

**PENGARUH WAKTU PEMERAMAN DENGAN PENAMBAHAN
KAPUR SEBAGAI BAHAN ADDITIVE PADA TANAH
LEMPUNG EKSPANSIF TERHADAP NILAI**

CBR TANAH

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil

Universitas Medan Area

Disusun Oleh :

BAHTIAR EFENDI SITUMORANG

11.811.0024



PROGRAM STUDY TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

2018

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan karya tulis saya sendiri. Adapun bagian - bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dan karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulis karya ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi - sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, Juli 2018



(Balmier Efendi Situmorang)

11 811 0024

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH WAKTU PEMERAMAN DENGAN PENAMBAHAN KAPUR SEBAGAI BAHAN ADDITIVE PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF TERHADAP NILAI CBR TANAH

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan

Ujian Sarjana Teknik Sipil

BAHTIAR EFFENDY SITUMORANG

11.811.0024

Disetujui Oleh :

Pembimbing I .

(Ir.Nuril Mahda Rangkuti, MT)

Pembimbing II

(Ir.Amshardiman, MT)

Mengetahui :

Dekan



(Prof. Armansyah Ginting, M.Eng.)

Ka. Prodi Studi



(Ir. Kurniawan, MT)

ABSTRAK

Tanah merupakan elemen penting dari struktur bawah sebuah konstruksi, sehingga tanah harus mempunyai daya dukung yang baik. Namun kenyataan di lapangan banyak ditemukan tanah yang memiliki daya dukung yang rendah, sehingga perlu untuk melakukan stabilisasi tanah dengan kapur. Penelitian bertujuan untuk menentukan persentase yang efektif dalam penambahan kapur dan pengaruh penambahan kapur terhadap perubahan sifat fisis tanah dari segi nilai CBR (*California Bearing Ratio*) terhadap lama waktu pemeraman. Penelitian ini dilakukan di laboratorium, dengan melakukan pengujian sifat-sifat fisis tanah dan kuat dukung tanah (CBR) dengan variasi penambahan kapur 1%, 3%, dan 5% dengan lama pemeraman 0, 4, 7 dan 14 hari. Pengujian sampel dilakukan dengan dua perlakuan yaitu sampel tanah diperam dulu baru dipadatkan dan sampel di padatkan dulu baru diperam. Dari hasil penelitian didapat nilai CBR terbesar terjadi pada variasi penambahan kapur 5 % dengan lama waktu pemeraman 14 hari dengan benda uji tanah dipadatkan terlebih dahulu baru dilakukan pemeraman yaitu sebesar 43,43%, hal ini disebabkan campuran tanah dengan kapur tersebut telah memadat sebelum sempat terjadi penggumpalan, rongga antar partikel tanah juga menjadi padat, sehingga kekuatan pun meningkat. Dari hasil nilai California Bearing Ratio dapat terlihat bahwa penambahan kapur kuarsa pada tanah lempung menunjukkan peningkatan nilai California Bearing Ratio pada tanah lempung.

Kata Kunci : CBR, Stabilisasi Kapur, Waktu Pemeraman

ABSTRACT

The soil is an essential element of a structure under construction so that the soil should have a good carrying capacity. But the fact the field is found soil that has the low bearing capacity, so it is necessary to conduct soil stabilisation with lime. The study aims to determine the percentage that is effective in adding lime and the effect of adding lime to the soil physical properties change in terms of the value of CBR (California Bearing Ratio) to the long curing time. This research was conducted in the laboratory, by testing the physical properties of soil and the strong support of land (CBR) with the addition of lime variation of 1%, 3%, and 5% by long curing 0, 4, 7 and 14 days. Tests were conducted with two treatments, soil samples were cured first and then compacted and samples were pressed first and brooded. The result is the value of CBR. %. From the results of the value of the California Bearing Ratio can be seen that the addition of sand quarsa on soil clays showed an increase in the value of the California Bearing Ratio in soil clays.

Keywords : *CBR, Stabilisation Lime, Curing Time*

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah yang memberikan kesehatan dan menyertai penulis hingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Terpujilah Dia sekarang sampai selamanya.

Penulisan Tugas akhir ini merupakan persyaratan bagi penulis untuk dapat melaksanakan Sidang Sarjana di Universitas Medan Area Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil. Dalam penulisan ini, penulis mengambil judul,

“Pengaruh Waktu Pemeraman Dengan Penambahan Kapur Sebagai Bahan Additive Pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Cbr Tanah”. Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini belum sempurna, baik dalam penulisan maupun isinya. Hal ini disebabkan karena keberadaan penulis yang masih perlu bimbingan, untuk itu penulis menerima kritikan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini.

Dalam kesempatan ini penulis mendedikasikan skripsi ini kepada kedua orang tua saya, yang telah menjadi inspirasi saya dalam menjalani kehidupan ini sampai saya bisa menyelesaikan perkuliahan ini dan memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil. Dan tak lupa pula saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada ayah saya Saur Situmorang dan ibu saya Tiroin br Sianturi yang mendidik saya serta memberikan dorongan baik berupa material

maupun moril dalam penyelesaian skripsi ini. Dan tak lupa pula saya juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan M.Eng, M.Sc, selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Prof. Dr. Armansyah Ginting, M.Eng, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis MT, Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area.
4. Ibu Ir. Nuril Mahda Rangkuti MT, selaku dosen pembimbing I dan Bapak Ir. Amsuardiman MT, selaku dosen pembimbing II, Yang membimbing saya dengan pengertian, kesabaran, dan sangat memberikan masukan serta bersedia meluangkan waktunya dalam membimbing, memotivasi, membantu, serta mengarahkan penulis dalam menyusun skripsi ini sehingga skripsi ini dapat selesai dalam waktu yang diharapkan penulis.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen pada Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area.
6. Para pegawai Fakultas Teknik khususnya Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area.
7. Ayah Handa S. Situmorang dan Ibu tercinta T. br Sianturi penulis yang telah bersusah payah membantu penulis memberikan dorongan semangat serta finansial sehingga laporan ini dapat penulis selesaikan

8. Semua rekan-rekan SIPIL 11 yang telah memberikan semangat dan bantuan untuk menyelesaikan skripsi ini serta teman-teman yang tidak dapat saya sebutkan namanya satu per satu.
9. Buat adek-adek stambuk yang lagi pada menyusun Tugas Akhir semoga cepat selesai dan tetap semangat ya dek, dan teman-teman teknik sepejuangan yang lagi berjuang ayo tetap semangat, serta adek stambuk yang masih pada kuliah semoga dapat prestasi yang bagus.
10. Buat Abang Kamser Julianto Situmorang, Kakak Sry Hartaty br Situmorang, abang Maruba Sahat Tua Situmorang ST, kakak Maria Anjelika br Situmorang, Rendy Syaputera Situmorang terimakasih telah ikut serta memberikan dorongan dan motivasinya selama ini, serta buat Yulinar Ristanti br Tambunan Am-keb yang telah ikut serta membantu dalam bentuk moril sarta doa yang luar biasa.

Yang selama ini telah Membantu saya dalam proses penyelesaian penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang memberikan bimbingan dan bantuan baik dalam bentuk materil, moral dan spiritual.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan terutama dibidang Teknik Sipil.

Penulis,

(Bahtiar Efendi Situmorang)

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| ABSTRAK | i |
| ABSTRACT..... | ii |
| KATA PENGANTAR..... | iii |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR TABEL..... | ix |
| DAFTAR GAMBAR..... | x |
| BAB I PE NDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Maksud dan Tujuan | 4 |
| 1.3. Rumusan Masalah | 4 |
| 1.4. Batasan Masalah..... | 4 |
| 1.5. Metodologi Penelitian | 5 |
| 1.6. Sistematika | 6 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 9 |
| 2.1. Umum | 9 |
| 2.2. Sistem Klasifikasi Tanah..... | 10 |
| 2.2.1. Sistem Klasifikasi <i>Unified</i> | 11 |
| 2.3. Sifat Fisik Tanah..... | 13 |
| 2.3.1. Hubungan antara Butiran, Air dan Udara dalam Tanah..... | 13 |
| 2.3.2. Berat Spesifik (<i>Specific Gravity, G_s</i>)..... | 18 |
| 2.3.3. Konsistensi Tanah..... | 19 |

