

**“PENINGKATAN DAYA DUKUNG TANAH EKSPANSIF
MENGUNAKAN KAPUR DENGAN
UJI CBR LABORATORIUM ”**

SKRIPSI

OLEH:

**NUR HASANAH
198110123**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 4/9/25

Access From (repository.uma.ac.id)4/9/25

**PENINGKATAN DAYA DUKUNG TANAH EKSPANSIF
MENGUNAKAN KAPUR DENGAN
UJI CBR LABORATORIUM**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area**



Oleh:

**NUR HASANAH
198110123**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

ii

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

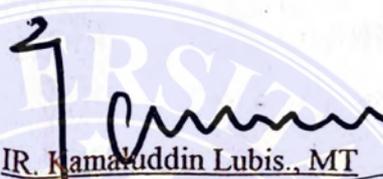
Document Accepted 4/9/25

Access From (repository.uma.ac.id)4/9/25

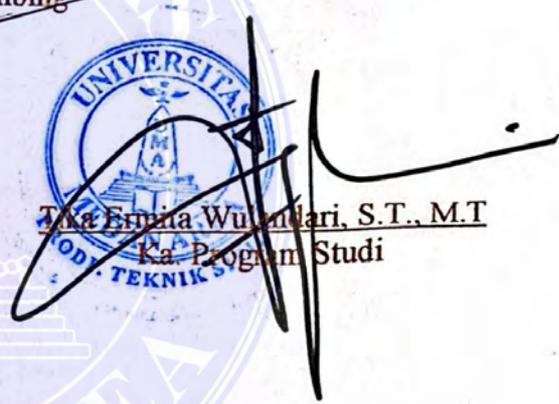
HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Peningkatan Daya Dukung Tanah Ekspansif Menggunakan Kapur Dengan Uji CBR Laboratorium
Nama : Nur Hasanah
NPM : 198110123
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing


IR. Kamauluddin Lubis., MT
Pembimbing


Dr. Rahmad Syah, S.Kom., M.Kom
Dekan


Tika Emilia Wulandari, S.T., M.T
Ka. Program Studi

Tanggal Lulus : 8 Agustus 2023

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nur Hasanah
NPM : 198110123
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Redesain Struktur Gedung Fakultas Teknik Universitas Medan Area Menggunakan Metode Flat Slab. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan
Pada tanggal : 8 Agustus 2023
Yang menyatakan



(Nur Hasanah)

KATA PENGHANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah tentang geoteknik dengan judul Peningkatan Daya Dukung Tanah Ekspansif Menggunakan Kapur Dengan Metode Uji CBR Laboratorium Terima kasih penulis sampaikan kepada bapak Ir. Kamaluddin Lubis. MT selaku dosen pembimbing dan Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Teman – teman penulis Ahmad Tulus Kurniawan S.T, Kelvin Ermawan S.T, Yoshepha Angela Manullang S.T, Henny Marsaulina Pangaribuan S.T yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis



NUR HASANAH

198110123

ABSTRAK

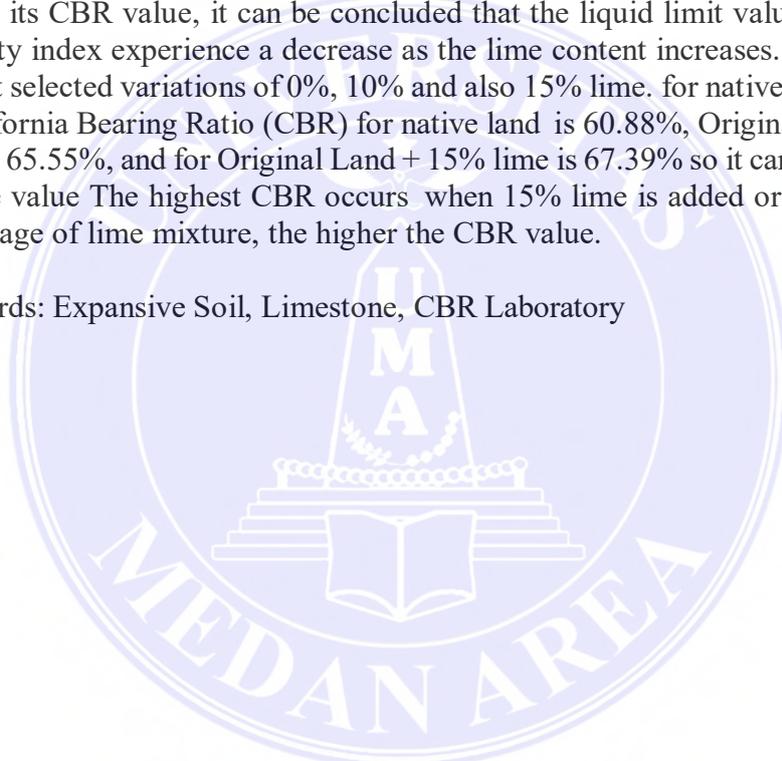
Tanah ekspansif ini merupakan tanah yang dapat mengalami perubahan volume akibat dari fluktuasi kadar air, perilaku tanah yang dapat mengembang pada saat kondisi tanah basah dan juga akan menyusut apabila tanah kering. Pengembangan dan juga penyusutan dari tanah ini dapat berdampak kepada kerusakan bangunan ringan dan juga pada jalan raya. Kerusakan ringan pada bangunan ini dapat berupa retak – retak pada dinding dan juga pada lantai pondasi, sedangkan untuk jalan raya mulai retak memanjang dan juga longitudinal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kapur pada tanah ekspansif terhadap nilai CBR-Nya. Kapur telah dikenal sebagai salah satu bahan stabilisasi tanah yang baik, terutama pada tanah ekspansif yang mempunyai sifat kembang – susut yang sangat besar dan juga memiliki daya dukung yang rendah. Karena adanya unsur cation (Ca^{2+}) pada kapur dapat memberikan ikatan antar partikel yang besar untuk menaikkan suatu daya dukung tanah. Dari hasil analisis pengaruh campuran Kapur terhadap tanah lempung ekspansif terhadap nilai CBR Nya dapat disimpulkan bahwasanya nilai batas cair dan juga Indeks plastisitas mengalami suatu penurunan seiring dengan bertambahnya kadar kapur. Hasil pengujian ini dipilih variasi 0%, 10% dan juga 15% kapur. untuk tanah asli nilai dari *California Bearing Ratio* (CBR) untuk tanah asli sebesar 60,88%, Tanah Asli + 10% Kapur sebesar 65,55%, dan untuk Tanah Asli + 15% kapur sebesar 67,39% sehingga dapat disimpulkan bahwasanya nilai CBR tertinggi terjadi pada penambahan 15% kapur atau semakin banyak persen campuran kapur maka nilai CBR akan semakin tinggi.

Kata kunci : Tanah Ekspansif, Kapur, CBR Laboratorium

ABSTRACT

This expansive soil is soil that can experience changes in volume as a result of fluctuations in water content, soil behavior that can expand when the soil is wet and will also shrink when the soil is dry. The development and shrinkage of this land can have an impact on light damage to buildings and also to roads. Light damage to this building can be in the form of cracks in the walls and also on the foundation floor, while for the highway it starts to crack longitudinally and also longitudinally. The aim of this research is to find out how much influence lime in expansive soil has on its CBR value. Lime has been known as a good soil stabilizing agent, especially in expansive soils which have very high swelling and shrinkage properties and also have low carrying capacity. Because the cation element (Ca^{2+}) in lime can provide large bonds between particles to increase the bearing capacity of the soil. From the results of the analysis of the effect of lime mixture on expansive clay on its CBR value, it can be concluded that the liquid limit value and also the plasticity index experience a decrease as the lime content increases. The results of this test selected variations of 0%, 10% and also 15% lime. for native land the value of California Bearing Ratio (CBR) for native land is 60.88%, Original Land + 10% Lime is 65.55%, and for Original Land + 15% lime is 67.39% so it can be concluded that the value The highest CBR occurs when 15% lime is added or the higher the percentage of lime mixture, the higher the CBR value.

Keywords: Expansive Soil, Limestone, CBR Laboratory



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

HALAMAN PERNYATAAN

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

KATA PENGANTAR.....	I
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	II
DAFTAR TABEL.....	IV
DAFTAR GAMBAR.....	V
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Maksud dan Tujuan	3
1.3. Manfaat Penelitian.....	3
1.4. Rumusan Masalah.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Tanah	4
2.2. Klasifikasi Tanah.....	5
2.2.1. Sistem Klasifikasi Unified	6
2.2.2. Sistem Klasifikasi AASHTO.....	8
2.3. Tanah Ekspansif	9
2.4. Mineral Lempung	10
2.5. Kapur	10
2.6. Stabilisasi Tanah.....	12
2.6.1. Prinsip Dasar Perbaikan Tanah.....	14
2.6.2. Jenis Perbaikan Tanah	14
2.7. Stabilisasi Tanah Ekspansif Dengan Kapur	16

2.7.1. Prinsip Teknis	16
2.7.2. Karakteristik Bahan Stabilizer	17
2.7.3. Kriteria Tanah	17
2.8. Kadar Air (<i>Water Content</i>).....	18
2.9. Specific Gravity(Gs).....	18
2.10. Batas-batas Atterberg	19
2.10.1. Batas Cair (<i>Liquid Limit, LL</i>).....	20
2.10.2. Batas Plastis (<i>Plastic Limit</i>)	22
2.10.3. Index Plastisitas.....	22
2.11. Pemadatan	23
2.11.1. Umum.....	23
2.11.2. Uji Proctor Standar (<i>Standar Proctor Test</i>).....	25
2.11.3. Faktor-faktor Hasil yang Mempengaruhi Pemadatan.....	27
2.12. CBR (<i>California Bearing Ratio</i>).....	33
III. METEOROLOGI PENELITIAN	36
3.1. Lokasi Penelitian.....	36
3.2. Bahan Uji Metode	36
3.3. Pengujian Laboratorium	37
3.4. Metode Pengambilan Data.....	38
3.5. Kerangka Berfikir	38
DAFTAR PUSTAKA.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Nilai Khas Berat Jenis Gs Partuikel Tanah.....	27
Tabel 2.2. Harga-harga $(N/25)^{0,121}$	30
Tabel 2.3. Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah.....	31
Tabel 2.4. Hitungan Energi Pemasatan.....	40
Tabel 2.5. Beban Standar yang di Pakai Untuk Percobaan CBR.....	44
Tabel 4.1. Analisa Saringan.....	62
Tabel 4.2. Kadar Air Tanah Asli.....	63
Tabel 4.3. Berat Jenis Tanah.....	64
Tabel 4.4. Penentuan Pada Batas Cair.....	65
Tabel 4.5. Batas Plastis.....	66
Tabel 4.6. Hasil Pengujian Pemasatan Standar Proktor Titik I.....	67
Tabel 4.7. Hasil Pengujian Pemasatan Standar Proktor Titik II.....	68
Tabel 4.8. Hasil Pengujian Pemasatan Standar Proktor Titik III.....	69
Tabel 4.9. Hasil Pengujian CBR (0%) – 150 ml.....	70
Tabel 4.10. Hasil Pengujian CBR (10%) – 150 ml.....	71
Tabel 4.11. Hasil Pengujian CBR (15%) – 150 ml.....	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Batas-batas Atterberg	27
Gambar 2.2. Kurva Penentuan Batas Cair	29
Gambar 2.3. Prinsip Pemadatan	32
Gambar 2.4. Alat Uji Standart Proctor	35
Gambar 2.5. Kurva Hubungan Kadar Air dan Berat Volume Kering.	35
Gambar 2.6. Bentuk Umum Kurva Pemadatan Untuk 4 Jenis Tanah	39
Gambar 2.7. Macam-macam Kurva yang Sering di Jumpai	29
Gambar 2.8. Pengaruh Energi Pemadatan pada Hasil Pemadatan Lempung Berpasir	40
Gambar 2.9. Pengaruh Pemadatan Pada Struktur Tanah Lempung.	42
Gambar 2.10. Perubahan Permeabilitas dengan Kadar Air yang di Berikan	43
Gambar 2.11. Hasil Percobaan CBR	45
Gambar 4.1. Grafik Pengujian Pemadatan Standar Proktor Titik I	67
Gambar 4.2. Grafik Pengujian Pemadatan Standar Proktor Titik II	68
Gambar 4.3. Grafik Pengujian Pemadatan Standar Proktor Titik III	69
Gambar 4.4. Grafik Pengujian CBR (0%) – 150 ml	71
Gambar 4.5. Grafik Pengujian CBR (10%) – 150 ml	72
Gambar 4.6. Grafik Pengujian CBR (15%) – 150 ml	73

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proyek pembangunan jalan merupakan salah satu kebutuhan utama bagi masyarakat, oleh karena itu pemerintah wajib memberikan prasarana jalan yang baik dan dirasa nyaman bagi masyarakat sebagai pengguna jalan. Sebuah proyek pembangunan jalan yang baik harus memenuhi kriteria yang disyaratkan sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Pada beberapa proyek pembangunan jalan sering dijumpai adanya prasarana jalan yang banyak mengalami permasalahan geoteknik seperti contohnya jalan berlubang, rusak, retak-retak serta jalan yang bergelombang, dan sudah sering kali diperbaiki ternyata rusak lagi. Hal seperti ini biasanya disebabkan oleh tanah didaerah tersebut adalah tergolong tanah ekspansif (tanah kembang susut).

