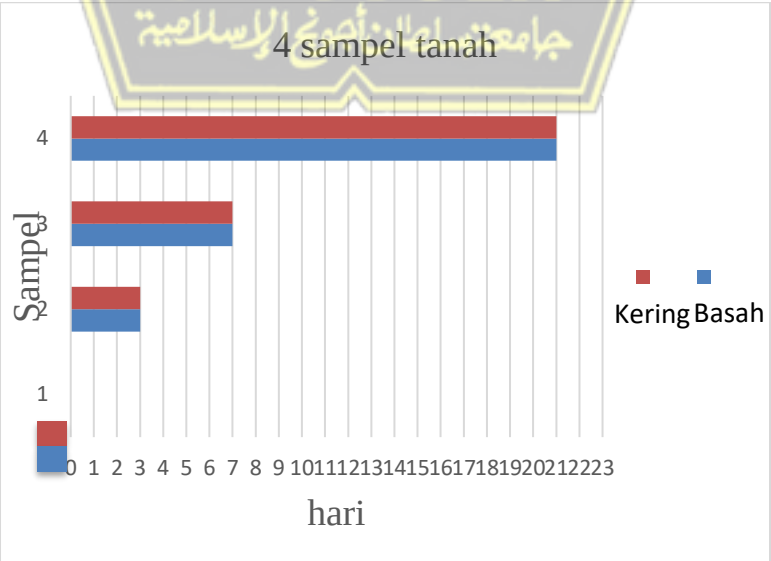
3.2.3 Tahap Pekerjaan Laboratorium

Lokasi proyek penelitian ini adalah Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Pengujian Laboratorium ini bertujuan untuk mengetahui timbunan tanah dari serpihan *clay shale* dalam kondisi terkena sinar matahari dan hujan. Simulasi timbunan tanah clay shale yang terkena sinar matahari dan hujan di **Gambar 3.2**.

Setelah tanah lapukan *clay shale* di uji laboratorium dengan melakukan pemadatan dengan proctor modified. Tanah di bagi menjadi lima sampel kemudian setiap sampel di tumbuk sebanyak 25 kali tumbukan sampai merata mennggunakan alat uji proctor dan dilakukan juga uji *atterbag limit.* Kemudian dibuat 4 set sampel masing-masing set sampel untuk dilakukan uji CBR dan *Direct shear*. Simulasi pelapukan dilakukan dengan siklus sebagai berikut :

1. Pada sampel pertama langsung dilakukan uji (*California Bearing Cation*) (CBR) dan uji geser langsung (*Direct Shear*)
2. Pada sampel dua, tiga dan empat dilakukan simulasi pelapukan dengan caradi letakan di bawah sinar matahari langsung dan dengan simulasihujan dengan cara menyemprotkan air ke sampel tanah. Setiap hari dilakukan penjemuran dan penyemprotan air, pada hari ke tiga,tujuh dan duapuluhsatu hari dilakukan uji di laboratorium fakultas Teknik.
3. Pada saat penyemprotan air sebagai simulasi air hujan dilakukan setiap jam tiga sore, untuk memodelkan kekokohan tanah lapukan *clay shale* secara kritis karena tanah lapukan *clay shale* akan mudah runtuh jika tersiram air setelah di panaskan.
4. Jika permodelan timbunan clay shale rusak atau runtuh sebelum waktu yang di tentukan, maka simulasi perubahan terhadap model timbunan dihentikan.

Pada simulasi ditunjukan pada **Gambar 3.3** sebagai berikut :



Gambar 3.3 Simulasi empat Sampel tanah

3.3 Pengujian Kepadatan Tanah (*Proctor Modified*)

Penelitian pengujian kepadatan tanah ini dilakukan untuk memodelkan pemadatan tanah di lapangan, dalam penelitian ini dilakukan dengan uji *Proctor Modified* karena ukuran lapukan biasanya lebih besar dari butiran tanah dan clay shale mudah melapuk di harapkan dengan menggunakan *Procor Modified* tanah timbunan *clay shale* tidak akan cepat runtuh. Pada uji *Proctor Modified* mengacu pada standart AASHTO 7-99-74 dan ASTM D-698-70.

1. Tujuan pengujian

   Tujuan kepadatan tanah adalah menentukan kadar air dengan kepadatan tanah apabila dipadatkan dengan alat pemadat tertentu.

2. Alat – alat yang digunakan
   a. Sepasang perangkat uji pemadatan yang lengkap beserta penumpuk yang lengkap
   b. Alat timbangan dengan tingkat ketelitian 0,01 gram
   c. Alat timbangan dengan akurasi 0,10 gram
   d. Alat jangka soron
   e. Pengering oven.
   f. Wadah alumunium dan wadah pengukur
   g. Saringan ukuran no.4 dengan diameter lubang 4,76 mm.
3. Prosedur pengujian
   a. Pengeringan sampel tanah
   b. Mengeringkan sampel tanah *clay shale* dari lapangan secukupnya sampai mencapai keadaan kering alami. Dalam hal ini, tanah *clay shale* diambil dari daerah bawen, Kabupaten Semarang.
   c. Membagi tanah tersebut menjadi lima bagian masing – masing berat 2 kg, sebelumnya tanah tersebut disaring dengan saringan no. 4 Ɵ 4,76 mm.
   d. Menimbang berat bagian bawah dan berat alas silinder, volume silinder dihitung dengan mengukur tinggi dan diameter peralatan.
   e. Mencari berat penumbuk dan mengukur ketinggian jatuhnya.
   f. Mengambil sampel dalam jumplah yang sesuai lalu mencapurkanya dengan air sesuai dengan jumlah yang telah ditetapkan hingga merata.
   g. Mengaduk tanah hingga merata di setiap bagian yang sudah homogen. Jadi

terdapat lima bagian tanah yang masing – masing ditumbuk 25 kali secara merata.

h. Melepaskan cincin bagian atas secara perlahan dan meratakanya, kemudian menimbangnya.
i. Memeriksa kadar air pada dua sampel masing – masing (satu di bagian atas dan satu dibagian bawah)
j. Merepalasikan percobaan untuk sampel tanah lain dengan metode yang sama namun dengan penambahan jumlah air yang berbeda.

4. Analisis hasil pengujian
   a. Menghitung berat volume masing-masing berat tanah basah.

      Berat Volume Tanah Basah (γ_b) $= \frac{\text{Berat tanah basah}}{\text{Volume tanah basah}}$ ….(3)

   b. Menghitung kadar air sampel yang akan digunakan.
   c. Menghitung volume berat kering dengan rumus sebagai berikut :

      $\gamma_k = \frac{\gamma_b}{1+W}$ ……..(4)

   d. Buatlah kurva antara kadar air (w) dan berat volume kering (γ_k).
   e. Nilai tertinggi (γ_k) terletak pada puncak kurva, dan garis vertikal darisana untuk memotong absis. Ini adalah kandungan air yang ideal

3.4 Pengujian CBR Laboratorium

Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) laboratorium ini digunakan guna memperoleh kelayakan timbunan tanah *clay shale* terhadap beban diatasnya. Mengacu pada standart PB – 0113-76, ASTM D 1883 – 73 dan AASHTO T – 193-74.

1. Tujuan pengujian

   Tujuan pengujian ini adalah untuk mengukur *California Bearing Ratio* (CBR) dari agregat tanah dan campuran tanah yang dipadatkan di laboratorium pada kadar air tertentu. *California Bearing Ratio* (CBR) mengukur perbedaan antara beban penetrasi material dan material referensi yang memiliki kedalaman dan laju penetrasi yang sama. Perlengkapan.

a. Mesin penetrasi (*loading machine*) yang dapat menembus dengan kecepatan 1,27 mm (0,05 inci per menit) dan memiliki kapasitas minimal 4,45 ton (10.000 lb).
b. Cetakan logam berbentuk seperti benda silinder dengan diameter dengan dengan tinggi 177,8 ± 0,13 mm (7 inci±0,005 inci) dan diameter internal 152,4 ± 0,6609 mm (6 inci± 0,0026 inci). Cetakan harus memiliki leher sambungan dengan tinggi sekitar 50,8 (2,0 inci), alas cetakan berlubang dengan tebal 9,53 mm (3/8 inci), dan diameter lubang tidak lebih dari 1,59 mm (1/16 inci).
c. Piringan pemisah logam (*spaper disk*) berukuran kira-kira berdiameter 150,8 mm (5 15/16 inci) dan tebal 61,4 mm (2,416inci).
d. Penumpuk memenuhi kriteria inspeksi pemadatan PB-0111-76 atau PB-0112-76.
e. Alat pengukur perluasan (*Swell*) terdiri dari keping perluasan dengan batang pengatur yang berlubang-lubang dengan batang pengatur, tripod logam, dan arloji penunjuk.
f. Keping beban dengan berat 2,27 kg (5 pound), diameter 194,2 mm ($5^7/8$ inci) dengan lubang tanah diameter 54,0 mm ($2^1/8$ inci).
g. Batang penetrasi dari logam berdiameter sekitar 49,5mm (1,95 inci), luas permukaan sekitar 1935 mm2 (3 $inci^2$) dan panjang tidak kurang dari 101,6 mm (4 inci).
h. Satu buah arlogi beban dan satu buah arloji pengukur penetrasi. Peralatan tambahan seperti talam, alat perata dan wadah untuk perendaman.
i. Alat tingbang sesuai PB-0111-76 atau PB-0112-76.

3. Benda uji

Benda uji harus diproduksi menggunakan prosedur inspeksi pemadatan PB-0111-76 atau PB-0112-76.

a. Mengambil sampel tanah dengan berat sekitar 4 kg.
b. kemudian gabungkan komponen dengan air hingga tercapai kadar air yang ideal atau tingkat kelembaban lain yang disukai.
c. Tempatkan cetakan di atas alas berbentuk kepiting dan timbang. Lalu letakkan selapis kertas saring di atas cakram pengatur jarak.

d. Sesuai dengan prosedur B atau D yang dijelaskan dalam pemeriksaan pemadatan, padatkan material dalam cetakan baik PB-0112-76 atau PB-0111-76. Sebelum dilakukan pengolahan, perlu dilakukan pengecekan kadar air benda uji apakah akan jenuh. Kadar air diperiksa setelah benda uji dikeluarkan dari cetakan jika tidak akan basah kuyup.
e. Membuka leher sambungan dan meratakannya menggunakan alat perata. Menutupi lubang-lubang yang mungkin muncul akibat keluarnya butiran kasar dengan menggunakan bahan yang lebih halus. Setelah itu, mengeluarkan piringan pemisah, membalikkan benda uji, dan memasang cetakan kembali ke atasnya untuk ditimbang.
f. Komponen uji ini telah disiapkan untuk pemeriksaan CBR langsung. Namun, tindakan lain harus dilakukan jika CBR basah diinginkan:
    - Pasang ballast (sekitar 4½ kg (10 lbs) atau sesuai dengan beban perkerasan yang berlaku) setelah memanaskan chip yang sedang berkembang pada permukaan spesimen. Pasang arloji, meteran pengembangan, dan tripod. Setelah mencatat pembacaan awal, diamkan benda uji selama 96 jam. Ketinggian air harus tetap konstan (kira-kira 2,5 cm di atas permukaan benda uji) selama operasi perendaman.
    - Untuk memastikan air benar-benar hilang, balikkan cetakan selama 15 menit setelah dikeluarkan dari penangas air. Sangat penting untuk diperhatikan bahwa permukaan benda uji tidak berubah saat air dikeringkan darinya.
    - Lepaskan beban dari keping atas, kemudian timbang cetakan bersama isinya. Benda uji CBR yang telah direndam kini telah siap untuk dilakukan pemeriksaan lebih lanjut.