| | |
|---|-----------|
| 2.4. Sifat-Sifat Umum Mineral Lempung..... | 20 |
| 2.5. Pemasatan Tanah..... | 25 |
| 2.5.1. Uji Proctor Standar..... | 27 |
| 2.7. Kadar Air Optimum..... | 28 |
| 2.8. Stabilisasi Tanah Lempeng Sebagai <i>Subgrade</i> dengan Menggunakan Bahan Aditive Kapur..... | 29 |
| 2.8.1. Persyaratan Material Tanah..... | 30 |
| 2.8.2. Proses Pemeraman..... | 31 |
| 2.8.3. Kapur untuk Stabilisasi..... | 31 |
| 2.8.4 . Proses Kimia Stabilisasi Tanah dengan Kapur..... | 32 |
| 2.9. Batas-Batas Atterberg..... | 33 |
| 2.9.1. Batas Cair (<i>Liquid Limit</i>)..... | 34 |
| 2.9.2. Batas Plastis (<i>Plastic Limit</i>)..... | 34 |
| 2.9.3. Indeks Plastisitas (<i>Plasticity Index</i>)..... | 34 |
| 2.10. Pengujian Pemasatan Tanah (<i>Proctor Standar</i>)..... | 35 |
| 2.11. Percobaan CBR (<i>Unsoaked</i>)..... | 35 |
| 2.11.1. Pengukuran CBR..... | 36 |
| 2.12.2.CBR Laboratorium..... | 37 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 38 |
| 3.1. Persiapan Penelitian..... | 38 |
| 3.2. Pekerjaan Lapangan..... | 38 |
| 3.2.1. Sempel Tanah Terganggu (<i>Disturbed</i>)..... | 39 |
| 3.2.2. Peralatan..... | 39 |
| 3.2.3. Bahan Uji..... | 40 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2.4. Pekerjaan Laboratorium..... | 40 |
| 3.2.5. Sampel Uji..... | 41 |
| 3.3. Pemeriksaan <i>Properties</i> Tanah Asli..... | 42 |
| 3.3.1. Pemeriksaan <i>Besic Properties</i> Tanah Asli..... | 42 |
| 3.3.2. Pengujian Berat Jenis Tanah (Specific Gravity)..... | 43 |
| 3.3.3. Analisa Hidrometer dan Hidrometer..... | 44 |
| 3.3.4. Percobaan Atterberg Limit..... | 45 |
| 3.4. Pemeriksaan <i>Engineering Propertis</i> Tanah Asli..... | 46 |
| 3.4.1. Percobaan Pematatan (<i>Proctor Standar</i>)..... | 46 |
| 3.4.2. Percobaan CBR Laboratorium..... | 48 |
| 3.4.3. Percobaan <i>Unconfined Compression Strenght</i> | 49 |
| 3.4. <i>Summary Laboratorium Test</i> | 51 |
| 3.5. Penentuan Presentase Kapur yang Dibutuhkan..... | 51 |
| 3.6. Penelitian pada tanah yang Distabilisasi dengan Kapur..... | 53 |
| 3.7. Pengujian batas-batas Konsistensi..... | 53 |
| 3.8. Pengjuan Pematatan (<i>Compection Test</i>)..... | 55 |
| 3.8.1. Percobaan BBR Laboratorium..... | 57 |
| 3.8.2. Percobaan <i>Unconfield Compression Strenght</i> | 60 |
| 3.1.2 Kerangka Berpikir..... | 62 |
| BAB IV HASIL PEMBAHASAN | 62 |
| 4.1. Karakteristik Tanah Lempeng setelah dicampur dengan kapur | 62 |
| 4.2. Karakteristik Plastisitas Lempung setelah Distabilisasi dengan kapur..... | 62 |

| | |
|--|-----------|
| 4.3. Pengaruh Penambahan Air Terhadap batas cair..... | 63 |
| 4.5. Pengaruh Penambahan Kapur pada Tanah Lempung terhadap Plasitas Tanah Dasar (<i>Subgrade</i>)..... | 67 |
| 4.6. Pengaruh Penambahan Kapur Terhadap Berat Isi Kering Maksimum dan Kadar Air Optimum Lempung..... | 68 |
| 4.7. Pengaruh Penambahan Kapur Terhadap Kekuatab dan Daya Dukung Tanah (<i>Clay</i>)..... | 71 |
| 4.7.1. Nilai CBR Laboratorium yang telah Distabilisasi dengan Kapur..... | 72 |
| 4.7.2. Nilai Kekuatan Tanah Beban (<i>Qu</i>) Lempung yang telah Distabilisasi Kapur..... | 72 |
| 4.8. Analisa dan Diskusi..... | 75 |
| 4.8.1. Sistem Klasifikasi Tanah(<i>Unified Soil Clasifikation System</i> <i>(USCS)</i>)..... | 75 |
| 4.8.2. Sistem Klasifikasi AASHTO..... | 76 |
| 4.8.3. Klasifikasih tanah yang telah dicampur Kapur..... | 78 |
| 4.8.4. Klasifikasih Stabilisasi Lempung dengan Kapur Terhadap Indeks Plastisitas, CBR , dan Kuat Tekan Bebas..... | 78 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | 80 |
| 5.1. Kesimpulan..... | 80 |
| 5.2. Saran..... | 81 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 83 |
| LAMPIRAN..... | x |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|--|----|
| Tabel 2.1 | Sistem Klasifikasi Unified | 12 |
| Tabel 2.2 | Sistem Klasifikasi AASHTO | 15 |
| Tabel 2.3 | Berat Spesifik Mineral-Mineral Penting | 19 |
| Tabel 2.4 | Klasifikasi Mineral Lempung Berdasarkan Nilai Aktivitasnya | 22 |
| Tabel 2.5 | Persyaratan Material Tanah | 30 |
| Tabel 2.6 | Perbandingan Antara Kapur Dengan tanah | 31 |
| Tabel 3.1 | Sampel Pegujian Untuk Tanah Asli | 41 |
| Tabel 3.2 | Sampel Pegujian Tanah Asli + Kapur | 41 |
| Tabel 3.3 | Hasil Percobaan Kadar Air Sampel | 42 |
| Tabel 3.4 | Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah | 43 |
| Tabel 3.5 | Hasil Analisa Ayakan | 44 |
| Tabel 3.6 | Hasil Percobaan Batas Plastis dan Batas Cair | 45 |
| Tabel 3.7 | Tabel Hasil Perobaan Pematatan | 47 |
| Tabel 3.8 | Hasil Percobaan CBR | 49 |
| Tabel 3.9 | Hasil Percobaan UCS Terhadap Sampel Tanah Asli | 50 |
| Tabel 3.10 | Summary Laboratorium Test Terhadap Tanah Asli | 51 |
| Tabel 3.11 | Hasil Pengujian Batas Cair dan Batas Plastis Penambahan Kapur dengan Waktu 5% dan Waktu Pemeraman 14 Hari ... | 54 |
| Tabel 3.12 | Nilai Konsistensi tanah Lempung Setelah Distabilis | 55 |