Tanah merupakan dasar dari sebuah konstruksi bangunan yang berfungsi untuk menahan beban yang berada di atasnya. Oleh sebab itu, tanah harus mempunyai sebuah daya dukung yang kuat sehingga dapat menahan beban tersebut. Namun, pada kenyataannya di lapangan banyak ditemukan tanah yang mempunyai plastisitas yang sangat tinggi, kekuatan geser yang rendah, perubahan volume yang rendah, perubahan volume yang besar dan memiliki potensi kembang susut yang besar pula. Sifat-sifat ini sering menimbulkan kerusakan dari sebuah konstruksi.

Dalam pembangunan perkerasan jalan, stabilitas tanah didefinisikan sebagai perbaikan material jalan lokal yang ada, dengan cara stabilisasi mekanis atau dengan cara menambah suatu bahan tambahan (*Additives*) kedalam sebuah tanah (Hary, 2018).

Tanah ekspansif adalah sebuah tanah yang mempunyai kembang susut yang sangat tinggi. Perubahan kadar air pada jenis tanah ini biasanya dipengaruhi oleh perubahan musim, dimana tanah ini akan mengembang dan banyak menyerap air pada saat musim penghujan, dan tanah tersebut akan mengalami retak-retak (menyusut) pada saat musim kemarau dan hal ini yang dapat menyebabkan tanah menjadi tidak stabil. Oleh karena itu, Tanah ekspansif ini tidak baik apabila langsung membangun sebuah proyek ataupun bangunan di atasnya. Sehingga, perlu melakukan perbaikan tanah atau stabilisasi. Stabilisasi tanah ekspansif ini dilakukan dengan cara menambahkan material yang lebih baik. Sehingga, dapat mengurangi sifat plastisitas dari sifat tanah tersebut. Stabilisasi ini menggunakan material kapur yang bertujuan untuk memperkecil sifat plastisitas tanah, dan untuk mengetahui batas minimum persentase kapur yang ditambahkan agar tanah ekspansif ini dapat digunakan sebagai lapisan tanah dasar (*subgrade*). Kapur dapat menetralkan sifat ekspansif tanah dengan mengikat kelembaban dan mengurangi perubahan volumetrik tanah. dan ini dapat membantu mengurangi resiko kerusakan jalan akibat perubahan ukuran tanah.

Pengaruh penambahan kapur terhadap daya dukung tanah ekspansif dapat bervariasi tergantung pada kondisi tanah yang spesifik dan metode stabilisasi yang digunakan. Penting untuk melakukan studi teknis yang komprehensif dan konsultasi dengan ahli teknik sipil sebelum menerapkan teknik ini dalam proyek jalan dalam memastikan hasil yang optimal dan memenuhi persyaratan desain yang relevan.

California Bearing Ratio (CBR) adalah sebuah perbandingan antara beban penetrasi dari suatu lapisan tanah atau perkerasan terhadap bahan standar yang

dilakukan dengan kedelamaan serta kecepatan penetrasi yang sama. CBR ini dikembangkan oleh *California State Highway Departement*. Kekuatant tanah ini diuji dengan CBR dengan SNI – 1744- 1989. Nilai kekuatan tanah digunakan sebagai acuan perlu atau tidaknya distabilisasi setelah dibandingkan dengan syarat sesuai spesifikasinya. Tujuan dilakukannya sebuah pengujian CBR ini adalah untuk mengetahui nilai dari CBR pada variasi kadar air pada pemadatan. Untuk menentukan kekuatan lapisan tanah dasar dengan cara percobaan CBR akan diperoleh nilai yang kemudian dipakai untuk menentukan tebal perkerasan yang diperlukan diatas lapisan yang nilai CBR nya. Pembahasan dari penelitian ini adalah cara untuk meningkatkan daya dukung tanah menggunakan tes CBR (*California Bearing Ratio*).

Atas dasar itu, saya mengambil judul Skripsi tentang “Peningkatan Daya Dukung Tanah Ekspansif Menggunakan Kapur Dengan Metode CBR”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan kapur terhadap daya dukung tanah ekspansif?
2. Seberapa efektif metode CBR (*California Bearing Ratio*) dalam meningkatkan daya dukung tanah ekspansif menggunakan kapur?
3. Berapa konsentrasi optimal kapur yang diperlukan untuk mencapai peningkatan daya dukung yang signifikan pada tanah ekspansif ?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisis sifat tanah terhadap daya dukung tanah ekspansif menggunakan kapur terhadap nilai CBR Laboratorium.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh peningkatan daya dukung tanah ekspansif menggunakan kapur dengan metode CBR Laboratorium.

1.4 Batasan Masalah

1. Penelitian ini difokuskan pada tanah ekspansif dengan komposisi dan sifat yang telah ditentukan.
2. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan menggunakan contoh-contoh tanah ekspansif yang di ambil dari Desa Tanjung Selamat dengan persentase campuran 0%, 10% dan 15%..
3. Penelitian ini hanya menggunakan metode *California Bearing Ratio* (CBR) Laboratorium *Soaked* (Redaman)

1.5 Manfaat Penelitian

Ada beberapa manfaat dari penelitian ini, meliputi :

1. Bagi individu bermanfaat untuk menambah wawasan dan pengetahuan tentang stabilitas tanah ekspansif dengan penambahan material kapur.
2. Bagi masyarakat manfaat dari penelitian ini adalah untuk keamanan bangunan, Meningkatkan nilai properti, Pengembangan infrastruktur, lingkungan yang lebih stabil, pengurangan biaya perawatan.

3. Bagi akademi manfaat dari penelitian ini adalah untuk pengetahuan ilmiah, pengembangan metode dan teknik, solusi inovatif, keberlanjutan, maupun kolaborasi interdisipliner.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Kapur dalam menggunakan pasir bermacam gradasi dan campuran kapur sebagai bahan tambah untuk stabilisasi tanah lempung. Hasil dari penelitiannya adalah hasil daya dukung tanah lempung setelah distabilisasi dengan variasi pasir 30%, dan 40% dari berat tanah kering dengan menggunakan Uji *California Bearing Ratio* dengan waktu pemeraman 28 hari. Pada pengujian *California Bearing Ratio* didapatkan nilai CBR tertinggi terdapat pada komposisi lempung yang lebih sedikit dan penambahan kapur dapat mengurangi kadar air secara cepat. (Prasetya dkk 2019).

Kebanyakan klasifikasi tanah menggunakan indeks pengujian yang sangat sederhana untuk memperoleh karakteristik tanah. Karakteristik tersebut digunakan untuk menentukan kelompok klasifikasi. Umumnya, Klasifikasi tanah didasarkan atas ukuran partikel yang diperoleh dari analisa saringan (dan uji sedimental) dan plastisitas (Braja M. Das, 2017).

pengujian CBR variasi 0% yang sudah dilakukan pada pemeraman 1 hari didapatkan nilainya sebesar (1,51%), pada pemeraman 4 hari mengalami kenaikan sebesar (4,72%), pada pemeraman 7 hari kembali mengalami penurunan sebesar (1,95%), dan pada CBR pemeraman 7 hari didapat nilai sebesar (3,88%) . Sehingga nilai tertingginya tanah di variasi 0% terdapat pada umur pemeraman 4 hari. Pada harike-4 mengalami kenaikan nilai CBR karena campuran abu ban dan semen mampu mengeraskan dan mengikat dari dalam tanah sehingga membuat

nilai CBR pemeraman pada hari ke 4 menjadi naik, namun mengalami penurunan Kembali pada pemeraman hari ke 7 karena penguapan yang terjadi didalam tanah membuat permukaan tanah tersebut menjadi basah sehingga nilai CBR tanah menjadi turun. Nilai CBR pemeraman pada campuran semen (5%) dan limbah abu ban (7,5%) didapat nilai pemeraman 1 hari sebesar (16,72%). (Ichan Saputra 2021)

2.2 Tanah

Didalam dunia sipil tanah merupakan himpunan dari sebuah mineral, bahan organik, dan juga endapan yang relatif (*loose*), yang letaknya berada diatas dasar (*bedroc*). Ikatan dari butiran yang lemah biasanya disebabkan oleh karbon, zat organik, atau bisa juga dari oksida yang mengendap diantara partikel. Ruang diantara partikel ini bisa juga berisi air, udara dan bisa juga berisikan dari kedua zat tersebut. Proses pelapukan dari sebuah batuan atau proses dari geologi yang terjadi didekat bumi biasanya akan berubah menjadi sebuah tanah. Pembentukan tanah dari bebatuan biasanya dapat berupa fisik ataupun kimia. Secara fisik proses yang dapat mengubah bebatuan menjadi sebuah partikel-partikel kecil, biasanya terjadi akibat pengaruh dari erosi, angin, air, es, manusia dan bisa juga karena hancurnya partikel tanah akibat dari perubahan suhu ataupun cuaca. Partikel-partikel ini bisa juga berbentuk bulat, bergerigi ataupun bentuk-bentuk diantaranya. Biasanya, pelapukan yang dikarenakan proses kimia ini dapat terjadi karena pengaruh dari oksigen, karbondioksida, air (yang mengandung asam atau alkali) dan proses kimia yang lainnya. Apabila pelapukan masih berada di daerah asalnya, maka tanah ini disebut dengan tanah residual (*Residual soil*) dan apabila

tanah sudah tidak berada ditempat asalnya maka disebut dengan tanah terangkut (*transported soil*).

Tanah biasanya didefinisikan sebagai maerial yang terdiri dari agregat (butiran), mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lainnya dan bisa juga dari bahan organik yang sudah melapuk (berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan juga zat gas yang dapat mengisi ruang kosong diantara partike padat tersebut. Tanah sanagat berguna untuk bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan didalam dunia teknik sipil, Fungsi dari tanah ini biasanya digunakan untuk mendukung pondasi dari sebuah bangunan.

Istilah dari pasir, lempung, lanau ataupun lumpur biasanya digunakan untuk mengukur partikel pada butiran yang sudah ditentukan ukurannya. Namun, istilah yang sama biasanya digunakan juga untuk menggambarkan sifat tanah yang khusus. Contohnya adalah, tanah lempung merupakan sebuah tanah yang memiliki sifat kohesif dan juga sifat plastis, sedangkan pasir digambarkan sebagai tanah yang tidak memiliki sifat kohesif dan juga tidak memilki sifat plastis.

Kebanyakan dari tanah ini memiliki banyak campuran, atau memiliki lebih dari satu macam ukuran partikel. Seperti yang diketahui bahwasanya tanah lempung belum tentu hanya terdiri dari partikel lempung saja, namun, bisa saja tanah lempung ini bercampur dengan butiran-butiran ukuran lanau ataupun pasir, dan bisa juga bercampur dengan bahanorganik lainnya.

2.2. Klasifikasi Tanah

Sistem dari klasifikasi tanah ini adalah sebuah sistem pengaturan dari beberapa jenis tanah yang berbeda-beda namun memiliki sifat yang sama kedalam sebuah kelompok atau sub-kelompok yang berdasarkan pemakaiannya. Didalam

suatu sistem klasifikasi ini memberikan suatu bahasa agar mudah untuk dijelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan terinci. Sebesar sistem dari klasifikasi tanah yang dikembangkan bertujuan untuk rekayasa yang didasarkan pada sifat indeks tanah yang sederhana contohnya distribusi dengan buiran dan juga plastisitas. Walaupun pada saat ini terdapat berbagai macam sistem klasifikasi tanah, namun tidak ada saupun sistem yang benar-benar memberikan sebuah penjelasan yang tegas mengenai segala kemungkinan pemakaiannya. Hal ini disebabkan karena sifat tanah yang sangat bervariasi.

Kebanyakan dari sistem klasifikasi tanah ini menggunakan indeks tipe pengujian yang sangat sederhana agar dapat memperoleh karakteristik dari tanah tersebut. Karakteristik ini biasanya digunakan untuk menentukan sebuah kelompok klasifikasi. Biasanya, klasifikasi tanah ini didasarkan atas ukuran dari partikel yang diperoleh dari analisis saringan (uji sedimentasi) dan juga uji plastisitas.

Terdapat dua sistem dari klasifikasi tanah yang sering digunakan, yaitu *Unified Soil Classification* dan juga AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*). Sistem dari indeks tanah ini biasanya menggunakan sistem yang sederhana contohnya seperti distribusi ukuran butiran, batas cair dan juga indeks plastisitas.

2.2.1 Sistem Klasifikasi Unified

USCS (*Unified Soil Classification System*) ini biasanya didasarkan dari sifat tekstur tanah dimana sistem ini menempatkan tanah pada dua kelompok:

1. Tanah yang berbutir kasar (*coarse-grained soil*) atau tanah kerikil atau pasir yang apabila kurang dari 50% lolos dari saringan 200%
2. Tanah berbutir halus (*fine grained-soil*), atau tanah lempung/lanau yang apabila lebih dari 50% lolos dari saringan 200%

Selanjutnya, tanah biasanya di klasifikasikan pada keLompok dan sub-kelompok dengan simbol-simbol yang digunakan adalah sebagai berikut:

G = Kerikil (*gravel*)

S = Pasir (*sand*)

C = Lempung (*clay*)

M = Lanau (*silt*)

O = Lanau atau lempung organik (*organic silt or clay*)

Pt = Tanah gambut dan tanah organik tinggi (*Peat and highly organic soil*)

W = Gradasi baik (*Well-graded*)

P = Gradasi burukk (*poorly graded*)

H = Plastisitas tinggi (*hight-plasticity*)

L = Plastisitas rendah (*low plasticity*)

Adapun prosedur yang menentukan klasifikasi tanah sistem unified ini adalah sebagai berikut:

1. Pertama-tama kita harus menentukan apakah tanah ini merupakan butiran halus atau butiran kasar secara dari visualnya ataupun bisa juga dengan cara menyaringnya dengan saringan yang berukuran 200
2. Apabila tanah berbutiran kasar
 - a. Saring tanah tersebut dan gambar grafik distribusi butran.