4. Prosedur pengujian
    a. Tempatkan keping pemberat minimal 4,5 kg (10 pound) atau sesuai dengan berat yang dikirimkan ke trotoar harus diletakkan di atas permukaan benda uji.
    b. Beban harus sama dengan beban yang digunakan selama perendaman untuk menenggelamkan benda uji. Untuk mencegah permukaan benda uji mengembang ke area lubang kering pemberat, masukkan pemberat seberat

2,27 kg (5 pound) ke sana sebelumnya. Setelah piston melakukan kontak dengan permukaan benda uji, pemberat ditambahkan.

c. Torak penetrasi kemudian harus disesuaikan dengan gaya 4,5 kg (10 pound) di permukaan. Untuk menjamin kontak yang tepat antara torak dan permukaan benda uji, pemuatan ini sangat penting. Selanjutnya, kosongkan arloji pengukur penetrasi dan arloji pengukur beban.
d. Terapkan pemuatan secara teratur untuk mencapai tingkat penetrasi sekitar 1,27 mm (0,5 inci) per menit. 0,312 mm (0,0125 inci), 0,62 mm (0,025 inci), 1,25 mm (0,05 inci), 0,187 mm (0,075 inci), 2,5 mm (0,10 inci), 3,75 mm (0,15 inci), 5 mm (0,20 inci), 7,5 mm (0,30 inci), 10 mm (0,40 inci), dan 12,5 mm (0,50 inci) adalah beban rekor saat penetrasi.
e. Jika beban maksimum diterapkan sebelum penetrasi tercapai, perhatikan beban dan penetrasi maksimum 12,50 mm (0,5 inci).
f. Spesimen harus dikeluarkan dari cetakan sehingga kadar air lapisan atas dapat diukur, yaitu setebal 25,4 mm.
g. Jika diinginkan kadar air rata-rata, benda uji dapat diambil dari kedalaman berapa pun dan kadar air diukur. Untuk tanah berbutir halus diperlukan paling sedikit 100 gram benda uji, sedangkan untuk tanah berbutir kasar dibutuhkan 500 gram dalam keadaan kering.

5. Analisis hasil pengujian
   a. Rasio perubahan tinggi badan setelah direndam dengan tinggi asli sampel uji, dinyatakan sebagai persentase, adalah perluasan ilalah.
   b. Hitung beban yang dikenakan dalam kilogram (pound) dan buatlah grafik yang menunjukkan bagaimana beban berhubungan dengan kedalaman penetrasi. Dalam beberapa situasi, pada awal kurva beban mungkin terjadi kelengkungan karena ketidakrataan permukaan atau faktor lainnya. Pada situasi seperti ini, titik nol harus disesuaikan, seperti yang terlihat dalam Gambar nomor satu.
   c. Hitung nilai CBR dengan membagi nilai beban standar 70,31 kg/cm^2 (1000 psi) dan 105,47 kg/cm^2 (1500 psi) dengan nilai beban modifikasi pada kedalaman penetrasi 2,54 mm (0,1 inci) dan 5,08 mm (0,2 inci) , lalu mengalikan hasilnya dengan 100. Nilai CBR diperoleh dari nilai pada

kedalaman penetrasi 2,54 mm (0,1 inci). Nilai CBR diperoleh dari beban maksimum dengan beban standar yang berlaku jika upaya berulang menghasilkan nilai CBR pada kedalaman penetrasi 5,08 mm lebih tinggi dari nilai CBR pada kedalaman penetrasi 2,54 mm (0,1 inci).Umumnya nilai CBR pada kedalaman penetrasi 0,1" digunakan sebagai patokan. Eksperimen harus diulangi jika hasil kedalaman penetrasi 5,08 mm (0,2 inci) lebih besar.

3.5 Pengujian *Atterberg Limit*

Ambang kadar air menandai transisi antara fase cair dan plastis. Pada titik ini, partikel-partikel telah menyebar, dan volume tanah menyusut akibat penurunan kadar air.

1. Tujuan pengujian

   Tujuan uji batas cair ini adalah untuk mengetahui batas cair dari setiap sampel tanah.

2. Alat – alat yang digunakan
   a. Ayakan no. 40
   b. Alat cawan
   c. Alat cassangrade lengkap dengan colet penggarisnya
   d. Pengering oven
   e. Neraca analisis
   f. *Exicator* (alat pendingin)
3. Prosedur pengujian
   a. Mengambil sampel dalam jumlah yang memadai, lalu mengeringkannya menggunakan oven selama sekitar 24 jam. Setelah itu, sampel dihaluskan dan disaring menggunakan saringan dengan ukuran lubang no. 40.
   b. Sampel tanah dipecah menjadi beberapa bagian dan dimasukkan ke dalam baskom. Aquadest (air suling) kemudian ditambahkan, dan campurannya tercampur rata.
   c. Masukkan sampel yang telah dihomogenkan ke dalam mangkuk *cassagrande* setelah diratakan. Setelah itu, coretan digunakan untuk menguraikan bagian tengah, membuat cetakan.

d. Mangkuk menerima ketukan dengan ketinggian jatuh sekitar 1 cm dan kecepatan sekitar 2 putaran per detik saat engkol putar diaktifkan.
e. Setelah tanah menutupi permukaan sekitar 2 cm, engkol berhenti berputar.
f. 4 kali dengan kadar air yang berbeda, eksperimen ini dijalankan.

3.6 Pengujian Geser Langsung (*Direct Shear Test*)

Uji kuat geser langsung mencoba menghitung seberapa besar kekuatan geser tanah melampaui persyaratan ASTM D - 3088.

1. Tujuan pengujian

   Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui besarnya kekuata ngeser tanah secara langsung.
2. Alat – alat yang digunakan
   a. Alat *Direct Shear Test*
   b. Timbangan lengkap
   c. Stopwatch
   d. Alat pemotong dan ring pencetak
3. Benda uji

   Sebanyak tiga sampel benda uji pada masing masing sampel
4. Prosedur pengujian
   a. Persiapan diperlukan untuk uji geser langsung. Stopwatch diatur pada posisi.
   b. Sampel diambil dan ditetapkan dengan cermat di dalam wadahnya.
   c. Beban vertikal (normal) dipasang untuk menghasilkan tegangan normal (σn).
   d. Alat pemutar diaktifkan dan bersamaan beserta stopwatch dimulai (mulai berjalan). Putaran diputarkan secara beraturan pada kecepatan rotasi tetap dipertahankan, yaitu satu putaran sekitar ± 2 detik. Tujuan ini adalah untuk mengukur tegangan geser (σs).
   e. Ketika pergeseran mulai terjadi, posisi jarum dicatat pada titik tertinggi. Waktu juga dicatat.
   f. Pengujian diulangi beberapa kali dengan variasi beban, mulai dari yang kecil hingga bertambah besar. Langkah ini bertujuan untuk mendapatkan berbagai nilai tegangan, sehingga hasilnya bisa dijadikan sebagai dasar pembuatan grafik.

5. Analisis hasil pengujian

Cara perhitungan σn dan σs :

a. Tegangan Normal (σn).

Beban normal (P) dan sampel luas penampang (F) dibandingkan untuk menentukan tegangan normal.

$$\sigma n \frac{P}{F} \text{ ……..……..(5)}$$

b. Tegangan Geser (σs)

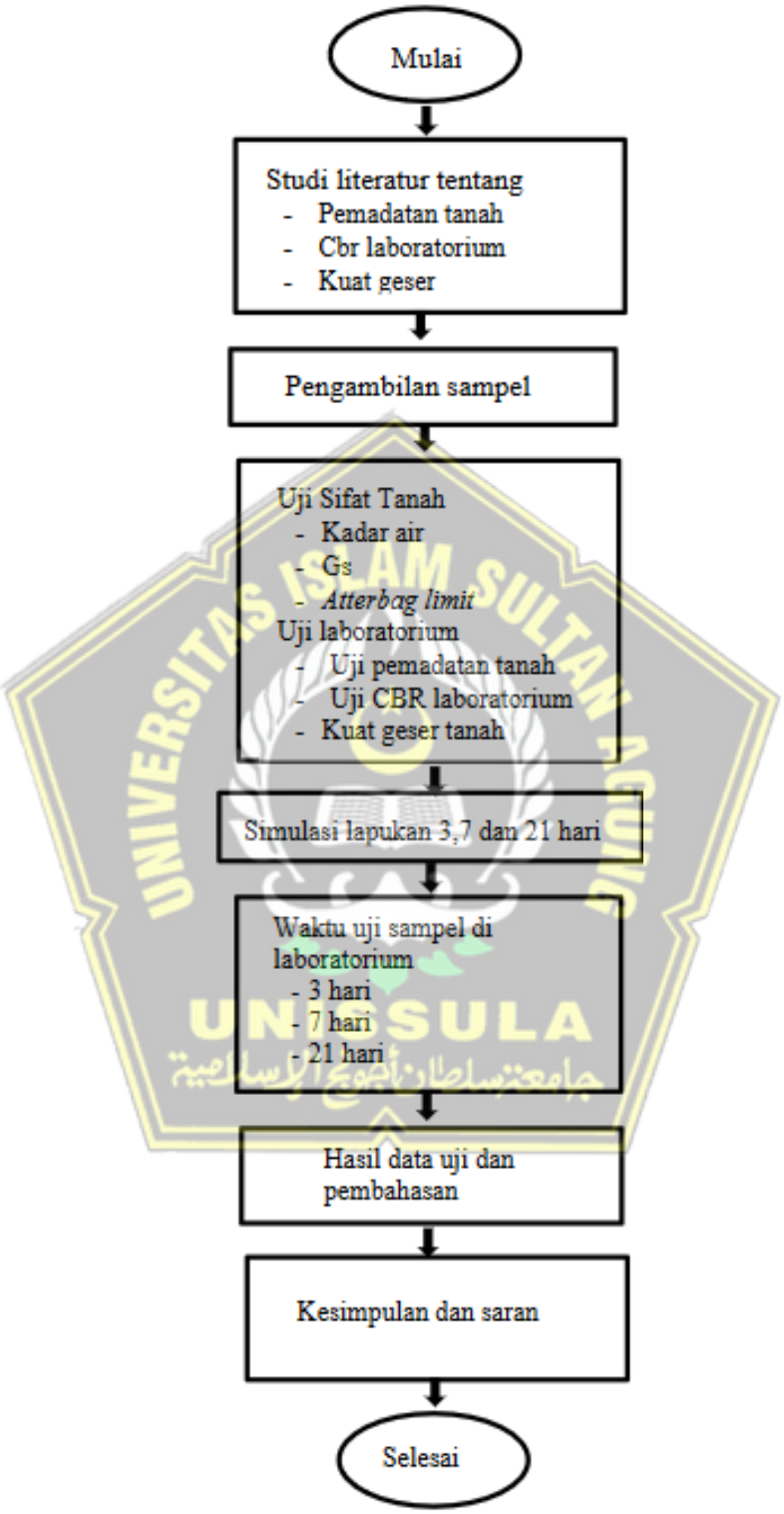
Dapat diperoleh dengan mengarahkan ke dial, mengalikan nilai kalibrasi dengannya, lalu membagi hasilnya dengan luas penampang sampel (F).