| | | |
|------------|---|----|
| Tabel 3.13 | Hasil Pegujian <i>Proctor</i> Standar Dengan Variasi Campuran 5%..... | 56 |
| Tabel 3.14 | Hasil Penelitian <i>Proctor</i> standart Terhadap Berbagai Variasi Penambahan Kapur | 57 |
| Tabel 3.15 | Hasil Pegujian CBR Laboratorium Variasi 5%. Dan Waktu Pemeraman 14 Hari..... | 58 |
| Tabel 3.16 | Hasil Penambahan CBR Laboratorium Dengan Variasi Penambahan Kapur | 59 |
| Tabel 3.17 | Hasil Pemeriksaan UCS Variasi Penambahan Kapur 5% Dengan Pemeraman 14 Hari | 60 |
| Tabel 3.18 | Hasil Penelitian Kekuatan Tekan Bebas dengan Berbagai Variasi Penambahan Kapur dan Waktu Pemeraman | 61 |
| Tabel 4.1 | Sifat-sifat Tanah Ditinjau Dari Nilai Indeks Plastisitas | 67 |
| Tabel 4.2 | Korelasi Indeks Uji dengan tingkat Pengembangan Menurut <i>Holtz</i> | 68 |
| Tabel 4.3 | Jenis Tanah <i>Unconfied Compresve Strenght</i> | 72 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 2.1. | (a) Elemen tanah dalam keadaan asli; (b) Tiga fase elemen tanah ... | 16 |
| Gambar 2.2 | Variasi Indeks Plastisitas dengan persen Fraksi Lempung..... | 22 |
| Gambar 2.3 | Grafik Hubungan Antara Persentase Butiran Lempung Dengan aktivitas..... | 24 |
| Gambar 2.4 | Grafik Berat Terhadap Satuan Kering Terhadap Kadar Air..... | 26 |
| Gambar 2.5 | Peralatan Yang Dipake Pada Pengujian Proctor | 27 |
| Gambar 2.6 | Kurva Hubungan Kadar Air Dengan Berat Volume Kering | 29 |
| Gambar 3.1 | Sampel Yang Sudah Diambil | 39 |
| Gambar 3.2 | Sampel Tanah dari PTPN II Patumbak | 39 |
| Gambar 3.3 | Perhitungan Kadar Air Pada Percobaan <i>Water Contest</i> | 42 |
| Gambar 3.4 | Perhitungan Berat Jenis Tanah | 43 |
| Gambar 3.5 | Kurva Kadar Air Optimum Dengan Berat Isi Kering | 46 |
| Gambar 3.6 | Persiapan Benda Uji Anterberd Limit dan Pengujian Liquit Limit...47 | |
| Gambar 3.7 | Grafik Beban Penurun | 49 |
| Gambar 3.8 | Grafik Penentuan Perkiraan Kapur Yang Dibutuhkan | 52 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 3.9 | Grafik Hubungan Antara Pukulan Dengan Pada Variasi Campuran 5% Dengan Waktu Pemeraman Selama 14 Hari | 54 |
| Gambar 3.10 | Grafik Hubungan Antara Berat Isi Kering Maksimum (MDD) Dengan Kadar Air Optimum (OMC) Pada Variasi 5% Kapur | 56 |
| Gambar 3.11 | Grafik HUBUNGAN Antara Beban Dan Penurunan Pada 56 Pukulan, Variasi Campuran 5% Kapur, Dan Wktu Pemeraman 14 Hari | 59 |
| Gambar 1.12 | Kerangka Berpikir Penelitian | 62 |
| Gambar 4.1 | Grafik Perbandingan Nilai Batas Cair Lempung Yang Telah Dicampur Dengan Kapur Bervariasi Kadar Kapur Dan Waktu Pemeraman | 63 |
| Gambar 4.2 | Grafik Perbandingan Nilai Batas Plastis Lempung Yang Telah Dicampur Dengan Kapur Berbagai Variasi Kadar Kapur Dan Waktu Pemeraman | 65 |
| Gambar 4.3 | Grafik Perbandingan Nilai Batas Plastis Lempung Yang Telah Dicampur Dengan Kapur Berbagai Variasi Kadar Kapur Dan Waktu Pemeraman selama 14 Hari | 66 |
| Gambar 4.4 | Hubungan Antara Presentase Kapur Dengan Berat Isi Kering Maksimum | 69 |
| Gambar 4.5 | Hubungan Antara Presentase Kapur Dengan Berat Isi Kering Optimum | 70 |
| Gambar 4.6 | Grafik Hubungan Antara Kadar Air Dengan Berat Isi Kering Dari masing-masing Presentase kapur | 71 |
| Gambar 4.7 | Perbandingan Nilai CBR Lempung Yang Dicampur Dengan Kadar Dengan Berbagai Variasi Kadar Kapur Dan Kadar Pemeraman | 72 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 4.8 | Grafik Perbandingan Nilai Kuat Bebas Maksimum Lempung Yang telah Dicampur dengan Kapur Berbagai Variasi Kadar Kapur dan Waktu Pemeraman..... | 73 |
| Gambar 4.9 | Klasifikasi Tanah Asli Menurut USCS..... | 76 |
| Gambar 4.10 | Klasifikasih Tanah Asli Menurut AASHTO..... | 77 |
| Gambar 4.11 | Perbandingan Pengaruh Kapur Terhadap Nilai Indeks Plastisitas CBR, Laboratorium, Dan Kuat Tekan Bebas Indeks Plastisitas,..... | 78 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Tanah merupakan elemen penting dari struktur bawah tanah konstruksi, baik untuk konstruksi bawah bangunan dan jembatan maupun konstruksi perkerasan jalan. Sehingga tanah harus mempunyai daya dukung yang baik untuk menahan beban yang akan dipikulnya. Namun kenyataan dilapangan banyak ditemukan tanah yang memiliki daya dukung yang rendah, hal ini dapat dipengaruhi oleh sifat tanah yang tidak memadai, misalnya kompreibilitas, premeabilitas, maupun plastisitasnya.

Kekuatan tanah dasar merupakan hal-hal yang sangat penting sehingga perlu melakukan stabilitas tanah dengan kapur. Hal ini dikarenakan stabilitas tanah kapur lebih cocok dengan waktu ikaan yang lebih lama, sehingga dapat menguntungkan bila terjadi penundaan pekerjaan yang lebih lama setelah pencampuran dan tidak ada resio berkurangnya kekuatan campuran oleh akibat pemadatan.

Perkembangan peradaban manusia telah mengalami kemajuan yang sangat signifikan sejak seribu tahun terakhir, termaksud juga sektor transportasi. Kegiatan manusia didalam memenuhi kebutuhan hidupnya terkadang harus menyebabkan melakukan mobilisasi, oleh karena itu dibutuhkan sarana yang mendukung kegiatan mobilisasi tersebut.

Jalan adalah faktor utama yang menjadi penopang kegiatan manusia didalam melakukan perpindahan. Istilah jalan telah ada pada sejak zaman romawi yang bernama Via Sratea yaitu rute yang terdiri dari berbagai bahan yang berlapis (Copsom Malcom, Ancill Roy, Kendrick, Peter S, Wignal Artur, “Proyek Jalan Teori dan Praktek, hal 2, 2003),

Dalam menentukan daya dukung tanah, terdapat beberapa cara untuk mengetahui kemampuan tanah dalam memikul beban, salah satunya adalah pengujian California Bearing Ratio. California Bearing Ratio adalah suatu pengujian untuk menentukan suatu kekuatan relative bahan yang digunakan sebagai lapisan pondasi terhadap suatu bahan standart (SNI 03 – 1738 – 2011, Cara Uji CBR Lapangan). Penentuan daya dukung tanah dengan *California Bearing Ratio*, tidaklah terlepas dari pengujian – pengujian parameter tanah lainnya, akan tetapi semuanya saling berhubungan. Oleh karena itu sebelum melakukan pengujian *California Bearing Ratio*, diperlukan pengujian - pengujian tanah lainnya salah satunya adalah pengujian kadar air optimum (*standart proctor*).

CBR adalah suatu metode empiris untuk mengukur nilai kepadatan tanah. Metode ini mula-mula diciptakan oleh O. J. Porter, kemudian dikembangkan di California, Amerika Serikat. Metode ini mengkombinasikan percobaan pembebanan penetrasi di laboratorium atau di lapangan dengan rencana empiris untuk menentukan tebal lapisan perkerasan. Untuk mendapatkan nilai CBR tersebut dinamakan tes CBR. Tes CBR ini

dikembangkan sekitar tahun 1930-an di laboratorium of Materials Research Departement of The California Division of Highway, USA. CBR adalah suatu perbandingan antara beban percobaan (*test load*) dengan beban standard dan dinyatakan dalam persen. Berdasarkan latar belakang yang ada, pada pelaksanaan pembangunan kontruksi jalan harus diperhatikan dahulu subgrade-nya agar tidak terjadi kerusakan pada saat menahan beban lalu lintas yang akan diterima. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk mengkaji lebih dalam tentang tanah lempung distabilisasi dengan kapur.

Penelitian mengenai stabilisasi tanah lempung telah banyak di lakukan, antara lain penelitian Trissyana (2015) dan Fitri dawati (2016) pada tanah lempung ekspansif dengan enambahan kapur. Dari penitian diatas di jelaskan bahwa dengan penambahan zat aditif (kapur, abu sekam padi,kerak ketel) akan mampu memperbaiki sifat-sifat mekani tanah dan meningkatkan daya dukung tanah lempung ekspansif. Penelitan diharakkan dapat menentukan persentase yang efektif dalam penambahan kapur terhadap perubahan sifat fisis tanah dari segi nilai CBR(*California Bearing Ratio*) terhadap lama waktu pemeraman, sehingga diharapkan dengan melakukan stabilisasi tanah-kapur tanah tersebut daat digunakan sebagai tanah timbun atau tanah dasar yang baik dan nilai ekonomis yang tinggi. Hal inilah yang menyebabkan penulis tertarik melakukan penelitian ilmiah untuk tugas akhir dengan judul, “Pengaruh waktu pemeraman dengan penambahan kapur sebagai bahan additive pada tanah lempung ekspansif terhadap nilai CBR tanah”.

yang berlokasi pada laboratorium sipil Politeknik Negeri Medan.

1.2 Maksud dan Tujuan

Tujuan penulis ini adalah untuk mengetahui penambahan kapur sesuai dengan variasi presentase dan waktu pemeraman untuk menstabilkan tanah lempung dengan penambahan kapur. Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah untuk memberikan sumbangan pengetahuan kepada masyarakat bahwa penggunaan kapur dapat sebagai bahan tambahan untuk menstabilkan tanah lempung.

Manfaat praktis yang diharapkan adalah mengetahui bagaimana pengaruh penambahan kapur sebagai bahan tambah pada tanah lempung terhadap daya dukung tanah.

1.3 Rumusan masalah

Dalam pelaksanaan konstruksi jalan tol, terdapat cukup banyak hal yang dapat diangkat menjadi topic permasalahan pada tugas akhir ini, yaitu antara lain :

1. Daya dukung tanah dasar
2. Metode CBR lapangan
3. Kandungan air pada tanah dasar (*subgrade*)
4. Pemadatan tanah timbun sebagai lapisan tanah dasar (*subgrade*).