- b. Setelah itu kita dapat menentukan persen dari butiran yang lolos dari saringan no.4. Apabila persentase butiran yang lolos dari saringan kurang dari 50%, maka kita dapat mengklasifikasikan tanah tersebut sebagai kerikil. Dan apabila butiran yang lolos lebih dari 50% maka kita dapat mengklasifikasikannya sebagai pasir.
 - c. Menentukan jumlah butiran yang telah lolos dari saringan no,200. apabila persentase butiran yang lolos kurang dari 5%. maka pertimbangkan terlebih dahulu dari bentuk grafis distribusi butiran dengan cara menghitung Cu dan juga Cc. dan apabila termasuk pada bergradasi baik, maka klasifikasikan sebagai GW (Apabila kerikil) atau SW (Apabila pasir). Namun, apabila termasuk kepada gradasi buruk, maka klasifikasikan sebagai GP (Apabila kerikil) dan SP (Apabila pasir).
 - d. Apabila persentasi butiran yang lolos saringan 200% diantara 5 sampai dengan 12%, Maka tanah akan memiliki dua simbol dan sifat keplastisannya (GW-GM, SW-SM, dan sebagainya).
 - e. Apabila persentasi butiran yang lolos saringan no. 200 lebih besar dari 12%. Maka kita harus melakukan uji batas-batas *Atterberg* dengan cara menyingkirkan butiran tanah yang tinggal dalam saringan no.40. Kemudian, dengan menggunakan diagram plastisitas klasifikasinya ditentukan menjadi (GM, GC, SM, SC, GM, GC atau SM-SC).
3. Apabila tanah berbutir halus:
 - a. Singkirkan tanah pada saringan no.40 untuk mengerjakan uji aterberg. Apabila batas cair lebih dari 50. Maka kita dapat mengklasifikasikan H

(plastisitas tinggi) dan apabila kurang dari 50 maka diklasifikasikan menjadi L (plastisitas rendah).

- b. Untuk plastisitas tinggi (H), apabila garis A dibawah batas plot atterberg grafik plastisitas. maka, tentukan apakah tanah termasuk organik (OH) atau an-organik (MH). dan apabila plotnya erdapat di garis A maka kita dapat mengklasifikasikannya menjadi CH.
- c. Untuk plastisitas rendah (L) apabila garis A dibawah batas plot *atterberg* grafik plastisitas ataupun dibawah daerah yan diarsir, Maka klasifikasikan tanah tersebut sebagai organik (OL) atau an-organik (ML) bedasarkan warna, bau, ataupun dari perubahanbatas cair dan juga batas plastisnya dengan cara mengeringkannya didalam oven.
- d. Dan apabila batas dari atterberg jatuh pada arsiran grafik plastisitas dan dekat dengan A atau nilai LL sekitar 50 maka gunakan simbol dobel.

2.2.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official Classification*) inibiasanya digunakan untuk menentukan suatu kualitas tanah didalam sebuah perancangan dari timbunan jalan, Sistem ini biasanya ditujukan untuk maksud dalam lingkup lapis dasar (*subbase*) dan juga lapisan tanah dasar (*subgrade*).

Sistem klasifikasi AASHTO membagi tanah kedalam 7 kelompok. dimana, kelompok utamanya itu A-1 sampaidengan A-7. Tanah yang berada ditiap kelompok dievakuasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung

menggunakan rumus empiris. biasanya pengujian yang digunakan adalah analisis saringan dan juga batas Atterberg.

Untuk mengevaluasi kelompok tanah yang digunakan oleh indeks kelompok (*Group index*) maka dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$GI = (F-35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,001 (F - 15) (PI - 10)..... (2.1)$$

Dimana:

GI = Indek Kelompok (*group index*)

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

LL = Batas cair

PI = Indeks plastis

2.5.2. Tanah Ekspansif

Setiap pekerjaan yang berkaitan dengan teknik sipil tidak pernah lepas dari aspek yang paling penting yaitu tanah. Salah satu masalah yang sering dijumpai pada saat pembangunan dilapangan adalah akibat dari sifat tanah yang buruk, yang biasanya memiliki kadar air yang tinggi, kompresibilitas yang besar dan memiliki daya dukung yang rendah tanah yang memiliki sifat buruk ini adalah tanah yang mengalami kembang susut yang besar.

Adapun jenis tanah yang mempunyai kembang susut yang besar ini adalah tanah yang mengalami perubahan volume yang signifikan seiring dengan berubahnya kadar air yang dimiliki. Tanah yang memiliki material atau batuan yang mempunyai potensi kembang susut ketika perubahan kadar air maka tanah itu biasanya disebut dengan tanah ekspansif.

Tanah ekspansif adalah sebuah tanah yang mengalami perubahan volume yang diakibatkan oleh perubahan kadar air yang ada didalam lapisan tanah.

biasanya jenis tanah ini dapat mengandung mineral seperti *smektit* dan *montmorilloniet* yang dapat menyerap air. apabila terjadi perubahan kadar air maka tanah ekspansif ini akan memiliki potensi kembang susut yang tinggi. Kembang susut ini berhubungan langsung dengan mineral *montmorilloniet* dan *illite*. apabila kadar mineral dari tanah ini naik, maka luas permukaannya juga akan naik, dan batas cair serta indeks plastisnya juga akan naik, sehingga kembang susutnya akan naik juga.

Fenomena dari pengembangan tanah ekspansif terjadi pada kondisi pembahasan dengan nilai derajat ($^{\circ}$) kejenuhan (S_r) < 1 , pada kondisi ini berarti tanah berada pada kondisi tidak jenuh. Pada kondisi yang seperti ini berarti tanah ekspansif terdiri dari tiga fase, yaitu: butiran, air dan udara, sehingga tanah ini menghasilkan *suction*. Akibat dari perubahan nilai derajat kejenuhan (S_r) dan angka pori (e), maka nilai *suction* nya akan mengalami kenaikan, sehingga *suction* yang terjadi pada tanah ekspansif ini dapat mempengaruhi nilai kembang susut tanah tersebut.

2.4 Mineral Lempung

Tanah ekspansif adalah sebuah tanah yang memiliki jenis tanah berbentuk butiran halus yang berukuran koloidal biasanya terbentuk dari mineral ekspansif seperti *monmorillonite*, *illite*, *kaolinite*, *halloysite*, *chlorite*, *vermiculite*, *attapulgit*.

Akibat dari pelapukan tanah ini reaksi kimia yang menghasilkan susunan kelompok partikel yang berukuran koloid yang diameternya lebih kecil dari 0,002 mm yang biasanya disebut dengan mineral lempung. partikel ini berbentuk seperti

lembaran dengan permukaan yang khusus, sehingga memiliki sifat lempung yang dipengaruhi oleh gaya-gaya permukaannya.

2.5 Kapur

Kapur adalah material pembangunan yang banyak digunakan oleh manusia. Kapur ini merupakan kalsium oksida (CaO) yang terbuat dari batuan karbonat yang biasanya dipanaskan dengan suhu yang tinggi. dan kapur ini sendiri berasal dari batu kapur (*lime stone*) ataupun dolomite.

Kapur ini berasal dari batu kapur alami, dan mempunyai tipe dan bentuk tertentu, tergantung pada material ataupun proses pembuatannya. seperti yang diketahui batu kapur terbentuk dari kalsium, karbon dan juga oksigen.

Adapun tipe kapur dapat dibedakan menjadi 5 tipe yaitu:

1. Kapur tohor dengan kalsium tinggi (*high-calcium quicklime*) CaO
2. Kapur tohor dengan dolomitik (*dolomitic quicklime*)..... CaO + MgO
3. Kapur dengan kalsium tinggi terhidrasi (*hydrated high - calciumlime*)
. Ca (OH)₂
4. Kapur dolomitik terhidrasi normal (*normal hydrated dolomiticlime*)
.... Ca (OH)₂ + MgO
5. Kapur terhidrasi tekan (*pressure – hydrated dolomiticlime*)
... Ca (OH)₂ + Mg (OH)₂

SNI 03-4147-1996 membagi kelompok kapur menjadi 4 bagian:

1. Kapur tipe I yaitu kapur yang mengandung kalsium hidrat tinggi dengan kadar magnesium oksida (MgO) paling tinggi 4%

2. Kapur tipe II yaitu kapur dengan tipe yang mengandung kalsium hidrat atau *dolomite* yang mengandung magnesium oksida lebih dari 4% dan maksimumnya 36% berat
3. Kapur tohor (CaO), yaitu hasil pembakaran batu kapur pada suhu $\pm 90^\circ$ F dengan komposisi sebagai besar kalsium karbonat (CaCO₃)
4. Kapur padam, yaitu kapur dari hasil pepadaman kapur tohor dengan air, sehingga terbentuk hidrat Ca(OH)₂

Kapur mentah atau yang sering disebut juga dengan kapur tohor biasanya terdiri dari kalsium oksida (CaO). Kapur ini diperoleh dari batu kapur yang telah di bakar (*lime stone*) dengan suhu lebih dari 1000°C. Batu kapur mengandung kalsium karbon (CaCO₃) yang apabila dibakar dengan suhu 1000°C maka akan keluar karbon dioksida seteh itu hanya tersisa kapurnya saja atau CaO. Proses kimia pembentukan kapur adalah:



Kalsium hidroksida (Ca(OH)₂) atau kapur padam adalah yang berasal dari hidrasi kapur tohor. Kalsium hidroksida terbentuk dari penambahan air pada kapur tohor.

Reaksi dari hidrasinya adalah sebagai berikut:



Dengan kapur yang memiliki stabilitas tanah ini, maka bahan seperti kapur kalsium tinggi terhidrasi Ca(OH)₂ kapur *dolomitic* monohidrat CaO.MgO, kapur

tohor (*quik lime*) kalsitik CaO, dan kapur ohor dolomitik CaO.MgO lenih sering digunakan. Walaupun kapur terhidrasi (kapur padam) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ lebih banyak digunakan. namun, belakangan ini kapur tohor (CaO) juga banyak digunakan. kapur terhirasi ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) berbentuk seperti serbuk halus, sedangkan kapur tohor (CaO) lebih kasar atau merupakan bahan granuler.

Kapur *dolomite* , merupakan campuran dari magnesium hidroksida dan kalsium hidroksida. Kapur dengan model ini biasanya digunakan untuk stabilisasi. Kemurnian dan kehalusan dari butiran kapur *dolomite* sangat penting diperhatikan agar stabilisasi dapat berhasil dengan baik, terutama untuk stabilisasi tanah yang mempunyai sifat plastis.

2.3 Stabilisasi Tanah

Dalam sebuah perancangan konstruksi suatu bangunan sipil, sering ditemukan lapisan tanah yang mempunyai daya dukung yang rendah (*low strength*), yang sangat mempengaruhi sebagai tahapan rancang konstruksi, baik dalam tahap perencanaan (*design*), tahap pelaksanaan (*perform*), ataupun tahapan operasional dan pemeliharaan (*Operational and maintenance*)

Seperti yang diketahui bahwa stabilitas tanah adalah suatu metode yang digunakan untuk meningkatkan suatu kemampuan daya dukung lapisan tanah, dengan cara memberikan perlakuan (*treatment*) khusus terhadap lapisan tanah tersebut.

Adapun tujuan dari stabilitas tanah ini sendiri adalah untuk minimal memenuhi satu dari empat sasaran berikut ini.

1. Untuk memperbaiki (meningkatkan) daya dukung
2. Untuk memperbaiki (memperkecil) penurunan lapisan tanah

3. Untuk memenuhi (menurunkan) permeabilitas dan *swelling* potensial tanah
4. Untuk menjaga (mempertahankan) potensi tanah yang ada (*existing strength*)

Dari ke-empat sasaran dari tindakan stabilitas yang ada diatas, sangat minim dicapai secara bersamaan (sekaligus). kan tetapi harus selalu diupayakan agar dapat tercapai perbaikan parameter yang diinginkan, dengan tidak mengakibatkan kerusakan parameter dari yang lainnya. Seperti stabilitas dengan kapur (*lime stabilization*) yang dapat meningkatkan sebuah daya dukung dai lapisan tanah, namun dapat juga memperbesar suatu lapisan permeabilitas.