$$\sigma S = \frac{\text{Gaya Geser}}{F} \text{ ……..……..……(6)}$$

Cara perhitungan dan penggambaran τ dan ∅

- Nilai tegangan geser (σs) ditunjukkan pada sumbu ordinat vertikal.
- Absis horizontal menampilkan nilai tegangan normal (n).
- Garis lurus ditarik dari titik data ini dan memotong sumbu ordinat.
- Jarak antara perpotongan garis grafik atau garis lurus dengan pusat sumbu koordinat diukur untuk menentukan nilai kohesi.(c). Skala yang digunakan dalam pengukuran ini dikalikan dengan hasilnya.
- Sebaliknya, sudut potong antara garis horizontal dan garis grafik diukur untuk menentukan sudut geser (Ø) dari tanah.

3.6 Digram alir



Gambar 3.4 Diagram alir penelitian

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil penelitian

Hasil dari simulasi penelitian mengenai timbunan tanah yang berasal dari pelapukan clay shale mengungkapkan karakteristik fisik dan teknis tanah melalui informasi sebagai berikut:

4.1.1 Sifat Fisik Tanah (*index properties*)

Pengujian karakteristik fisik tanah dilaksanakan melalui pengukuran kadar air, densitas tanah (Gs), dan batas plastisitas, menghasilkan data sebagai berikut:

4.1.1.1 Kadar air

Percobaan kandungan air dilaksanakan guna menenemukan kadar airnya dimana pada contoh tanah pada kedalaman 0,50 m dari tanah di Ruas Jalan Tol Semarang-Bawen KM 438, Kecamatan Bawen, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. Dengan percobaan kandungan air tanah asli. Untuk analisis pengujian kandungan air dapat dilihat seperti berikut :

Perhitungan hasil pengujian kadar air

Kadar air (w) $\frac{b-c}{c-a}$ x 100%

Keterngan :

a. = Berat tempat cawan kosong (gr)

b. = Bobot cawan dengan tanah basah (gr)

c. = Bobot cawan dengan tanah kering (gr)

w = Kandungan Air

Dengan contoh perhitunga sebagai berikut :

w = $\frac{51{,}72-47{,}71}{47{,}71-4{,}47}$x100

= 9,27%

Hasil dari pengujian kadar air pada laboratorium dengan lapukan tanah *clay shale* pada kadar air awal di dapatkan sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil Percobaan Kandungan Air Sampel tanah lapukan *Clay Shale*

Sample	No. Cawan	Berat Cawan (gr)	Berat cawan ditambah Tanah Basah (gr)	Berat Cawan ditambah Tanah Kering (gr)	Kadar air (%)
0%	1	4,47	51,72	47,71	9,27

Dari **Tabel 4.1** bisa dibaca bahwanya perolehan kadar air sampel tanah asli sebanyak 9,27%. Sedangkan batas plastis (PL) sebesar 23.00%, hal imi mengidentifikasikan bahwa sampel tanah yang di ambil memiliki kondisi awal lembab.

4.1.1.2 Berat Jenis Tanah (Gs)

Percobaan dilaksanakan guna mendapat nilai berat jenis agregat tanah (Gs) dalam contoh tanah pada kedalaman 0,50 meter yang didapat dari Ruas Jalan Tol Semarang-Bawen KM 438, Kecamatan Bawen, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Pikmometer Sampel lapukan tanah *Clay Shale*

No	Sample	Pikmometer				Suhu		Koreksi	
		Berat Pikno	Berat Pikno + aquadest	Berat Pikno + Sampel	Berat Pikno + sampel+ Aquadest	T1 (C°)	T2 (C°)	t1	t2
1	0%	27,06	76,72	42,69	86,29	30	32	1,0042	1,0048

Pada **Tabel 4.2** ditunjukan output percobaan berat jenis tanah *clay shale* di laboratorium. Dari data tersebut dapat di analisis untuk mendapatkan nilai berat jenis tanah sebagai berikut :

a. Menghitung harga air pikmometer

HAP = (b – a) t_1

= (76,72 – 27,06) 1,0042

= 49,87

b. Menghitung berat jenis tanah

$$Gs = \frac{c-a}{HAP-(d-c)t_2}$$

$$= \frac{42{,}69-27.06}{49{,}87-(86{,}229-41{,}46)1{,}0048}$$

= 2,580

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Piknometer Sample lapukan tanah *clayshale*

No	Sample	Pikmometer				HAP	Gs
		Berat Pikno (gr)	Berat pikno + aquadest (gr)	Berat pikno + Sample (gr)	Berat Piknno + Sample + Aquadest (gr)		
1	0%	27,06	76,72	41,69	86,95	49,87	2,580

Dari **Tabel 4.3** hasil perhitungan piknometer sampel lapukan tanah *clay shale* didapatkan Gs sebesar 2,580.

4.1.1.3 Atterbag limits

Pengujian *Atterbag limit* digunakan bertujuan mengetahui nilai kandungan air dalam tanah yang merupakan batasan dari kondisi cair dan plastis guna memperoleh nilai indeks plastisnya.

a. Batas cair (*Liquid Limit*)

Liquid limit tanah merupakan kadar air paling rendah pada perubahan sifat tanah dari awalnya keadaan cair menjadi plastis. Data yang didapat dari uji laboratorium tersebut, kemudian di analisa sebagai berikut :

$$w = \frac{b-c}{c-a} \text{x } 100\%$$

$$= \frac{41{,}86-31{,}13}{31{,}13-4{,}08} \text{x } 100\%$$

= 35,52%

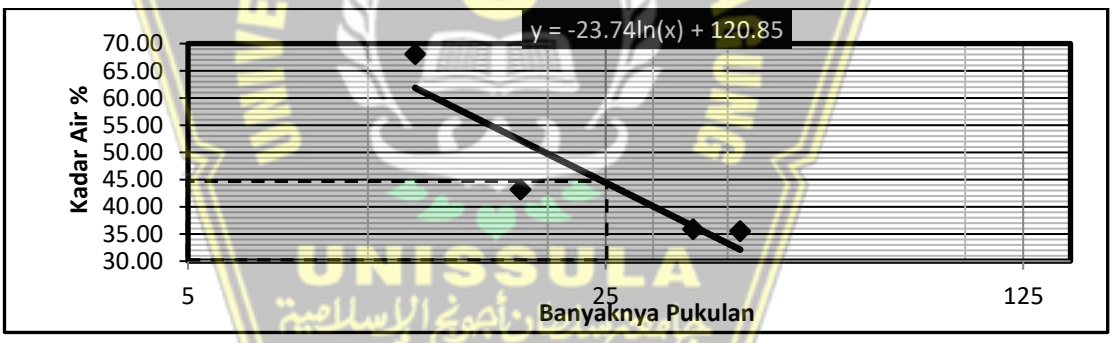
Hasil perhitungan batas cair dari data uji laboratorium diatas dapat dihasilkan pada **Tabel 4.4** berikut :

Tabel 4.4 Hasil perhitungan batas cair

Banyak pukulan	42	35	18	12
	Batas Cair(LL)			
No. Cawan	**1**	**2**	**3**	**4**
Berat Cawan + sampel basah (gr)	42.49	31.42	60.12	49.54
Berat Cawan + sampel kering (gr)	32.42	24.28	45.07	31.13
Berat Air (gr)	10.07	7.14	15.05	18.41
Berat Cawan (gr)	**4.07**	**4.38**	**10.21**	**4.08**
Berat Sampel Kering (gr)	28.35	19.90	34.86	27.05
KADAR AIR	**35.52**	**35.88**	**43.17**	**68.06**

Berdasarkan hasil perhitungan pada **Table 4.4** tersebut, maka dapat diperoleh grafik batas cair (*liquid limit*) tanah lapukan *clay shale* sebagai berikut :

Gambar 4.2 Grafik batas limit (*liquid limit*) lapukan tanah *clayshale*



Dari grafis sampel lapukan tanah *clay shale* diatas dapat dilihat bahwa besar kandungan air dalam pukulan ke-25 yaitu sebesar 44,43%

b. Batas Plastis *(plastic limit)*

Percobaan dimaksud guna melihat keadaan suatu tanah dalam kadar air paling rendah. Data hasil uji laboratorium kemudian dianalisis sebagai berikut :

$$w = \frac{b-c}{c-a} \text{x } 100\%$$

$$= \frac{13{,}96 - 12{,}09}{12{,}09 - 3{,}96} \text{x } 100\%$$

$$= 23{,}00\%$$

Melalui hasil percobaan *plastic limit* dalam laboratorium didapatkan pada hasil sebagai berikut :

Tabel 4.5 Hasil perhitungan batas plastis

Sample	No. Cawan	Berat cawan (gr)	Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	W (%)	PL (%)
Tanah Clayshale	5	3,96	13,96	12,09	23,00	23,00

Pada **Tabel 4.5** disajikan hasil dari pengujian batas plastis di laboratorium. Dari data tersebut menunjukan hasil perhitungan batas plastis *(plastic limit)* adalah sebesar 23.00%.