1.4 Batasan masalah

Pada penulisan Tugas Akhir ini, penulis membatasi masalah pada penentuan persentase kapur optimum di laboratorium yang digunakan untuk

menstabilisasi tanah lempung yang memiliki plastisitas tinggi dan daya dukung rendah.

Parameter plasisitas dihitung melalui perobaan Atterberg Limit dan parameter daya dukung dihitung melalui percobaan CBR Laboratorium dan Unconfined Compression Strength.

Pada percobaan laboraatorium, dilakukan teknik perawatan dengan waktu selama 0 hari, 7hari, 14 hari untuk mengetahui pengaruh yang dikibatkan oleh reaksi kimia antar kapu, lempung dan air.

1.5 Metodologi penelitian

Metode pembahasan yang dilakukan pada penulisan Tugas Akhir ini adalah Studi Literatur dan Penelitian di Laboratorium mekanika Tanah Politeknik Negeri Medan. Studi Literatur dilakukan dengan mencari dan menggumpulkan teori-teori dan data-data dari buku ajar, standar perencanaan yang relevan, jurnal maupun buku-buku petunjuk teknis yang sesuai dengan pembahasan “Pengaruh Waktu Pemeraman Dengan Penambahan Sebagai Bahan Additive Pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai CBR Tanah” , serta masukkan dari dosen pembimbing. Kemudian menganalisis aplikas penggunaan kapur sebagai bahan stabilisasi dilapangan.

Penelitian dlakukan 2 tahap, yaitu penelitian terhadap tanah asli (sebelum dicampur kapur) dan penelitian setelah dicampur kapur.

1. Penelitian terhadap tanah asli

Adapun pengujian yang dilakukan antara lain :

- a) Indeks Properties :
 - 1) Kadar air (sesuai dengan SNI 03-1965-1990)
 - 2) Batas cair (sesuai dengan SNI 03-1967-1990)
 - 3) Batas plastis (sesuai dengan SNI 03-1966-1990)
 - 4) Analisis saringan (sesuai dengan SNI 03-1968-1990)
 - 5) Berat jenis (sesuai dengan SNI 03-196-1990)
 - 6) Analisis hydrometer (sesuai dengan SNI 03-3423-1994)
 - b) Engineering :
 - 7) Percobaan pemadatan (Proctor T-99)
 - 8) CBR Laboratorium (sesuai dengan SNI 03-1744-1989)
 - 9) Unconfined Compression Test (sesuai dengan SNI 03-3638-1994)
2. Penelitian Terhadap Tanah yang Telah Distabilisasi Adapun

pengujian yang dilakukan antara lain :

- 1) batas cair (sesuai dengan SNI 03-1967-1990)
- 2) batas plastis (sesuai dengan SNI 03-1966-1990)
- 3) Percobaan pemadatan (Proctor T-99)
- 4) CBR laboratorium (sesuai dengan SNI 03-1744-1989)
- 5) Unconfined Compression Test (sesuai dengan SNI 03-3638-1994)

1.6 Sistematika

Penulisan tugas akhir ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang penulisan tugas akhir, tujuan penulisan tugas akhir, waktu dan tempat pelaksanaan penelitian tugas akhir, dan sistematika penulisan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi informasi dasar mengenai seluruh aspek aspek yang ada didalam penelitian, berdasarkan teori-teori/ standart yang ada.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi informasi proses/ tata cara pelaksanaan metode-metode yang digunakan di dalam penelitian ini.

BAB IV PEMBAHASAN

Berisi hasil dari seluruh analisa yang dilakukan didalam penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi tentang kesimpulan penulis sewaktu melaksanakan penelitian serta saran yang penulis sampaikan kepada kita semua.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tanah dalam pandangan teknik sipil adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan–endapan yang relatif lepas (*loose*) yang terletak di atas batu dasar (*bedrock*) (Hardiyatmo, H.C., 2006, hal 1). Tanah merupakan material yang terdiri dari agregat (butiran) padat yang tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan–bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang–ruang kosong diantara partikel – partikel padat tersebut. (Braja M Das, 1988)

Tanah juga didefinisikan sebagai akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan. Diantara partikel–partikel tanah terdapat tanah ruang kosong yang disebut pori–pori yang berisi air dan udara. Ikatan yang lemah antara partikel–partikel tanah disebabkan oleh karbonat dan oksida yang tersenyawa diantara partikel–partikel tersebut, atau dapat juga disebabkan oleh adanya material organik.

Bila hasil dari pelapukan tersebut berada pada tempat semula maka bagian ini disebut sebagai tanah sisa (*residu soil*). Hasil pelapukan terangkut ke tempat lain dan mengendap di beberapa tempat yang berlainan disebut tanah bawaan (*transportation soil*). Media pengangkut tanah berupa gravitasi, angin, air, dan gletsyer. Pada saat akan berpindah tempat, ukuran dan bentuk partikel – partikel dapat berubah dan terbagi dalam beberapa rentang ukuran.

Proses penghancuran dalam pembentukan tanah dari batuan terjadi secara fisis atau kimiawi. Proses fisis antara lain berupa erosi akibat tiupan angin, pengikisan oleh air dan *gletsyer*, atau perpecahan akibat pembekuan dan pencairan es dalam batuan sedangkan proses kimiawi menghasilkan perubahan pada susunan mineral batuan asalnya. Salah satu penyebabnya adalah air yang mengandung asam alkali, oksigen dan karbondioksida. Pelapukan kimiawi menghasilkan pembentukan kelompok-kelompok partikel yang berukuran koloid ($<0,002$ mm) yang dikenal sebagai mineral lempung.

Tanah lempung terdiri dari butir – butir yang sangat kecil (< 0.002 mm) dan menunjukkan sifat–sifat plastisitas dan kohesi. Kohesi menunjukkan kenyataan bahwa bagian–bagian itu melekat satu sama lainnya, sedangkan plastisitas adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu dirubah–rubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya, dan tanpa terjadi retakan – retakan atau terpecah–pecah (L.D Wesley, 1977).

Partikel lempung dapat berbentuk seperti lembaran yang mempunyai permukaan khusus karena itu, tanah lempung mempunyai sifat sangat dipengaruhi oleh gaya-gaya permukaan umumnya, terdapat kira-kira 15 macam mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung. Beberapa mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung yakni : *montmorrillonite*, *illite*, *kaolinite*, dan *polygorskite* (Hardiyatmo, H.C., 2006, hal 20). Semua macam tanah secara umum terdiri dari tiga bahan, yaitu butiran tanahnya sendiri, serta air dan udara yang terdapat dalam ruangan antara butir- butir tersebut.

Ruangan ini disebut pori (*voids*). Apabila tanah sudah benar - benar kering maka tidak akan ada air sama sekali dalam porinya, keadaan semacam ini jarang

ditemukan pada tanah yang masih dalam keadaan asli di lapangan. Air hanya dapat dihilangkan sama sekali dari tanah apabila kita ambil tindakan khusus untuk maksud itu, misalnya dengan memanaskan di dalam oven (Wesley, L.D. 1977, Hal 1).

Peranan tanah ini sangat penting dalam perencanaan atau pelaksanaan bangunan karena tanah tersebut berfungsi untuk mendukung beban yang ada di atasnya, oleh karena itu tanah yang akan dipergunakan untuk mendukung konstruksi harus dipersiapkan terlebih dahulu sebelum dipergunakan sebagai tanah dasar (*Subgrade*).

2.2 Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa kedalam kelompok-kelompok dan sub kelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara mudah sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terperinci. Sebagian besar sistem klasifikasi tanah yang telah dikembangkan untuk tujuan rekayasa didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butir dan plastisitas.

2.2.1 Sistem Klasifikasi *Unified*

Sistem klasifikasi *unified* pada mulanya diperkenalkan oleh Casagrande dalam tahun 1942 untuk dipergunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang yang dilaksanakan oleh *The Army Corps of Engginer* selama perang dunia II.

Dalam rangka kerja sama dengan *United States Bureau of Reclamation* tahun 1952, system ini disempurnakan. Pada masa kini, system klasifikasi tersebut digunakan secara luas oleh para ahli teknik.

Sistem klasifikasi unified mengelompokkan tanah kedalam dua kelompok besar, yaitu :

1. Tanah berbutir kasar (*coarse - grained - soil*), yaitu : tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50 % berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G atau S. G adalah untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil, dan S adalah untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir.

2. Tanah berbutir halus (*fine - grained - soil*), yaitu tanah dimana lebih dari 50 % berat total contoh tanah ayakan lolos ayakan No. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dari huruf awal M untuk lanau (*Silt*) anorganik, C untuk lempung (*clay*) anorganik, dan O untuk lanau-organic dan lempung organik. Simbol PT digunakan untuk tanah gambut (*peat*), muck dan tanah – tanah lain dengan kadar organik tinggi.