Kimia adalah salah satu jenis stabilisasi, yaitu stabilisasi menggunakan bahan kimia yang memungkinkannya terjadi reaksi kimia, dan dapat menghasilkan senyawa baru yang bersifat sabil daripada senyawa yang terdapat pada massa tanah sebelum stabilisasi itu dilakukan. Contoh dari stabilisasi kimia ini adalah stabilisasi dengan kapur yang dapat meningkatkan daya dukung karena ikatan partikel dengan ion kalsium (Ca) lebih stabil dari pada ikatan dalam senyawa lunak (lempung). namun, karena ion kapur banyak mengandung ion hidroksida (OH) sangan pronoun, maka itu dapat memperbesar permeablitas massa tanah tersebut,

Semua sifat yang dapat mengubah tindakan dari sebuah tanah, untuk disesuaikan dengan kebutuhan suatu kontruksi adalah tindakan yang dikategorikan sebagai upaya stabilitas tanah. Secara khusus stabilitas tanah dapat

dilihat dari berbagai definisi yang dikemukakan dari beberapa tenaga ahli, antara lainnya adalah sebagai berikut:

1. Stabilisasi tanah adalah stabilisasi kimia, yaitu stabilisasi dengan menggunakan bahan – bahan kimia yang memungkinkan terjadinya reaksi kimia, dan menghasilkan senyawa baru yang bersifat stabil dari pada senyawa yang terdapat dalam massa tanah sebelum stabilisasi dilakukan (H. Darwis, 2017)
2. Stabilisasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa kedalam kelompok-kelompok dan sub-kelompok berdasarkan pemakaiannya. (Braja M. Das, 2017)
3. mengatakan bahwa perubahan sifat tanah untuk memenuhi persyaratan teknik tertentu, dikenal dengan stabilisasi tanah. Ingles dan Metcalf (2016),
4. Menyatakan bahwa stabilisasi tanah dalam arti luas mencakup keberbagai metode yang digunakan untuk memodifikasi sifat tanah untuk memperbaiki kinerja tekniknya. Dalam hal ini menurut Punmia bahwasanya tujuan dari stabilisasi tanah adalah untuk meningkatkan kekuatan atau stabilisasi tanah dan mengurangi biaya konstruksi dengan memanfaatkan bahan lokal yang telah tersedia. (Punmia 2017),

Selain dari definisi yang sudah ada di atas, masih banyak lagi *terminology* yang dikemukakan oleh beberapa ahli yang lainnya. Secara umum orang dapat mengartikan bahwa stabilisasi tanah adalah pencampuran dari tanah dengan bahan tertentu untuk memperbaiki sifat dari teknis tanah, atau bisa juga diartikan secara

umum bahwasanya stabilisasi tanah adalah usaha untuk mengubah atau memperbaiki sifat teknis tanah agar dapat memenuhi syarat teknis tertentu.

2.6.1 Prinsip Dasar Perbaikan Tanah

Perbaikan tanah di bagi menjadi dua bagian, yaitu perbaikan tanah secara kimiawi dan juga perbaikan tanah secara fisik. Kedua cara tersebut memiliki kesamaan didalam suatu tujuan dan sasaran yang ingin dituju, namun banyak perbedaan didalam metode ataupun pencampuran (*addictive*) yang dipergunakan.

Teknik perbaikan tanah ini memiliki prinsip dasar bahwasanya kapasitas dari tanah yang kurang baik (dalam berbagai aspek), dapat diperbaiki melalui peningkatan sifat-sifat (*properties*) dari pada tanah, sesuai dengan tujuan perbaikan yang diinginkan.

2.6.2 Jenis-jenis Perbaikan Tanah

Perbaikan tanah adalah langkah-langkah yang dilakukan dalam stabilisasi tanah dengan cara memperbaiki karakteristik tanah asli dengan menambahkan material timbunan dan juga material pelapis. Biasanya perbaikan ini berfungsi untuk mendukung kuat geser tanah, penurunan kompresibilitas tanah, peningkatan atau penurunan permeabilitas tanah dan beberapa syarat teknis lainnya.

Berikut adalah berbagai jenis perbaikan tanah yang telah dikembangkan:

1. Perbaikan tanah dengan semen (*soil cement*) ; perbaikan ini dilakukan dengan cara mencampur tanah asli dengan semen, kemudian didapatkan.
2. Perbaikan tanah dengan kapur (*Soil lime*) ; Perbaikan ini biasanya dilakukan pada jenis tanah lunak, dengan cara mencampur bubuk kapur yang bertujuan untuk stabilisasi tanah agar lebih baik.

3. Perbaikan tanah dengan abu (*soil ash*) ;perbaikan tanah ini biasanya digunakan dengan cara menambah berbagai jenis abu, diantaranya dalah abu sekam padi, abu terbang, abu batu dan lain sebagainya.
4. Perbaikan tanah dengan larutan kimia (*sovent stabilization*) ; perbaikan ini biasanya menggunakan campuran dari zat kimia salah satu metode ini digunakan untuk meningkatkan parameter tanah. larutan kimi ayang sering digunakan adalah larutan kaustik (NaOH), larutan asam sulfat (H_2SO_4) dan larutan yang lainnya.
5. Perbaikan tanah dengan pelapisan dan pemadatan ; perbaikan ini biasanya dialkukan dengan cara menyalurkan energi tumbukan/vibrasi (*dynamic load*) secara langsung kelapisan tanah yang kurang padat (gembur). metode ini bertujuan untuk memperbaiki parameter tanah yang berhubungan dengan daya dukung, kuat geser, penurunan dan permeabilitas tanah.
6. Pebaikan tanah dengan konsolidasi ; perbaikan tanah ini dilakukan untuk mendapatkan stabilisasi tanah dengan cara memeberikan beban statis diatas lapisan tanah (*static load*) , sehingga tanah akan terkompresi sebelum pelaksanaan konstruksi dilakukan.
7. Perbaikan tanah dengan penegriangan (*dewateing*) ; Perbaikan ini dilakukan denga cara pengeringan tanah atau pengurusan kadar air yanag ada di dalam tanah .
8. Perbaikan tanah dengan pengganti tanah (*replacement*) ; perbaikan ini dilakukan dengan cara menambahkan tanah pada fraksi tertentu yang

dianggap kurang baik, sehingga tercapai gradasi yang rapat dan memiliki parameter yang baik.

9. Perbaiki tanah dengan *permeation resin* ; perbaikan tanah ini dilakukan dengan pengaliran bahan perekat (resin) yang memiliki viskositas rendah kedalam pori-pori tanah tanpa mengubah struktur tanahnya.

2.7 Stabilisasi tanah ekspansif dengan kapur

Untuk mendapatkan suatu akurasi dan efektifitas didalam penerapan suatu metode perbaikan tanah, beberapa hal yang harus dipahami dengan baik, antara lain; prinsip teknis dari jenis perbaikan tanah yang akan diterapkan, sifat-sifat bahan *stabilizer*, kriteria tanah yang cocok dengan bahan *stabilizer*, dan perubahan *properties* tanah yang terjadi dan relevasinya dengan syarat teknis yang ingin dicapai.

2.7.1 Prinsip Teknis

Kapur merupakan bahan *stabilizer* yang secara kimiawinya bersifat basah. Prinsip dasar perbaikan tanah dengan kapur adalah mencampurkan kapur untuk memanfaatkan keunggulan sifat-sifat teknik dari bahan kapur, dengan tanah yang memiliki karakteristik kurang baik, seperti tanah yang memiliki plastisitas yang tinggi (*high plasticity*), potensi ekspansi yang tinggi (*expansive soil*), kompresibilitas yang tinggi, dan lain sebagainya.

Perbaikan tanah dengan kapur tidak sekedar dicampurkan, namun juga diikuti dengan pemadatan. Oleh karena itu, tanah yang diperbaiki dengan bahan kapur akan mempermudah pekerjaan pematatan tanah, serta dapat membuat struktur partikel tanah ekspansif menjadi rapuh (*fragile*), sehingga mudah untuk

dipadatkan. Namun demikian, konsekuensi negatif dari perbaikan tanah dengan kapur ini adalah menurunkan nilai kepadatan maksimum dari massa tanah.

Penggunaan kapur sebagai bahan stabilizer untuk perbaikan tanah, sebenarnya sudah dipergunakan oleh militer pada zaman kerajam Romawi, untuk membangun jalan tanah untuk menunjang mobilisasi pasukan perang dan alat perang mereka. Metode perbaikan tanah dengan kapur kembali dikembangkan menjadi lebih luas, selama Perang Dunia I dan Perang Dunia ke-II, yang bukan hanya digunakan pada pembangunan jalan, namun juga diterapkan pembangunan landasan pesawat tempur dan juga pesawat angkutan militer. Sampai sekarang perbaikan tanah dengan kapur lebih berkembang pesat, karena sudah lebih banyak digunakan untuk berbagai kepentingan pembangunan infrastruktur, baik untuk jalan raya, landasan pesawat, reklamasi lahan, *backfill* pada konstruksi dinding penahan, dan lain sebagainya.

2.7.2 Karakteristik Bahan Stabilizer

Berdasarkan persyaratan dalam SNI 03-4147-1996, jenis kapur yang diperbolehkan untuk digunakan sebagai bahan perbaikan tanah adalah kapur padan dan juga kapur tohor.

Sebagaimana yang diketahui bahwa ada beberapa jenis kapur, antara lain:

1. Kapur tohor (CaO), yaitu kapur dari hasil pembakaran batu kapur pada suhu $\pm 90^{\circ}\text{C}$, dengan komposisi sebagian besar berupa Kalsium Karbonat (CaCO_3).
2. Kapur padam, yaitu kapur dari hasil pemadaman kapur tohor dengan air, sehingga membentuk senyawa Kalsium Hidrat [$\text{Ca}(\text{OH})_2$].
3. Kapur tipe I, yaitu kapur yang mengandung kalsium hidrat [$\text{Ca}(\text{OH})_2$]

tinggi, dengan kadar Magnesium Oksida (MgO) paling tinggi 4% berat.

4. Kapur tipe II, yaitu kapur Magnesium atau Dolomit yang mengandung Magnesium Oksida (MgO) lebih dari 4% dan paling tinggi 36% berat.

2.7.3 Kriteria Tanah

Sebagai mana diketahui bahwasanya tindakan dari perbaikan tanah dengan bahan stabilizer dari kapur ini adalah salah satu metode kimia, maka kriteria umum dari tanah yang dapat distabilisasi dengan kapur hanya tanah yang memiliki butir halus. Tanah *granuler* (pasir dan lanau) tidak efektif apabila dilakukan stabilisasi menggunakan kapur. Secara khusus kriteria tanah yang efektif untuk diperbaiki dengan stabilizer dari bahan kapur adalah:

1. Jenis tanah ekspansif yang bersifat asam (pH, 7,00).
2. Tanah yang memiliki plastisitas yang tinggi
3. Tanah ekspansif dengan *swelling potential* yang tinggi.
4. Tanah ekspansif yang memiliki kompresibilitas yang tinggi
5. Tanah ekspansif dengan permeabilitas yang tinggi.

Perbaikan menggunakan kapur dapat dilakukan pada tanah ekspansif yang memiliki karakteristik seperti yang ada diatas, yang bertujuan untuk memperbaiki karakteristik tersebut, sehingga dapat meningkatkan kinerja tanah untuk memenuhi kepentingan dalam mendukung konstruksi yang berdiri diatas.

2.8 Kadar Air (*Water Content*)

Secara umum, unsur tanah dibagi menjadi tiga bagian yaitu butiran tanah atau partikel padat (*solid*), air (*water*), dan udara (air dan gas). Kandungan air dan

juga udara yang ada didalam tanah menempati rongga (*void*) yang terdapat diantar butiran, yang disebut juga dengan pori tanah. Apabila volume didalam pori tanah dipenuhi dengan air, maka tanah akan dinyatakan dalam kondisi jenuh dan sebaliknya apabila didalam pori tanah tidak berisi dengan air maka tanah dalam kondidi kering.

Besarnya volume air yang ada di dalam pori tanah dibandingkan dengan volume pori tanah yang ditepati oleh air dan udara disebut dengan kejenuhan (*defree of saturation*) yang dinotasikan dengan S

Besar dari kandungan air yang ada didalam suatu tanah sering disebut dengan kadar air, W_c (*moisture content atau water content*) dinyatakan dalam persentase terhadap berat tanah dalam keadaan kering, sehingga:

$$w_c = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana:

W_c = Kadar air

W_w = Berat air

W_s = Berat tanah dalam keadaan kering atau oven (*oven dry*)

2.9 Specific Gravity (Gs)

Berat spesifik atau disebut juga dengan berat jenis (*specific gravity*) (G_s) adalah perbandingan berat volume butiran padat (γ_d), dengan berat volume (γ_w) pada temperatur 4°C

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \dots\dots\dots (2.3)$$

Secara tipikal G_s tidak berdimensi dari berbgai jenis tanah berkisaran 2,65

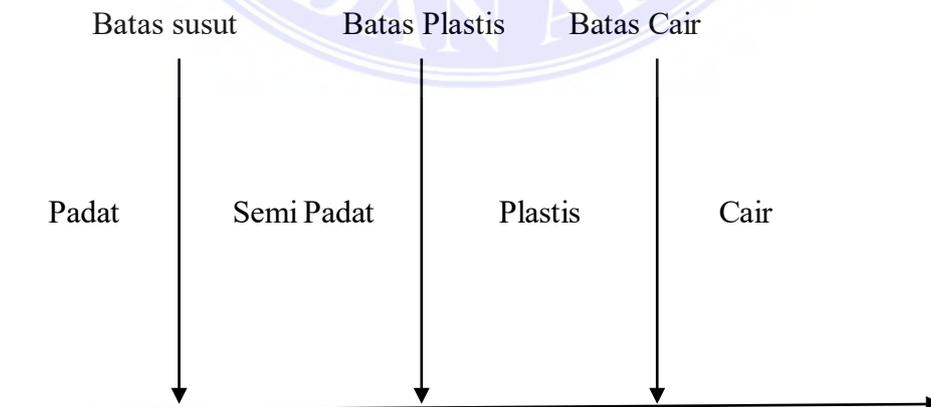
sampai 2,75. Berat jenis tanah $G_s = 2,67$ biasanya digunakan untuk tanah-tanah kohesif yang tidak mengandung bahan organik G_s berkisaran diatanta 2,72 dengan nilai berat jenis tanah seperti tabel 2.1 yang ada di bawah ini.