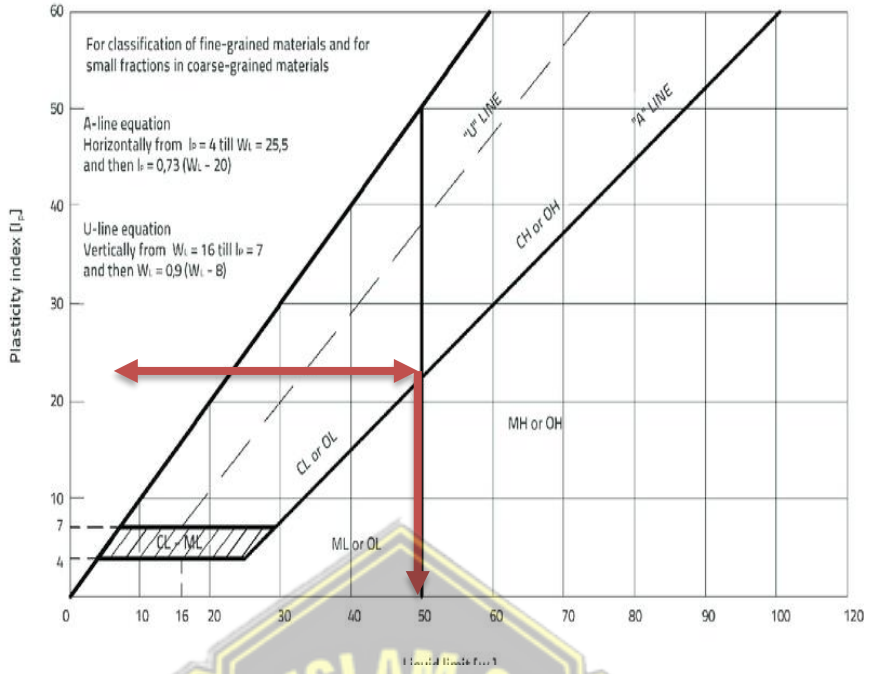
Sesuai skor batas cair dan batas plastis didapatkan step sebagai berikutnya yaitu mencari sekor *plasticity index* seperti contoh perhitungan beriku :

PI = *Liquid Limit – Plastic Limit*

= 44.43 – 23.00

= 21.43

Untuk mengetahui karangtristik dan sifat tanah dari lapukan *clay shale*, kami melakukan pengujian di laboratorium untuk memperoleh data – data Analisa *atterbag limit*. Melalui hasil percobaan di laboratorium menunjukan bahwanya tanah dari lapukan *clay shale* yang di uji mempunyai skor *liquid limit* = 44,43%. Skor plastic limit = 23,00% dan skor *plasticity index* (PI) = 21.43%. Dari data data dapat di simpulkan tingkat plastisnya dapat dikelompokan USCS. Guna memperlihatkan tingkat plastisnya tanah dari lapukan *clay shale*. Hasil dari perhitungan *atterbag limit* bisa didiplomatkan dalam grafis sebagai berikut :



Gambar 4.3 Grafik Plastisi

Berdasarkan hasil uji laboratorium, nilai indeks plastisis (PI) sampel tanah dari lapukan *clay shale* yang diambil dari Ruas Jalan Tol Semarang-Bawen KM 438, Kecamatan Bawen, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah adalah sebesar 21.43%, dan nilai batas limit (LL) adalah sebesar 44.43%. Jika digambarkan dalam grafis diatas, maka nilai tanah dari lapukan *clay shale* berjenis OL (tanah lempung organik yang memiliki elastisitas rendah).

4.1.2 Sifat Teknik Tanah *(Engineering Propertis)*

4.1.2.1 Direct Shear

Percobaan pengujian kuat geser secara langsung dilaksanakan untuk mengetahui nilai kohesi dan sudut geser dalam pada sampel tanah lapukan *clay shale*. Dari hasil pengujian tersebut :

Berat Ring = 0,376 kg

Diameter Ring = 6,3 cm

Koreksi Beban :

8 kg= 8,49 kg

16 kg = 16,81 kg

33 kg = 33,50 kg

Anlisis pengujian dari Data Uji Geser Langsung

Contoh perhitungan :

a. Tegangan Normal (σn)

$\Sigma n = \frac{P}{F} \rightarrow F = ¼ \ . \ \pi \ .D^2$

$= ¼ \ . 3{,}14 \ .6{,}3^2$

$= 31{,}06 \ cm^2$

$\sigma n = \frac{Berat\ Beban}{Luas\ Penampang}$

$= \frac{8{,}49}{31{,}06}$

$= 0{,}272 \ kg/cm^2$

b. Tegangan Geser (σs)

$\sigma s = \frac{Gaya\ Geser}{Luas\ Penampang}$

$= \frac{Dial\ x\ kalibrasi\ ring}{Luas\ penampang}$

$= \frac{29\ x\ 0{,}376}{31{,}06}$

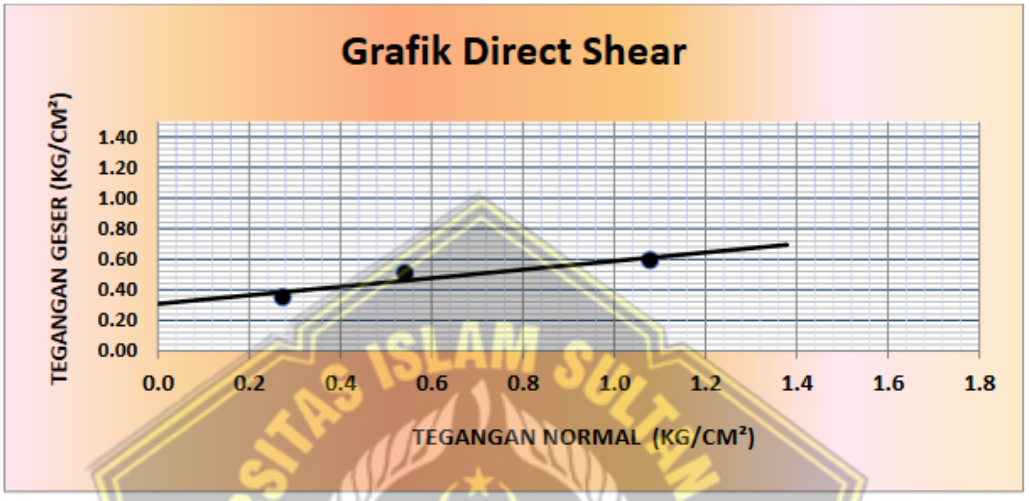
$= 0{,}351 \ kg/cm^2$

Melalui perhitungan uji laboratorium Kuat Geser Langsung sampel tanah dari lapukan *clay shale* diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 4.6 Hasil perhitungan *Direct Shear*

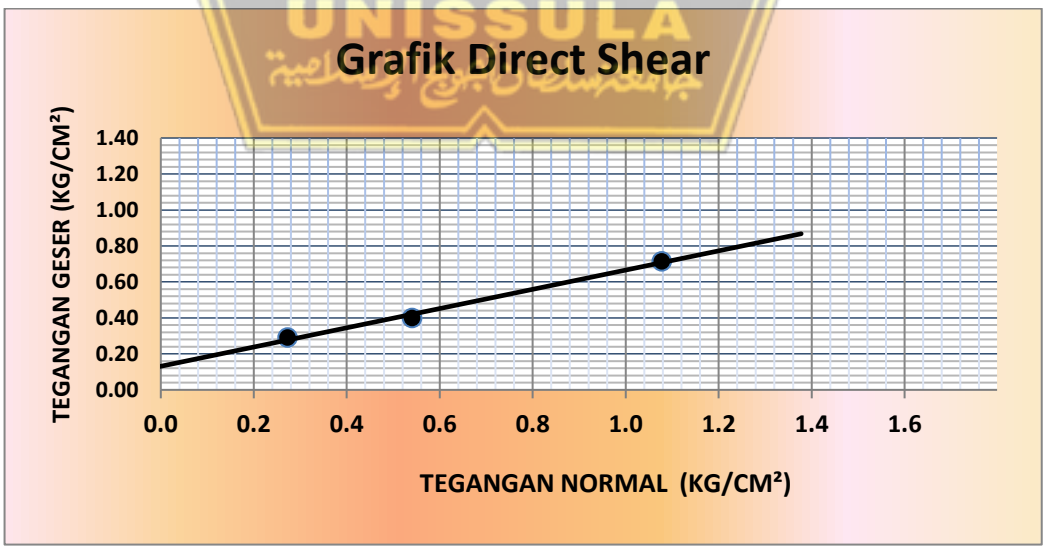
Hari	Sample No.	Beban (gr)	Koreksi Beban (gr)	Pembacaan Dial	Tegangan Normal (gr)	Tegangan Geser (gr)
1 Hari	1	8	8,49	29	0,273	0,35
	2	16	16,81	42	0,540	0,506
	3	33	33,50	49	1,075	0,591
3 Hari	1	8	8,49	24	0,273	0,290
	2	16	16,81	33	0,540	0,399
	3	33	33,50	59	1,075	0,714
7 Hari	1	8	8,49	38	0,273	0,46
	2	16	16,81	49	0,540	0,593
	3	33	33,50	63	1,079	0,767
21 Hari	1	8	8,49	59	0,273	0,714
	2	16	16,81	69	0,541	0,835
	3	33	33,50	82	1,079	0,907

Berdasarkan hasil perhitungan *direct shear* tersebut dapat digunakan untuk pembuatan grafik perbandingan antara tegangan normal dan tegangan geser. Terdapat garis yang bersinggungan dengan ketiga titik pada grafik tersebut, sehingga diperoleh nilai kohesi dan sudut geser tanah yang sesuai dengan kondisi tanah lapukan *clay shale.* Grafik sampel tanah dapat dilihat sebagai berikut :



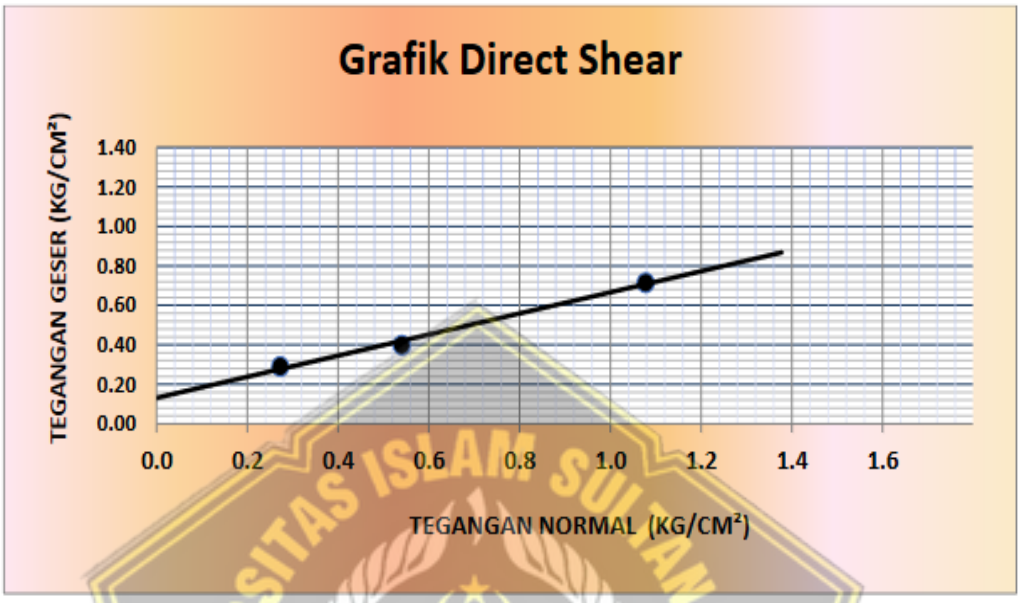
Gambar 4.4 Grafik *direct shear* sampel 1 hari