Simbol – simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi USCS adalah :

W = *well graded* (tanah dengan gradasi baik)

P = *poorly graded* (tanah dengan gradasi buruk)

L = *low plasticity* (plastisitas rendah) ($LL < 50$)

H = *high plasticity* (plastisitas tinggi) ($LL > 50$)

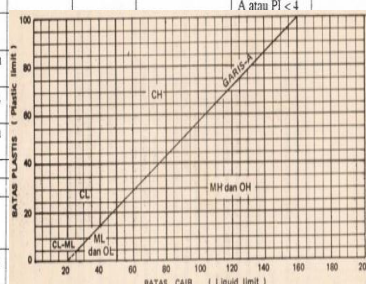
Tanah berbutir kasar ditandai dengan simbol kelompok seperti : GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM, dan SC. Untuk klasifikasi yang benar, faktor – faktor berikut ini perlu diperhatikan :

1. Persentase butiran yang lolos ayakan No. 200 (ini adalah fraksi halus)
2. Persentase fraksi kasar yang lolos ayakan No. 40
3. Koefisien keseragaman (*uniformy coefisien, Cu*) dan koefisien gradasi (*gradation coefficient, Cc*) untuk tanah dimana 0 – 12 % lolos ayakan No.200
4. Batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) bagian tanah yang lolos ayakan No. 40 (untuk tanah dimana 5 % atau lebih lolos ayakan No.200).

Bilamana persentase butiran yang lolos ayakan No.200 adalah antara 5 sampai dengan 12%, simbol ganda seperti GW-GM, GP-GM, GW-GC, SW-SC, SP-SM, dan SP-SC diperlukan. Klasifikasi tanah berbutir halus dengan menggunakan simbol ML, CL, OL, MH, CH, dan OH didapat dengan cara menggambar batas cair dan indeks plasisitas tanah yang bersangkutan pada bagan plastisitas (Casagrande, 1948) yang diberikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sistem Klasifikasi Unified

| Deskripsi | Simbol kelompok | Kriteria Laboratorium | | | Catatan | |
|--|--|--|--|---------------------------------|---------------------------------|--|
| | | Butiran Halus (%) | Kualitas | Plastisitas | | |
| Berbutir kasar (lebih dari 50% lebih besar dari 63 µm BS atau ukuran ayakan US No.200) | Kerikil (lebih dari 50% pecahan kasar berukuran kerikil) | Kerikil bergradasi baik, kerikil berpasir, dengan sedikit atau tanpa butiran halus | GW | 0-5 | $C_u > 4$ $1 < C_c < 3$ | Simbol rangkap dua jika butiran halus 5-12%. Simbol rangkap dua jika diatas garis A dan $4 < PI < 7$ Dibawah garis A atau $PI < 4$ |
| | Kerikil berlanau, kerikil berpasir, dengan sedikit atau tanpa butiran halus | GP | 0-5 | Tidak memenuhi syarat-syarat GW | | |
| | | GM | > 12 | | | |
| | | GC | > 12 | | | |
| | Pasir (lebih dari 50% pecahan kasar berukuran pasir) | Pasir bergradasi baik, kerikil berpasir, dengan sedikit atau tanpa butiran halus | SW | 0-5 | $C_u > 6$ $1 < C_c < 3$ | |
| | | Pasir bergradasi buruk, pasir berkerikil, dengan sedikit atau tanpa butiran halus | SP | 0-5 | Tidak memenuhi syarat-syarat SW | |
| | | Pasir berlanau | SM | > 12 | | |
| | | Pasir berlempung | | | | |
| | Berbutir halus (lebih dari 50% lebih kecil dari 63 µm BS atau ukuran ayakan AS No.200) | Lanau dan lempung (batas cair kurang dari 50) | Lanau anorganik, pasir halus berlanau atau berlempung plastisitas tinggi | | | |
| | | Lanau dan lempung (batas cair lebih besar dari 50) | Lempung anorganik lempung berlanau, lempung berpasir plastisitas rendah | | | |
| Lanau organik dan lempung berlanau organik plastisitas rendah | | | | | | |
| Lanau dan lempung (batas cair lebih besar dari 50) | | Lanau anorganik plastisitas tinggi | | | | |
| Tanah organik tinggi | Lempung anorganik plastisitas tinggi | | | | | |
| | Lempung organik plastisitas tinggi | | | | | |
| | | Gambut dan tanah berkadarnya organik tinggi lainnya | | | | |



Sumber: Braja M. Das, "Mekanika Tanah jilid 1".

2.2.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi tanah ini dikembangkan dalam tahun 1929 oleh *Public Road Administration Classification System*. Sistem ini sudah mengalami beberapa perbaikan: versi yang saat ini berlaku adalah yang diajukan oleh *Committee on Classification of Material for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* dalam tahun 1945 (ASTM Standart no D-3282, AASHTO metode M145)

Pada sistem ini, tanah diklasifikasikan kedalam tujuh kelompok besar, yaitu A-1 sampai dengan A-7. Tanah yang diklasifikasikan kedalam A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir dimana 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No.200. Tanah dimana lebih dari 35% butirannya lolos ayakan No.200 diklasifikasikan kedalam kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung. Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria dibawah ini :

a. Ukuran Butir

Kerikil: bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 mm (3 in) dan yang tertahan pada ayakan No. 20 (2 mm)

Pasir : bagian tanah yang lolos ayakan no.10 (2mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0,075 mm).

b. Plastisitas

Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas [*plasticity index*, PI] sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bilamana bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 11 atau lebih.

Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) ditemukan didalam contoh tanah yang akan ditenyukan klasifikasi tanahnya, maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu, tetapi persentase dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.

Untuk mengevaluasi mutu (*quality*) dari suatu tanah sebagai bahan lapisan tanah dasar (*subgrade*) dari suatu jalan raya , suatu angka yang dinamakan indeks grup (*group indeks, GI*) juga diperlukan selain kelompok dan subkelompok dari tanah yang bersangkutan. Indeks grup dapat dihitung dengan memakai persamaan seperti dibawah ini :

$$GI = (F - 35) [0,2 + 0,005 (LL-40)] + 0,01 (F - 15) (PI - 10)... \text{ (pers.2.1)}$$

dimana : F = persentase butiran yang lolos ayakan No.200

LL = batas cair (liquid limit)

PI = indeks plastisitas

Suku pertama persamaan 2.1 yaitu (F-35) [0,2 + 0,005 (LL-40)], adalah bagian dari indeks grup yang ditentukan dari batas cair (LL). Suku yang kedua, yaitu 0,01 (F-15) (PI-10), adalah bagian dari indeks grup yang ditentukan dari indeks plastisitas (PI). Berikut ini adalah aturan untuk menentukan harga dari indeks grup :

- a. Apabila Persamaan 2.1 menghasilkan nilai GI yang negatif, maka harga GI dianggap nol.
- b. Indeks grup yang dihitung menggunakan persamaan 2.1 dibulatkan ke angka yang paling dekat
- c. Tidak ada batas atas untuk indeks grup

- d. Indeks grup untuk tanah yang masuk dalam kelompok A-1a, A-1b, A-2-4, A-2-5 dan A-3 selalu sama dengan nol.
- e. Untuk tanah yang masuk kelompok A-2-6 dan A-2-7, hanya bagian dari indeks grup untuk PI saja yang digunakan, yaitu :

$$GI = 0,01 (F-15) (PI-10)$$

..... (pers.2.2)

Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

| Klasifikasi umum | Bahan-bahan berbutir (35% atau kurang lolos No.200) | | | | | | | Bahan-bahan lempung (lebih dari 35% lolos No.200) | | | |
|----------------------------------|--|---------|-------------|---|---------|--------------------|---------|--|---------|-----------------|---------|
| | A-1 | | A-3 | A-2 | | | | A-4 | A-5 | A-6 | A-7 |
| Klasifikasi kelompok | A-1a | A-1b | | A-2-4 | A-2-5 | A-2-6 | A-2-7 | | | | |
| Analisa saringan | | | | | | | | | | | |
| Persen lolos: | | | | | | | | | | | |
| No.10 | Maks.50 | | | | | | | | | | |
| No.40 | Maks.30 | Maks.50 | Maks.51 | | | | | | | | |
| No.200 | Maks.15 | Maks.15 | Maks.10 | Maks.35 | Maks.35 | Maks.35 | Maks.35 | Min.36 | Min.36 | Min.36 | Min.36 |
| Karakteristik | | | | | | | | | | | |
| Fraksi yang lolos No.40 | | | | | | | | | | | |
| Batas cair : | | | | Maks.40 | Maks.41 | Maks.40 | Maks.41 | Maks.40 | Maks.40 | Maks.40 | Maks.41 |
| Indeks plastisitas | Maks.6 | | N.P | Maks.10 | Maks.10 | Maks.11 | Maks.10 | Min.10 | Min.10 | Min.10 | Min.10 |
| Jenis umum | Fragmen batuan Kerikil dan pasir | | Pasir halus | Kerikil atau pasir lanauan atau lempungan | | | | Tanah lanauan | | Tanah lempungan | |
| Tingkat umum sebagai tanah dasar | Sangat baik sampai baik | | | | | Cukup sampai buruk | | | | | |