Tabel 2.1 Nilai khas berat jenis G_s partikel tanah

Jenis Tanah	G_s
Kerikil	2.65- 2.68
Pasir	2.65- 2.68
Lanau, anorganik	2.62- 2.68
Lempung, organik	1.58- 2.65
Lempung, anorganik	2.68- 2.75

2.10 Batas-batas Atterberg

Sifat plastisitas adalah salah satu hal yang penting pada tanah. Plastisitas ini disebabkan oleh adanya partikel mineral dalam tanah. Istilah ini digambarkan oleh kemampuan tanah dalam menyesuaikan perubahan bentuknya pada volume yang konstan tanpa retak-retak.



Gambar 2.1 Batas-batas Atterberg

Bergantung pada kadar air, tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat atau padat. Kedudukan tanah berbutir halus pada kadar air tertentu biasanya disebut dengan konsistensi. Konsistensi bergantung kepada gaya tarik anatar mineral. pengurangankadar air dapat menghasilkan berkurangnya tebal lapisan kation yang dapat menyebabkan bertambahnya gaya tarik anar partikel. Apabila kedudukan tanah dalam keadaan plastis, maka besar gaya antar partikel akan sedemikian hingga partikel bebas menggelincir antara satu dengan yang lainnya dan dengan kohesi yang tetap terpelihara. pengurangankadar air ini dapat menghasilkan pengurangan volume tanah.

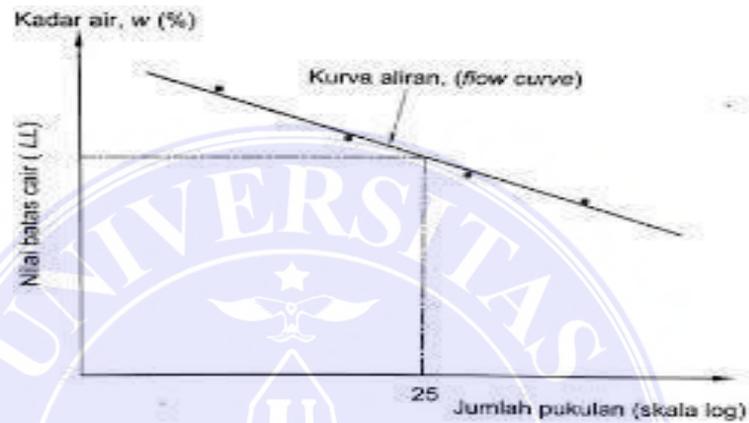
cara untuk menggambarkan batas konsistensi dari tanah yang berbutir halus dengan cara mempertimbangkan kandungan kadar air tanah. Batas-batas tersebut adalah cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*) dan batas susut (*shrinkage limit*). kedudukan dari batas kinsistensi tanah kohesif ini ditunjukkan dalam gambar (2.1).

2.10.1 Batas cair (*Liquid Limit*),

Batas Cair (LL) dapat didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan uga dengan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis.

Batas cair biasanya ditentukan dari uji Casagrande (1948). Gambar 2.2 adalah skematis dari alat pengukur batas cair. Contoh tanah dimasukkan kedalam cawan. Tinggi dari cawan tersebut adalah 8mm. Alat pembuat alur (*grooving tool*) dikerukkan tepat ditengah-tengah cawan hingga menyentuhdasarnya. Kemudian, dengan alat penggetar, cawan diketuk pada landasan dengan tinggi 1cm. persentasi kadar air yang untuk menutup celah sepanjang 12,7 m pada dasar cawan, setelah 25 kali pukulan, maka dapat didefinisikan sebagai batas cair dari

tanah tersebut. Karena sulit untuk mengatur kadar air pada waktu menutup pada 25 kali pukulan, maka percobaan ini akan dilakukan beberapa kali, yaitu dengan kadar air yang berbeda dengan jumlah pukulan berkisar antara 15 sampai dengan 35. kemudian, hubungan kadar air dan jumlah pukulan akan digambarkan dengan grafik semi logaritmik untuk menentukan kadar air pada 25 kali pukulan



Gambar 2.2 Kurva untuk penentuan batas cair

Kemiringan dari garis dalam kurva didefinisikan sebagai indeks aliran

(*flow index*), dan dinyatakan dalam persamaan:

$$I_f = \frac{w_1 - w_2}{\log\left(\frac{N_2}{N_1}\right)} \quad (2.4)$$

Dengan, I_f = indeks aliran

w_1 = kadar air (%) pada N_1 pukulan

w_2 = kadar air (%) pada N_2 pukulan

Perhatikan bahwa nilai pada w_1 dan w_2 dapat ditukar untuk memperoleh nilai positif, walaupun kemiringan kurva sebenarnya adalah negatif.

Dari sekian banyaknya uji batas cair, *waterways Experiment Station* di *Vickburg*, Mengusulkan persamaan batas cair:

$$LL = w_N \left(\frac{N}{25}\right)^{tg\beta} \dots\dots\dots(2.5)$$

dengan: N = jumlah pukulan, untuk menutup celah 0,5 in (12,7 mm)

w_N = kadar air

$tg\beta = 0,121$ (tapi $tg\beta$ tidak sama dengan 0,121 untuk semua jenis tanah)

Tabel 2.2 Harga-harga $(N/25)^{0,121}$

N	$(\frac{N}{25})^{0,121}$	N	$(\frac{N}{25})^{0,121}$
20	0,973	26	1,005
21	0,979	27	1,009
22	0,985	28	1,014
23	0,990	29	1,018
24	0,995	30	1,022
25	1,000		

2.10.2 Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis (PL), didefinisikan sebagai kadar air diantar kedudukan daerah plastis dan semi padat, yaitu sebagai persentase kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak ketika di gulung.

2.10.3 Index Plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks plastisitas (PI) adalah selisih dari nilai cair dan juga batas plastis:

$$PI = LL - PL \dots\dots\dots (2.6).$$

Indeks plastisitas (PI) merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. karena, indeks plastisitas menunjukkan sifat keplastisitan tanah. Jika tanah memiliki nilai *PI* yang tinggi, maka pengurangan kadar air akan berakibat tanah menjadi kering. Terkait dengan batasan indeks plastisitas, sifat, macam tanah dan juga kohesi diberikan oleh atterberg dalam Tabel 2.3 dibawah ini

Tabel 2.3 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah

<i>PI</i>	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non Plastis	Pasir	Non Kohesif
<7	Plastisitas Rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7-17	Plastisitas Sedang	Lempung berlanau	Kohesif
>17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

2.11 Pemadatan

2.11.1 Umum

Tanah, selain berfungsi untuk pendukung pondasi bangunan, biasanya dapat digunakan sebagai bahan timbunan seperti : tanggul, bendungan dan juga jalan. apabila dilapangan membutuhkan perbaikan untuk mendukung bangunan

yang ada di atasnya, atau tanah digunakan untuk bahan timbunan maka pemadatan akan sering dilakukan.

Tingkat dari pemadatan tanah diukur dari berapa berat dari volume kering tanah yang dipadatkan. Apabila air ditambahkan ke sebuah tanah yang sedang dipadatkan, maka air tersebut akan berfungsi sebagai pembasah (pelumas) pada partikel-partikel tanah. Karena adanya air, maka partikel tanah itu akan lebih mudah bergerak dan bergeseran satu sama lain dan akan membentuk kedudukan yang rapat ataupun lebih padat. Untuk pemadatan yang sama, kadar air (pada saat pemadatan) meningkat apabila berat volume kering tanah naik (Gambar 2.4). Harap diketahui apabila pada saat kadar air $w = 0$, berat volume basah pada tanah (γ) adalah sama dengan berat volume keringnya (γ_d), atau

$$\gamma = \gamma_{d(w=0)} = \gamma_d \dots\dots\dots (2.7)$$

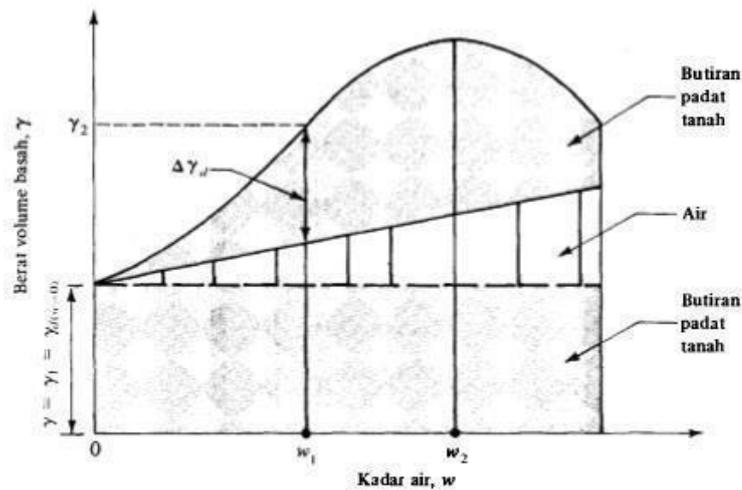
Apabila kadar air ditingkatkan terus secara bertahap pada usaha pemadatan yang sama, maka berat dari jumlah bahan padat dalam tanah persatuan volume juga meningkat secara bertahap pula. Misalnya, pada $w = w_1$, maka berat volume basah dari tanah sama dengan:

$$\gamma = \gamma_2 \dots\dots\dots (2.8)$$

Berat dari volume kering dari tanah tersebut pada kadar air ini dapat dinyatakan dengan:

$$\gamma_{d(w=w_1)} = \gamma_{d(w=0)} + \Delta\gamma_d \dots\dots\dots (2.9)$$

Pemadatan Tanah



Gambar 2.3 Prinsip Pemadatan

Setelah mencapai kadar air tertentu $w = w_2$ (lihat Gambar 2.4), karena adanya penambahan kadar air justru dapat menurunkan berat volume kering dari tanah. Hal ini biasanya disebabkan oleh air yang kemudian menempati ruang pori dalam tanah yang sebenarnya dapat ditempati oleh partikel padat dari tanah. Kadar air dimana harga berat volume kering maksimum tanah mencapai kadar air optimum.

Tanah ekspansif yang dipadatkan dengan cara yang benar akan dapat memberi kuat geser tinggi. Stabilisasi terhadap sifat kembang-susut tergantung dari jenis kandungan mineralnya. sebagai contoh, *montmorillonite* akan mempunyai kecenderungan yang lebih besar terhadap perubahan volume dibandingkan dengan *kaolinite*. Lempung padat mempunyai permeabilitas yang rendah dan tanah ini tidak akan bisa dipadatkan dengan baik pada saat basah (jenuh). Bekerja dengan tanah yang sangat basah akan banyak mengalami kesulitan, karena pada saat tanah dipadatkan, air akan sulit mengalir keluar dari rongga pori tanah tersebut. Karena air yang tidak mau keluar dari rongga pori tanah maka akan menyebabkan butiran sulit untuk merapat satu sama lain ketika dipadatkan.

Peristiwa bertambahnya berat volume kering oleh beban dinamis disebut dengan pemadatan. Oleh karena beban dinamis, utir tanah merapat satu sama lain karena berkurangnya rongga udara.

Percobaan yang umum dilakukan dilaboratorium untuk mendapatkan berat volume kering maksimum dan juga kadar air optimum adalah *Proctor Compaction Test* Cara dan juga prosedur untuk melakukan suatu percobaan akan dibahas dalam uraian yang ada dibawah ini.

2.11.2 Uji Proctor Standar (*Standar Proctor Test*)

Untuk menentukan suatu hubungan kadar air dan berat volume, dan juga untuk mengevaluasi sebuah tanah agar dapat memenuhi suatu persyaratan kepadatan, maka pada umumnya dilakukan uji pemadatan.

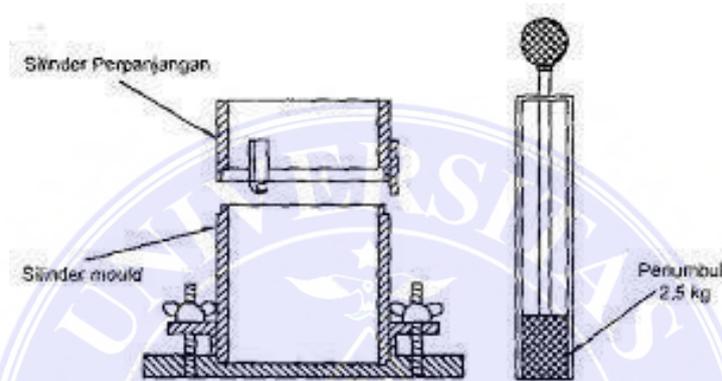
hubungan yang pasti antara kadar air dan juga berat volume kering tanah padat. Untuk berbagai jenis tanah pada umumnya, terhadap suatu nilai kadar air optimum tertentu untuk mencapai suatu berat volume kering maksimum.