Berdasarkan hasil uji tanah dari lapukan *clay shale* didapatkan grafik tersebut diperoleh nilai kohesi tanah pada sampel 1 hari sebesar 0,306 kg/cm^2 dan nilai sudut geser dalam sebesar 15,66°. Grafik *direct shear* pada uji tanah 3 hari dapat dilihat pada **Gambar 4.5.**



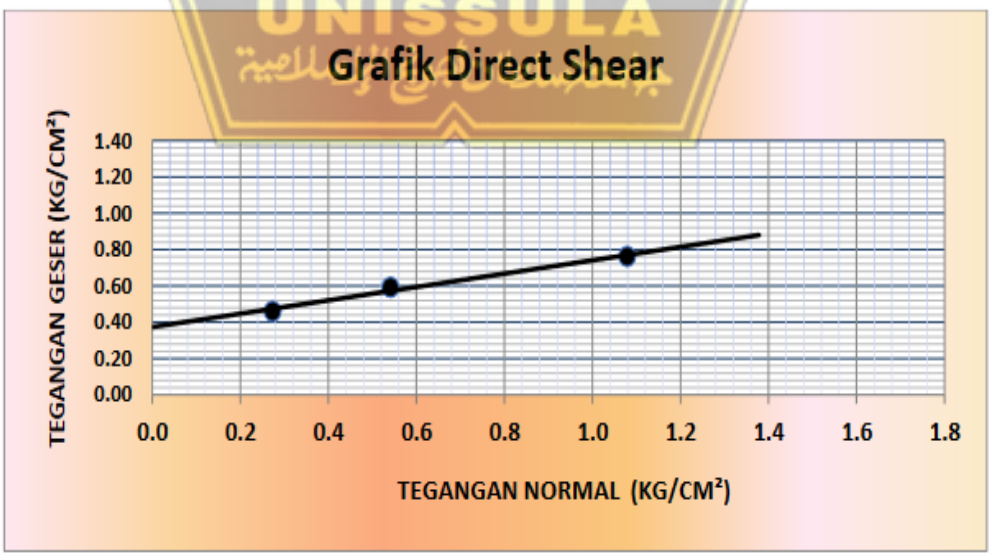
Gambar 4.5 Grafik *direct shear* sampel 3 hari

Berdasarkan hasil uji tanah dari lapukan *clay shale* didapatkan grafik tersebut diperoleh nilai kohesi tanah pada sampel 3 hari sebesar 0,131 kg/cm^2 dan nilai sudut geser dalam sebesar 28,15°. Grafik *direct shear* pada sampel tanah 7 hari dapat dilihat pada **Gambar 4.6.**



Gambar 4.6 Grafik *direct shear* sampel tanah 7 hari

Berdasarkan hasil uji tanah dari lapukan *clay shale* didapatkan grafik tersebut diperoleh nilai kohesi tanah pada sampel 3 hari sebesar 0,374 kg/cm^2 dan nilai sudut geser dalam sebesar 20,17°. Grafik *direct shear* pada sampel tanah 21 hari dapat dilihat pada **Gambar 4.7.**



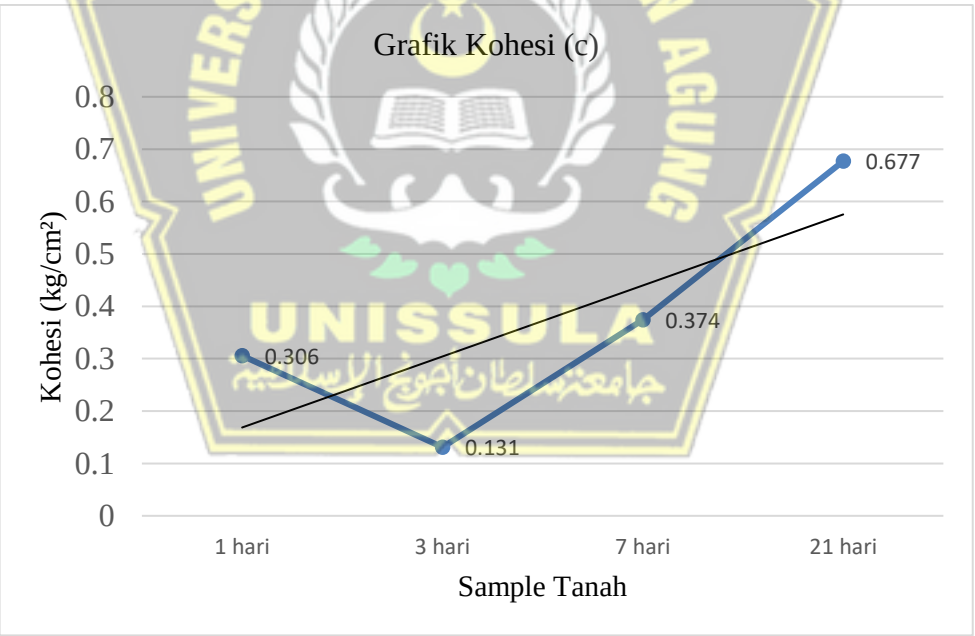
Gambar 4.7 Grafik *direct shear* sampel tanah 21 hari

Berdasarkan hasil uji tanah dari lapukan *clay shale* didapatkan grafik tersebut diperoleh nilai kohesi tanah pada sampel 21 hari sebesar 0,677 kg/cm^2 dan nilai sudut geser dalam 21 senilai 12.71°. Hasil dari penggambaran grafik *Direct Shear* secara keseluruhan dapat dilihat pada **Tabel 4.7.**

Tabel 4.7 Hasil penggambaran *direct shear*

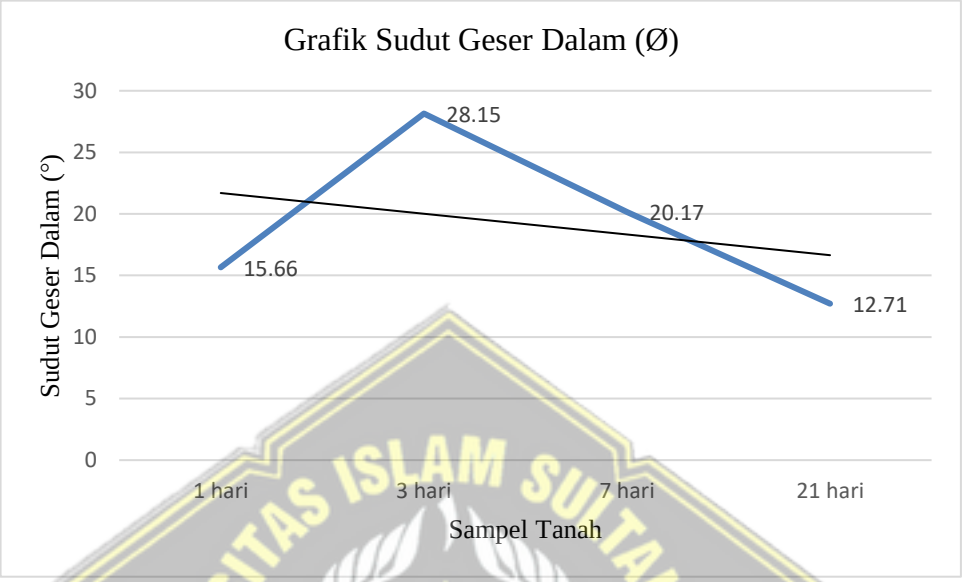
No. Sample	Hari	Kohesi, (c)	Sudut Geser Dalam notasi (°)
1	1 hari	0.306	15.66
2	3 hari	0.131	28.15
3	7 hari	0.374	20.17
4	21 hari	0.677	12.71

Dari table tersebut dapat diperoleh grafik dari nilai kohesi dari tiap sampel seperti **Gambar 4.8.**



Gambar 4.8 Grafik nilai kohesi sampel tanah dari lapukan *clay shale*

Dari **Tabel 4.7** juga diperoleh grafik nilai sudut geser dalam seperti pada **Gambar 4.9** dibawah ini



Gambar 4.9 Grafik sudut geser dalam

Berdasarkan grafik nilai kohesi dan grafik sudut geser dari berbagai sampel dari uji laboratorium lapukan tanah *clay shale* didapatkan hasil yang berbeda terutamanya pada hari ke-3 terjadi kenaikan dan penurunan pada nilai hohesi dan sudut geser dalam itu terjadi karena pada hari pertama dan ketiga tidak terjadi penjemuran dan simulasi air karena di fakultas teknik sedang libur sehingga terjadi perubahan, sedangkan terlihat pada sampel lainnya nilai kohesi yang dihasilkan cenderung naik dan sudut geser dalam cenderung menurun. Semakin banyak simulasi pelapukan yang dilakukan maka menjadikan tanah dari lapukan *clay shale* berprilaku layaknya tanah lempung organik karena hasil pengujian menurut klasifikasi tanah USCS yang di dapatkan bahwa tanah dari lapukan *clay shale* masuk ke dalam jenis tanah lempung organik.

4.1.2.2 Pemadatan Tanah (Proctor Modified)

Pengujian tanah dilakukan dengan tujuan mengetahui kadar air optimum tanah (w_{opt}), berat volume basah tanah optimum (γ_b), berat volume kering tanah optimum (γ_k), dan prosentase pori (*porosity*) pada tanah lapukan *clay shale*. Pada percobaan ini kadar air yang digunakan pada tiap sampel berbeda-beda. Data

yang didapatkan dari hasil uji laboratorium dapat dilihat pada **Tabel 4.8.**

Tabel 4.8. Data hasil uji *proctor modified* tanah dari lapukan *clay shale*

No. Percobaan	Volume Air (cc)	Berat alat + tanah (gr)	Berat Cawan (gr)	Brt cwn +Tnh bsh (gr)	Brt cwn +Tnh krng (gr)
I	0	5263	4,47	51,72	47,71
II	100	5327	4,28	63,77	56,63
III	200	5436	4,29	56,80	47,62
IV	300	5597	6,23	65,98	54,47
V	400	5447	4,51	61,13	47,02

Pada **Tabel 4.8.** disajikan data yang diperoleh hasil pengujian di laboratorium. Dengan penambahan air kelipatan 100 ml. Dimulai dari percobaan ke -1 dengan dengan air sebanyak 0 ml, sampai dengan percobaan ke-5 dengan air sebanyak 400 ml. Penambahan air bertujuan untuk mengetahui volume air optimum pada tanah lapukan *clay shale.*

Data alat :

Berat alat = 3652 gr

Tinggi alat = 11,5 cm

Diameter alat = 10 cm

Analisa hasil data uji laboratorium pengujian proctor modifikasi :

Perhitungan sampel tanah dari lapukan *clay shale*.