Catatan : Indeks Plastisitas untuk sub kelompok A-7-5- < LL - 30, sedang

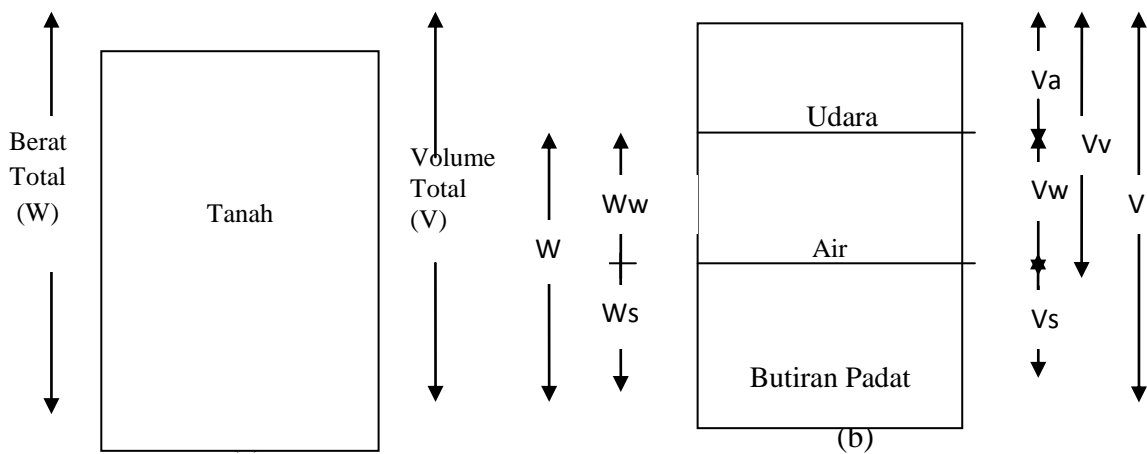
Indeks Plastisitas untuk sub kelompok A-7-5-> LL - 30 .

Sumber : Braja M. Das, "Mekanika Tanah Jilid 1

2.3 Sifat Fisik Tanah

2.3.1 Hubungan Antara Butiran, Air dan Udara dalam Tanah

Tanah merupakan komposisi dari dua atau tiga fase yang berbeda, tanah yang benar-benar kering terdiri dari dua fase yang disebut partikel padat dan udara pengisi pori. Tanah yang jenuh sempurna (*fully saturated*) juga terdiri dari dua fase, yaitu partikel padat dan air pori. Sedangkan tanah yang jenuh sebagian terdiri dari tiga fase, yaitu partikel padat, udara pori dan air pori. Komponen-komponen tanah dapat digambarkan dalam suatu diagram fase seperti terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. (a) Elemen tanah dalam keadaan asli; (b) Tiga fase elemen tanah

Sumber: Braja M. Das, "Mekanika Tanah jilid 1".

Gambar 2.1.a menunjukkan suatu elemen tanah dengan volume V dan berat W . Untuk membuat hubungan volume-berat agregat tanah, tiga fase (yaitu : butiran padat, air, dan udara) dipisahkan seperti ditunjukkan dalam gambar 2.1.b. Jadi, volume total contoh tanah yang diselidiki dapat dinyatakan sebagai :

$$V = V_s + V_u = V_s + V_w + V_a \dots\dots\dots (\text{persamaan 2. 3})$$

dimana :

V_s = volume butiran padat

V_u = volume pori

V_w = volume air dalam pori

V_a = Volume udara dalam pori

Apabila udara dianggap tidak mempunyai berat, maka berat total dari contoh tanah dapat dinyatakan sebagai :

$$W = W_s + W_w \dots\dots\dots (\text{persamaan 2.4})$$

dimana :

W_s = berat butiran padat

W_w = berat air

Hubungan volume yang umum dipakai untuk suatu elemen tanah adalah angka pori (*void ratio*), porositas (*porosity*), dan derajat kejenuhan (*degree of saturation*). Angka pori didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori dan volume butiran padat. Jadi :

$$e = \frac{V_v}{V_s} \dots\dots\dots (\text{persamaan 2.5})$$

dimana :

e = angka pori (*void ratio*)

Porositas didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori dan volume tanah total , atau :

$$n = \frac{V_v}{V} \dots\dots\dots (\text{persamaan 2.6})$$

dimana :

n = porositas

Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai perbandingan antara volume air dengan volume pori, atau :

$$S = \frac{V_w}{V_v} \dots\dots\dots (\text{persamaan 2.7})$$

dimana :

S = derajat kejenuhan. Umumnya, derajat kejenuhan dinyatakan dalam persen.

Istilah yang umum dipakai untuk hubungan berat adalah kadar air (*moisture content*) dan berat volume (*unit weigh*). Defenisi dari istilah-istilah tersebut adalah sebagai berikut :

- a) Kadar air (w) yang juga disebut sebagai *water content* didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air dan bera butiran padat dari volume tanah yang diselidiki.

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \% \dots\dots\dots \text{ (persamaan 2.8)}$$

b) Berat volume tanag (γ) adalah berat tanah per satuan volume.

$$\gamma = \frac{W}{V} \dots\dots\dots \text{ (persamaan 2.9)}$$

c) Berat Volume Tanah Kering

$$\gamma_d = \frac{\gamma_s}{1+W} \dots\dots\dots \text{ (persamaan 2.10)}$$

2.3.2 Berat Spesifik (*Specific Gravity, G_s*)

Harga berat spesifik dari butiran tanah sering dibutuhkan dalam bermacam-macam keperluan perhitungan dalam mekanika tanah. Harga-harga itu dapat ditentukan secara akurat di laboratorium. Tabel 2.3 menunjukkan harga-harga berat spesifik beberapa mineral yang umum terdapat dalam tanah.

Sebagian besar dari mineral-mineral tersebut mempunyai berat spesifik berkisar 2.6 sampai dengan 2.9. Berat jenis dari bagian padat tanah pasir yang berwarna terang, umumnya sebagian besar terdiri dari *quartz*, dapat diperkirakan sebesar 2.65, untuk tanah berlempung atau lanau harga tersebut berkisar antara 2.6 sampai 2.9.

Adapun persamaan dari berat spesifik adalah sebagai berikut :

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \dots\dots\dots \text{ (persamaan 2.10)}$$

Tabel 2.3 Berat Spesifik Mineral-Mineral Penting

| Mineral | Berat Jenis (Gs) |
|--|-------------------------|
| Quartz | 2.65 |
| Kaolinite | 2.6 |
| Illite | 2.8 |
| Montmorillonite | 2.65 -2.80 |
| Halloysite | 2.0 – 2.55 |
| Potassium Feldspar | 2.57 |
| Sodium and Calcium Feldspar | 2.62 – 2.76 |
| Chlorite | 2.6 - 2.9 |
| Biotite | 2.8 – 3.2 |
| Muscovite | 2.76 – 3.1 |
| Hornblende | 3.0 – 3.47 |
| Limonite | 3.6 – 4.0 |
| Olivine | 3.27 – 3.37 |

Sumber: Braja M. Das, "Mekanika Tanah jilid 1".

2.3.3 Konsistensi Tanah

Apabila tanah berbutir halus mengandung mineral lempung, maka tanah tersebut dapat diremas-remas (*remolded*) tanpa menimbulkan retakan. Sifat kohesif ini disebabkan karena adanya air yang terserap (*absorbed water*) di sekeliling permukaan dari partikel lempung. Pada awal tahun 1900, seorang ilmuwan dari Swedia bernama Atterberg mengembangkan suatu metode untuk menjelaskan sifat konsistensi tanah berbutir halus pada kadar air yang bervariasi. Bilamana kadar airnya sangat tinggi, campuran tanah dan air akan menjadi sangat lembek seperti cairan.

Oleh karena itu, atas dasar air yang dikandung tanah, tanah dapat dipisahkan kedalam empat keadaan dasar, yaitu : padat, semi pada, plastis dan cair. Kadar air, dinyatakan dalam persen, dimana terjadi transisi dari keadaan padat ke keadaan semi padat didefinisikan sebagai batas susut (*shrinkage limit*).

Kadar air dimana transisi dari keadaan semi padat ke keadaan plastis dinamakan batas plastis (*plastis limit*), dan dari keadaan plastis ke keadaan cair dinamakan batas cair (*liquid limit*), batas-batas ini dikenal juga sebagai batas-batas Atterberg (*Atterberg Limit*).

1. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (*liquid limit*) didefinisikan sebagai kadar air (*water content*) yang terkandung didalam tanah pada perbatasan antara fase cair dan fase plastis.

2. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis didefinisikan sebagai kadar air di dalam tanah pada fase antara plastis dan semi padat. Apabila kadar air didalam tanah berkurang , maka tanah akan menjadi lebih keras dan memiliki kemampuan unuk menahan perubahan bentuk.

3. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Tanah berbutir halus secara alamiah berada dalam kondisi plastis. Batas atas dan batas bawah dari rentang kadar air dimana tanah masih bersifat plastis berturut-turut disebut batas cair (*liquid limit*) dan batas plastis (*plastic limit*). Rentang kadar air itulah didefinisikan sebagai indeks plastisitas (*plasticity index*), dimana :

$$IP = LL - PL \dots\dots\dots(Pers.2.11)$$

2.4 Sifat- Sifat Umum Mineral lempung

Sifat yang khas dari tanah lempung adalah dalam keadaan kering dia akan bersifat keras, dan jika basah akan bersifat lunak plastis, dan kohesif, mengembang dan menyusut dengan cepat, sehingga mempunyai perubahan volume yang besar dan itu terjadi karena pengaruh air.

Sifat-sifat umum mineral lempung :

a. Hidrasi

Partikel mineral lempung biasanya bermuatan negatif sehingga partikel lempung hampir selalu mengalami hidrasi, yaitu dikelilingi oleh lapisan-lapisan molekul air dalam jumlah yang besar. Lapisan ini sering mempunyai tebal dua molekul dan disebut lapisan difusi, lapisan difusi ganda atau lapisan ganda adalah lapisan yang dapat menarik molekul air atau kation yang disekitarnya. Lapisan ini akan hilang pada temperature yang lebih tinggi dari 60° sampai 100° C dan akan mengurangi plastisitas alamiah, tetapi sebagian air juga dapat menghilang cukup dengan pengeringan udara saja.

b. Aktivitas (A)

Hary Christady (2006) mendefinisikan aktivitas tanah lempung sebagai perbandingan antara Indeks Plastisitas (*IP*) dengan presentase butiran yang lebih kecil dari 0,002 mm yang dinotasikan dengan huruf *C*, disederhanakan dalam persamaan berikut:

$$A = \frac{IP}{C} \dots\dots\dots (Persamaan 2.1)$$

Aktivitas digunakan sebagai indeks untuk mengidentifikasi kemampuan mengembang dari suatu tanah lempung. Ketebalan air mengelilingi butiran tanah lempung tergantung dari macam mineralnya. Jadi dapat disimpulkan plastisitas tanah lempung tergantung dari :

a. Sifat mineral lempung yang ada pada butiran

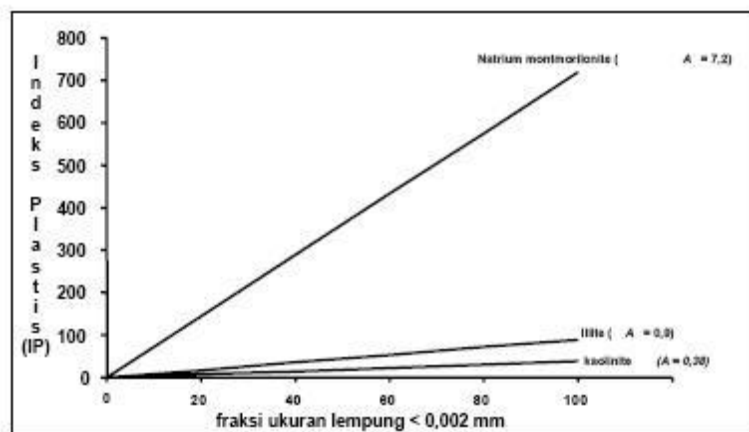
1) Jumlah mineral

Bila ukuran butiran semakin kecil, maka luas permukaan butiran akan semakin besar. Pada konsep Atterberg, jumlah air yang tertarik oleh permukaan

partikel tanah akan akan bergantung pada jumlah partikel lempung yang ada di dalam tanah.

2.4 Klasifikasi mineral lempung berdasarkan nilai aktivitasnya

| | |
|---------------------------|---|
| 1. <i>Montmorillonite</i> | : Tanah lempung dengan nilai aktivitas (A) $\geq 7,2$ |
| 2. <i>Illite</i> | : Tanah lempung dengan nilai aktivitas (A) $\geq 0,9$ dan $< 7,2$ |
| 3. <i>Kaolinite</i> | : Tanah lempung dengan nilai aktivitas (A) $\geq 0,38$ dan $< 0,9$ |
| 4. <i>Polygorskite</i> | : Tanah lempung dengan nilai aktivitas (A) $< 0,38$ |



Gambar 2.2 Variasi indeks plastisitas dengan persen fraksi lempung

Sumber : Hary Christady, *Mekanika Tanah 1* hal 49, 2006

Swelling Potensial atau kemampuan mengembang tanah dipengaruhi oleh nilai aktivitas tanah. Setiap tanah lempung memiliki nilai aktivitas yang berbeda-beda.

1. *Low/Rendah* : Tanah yang memiliki nilai *Swelling*

$$Potensial \leq 1,5 \%$$

2. *Medium/Sedang*: Tanah yang memiliki nilai *Swelling*

$$Potensial > 1,5 \% \text{ dan } \leq 5\%$$

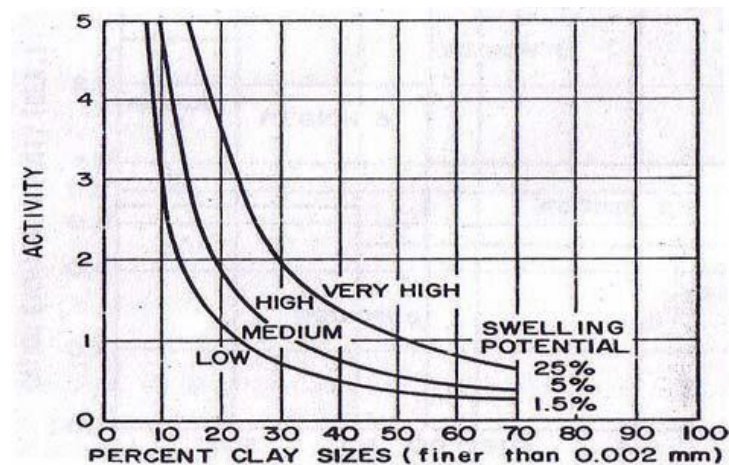
3. *High*/Tinggi : Tanah yang memiliki nilai *Swelling*

Potensial >5 % dan ≤ 25%

4. *Very High*/sangat Tinggi: Tanah yang memiliki nilai *Swelling*

Potensial >25 %

5. Flokulasi dan Disversi



Gambar 2.3 Grafik hubungan antara persentase butiran lempung dengan aktivitas

Apabila mineral lempung terkontaminasi dengan substansi yang tidak mempunyai bentuk tertentu atau tidak berkrystal (amorphus) maka daya negatif netto, ion-ion H⁺ di dalam air, gaya Van der Waals, dan partikel berukuran kecil akan bersama-sama tertarik dan bersinggungan atau bertabrakan di dalam larutan tanah dan air. Beberapa partikel yang tertarik akan membentuk *flok* (*flock*) yang berorientasi secara acak, atau struktur yang berukuran lebih besar akan turun dari larutan itu dengan cepatnya dan membentuk sendimen yang sangat lepas. Flokulasi larutan dapat dinetralisir dengan menambahkan bahan-bahan yang mengandung asam (ion H⁺), sedangkan penambahan bahan-bahan alkali akan mempercepat flokulasi.

Lempung yang baru saja berflokulasi dengan mudah tersebar kembali dalam larutan semula apabila digoncangkan, tetapi apabila telah lama terpisah penyebarannya menjadi lebih sukar karena adanya gejala *thixotropic* (*Thixopic*), dimana kekuatan didapatkan dari lamanya waktu.

2. Pengaruh Zat Cair

Fase air yang berada di dalam struktur tanah lempung adalah air yang tidak murni secara kimiawi. Pada pengujian di laboratorium untuk batas Atterberg, ASTM menentukan bahwa air suling ditambahkan sesuai dengan keperluan. Pemakaian air suling yang relatif bebas ion dapat membuat hasil yang cukup berbeda dari apa yang didapatkan dari tanah di lapangan dengan air yang telah terkontaminasi.

Air berfungsi sebagai penentu sifat plastisitas dari lempung. Satu molekul air memiliki muatan positif dan muatan negatif pada ujung yang berbeda (*dipolar*). Fenomena hanya terjadi pada air yang molekulnya dipolar dan tidak terjadi pada cairan yang tidak dipolar seperti karbon tetraklorida (CCl_4) yang jika dicampur lempung tidak akan terjadi apapun.