Hubungan berat volume kering (γ_d) dengan berat volume basah (γ_b) dan kadar air (w), dinyatakan dalam persamaan:

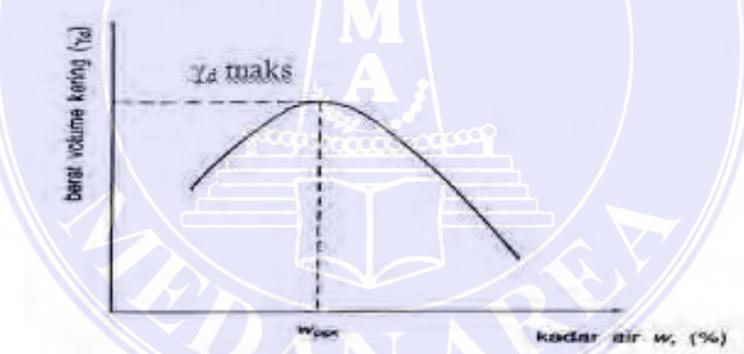
$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w} \dots\dots\dots(2.10)$$

Berat volume kerng setelah pemadatan tergantung pada jenis tanah, kadar air, dan juga usaha yang diberikan oleh alat penumbuk. Karakteristik kepadatan tanah dapat dinilai dari pengujian standar laboratorium yang disebut dengan uji Proctor.

Pada uji Proctor, tanah dipadatkan menggunakan alat yang berbentuk silinder *mould* yang memiliki volume sebesar $9,44 \times 10^{-4} \text{ m}^3$, tanah ini dicampur dengan air yang berbeda-beda dan setelah itu dipadatkan dengan penumbuk yang beratnya 2,5 kg dengan tinggi jatuhnya 30,5 cm (1ft). tanah ini dipadatkan dengan 3 lapisan dan ditumbuk sebanyak 25 kali



Gambar 2.4 Alat uji standar Proctor



Gambar 2.5 Kurva hubungan kadar air dan berat volume kering

Dalam ujian pemadatan, percobaan ini diulang paling sedikit 5 kali dengan variasi percobaan kadar air. Kemudian, gambarkan grafik hubungan antar kadar air dan juga berat volume keringnya. Kurva yang dihasilkan dari pengujian yang memperlihatkan nilai kadar air yang terbaik (w_{opt}) untuk mencapai berat dari volume kering terbesar atau kepadatan maksimum.

Pada nilai kadar air yang rendah, untuk kebanyakan tanah, tanah cenderung bersifat kaku dan sulit untuk di padatkan. Setelah kadar air ditambah, maka tanah akan menjadi semakin lunak. pada nilai kadar air yang tinggi, maka berta volume akan berkurang. Apabila pada saat pemadatan seluruh udara di paksa keluar, maka tanah masuk pada kedudukan tanah jenuh dan nilai berat volume kering akan menjadi maksimum. Namun, dalam praktik kondisi ini sulit untuk dicapai.

Kemungkinan berat volume kering maksimum akan dinyatakan sebagai berat volume kering dengan tanpa rongga udara atau berat volume kering saat menjadi jenuh (γ_{zav}), dapat dihitung dengan persamaan:

$$\gamma_{zav} = \frac{G_s \gamma_w}{1 + w G_s} \dots \dots \dots (2.11)$$

Karena pada saat jenuh ($S = 1$) dan $w G_s$, maka:

$$\gamma_{zav} = \frac{G_s \gamma_w}{1 + e} \dots \dots \dots (2.12)$$

dimana,

γ_{zav} = berat volume pada kondisi *zero air void*

γ_w = berat volume air

e = angka pori

G_s = berat spesifik butiran pada tanah

Berat volume kering (γ_d) setelah pemadatan kadar air w dengan kadar udara (*air content*), A ($A = V_a/V = \text{volume udara/volume total}$) dapat

dihitung dengan persamaan:

$$\gamma_d = \frac{G_s(1-A)\gamma_w}{1+wG_s} \dots\dots\dots (2.13)$$

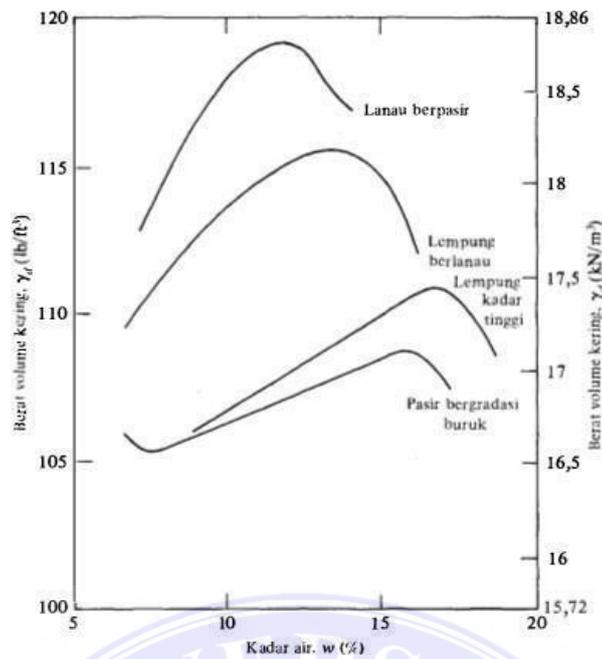
Spesifikasi yang diberikan untuk uji proctor menurut ASTM dan juga AASHTO dengan volume cetakan sebesar 1/30 ft³ dan dengan jumlah tumbukan sebanyak 25 kali per lapisan pada umumnya dipakai untuk tanah-tanah berbutir halus yang lolos ayakan amerika no.4. Sebenarnya, pada masing-masing ukuran cetakan masih memiliki 4 metode lain yang disarankan, yang dibedakan oleh ukuran cetakan, jumlah tumbukan per lapis, dan juga dari ukuran partikel tanah maksimum pada agregat tanah yang dipadatkan.

2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Hasil Pemadatan

Pada sub-sub yang terdahulu ditunjukkan bahwasanya kadar air ini mempunyai pengaruh yang besar terhadap tingkat kepadatan yang dapat dicapai oleh suatu tanah. faktor yang sangat mempengaruhi kepadatan tanah adalah jenis tanah dan usaha pemadatan.

1. Pengaruh jenis tanah

Jenis tanah, seperti distribusi ukuran butiran, bentuk butiran tanah, berat jenis dan macam mineral yang terdapat didalam tanah sangat berpengaruh pada berat volume maksimum dan juga kadar air optimumnya. Gambar 2.7 memperlihatkan kurva dari pemadatan yang diperoleh dari beberapa maca tanah, yang diuji menurut prosedur pemadatan ASTM *Test Designation D – 698*.

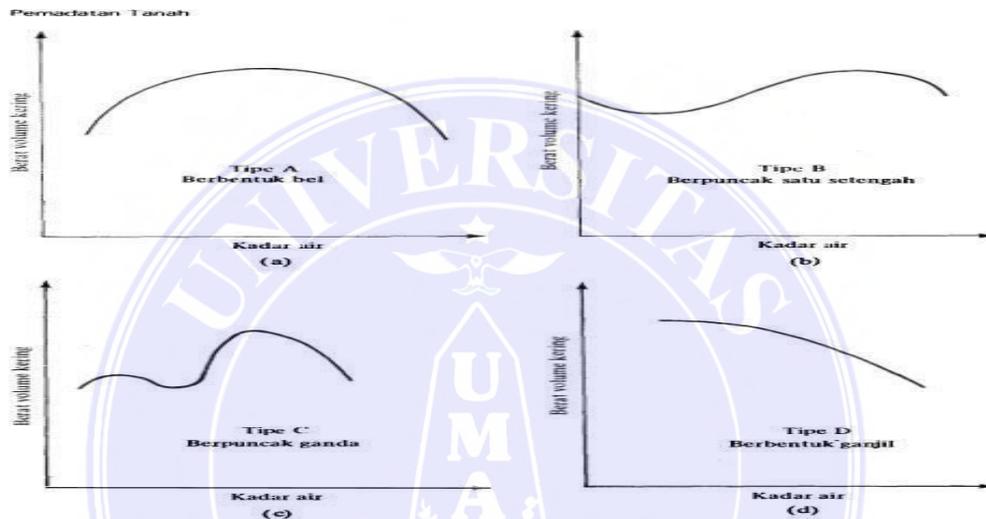


Gambar 2.5 Bentuk umum kurva pemadatan untuk empat jenis tanah (ASTM D-698)

Gambar 2.5 memperlihatkan bentuk umum dari kurva pemadatan untuk empat jenis (ASTM D-698). Kurva pemadatan ini berbentuk seperti bel ini adalah umum terdapat pada hampir semua tanah ekspansif. pada tanah pasir, harga berat volume kering cenderung menurun karena naiknya kadar air, kemudian akan naik sampai mencapai harga maksimum dengan penambahan kadar air lebih lanjut. Penurunan berat volume pada awal kurva disebabkan oleh pengaruh peristiwa kapiler yang terdapat pada tanah. pada kadar air yang lebih rendah, adanya tegangan tarik kapiler terhadap pori tanah dapat mencegah kecenderungan partikel tanah untuk bergerak bebas untuk menjadi lebih padat. Kemudian, tegangan kapiler ini akan berkurang dengan bertambahnya kadar air sehingga partikel akan mudah bergerak dan akan menjadi semakin dekat.

Pada pemadatan untuk 35 jenis tanah, hasilnya terdapat beberapa perbedaan bentuk kurva pemadatan. Kurva tipe A (Gambar 2.6), adalah kurva yang mempunyai satu puncak. Tipe ini biasanya ditemukan pada tanah-tanah yang

mempunyai batas cair 30 dan 70. Kurva tipe B ini memiliki bentuk seperti huruf S pada arah mendatar. Kurva tipe C memiliki dua puncak. Kurva tipe B dan C adalah kurva pemadatan yang dapat diperoleh pada tanah yang memiliki batas cair (LL) kurang dari 30. Kurva tipe D adalah kurva yang tidak mempunyai puncak. Tipe ini disebut sebagai bentuk ganjil. Kurva C atau D dapat terjadi pada pemadatan tanah dengan batas cair (LL) lebih besar daripada 70.



Gambar 2.6 Berbagai macam tipe kurva pemadatan yang sering dijumpai pada tanah

2. Pengaruh Usaha Pemadatan

Energi pemadatan per volume satuan E_d dinyatakan oleh persamaan:

$$E = \frac{N_b N_l W H}{V} \dots \dots \dots (2.14)$$

dengan:

N_b = jumlah pukulan per lapis

N_l = jumlah lapisan

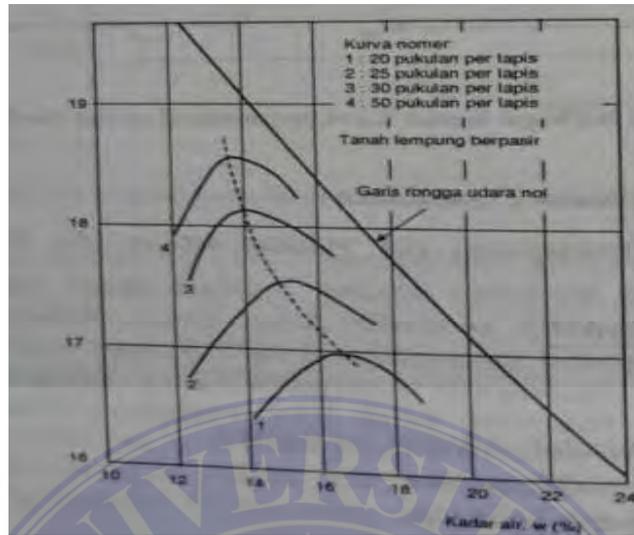
W = berat pemukul

H = tinggi jatuh pemukul

V = volume mould

Pada uji standar proctor:

$$E = \frac{(25)(3)(5,5)(1)}{\left(\frac{1}{30}\right)} (ft^3 (592,5 \text{ kJ/m}^3)) \dots \dots \dots (2.15)$$



Gambar 2.7 Pengaruh energi pemadatan pada hasil pemadatan lempung berpasir

Apabila nilai satuan pemadatan dari volume E berubah, maka bentuk kurva hubungan kadar air terhadap berat volume kering juga akan ikut berubah. pada Gambar 2.7 diperlihatkan hasil dari uji pemadatan tanah lempung berpasir dengan *mould* dari standar Proctor. Jumlah pada saat pemadatan di dalam *mould* sama, yaitu memiliki 3 lapisan, namun jumlah pukulannya berbeda-beda, yaitu antara 20 sampai dengan 50 kali pukulan. Besarnya energi pemadatan dapat dihitung dengan persamaan (2.15) dan hasilnya dapat diperlihatkan dari Tabel 2.4

No. Kurva Pada Gambar 2.9	Jumlah Pukulan per lapisan (NB)	Energi (Pemadatan) (ft-lb/ft ³)
1	20	9900
2	25	12375
3	30	14850
4	50	24750

Tabel 2.4 Hitungan energi pemadatan

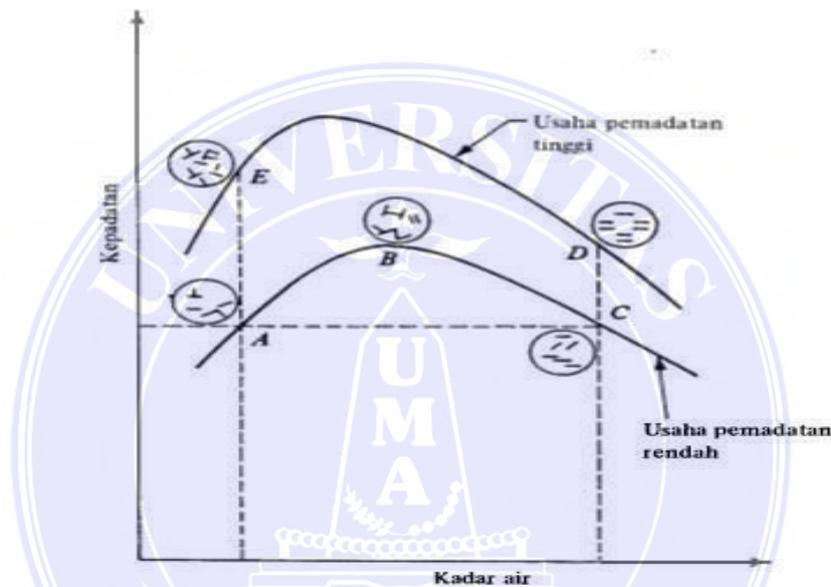
Spesifikasi yang diberikan untuk uji Proctor menurut ASTM dan juga AASHTO dengan volume cetakan $1/30 \text{ ft}^3$ dan jumlah tumbukan 25 kali per lapisan. biasanya dipakai untuk tipe tanah halus yang lolos ayakan amerika No.4, Sebenarnya, pada masing-masing ukuran cetakan masih ada empat metode lain yang disarankan, dengan ukuran cetakan yang berbeda-beda, jumlah tumbukan per lapisan, dan juga kuran partikel tanah maksimum ada agregat tanah yang dipadatkan.