a. Volume alat $= \frac{1}{4}.\pi.D^2.t$

$= \frac{1}{4}.3,14.(10)^2.11,5$

$= 902,75\ cm^3$

b. Berat Tanah Basah = (berat tanah + cetakan) – berat alat

= 5263 - 3652

= 1611 gram

c. Berat Volume Tanah (γ_b) $= \frac{Berat\ Tanah\ basah}{Volume\ cetakan}$

$= \frac{1611}{902,75}$

$= 1.75\ gr/cm^3$

d. Kadar Air (w) $= \frac{b-c}{c-a}$ x 100%

Keterngan :

a. = Berat cawan (gr)

b. = Berat cawan dengan tanah basah (gr)

c. = Berat cawan dengan tanah kering (gr)

w = Kadar Air

contoh dari penambahan air 100 cc

w $= \frac{63,77-56,63}{56,63-4,28}$ x 100%

= 13,64%

e. Berat jenis tanah kering (γ_k)

$\gamma k_1 = \frac{\gamma b}{1+W}$

$= \frac{1,784}{1+13,63}$

= 0,121 gr/cm^3

f. Kadar Pori / *porosity* (n)

n $= [1 - (\frac{\gamma b}{Gs})]$ x 100%

Nilai Gs tanah *clay shale* sebesar 2.580 gr/cm^3

$= [1 - (\frac{1,75}{2,580})]$ x 100%

= 32,17%

g. Anka Pori / *Void Ration* (e)

e $= \frac{n}{1-n}$

$= \frac{0,3085}{1-0,3085}$

= 0,446

h. *Zero Air Void* (ZAV)

ZAV $= \frac{Gs\ x\ \gamma w}{1+(Gs\ x\ w)}$

Dimana :

γw = 1 gr/cm^3

Gs = 2,580 gr/cm^3

$$ZAV = \frac{2{,}580}{1+(2{,}580\ x\ 13{,}64)}$$

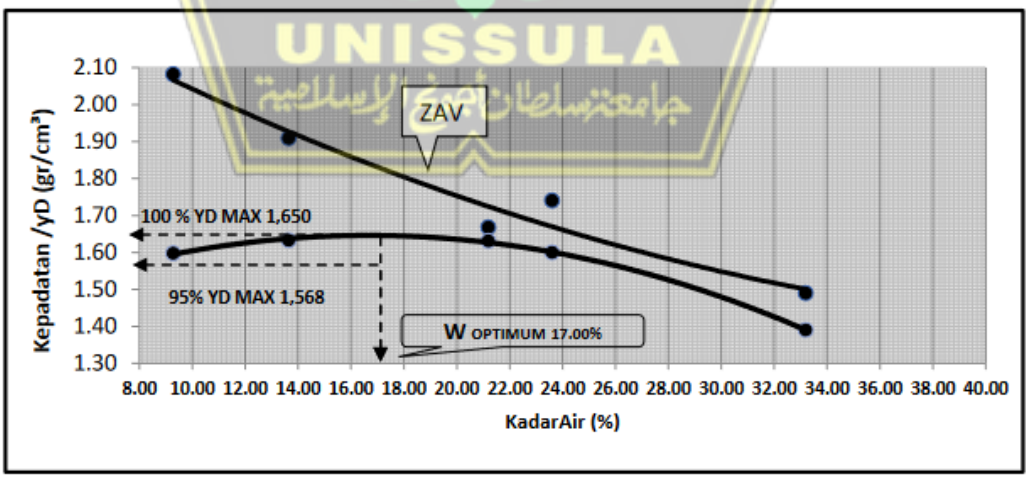
= 1,91

Sesuai dengan semua data yang di proses semacam dalam contoh perhitungan hasil uji laboratorium , jadi diperoleh hasil perhitungan yang di sajikan dalam table sebagai berikut :

Tabel 4.9 Hasil perhitungan *proctor modified* tanah dari lapukan *clay shale*

Sample	No. sample	W (%)	γ_b	γ_d	n (%)	e	ZAV
Tanah *Clay Shale*	I	9,27	1,75	1,60	37,98	0,61	2,08
	II	13,64	1,86	1,63	36,82	0,58	1,91
	III	21,19	1,98	1,63	36,82	0,58	1,67
	IV	23,60	2,15	1,60	32,55	0,48	1,74
	V	33,19	1,99	1,39	42,24	0,73	1,49

Dari hasil perhitungan pada Tabel 4.9 didapatkan hasil grafis sebagai berikut :



Gambar 4.10 Grafik *proctor modified* tanah dari lapukan *clay shale*

Berdasarkan grafik tersebut, maka dihasilkan kadar air optimum (W_{opt}) dan volume berat kering maksimum (γ_d) dengan hasil 17.00% sebagai kadar air optimum dan berat kering optimum senilai 1,650%. Sehingga dapat diketahui uji pemadatan tanah pada sampel tanah serpihan *clay shale* dinyatakan optimum tetapi akan menurun kualitasnya saat terkena air.

4.1.2.3 California Bearing Ration (CBR)

Hasil uji *Califonia Bearing Ration (CBR)* dilakukan dengan tujuan mengetahui nilai daya dukung tanah dari lapukan *clay shale* dalam kepadatan maksimum. Dalam pengujian ini kami menggunakan CBR unsoaked yang digunakan kadar air optimum yang didapatkan dari uji *Proctor Modified*. Data hasil uji CBR dalam laboratorium didapatkan sebagai berikut :

Tabel 4.10 Data Pengujian CBR *Unsoaked*

Sampel	No	Volume Air (cc)	Berat Alat + Tanah (gr)	No. Cawan	Berat Cawan (gr)	Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	Berat Cawan + Tanah Kering (gr)
1 Hari	1	600	10079	1	4,27	32,42	28,41
3 Hari	2	600	8926	2	4,27	56,79	46,73
7 Hari	3	600	9200	3	4,26	61,56	53,44
21 Hari	4	600	8926	4	4,27	53,56	46,73

Pada **Tabel 4.10** disajikan data perhitungan CBR *unsoaked* tanah dari lapukan *clay shale*. Kemudian dari hasil data pengujian CBR *unsoaked* diatas dibuat analisa perhitungan. Dibawah ini merupakan contoh sebagai perhitungan hasil uji percobaan CBR yang menggunakan sampel tanah *clay shale.*

a. Volume alat $= ¼ . \pi . D^2 . t$

$= ¼. 3,14. (15)^2. 11,5$

$= 2031,2$

b. Berat tanah basah = (berat proktor + tanah) – berat proktor (Alas + 1)

$= 8,926 – 5,106$

$= 3,820$

c. Berat volume tanah basah (γ_b) $= \frac{Berat\ tanah\ basah}{Volume\ alat}$

$= \frac{3820}{2031,2}$

$= 1,880\ gr/cm^3$

d. Kadar air (W) $= \frac{b-c}{c-a}$ x 100%

Keterngan :

a. = Berat cawan (gr)

b. = Berat cawan + tanah basah (gr)

c. = Berat cawan + tanah kering (gr)

W $= \frac{56,79-46,73}{46,73-4,27}$ x 100%

= 16,09%

e. Berat jenis tanah kering (γ_d) $= \frac{\gamma b}{1+W}$

$= \frac{1,880}{1+16,09}$

$= 1,62\ gr/cm^3$

Sesudah menghitung semua data sesuai dengan yang ditujukkan pada contoh perhitungan di atas, kemudian mendapatkan hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel 4.11 Hasil perhitungan CBR *Unsoaked*

Hari	No Sample	Berat alat + Tanah (gr)	Berat Alat (gr)	Kadar Air	Berat Tanah Basah (gr)	γb (gr/cm^3)	γk (gr/cm^3)
1 Hari	1	10079	5951	16,51	4128	2,032	1,742
3 Hari	2	8926	5106	16,09	3823	1,880	1,620
7 Hari	3	9200	4998	16,51	4202	2,068	1,775
21 Hari	4	8926	5106	16,12	3820	1,880	1,62

Pada tabel 4.11 disajikan data perhitungan CBR unsoaked lapukan tanah *clay shale*, hasilnya menunjukkan bahwa tanah dari lapukan *clay shale* pada hari ke-1 uji CBR memilikki kadar air 16,51% dan berat isi kering 1,742 gr/cm^3. Melalui

percobaan CBR unsoaked dalam laboratorium, didapatkan juga data penetrasi yang ada pada masing masing sampel tanah dari lapukan *clay shale* sebagai berikut:

Koreksi beban = (Kalibrasi alat) x (pembacaan arloji CBR)

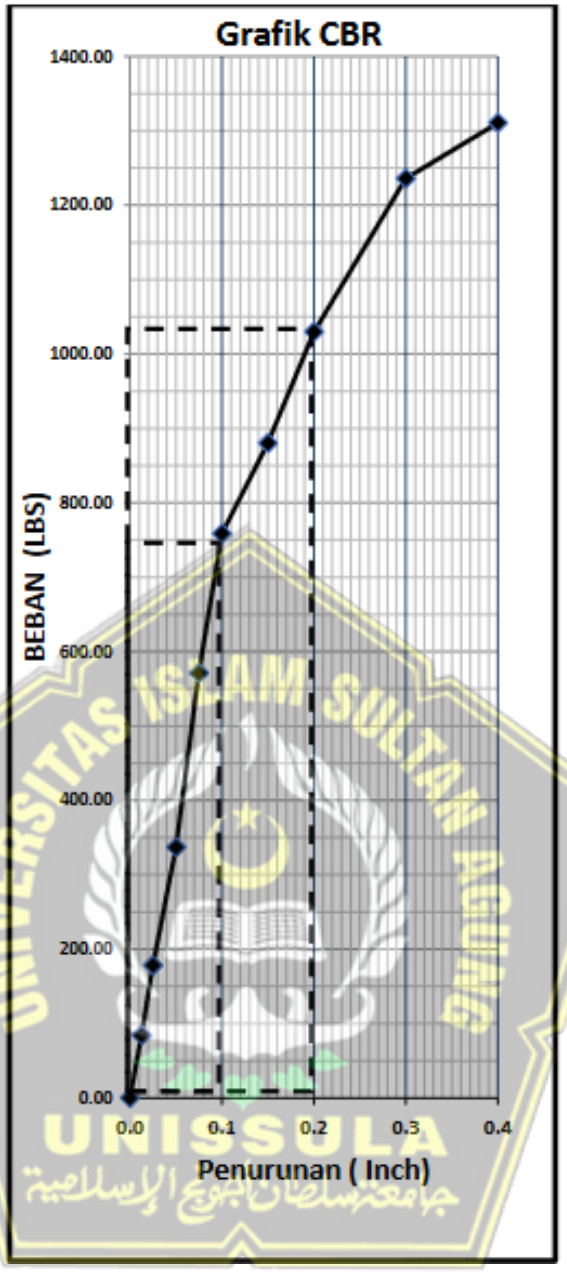
= 9,361 x 3

= 28,083 lbs

Tabel 4.12 Data Penetrasi Sampel tanah dari lapukan *clay shale* 1 Hari

T (Menit)	Penurunan		Jumplah Tumbukan	
	(Inci)	(Mm)	Arloji Atas	Koreksi
¼	0,0125	0,32	9	84.25
½	0.025	0,64	19	177.86
1	0,05	1,27	36	337.00
1½	0,075	1,91	61	571.02
2	0,1	2,54	81	758.24
3	0,15	3,81	94	879.93
4	0,2	5,08	110	1029.71
6	0,3	7,62	132	1235.65
8	0,4	10,146	140	1310.54

Pada **Tabel 4.12** disajikan data hasil penetrasi sampel tanah dari lapukan *clay shale*. Dari hasil penetrasi tersebut dapat di hasilkan grafik tanah pada hari ke-1 sebagai berikut :



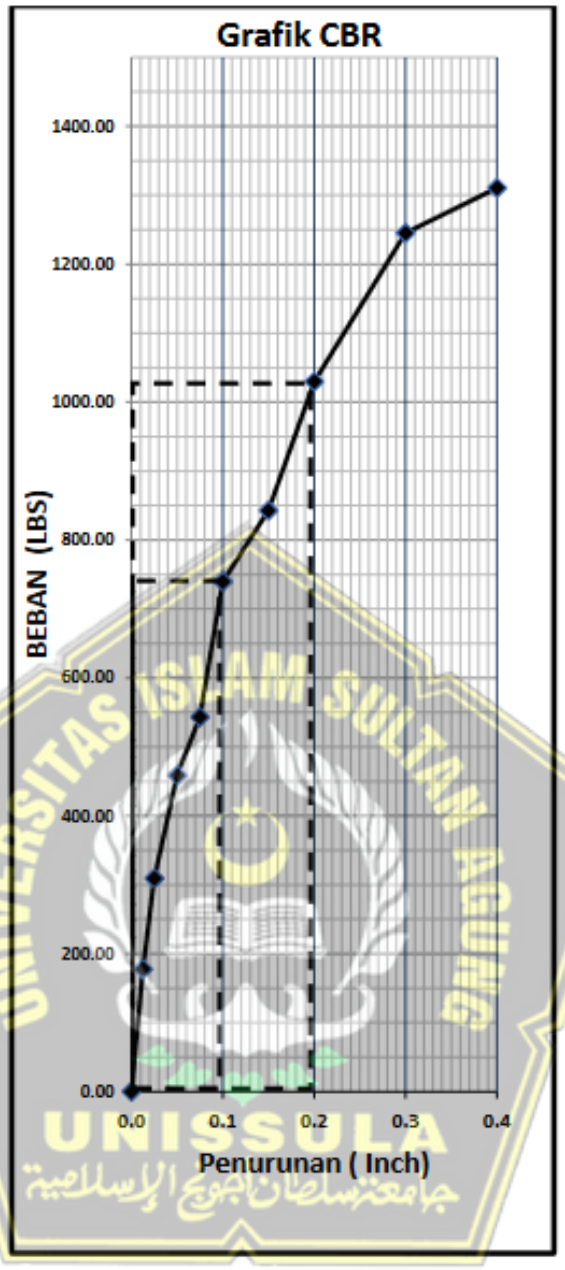
Gambar 4.11 Grafik Sampel tanah 1 hari

Berdasarkan grafik hasil penetrasi tanah dari lapukan *clay shale* sebanyak 35 kali tumbukan pada **Gambar 4.11** menunjukan bahwa hasil bacaan melalui bacaan dial 0,1 (inci) senilai 758,2 Ibs dan 0,2 (inci) senilai 1029,71 Ibs.

Tabel 4.13 Data Penetrasi Sampel tanah dari lapukan *Clay shale* 3 Hari

T (Menit)	Penurunan		Jumplah Tumbukan	
	(inci)	(mm)	Arloji Atas	Koreksi
¼	0,0125	0,32	19	177.86
½	0.025	0,64	33	308.91
1	0,05	1,27	49	458.69
1½	0,075	1,91	58	542.94
2	0,1	2,54	79	739.52
3	0,15	3,81	90	842.49
4	0,2	5,08	110	1029.71
6	0,3	7,62	133	1245.01
8	0,4	10,146	140	1310.54

Pada **Tabel 4.13** disajikan data hasil penetrasi sampel tanah dari lapukan *clay shale*. Dari hasil penetrasi tersebut dapat di hasilkan grafik tanah pada hari ke-3 sebagai berikut :



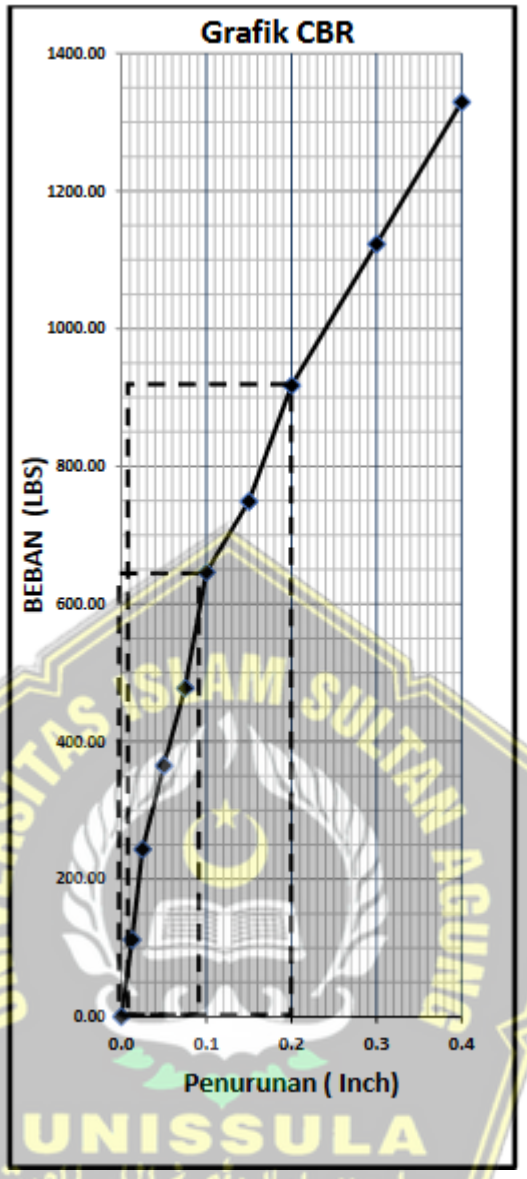
Gambar 4.12 Grafik sampel tanah *clay shale* 3 hari

Berdasarkan grafik hasil penetrasi tanah dari lapukan *clayshale* sebanyak 35 kali tumbukan pada **Gambar 4.12** menunjukan bahwa hasil bacaan melalui bacaan dial 0,1 (inci) senilai 739,5 Ibs dan 0,2 (inci) senilai 1029,71 Ibs.

Tabel 4.14 Data Penetrasi Sampel tanah dari lapukan *clay shale* 7 Hari

T (Menit)	Penurunan		Jumplah Tumbukan	
	(Inci)	(Mm)	Arloji Atas	Koreksi
¼	0,0125	0,32	12	112.33
½	0.025	0,64	26	243.39
1	0,05	1,27	39	365.08
1½	0,075	1,91	51	477.41
2	0,1	2,54	69	645.91
3	0,15	3,81	80	748.88
4	0,2	5,08	98	917.38
6	0,3	7,62	120	1123.32
8	0,4	10,146	142	1329.26

Pada **Tabel 4.14** disajikan data hasil penetrasi sampel tanah dari lapukan *clay shale*. Dari hasil penetrasi tersebut dapat di hasilkan grafik tanah pada hari ke-7 sebagai berikut :



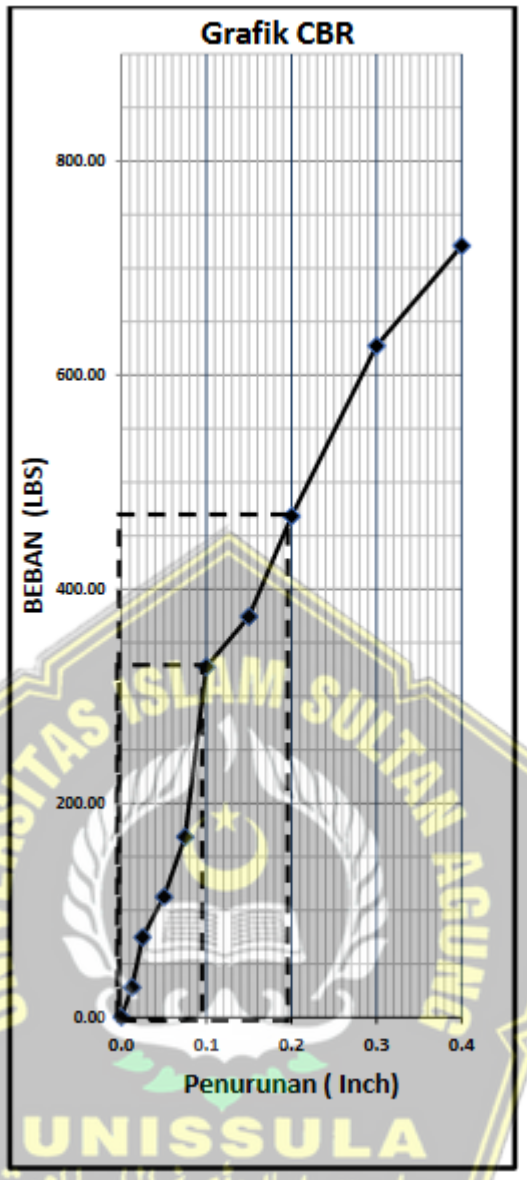
Gambar 4.13 Grafik sampel tanah 7 hari

Berdasarkan grafik hasil penetrasi tanah dari lapukan *clay shale* sebanyak 35 kali tumbukan pada **Gambar 4.13** menunjukan bahwa hasil bacaan melalui bacaan dial 0,1 (inci) senilai 645,9 Ibs dan 0,2 (inci) senilai 917,38 Ibs.

Tabel 4.15 Data Penetrasi Sampel tanah dari lapukan *Clay shale* 21 Hari

T (Menit)	Penurunan		Jumplah Tumbukan	
	(Inci)	(Mm)	Arloji Atas	Koreksi
¼	0,0125	0,32	3	28.08
½	0.025	0,64	8	74.89
1	0,05	1,27	12	112.33
1½	0,075	1,91	18	168.50
2	0,1	2,54	35	327.64
3	0,15	3,81	40	374.44
4	0,2	5,08	50	468.05
6	0,3	7,62	67	627.19
8	0,4	10,146	77	720.80

Pada **Tabel 4.15** disajikan data hasil penetrasi sampel tanah dari lapukan *clay shale*. Dari hasil penetrasi tersebut dapat di hasilkan grafik tanah pada hari ke-21 sebagai berikut :



Gambar 4.14 Grafik tanah *clay shale* 21 hari

Berdasarkan grafik hasil penetrasi tanah dari lapukan *clay shale* sebanyak 35 kali tumbukan pada **Gambar 4.14** menunjukan bahwa hasil bacaan melalui bacaan dial 0,1 (inci) senilai 327,6 Ibs dan 0,2 (inci) senilai 468,05 Ibs.