3. Sifat-sifat Tanah Lempung Dipadatkan

Sifat-sifat teknis tanah lempung setelah pemadatan bergantung pada cara atau usaha pemadatan, macam tanah, dan kadar airnya. Pada usaha pemadatan yang lebih besar diperoleh kepadatan yang lebih tinggi. Biasanya, posisi kadar air tanah yang dipadatkan, didasarkan pada posisi-posisi kadar air sisi kering optimum (*dry side of optimum*), dekat optimum atau optimum, dan sisi basah optimum (*wet side of optimum*). Kering optimum didefinisikan sebagai kadar air yang lebih dari kadar air optimumnya. Demikian juga dengan dekat optimum atau optimum, yang berarti kadar air yang kurang lebih mendekati optimumnya

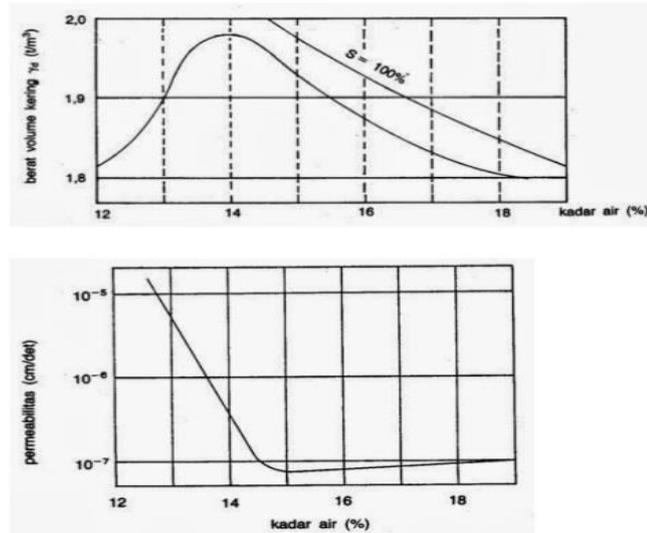
Penyelidikan padatanah lempung yang dipadatkan memperlihatkan bahwa bila lempung dipadatkan pada kering optimum, susunan tanah akan tidak bergantung pada macam pemadatannya (Seedan Chan,1959). Pemadatan tanah dengan kadar air pada basah optimum akan mempengaruhi susunan, kuat geser serta sifat kemampuan tanah. Pada usaha pemadatan yang sama, dengan penambahan kadar air, penyesuaian susunan butiran menjadi bertambah. Pada kering optimum, tanah selalu terflokulasi. Sebaliknya, pada basah optimum

susunan tanah menjadi terdispersi beraturan. Dalam Gambar 2.10 susunan tanah pada titik C lebih teratur daripada A. Jika usaha pemadatan ditambah, susunan tanah cenderung untuk lebih beraturan penyesuaiannya, bahkan berlaku juga pada kondisi kering optimum. Dengan melihat Gambar 2.10, contoh dalam titik E lebih teratur daripada titik A, sedang pada kondisi basah optimum, susunan pada titik D akan lebih teratur dari pada titik C.



Gambar 2.8 Pengaruh pemadatan pada struktur tanah lempung

Permeabilitas tanah berkurang dengan penambahan kadar air pada usaha pemadatan yang sama, dan mencapai minimum pada kadar air optimumnya. Jika usaha pemadatan ditambah, koefisien permeabilitas berkurang, karena angka pori berkurang. Perubahan permeabilitas ini bersama-sama dengan pembentukan kadar air, ditunjukkan oleh gambar Gambar 2.11. terlihat bahwasanya permeabilitas tanah lebih tinggi apabila tanah dipadatkan pada basah optimum.



Gambar 2.9 Perubahan permeabilitas dengan kadar air yang diberikan

Kompresibilitas atau sifat mudah mampat lempung yang dipadatkan adalah fungsi dari tingkat tekanan yang dibebankan pada tanah. Pada tingkat tekanan yang relatif rendah, lempung yang dipadatkan pada basah optimum akan mempunyai sifat lebih mudah mampat atau kompresibel. Sedang pada tingkat tekanan yang tinggi adalah kebalikannya (tidak mudah mampat). Pengurangan angka pori yang lebih besar terjadi pada tanah yang dipadatkan basah optimum untuk penambahan tekanan yang diterapkan.

2.1 CBR (*California Bearing Ratio*)

Lapisan tanah yang dipakai sebagai sub-base atau sub-grade suatu konstruksi jalan pada umumnya memerlukan proses pemadatan agar mampu menerima beban yang sudah direncanakan. Salah satu cara mengukur kekokohan (*bearing*) lapisan suatu tanah adalah pengujian CBR (*California Bearing Ratio*).

CBR (*California Bearing Ratio*) adalah suatu perbandingan antarabeban percobaan (*test load*) dengan menggunakan beban standar (*standar load*) dan dinyatakan dalam sebuah persentase. CBR juga merupakan perbandingan antara

bahan penetrasi suatu bahan terhadap beban standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama.

Agar lebih jelas dapat dinyatakan dengan persamaan

$$CBR = \frac{P_T}{P_S} \times 100 \dots\dots\dots (2.16)$$

Dalam hal ini:

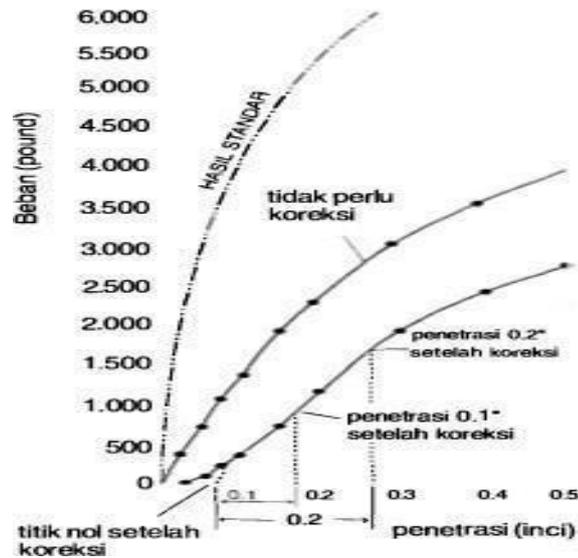
P_T = beban percobaan (*test load*) P_S

= beban standar (*standard load*)

Harga dari CBR adalah suatu nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar seperti batu pecah yang memiliki nilai CBR sebesar 100% dalam memikul beban lalu lintas.

Tabel 2.5 Beban standar yang dipakai untuk percobaan CBR

Penetrasi Pluyer (in)	Beban Standar (ib)	Penetrasi Plunyer (mm)	Beban Standar (kg)	Beban Standar (Kn)
0,10	3.000	2.50	1.370	13.50
0,20	4.500	5.00	2.055	20.00
0,30	5.700	7.50	2.630	25.50
0,40	6.900	10.00	3.180	31.00
0,50	7.800	12.50	3.600	35.00



Gambar 2.10 Hasil Percobaan CBR

Prinsip dasar dari pengujian CBR ini adalah untuk membandingkan beban (gaya) yang diperlukan untuk menekan tolak dengan luas penampang 3 inci² kedalam suatu lapisan perkerasan sedalam 0,1 inch (2,54mm) atau 0,2 inch (5,08 mm) dengan beban standar. Oleh karena itu, kekokohan lapisan dinyatakan kedalam “kekokohan relatif” atau persen kekokohan. Besarnya beban standar penetrasi 0,1 inch adalah 3000 lbs (pound) atau sekitar 1350 kg, sedangkan besarnya beban standar untuk sebuah penetrasi 0,2 inch adalah 4500 lbs atau 2025kg.

Suatu hal yang harus diingat bahwasany apengujian CBR ini hanya mengukur kekokohan relatif dari sebuah lapisan permukaan tanah, karena diameter penampang torak yang digunakan hanya sekitar 4,96 cm, sehingga daerah (volume) lapisan tanah dibawah torak yang terpengaruh tekanan (*stress bulb*) hanya dipermukaan saja.

Pada mulanya metode CBR ini diciptakan oleh O.J. Porter, kemudian setelah itu dikembangkan lagi oleh *California Stage Highway Departement*, namun kemudian, dikembangkan dan dimodifikasi lagi oleh corp insinyur- insinyur tentara Amerika.

Serikat (*U. S. Army Corps of Engineers*) Metode ini mengkombinasikan percobaan pembebanan dilaboratorium ataupun dilapangan dengan renca empiris (*empirical design chart*) untuk menentukan tebal dari lapisan perkerasannya. Hal ini digunakna juga untuk metode perancangan perkerasan lentur (*flexibel pavement*) jalan raya dan lapangan terbang.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

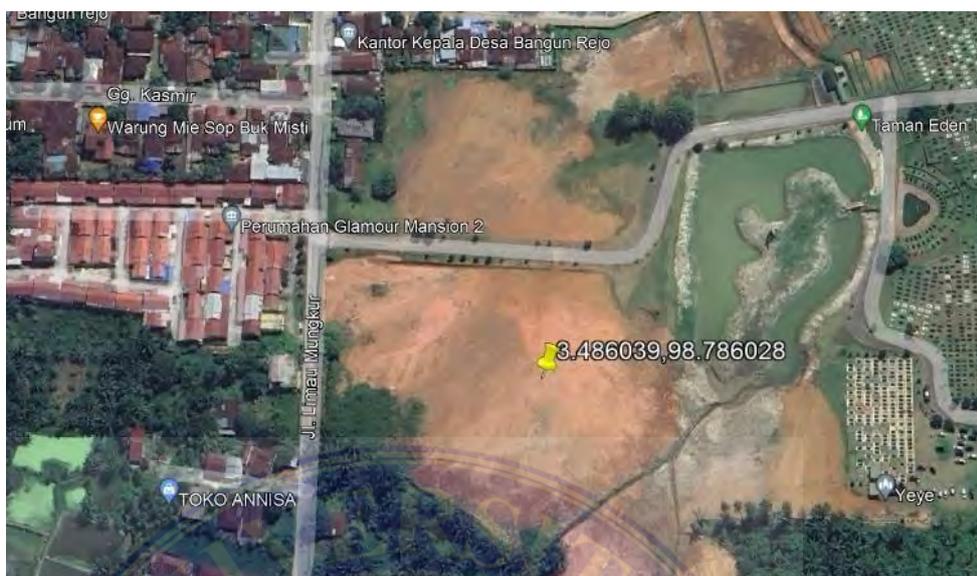
3.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

Bahan yang digunakan adalah sampel tanah ekspansif yang diambil dari jln. Pendidikan, Tanjung Selamat, Medan. dan juga Kapur yang digunakan berasal dari Pabrik Penggilingan Batu Kapur Sunggal. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental, yakni melalui pengujian di Laboratorium.

Pada pengujian ini, tanah yang diuji adalah tanah ekspansif yang telah dicampur dengan kapur. Pada proses penelitian ini, dilakukan pemeraman agar dapat mengetahui perubahan yang terjadi akibat oleh proses kimia antara tanah ekspansif, kapur dan air. Cara perawatan yang dilakukan terhadap benda uji adalah perawatan kering dimana sampel dibungkus dengan plastik transparan pada suhu kamar, yang diharapkan tidak terjadi terlalu banyak perubahan pada kadar airnya.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah Unika (Universitas Khatolik), Medan.

3.2 Lokasi Penelitian



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

Sumber : google earth, 2023

3.3 Teknik Pengambilan Data

1. Teknik Dokumentasi

Teknik dokumentasi ini dilakukan dengan cara foto atau gambar, serta data-data pendukung lainnya seperti referensi pada buku dan juga jurnal yang berisikan tentang dasar teori serta rumus-rumus yang digunakan dalam penelitian ini.

2. Teori Observasi

Teknik observasi ini adalah pengamatan dan pencatatan secara sistematis mengenai gejala yang tampak pada obyek penelitian. Teknik observasi dalam penelitian ini adalah pengujian di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Khatolik, Medan.