Melalui hasil data penetrasi tanah dari lapukan *clay shale* yang sudah didapatkan kemudian bisa dilihat nilai CBR Unsoaked dari masing – masing sampel perhitungan.

Dibawah ini dipaparkan contoh perhitungan sampel tanah dari lapukan *clay shale* sebagai berikut :

1. Perhitungan penetrasi 0,1’’ (0,254 mm)

CBR (%) $= \frac{P1}{3\ x\ 1000}$ x 100%

$= \frac{327,6}{3000}$

= 10,92%

2. Perhitungan penetrasi 0,2'' (508 mm)

CBR (%) $= \frac{P2}{3\ x\ 1500}$ x 100%

$= \frac{468,05}{4500}$ x 100%

= 10,40%

Keterangan :

P1 = tekanan uji pada penetrasi 0,1'' (g/cm^3)

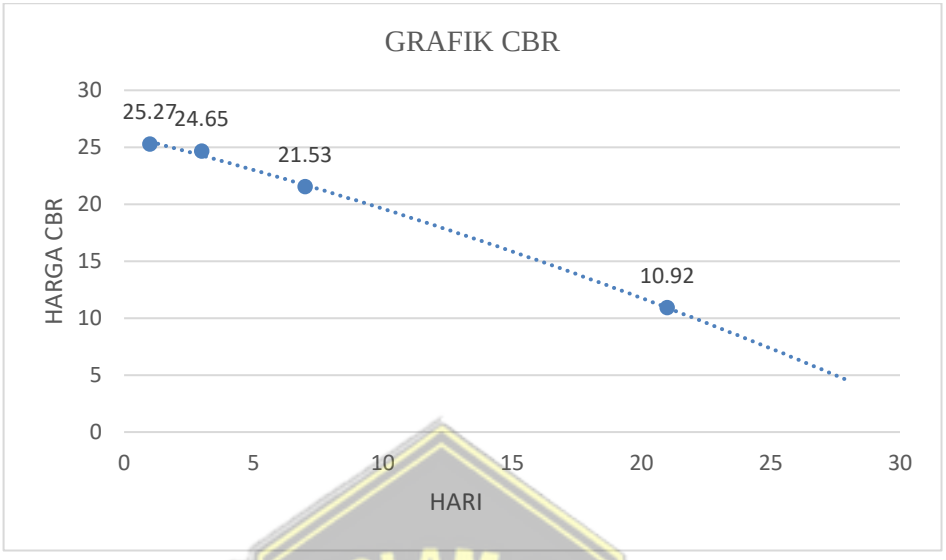
P2 = tekanan uji pada penetrasi 0,2''(g/cm^3)

Setelah semua data dihitung seperti contoh diatas, maka diperoleh hasil perhitungan seperti berikut :

Tabel 4.16 Harga CBR *Unsoaked* Tanah dari lapukan *Clay shale*

Hari	**Beban Atas Koreksi**		**Harga CBR**	
	0,1''	**0,2''**	**0.1''**	**0,2''**
1 Hari	739.5	1029,71	25,27	22,88
3 Hari	739,5	1029,71	24,65	22,88
7 Hari	645,9	917,38	21,53	20,39
21 Hari	327,6	468,05	10,92	10,40

Pada tabel diatas didapatkan grafis CBR sebagai berikut :



Gambar 4.15 Grafik nilai cbr tanah dari lapukan *clay shale*

Uji CBR pada sampel lapukan tanah *clay shale* didapatkan nilai awal sebesar 25,27 (sangat tinggi) karena dipadatkan dengan proctor modified, alasanya pemakaian *proctor modified* yaitu supaya mendapatkan nilai yang tinggi sehingga akan tetap tinggi dan kuat saat melewati simulasi pelapukan. Pada hari ke 3,7 dan 21 didapatkan nilai CBR sebesar 24,65, 21,53 dan 10,92 sehingga semakin lama simulasi pelapukan semakin kecil nilai CBR, terlihat dari kurva pada **Gambar 4.15** ketika ditambahkan 7 hari lapukan *clay shale* tidak memenuhi syarat sebagai timbunan karena nilai yang didapatkan di bawah 6.

4.2 Pembahasan Hasil Pengujian

Pengujian yang suadah dilakukan pada tanah dari serpihan *clay shale* yang diambil dari Ruas Jalan Tol Semarang-Bawen KM 438, Kecamatan Bawen, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. Diperoleh hasil – hasil uji laboratorium sebagai berikut :

a. Kadar Air

   Pada sampel uji laboratorium tanah *clay shale* yang diambil pada hari ke-1pada kedalaman 0,50 meter diperoleh kadar air sebesar 9,27%

b. Berat Jenis (Gs)

   Pada sampel tanah *clay shale* yang telah di uji laboratorium didapatkan sebasar 2,580. Sehingga dari hasil itu dapat dikategorikan bahwa tanah dari serpihan *clay*

shale adalah tanah lempung organik dikarenakan serpihan tersebut sudah tercampur oleh bahan organik lainya seperti tumbuh tumbuhan.

c. *Atterbag limit*

Berdasarkan hasil uji laboratorium, nilai indeks plastisis (PI) sampel tanah dari serpihan *clay shale* yang diambil dari Ruas Jalan Tol Semarang-Bawen KM 438, Kecamatan Bawen, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah adalah sebesar 21,43%, dan nilai batas limit (LL) adalah sebesar 44,43%.

d. *Direct shear*

Pada pengujian *direct shear* nilai kohesi pada sampel hari ke-1,2,3 dan 21 sebesar 0,306, 0,131, 0,374 dan 0,677. Sedangkan nilai sudut geser dalam yang didapatkan pada hari ke-1, 3,7 dan 21 hari sebesar 15,66, 28,15, 20,17 dan 12,71.

e. *Proctor Modified*

Diketahui bahwa nilai kadar optimum pada sampel tanah *clay shale* sebesar 17,00%.

f. *California Bearing Ration (CBR)*

Dalam hasil pengujian *California bearing ration (CBR)* pada nilai yang di dapatkan cenderung tinggi di sebabkan karena menggunakan pengujian proctor modified.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari data hasil pengujian laboratorium dan analisa yang dilakukan pada sampel tanah lapukan *Clay shale* yang diambil dari daerah Ruas Jalan Tol Semarang-Bawen KM 438, Kecamatan Bawen, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah dalam Tugas Akhir ini dapat diambil kesimpulan seperti berikut ini :

1. Dari hasil pengujian di laboratorium, karakter lapukan *clay shale* diperoleh bahwa tanah dari lapukan *clay shale* merupakan tanah lempung organik berdasarkan klasifikasi tanah meurut USCS.
2. Dari hasil pengujian *California Bearing Ration* (CBR) *Unsoaked* pada sampel tanah dari lapukan *Clay shale* didapatkan nilai yang menurun dari awal sebesar 25,27 menjadi 10,92 sehingga simulasi lapukan selama 1 bulan tanah dari lapukan *clay shale* tidak layak menjadi matrial timbunan atau tanah dasar.
3. Dari hasil pengujian *Direct Shear* laboratorium lapukan tanah *clay shale* didapatkan hasil yang berbeda terutamanya pada hari ke-3 terjadi kenaikan dan penurunan pada nilai hohesi dan sudut geser dalam itu terjadi karena pada hari pertama dan ketiga tidak terjadi penjemuran dan simulasi air karena di fakultas teknik sedang libur sehingga terjadi perubahan, sedangkan terlihat pada sampel lainnya nilai kohesi yang dihasilkan cenderung naik dan sudut geser dalam cenderung menurun. Semakin banyak simulasi pelapukan yang dilakukan maka menjadikan tanah dari lapukan *clay shale* berprilaku layaknya tanah lempung organik karena hasil pengujian menurut klasifikasi tanah USCS yang di dapatkan bahwa tanah dari lapukan *clay shale* masuk ke dalam jenis tanah lempung organik.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan lagi penelitian yang lebih mendalam tentang prilaku dan sifat *clay shale* di berbagai keadaan terutama saat terkena sinar matahari dan hujan sehingga dapat menghasilkan analisis yang lebih akurat.
2. Melakukan pengujian tanah *clay shale* pada saat sudah dilakukan penimbunan supaya mendapatkan nilai perubahan kuat geser yang lebih akurat untuk perhitunganya.
3. Mengendalikan air permukaan dengan cara membuat drainase yang memadai sehingga air permukaan dari pucuk lereng dapat menglir lancer.
4. Perlu ketelitian dan berhati-hati Ketika melakukan uji laboratorium terutama penggunaan alat agar di peroleh hasil yang tepat.

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

DAFTAR PUSTAKA

Ariesnawan, R. A. (2015). *Karakteristik Mekanik Dan Dinamik Clay ShaleKabupaten Tuban Terhadap Perubahan Kadar Air.* Surabaya.

Erlina Erlina, M. R. (2022). *pengaruh penambahan limbah bubut besi terhadap kuat tekan beton.* yogyakarta: CivETech.

Ghea Mahardika, A. and Pratama, M.F. (2015) 'PENGUJIAN PEMADATAN TANAH METODE STANDARD PROCTOR DENGAN ALAT UJIPEMADAT STANDARD'.

Karya, J. and Sipil, T. (2014) *ANALISIS STABILITAS LERENG PADA TANAH CLAY SHALE PROYEK JALAN TOL SEMARANG-SOLO PAKET VI STA 22+700 SAMPAI STA 22+775*.

Lalu Arpi Wartoyo, Y. L. (2022). *Analisis Stabilitas Timbunan Tinggi Pada Mortar Busa Menggunakan Metode Elemen Hingga Pada Proyek Pembangunan Jalan Baru Batas Kota Singaraja - Mengwitani.* Surabaya.

M.Sc, D. I. (2020). *Perilaku Tanah Clay Shale Yang Telah Lapuk Di Stabilisasi Dengan Semen (Studi Khusus Tanah Clay Shale Cariu Jonggol, Jawa Barat).*Jakarta.

Revia Oktaviani, P. P. (2018). *kajian ketahanan batuan clay shale formasi jatiluhurdi sentul city jawa barat.* bandung: promine .

syafiq alhadar, l. a. (2014). *analisis stabilitas lereng pada tanah clay shale proyek jalan tol semarang-solo paket VI.* semarang.

Tantra, H. and Prihatiningsih, A. (2019) *ANALISIS KUAT GESER TANAH CLAY SHALE YANG TERENDAM DAN TIDAK TERENDAM DENGAN UNCONFINED COMPRESSION TEST, Jurnal Mitra Teknik Sipil*.

Wongkar, E., Alfred, D. and Susilo, J. (2019) *HORIZONTAL PADA TANAH LEMPUNG DI DAERAH SENTUL, Jurnal Mitra Teknik Sipil*.

Yosieguspa, w. h. (2020). *tinjauan pelaksanaan pekerjaan timbunan tanah pada proyek pembangunan lapangan parkir jakabaring sport city palembang.* palembang.