3.4 Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dimana mahasiswa melakukan suatu percobaan tentang suatu hal. Mengamati bagai mana proses dan juga setelah itu mencatat hasil percobaannya. Penelitian ini melakukan uji laboratorium yang meliputi:

1. Penentuan Kadar Air (*Water Content*), yang bertujuan untuk menentukan kadar air yang terkandung didalam contoh tanah yang digunakan. sesuai dengan (ASTM D 2216 – 71)

$$W_c = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\% \dots\dots\dots (3.1)$$

2. Penentuan Specific Gravity (*G_s*), yang bertujuan untuk menentukan berat jenis contoh tanah yang digunakan. Sesuai dengan (ASTM D 2937 – 83)

$$W_s = \frac{W_s}{w_w} \dots\dots\dots (3.2)$$

3. Penentuan Batas-batas Atterberg yang meliputi batas cair, dan batas plastis tanah sehingga mendapat nilai IP (*Indeks Plasticity*).

- Batas Cair untuk menentukan besarnya kadar air didalam contoh tanah fase tanah akan berubah dari tanah menjadi plastis dan juga sebaliknya. sesuai dengan (ASTM D 2216 – 80)
- Batas Plastis untuk menentukan besarnya kadar air didalam contoh tanah pada saat tanah akan berubah dari fase plastis menjadi fase semipadat atau sebaliknya. sesuai dengan (ASTM D 2216 – 80)

4. Uji Standard Proctor (*Pemadatan Tanah*), untuk mendapatkan kepadatan tanah maksimum pada energi yang standard, dengan jalan memberikan kadar air yang optimum. sesuai dengan (ASTM D 3441-86)

$$\gamma_{zav} = \frac{\gamma_{wet}}{1 + w_c} \dots\dots\dots (3.6)$$

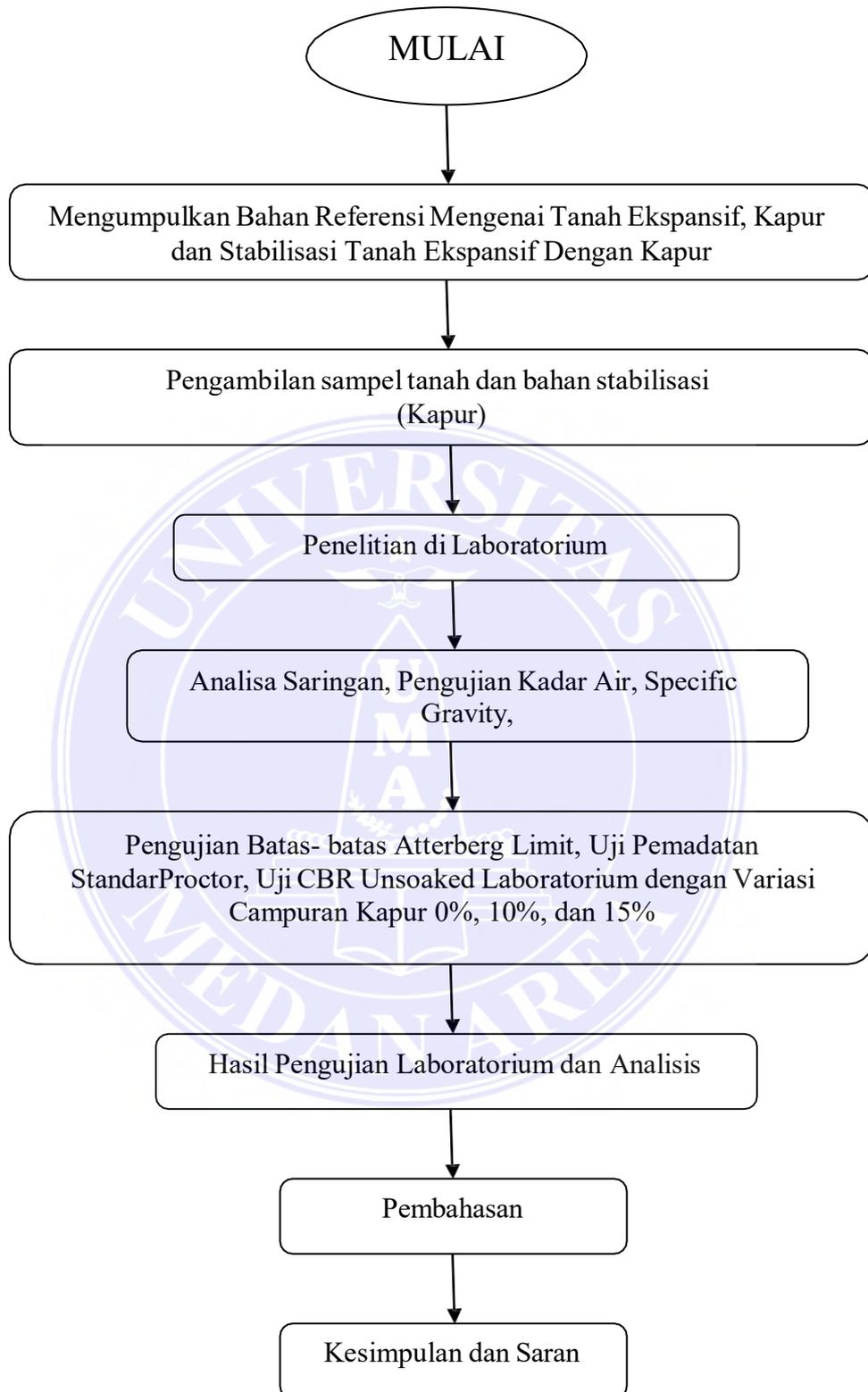
5. Uji CBR (*California Bearing Ratio*), yang bertujuan untuk menentukan kekokohan permukaan lapisan tanah yang umumnya akan dipakai sebagai sub-base (*urugan*) atau sub-grade (*lapisan tanah dasar*).

$$CBR_{0,1"} = \frac{\text{Gaya pada penetrasi } 0.1" \text{ [lbs]}}{3000} \times 100\% \dots\dots\dots (3.7)$$

Atau dengan perumusan

$$CBR_{0,2"} = \frac{\text{Gaya pada penetrasi } 0.2" \text{ [lbs]}}{4500} \times 100\% \dots\dots\dots (3.8)$$

3.1.2 Kerangka Berfikir



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan dari data dan juga uji laboratorium yang telah dianalisa mengenai stabilisasi tanah ekspansif dengan menggunakan bahan tambah kapur terhadap nilai CBR nya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

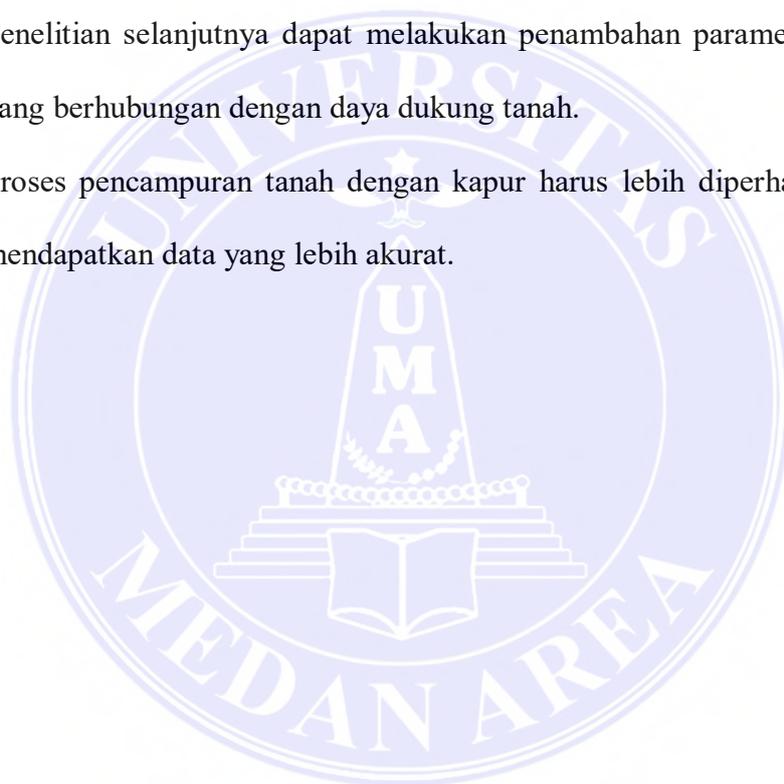
1. Klasifikasi tanah di desa jln. Pendidikan, Tanjung Selamat, Medan.
 - a. Jenis Tanah : Lempung Ekspansif
 - b. Tanah Dasar : Sedang sampai buruk
 - c. *AASHTO* : Sub Kelompok A – 7 – 6 (Nilai plastis < 30)
 - d. *USCS* :Kelompok CL atau tanah lempung an-organik berplastisitas sedang
2. Pengaruh dari penambahan variasi kapur terhadap tanah yang sudah distabilisasi didapatkan nilai CBR sebagai berikut:
 - a. Tanah Asli + 0% Kapur : 60,88%
 - b. Tanah Asli + 10% Kapur : 65,55%
 - c. Tanah Asli + 15% Kapur : 67,39%

Dari data diatas menunjukkan bahwa penambahan bahan stabilisasi menggunakan kapur dolomit nilai CBR pada tanah mengalami peningkatan pada pencampuran 15% bahan stabilisasi kapur dolomit yang digunakan. Semakin tinggi penambahan kapur maka daya dukung tanah mengalami peningkatan dan tidak mengalami penurunan. maka kapur dolomit dapat digunakan untuk bahan stabilisasi tanah ekspansif.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya dapat mencoba memvariasikan persentase bahan tambah kapur untuk mendapatkan nilai optimumnya.
2. Penelitian selanjutnya dapat memvariasikan bahan tambah kapur dengan bahan tambah yang lain
3. Penelitian selanjutnya dapat melakukan penambahan parameter pengujian yang berhubungan dengan daya dukung tanah.
4. Proses pencampuran tanah dengan kapur harus lebih diperhatikan untuk mendapatkan data yang lebih akurat.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdhul, Yusuf. "Teknik Pengambilan Sampel Penelitian: Macam & Penjelasan." *17 Maret 2023*. Last modified 2023. <https://deepublishstore.com/blog/teknik-pengambilan-sampel/>.
- Asdak, Chay. *Hidrologis Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, n.d.
- Bowles, J. E. *Sifat-Sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 1984.
- Darwis, H. *Dasar-Dasar Teknik Perbaikan Tanah*. Yogyakarta: Pustaka AQ, 2017.
- Das, B. M. *Dasar-Dasar Analisis Geoteknik*. Semarang: IKIP Semarang Press, 1988.
- Fishal., Gusrizal., Hanafiah. "Stabilisasi Tanah Lempung Campur Kapur Dan Abu Sekam Padi Berdasarkan Uji CBR Laboratorium." *Jurnal Teknik* 1, no. 3 (2018).
- Hardiyatmo, H.C. *Mekanika Tanah I. Dalam: Mekanika Tanah I*. Jakarta: Gramedia Pustaka Umum, 1999.
- . *Mekanisme Tanah I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2006.
- . *Stabilitas Tanah Untuk Perkerasan Jalan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2010.
- Hasanah, H. "Teknik-Teknik Observasi (Sebuah Alternatif Metode Pengumpulan Data Kualitataif Ilmu-Ilmu Sosial)." *At-Taqaddum* 8 No. 1 (2017).
- Indrasurya, B. Mochtar, and Noor Endah dan Braja M. Das. *Mekanika Tanah (Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Surabaya: Erlangga, 2017.
- Manik, Tumiar Katarina. *Klimatologi Dasar, Unsur Iklim Dan Proses*

Pembentukan Iklim. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2014.

Pradana, Rangga. “Peran Majelis Ulama Indonesia Dalam Pemberian Sertifikat Halal Pada Produk Makanan.” Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 2019.

Ranggaesa, Riota Abeng, Zaika Yulvia, and Suroso. “Pengaruh Penambahan Kapur Terhadap Kekuatan Dan Pengembangan (Swelling) Pada Tanah Lempung Ekspansif Bojonegoro.” *Jurnal Jurusan Teknik Sipil* (n.d.).

Riyadi, E.W., and B. Siswanto. “Pengaruh Penambahan Pasir Dan Kapur Untuk Stabilitas Tanah Lempung Sebagai Subgrade Jalan Raya.” Universitas Islam Indonesia, 2004.

Rokhman., Sutiono, and P.A. W., Putra. “Uji Eksperimental Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Menggunakan Pasir Dan Kapur.” *Jurnal Teknik Sipil* 5, no. 2 (2019).

Setyo, Budi Gogot. *Pengujian Tanah Di Laboratorium*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2011.

Sitomorang, Bachtiar Efendi. “Pengaruh Waktu Pemeraman Dengan Menambahkan Kapur Sebagai Bahan Additive Pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai CBR Tanah.” Universitas Medan Area, 2018.

Sudjianto, Agus Tugas. *Tanah Ekspansif Karakteristik Dan Pengukuran Perubahan Volume*. Jawa Timur: Graha Ilmu, 2015.

Tri, Hatmoko John. “Tanah Lempung Ekspansif Yang Distabilisasi Dengan Abu Ampas Tebu Dan Kapur.” *Jurnal Teknik Sipil* 8, no. 64 (22007).

Utami, G.S., MCA, T., and L.D. Andriani. “Stabilisasi Tanah Dasar (Subgrade) Dengan Menggunakan Pasir Untuk Meningkatkan Nilai CBR Dan Menurunkan Swelling.” *Jurnal Teknik Sipil* (2015).

Widianti, Anita. "Peningkatan Nilai CBR Laboratorium Rendaman Tanah Dengan Campuran Kapur, Abu Sekam Padi Dan Serat Karung Plastik." *Jurnal Ilmiah Semesta Tenika* 12, no. 2 (2009).