3. Sifat Kembang Susut (*Swelling*)

Tanah-tanah yang banyak mengandung lempung mengalami perubahan volume ketika kadar air berubah. Perubahan itulah yang membahayakan bangunan. Tingkat pengembangan secara umum bergantung pada beberapa faktor, yaitu :

- a) Tipe dan jumlah mineral yang ada di dalam tanah.
- b) Kadar air.
- c) Susunan tanah.

- d) Konsentrasi garam dalam air pori.
- e) Sementasi.
- f) Adanya bahan organik, dll.

Secara umum sifat kembang susut tanah lempung tergantung pada sifat plastisitasnya, semakin plastis mineral lempung semakin potensial untuk menyusut dan mengembang.

2.5 Pematatan Tanah

Pematatan (*compaction*) adalah proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antar partikel sehingga terjadi reduksi volume udara, pematatan berfungsi untuk meningkatkan kekuatan tanah, sehingga dengan demikian meningkatkan daya dukung pondasi di atasnya. Pematatan juga mengurangi besarnya penurunan tanah yang tidak diinginkan dan meningkatkan kemantapan lereng timbunan (*embarkments*). Pada proyek konstruksi jalan, pematatan untuk tanah dasar selalu dilakukan sebelum dihamparnya item-item perkerasan lainnya, guna untuk menaikkan daya dukung tanah dasarnya. Derajat kepadatan tanah diukur berdasarkan satuan kepadatan kering (*dry density*), yaitu massa partikel padat per satuan volume tanah.

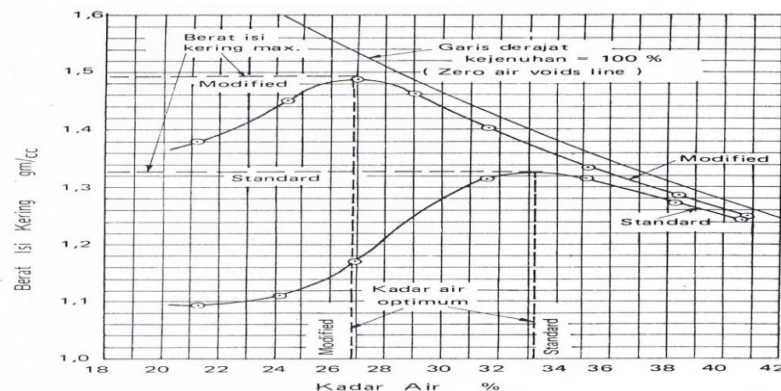
Kepadatan kering setelah pematatan tergantung pada kadar air dan besarnya energi yang diberikan oleh alat pemadat (dinyatakan usaha pematatan). Pematatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah yaitu dengan mengeluarkan udara pada pori-pori tanah yang biasanya menggunakan energi mekanis. Di lapangan, usaha pematatan dihubungkan dengan jumlahgilasan dari mesin gilas, atau hal lain yang prinsipnya sama untuk suatu volume tanah tertentu.

Dilaboratorium menggunakan pengujian standar yang disebut uji proctor, dengan cara suatu palu dijatuhkan dari ketinggian tertentu beberapa lapis tanah di dalam sebuah mold. Dengan dilakukan pengujian pemadatan tanah ini maka akan menghasilkan hubungan antara kadar air dengan berat volume. Tujuan pemadatan adalah untuk memadatkan tanah dalam keadaan kadar air optimum, sehingga udara dalam pori-pori tanah akan keluar.

Beberapa keuntungan yang didapatkan dengan adanya pemadatan ini adalah :

1. Menaikkan kekuatan tanah.
2. Memperkecil pengaruh air terhadap tanah.
3. Berkurangnya penurunan permukaan (*subsidence*), yaitu gerakan vertikal didalam massa tanah itu sendiri akibat berkurangnya angka pori.
4. Mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air.

Karakteristik pemadatan dari suatu tanah dapat diketahui dari uji standart di laboratorium. Percobaan-percobaan di laboratorium yang umum dilakukan untuk mendapatkan berat volume kering maksimum dan kadar air optimum adalah *Proctor Compaction Test* (uji pemadatan proctor).

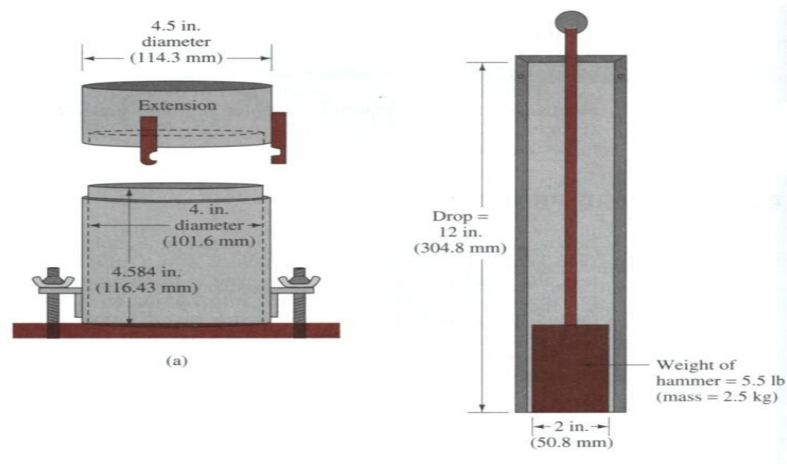


Gambar 2.4 Grafik berat satuan kering terhadap kadar air

Sumber : Hary Christady, *Mekanika Tanah 1* hal 51, 2006

2.5.1. Uji Proctor Standar

Pada uji proctor, tanah dipadatkan dalam sebuah cetakan silinder bervolume $1/30 \text{ ft}^3$ ($=943,3 \text{ cm}^3$). Diameter cetakan tersebut adalah 4 inch ($=101,6 \text{ mm}$). Selama percobaan dilaboratorium, cetakan itu dikelem pada sebuah pelat dasar dan di atasnya diberi juga perpanjangan (juga berbentuk silinder). Tanah dicampur dengan kadar yang berbeda-beda dan kemudian dipadatkan dengan menggunakan penumbuk khusus. Pemadatan tanah tersebut dilakukan dalam 3 lapisan dan jumlah tumbukan adalah 25 tumbukan setiap lapisan. Berat penumbuk adalah 5,5 lb ($= \text{massa } 2,5 \text{ kg}$) dan tinggi jatuh sebesar 12 inch ($=304,8 \text{ mm}$)



Gambar 2.5 Peralatan yang dipakai pada pengujian proctor.

Sumber: Braja M. Das, "Mekanika Tanah Jilid 1"

2.6 Faktor – faktor yang mempengaruhi kepadatan tanah dasar

Nilai CBR sangat bergantung kepada proses pemadatan, subgrade dipadatkan hingga mencapai kepadatan kering maksimum, dan membentuk profil sesuai yang direncanakan.

Faktor – faktor yang mempengaruhi kepadatan material subgrade adalah :

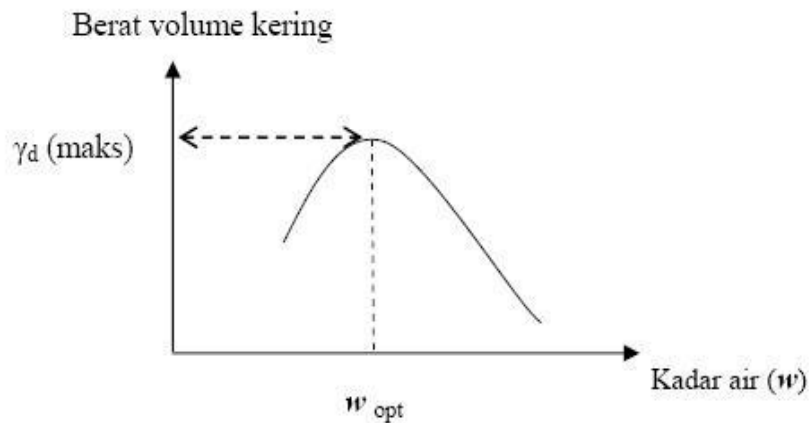
1. Karakteristik material tanah dasar
2. Kadar air material tanah dasar
3. Jenis alat pemadat yang digunakan
4. Massa (berat) alat pemadat yang tergantung pada lebar roda dan pelat dasarnya
5. Ketebalan lapisan material yang dipadatkan
6. Jumlah lintasan alat pemadat yang diperlukan

2.7 Penentuan Kadar Air Optimum

Untuk mengetahui kadar air yang optimum pada tanah, maka dilakukan pengujian pemadatan proktor standar, pengujian tersebut dilakukan dengan pemadatan sampel tanah basah (pada kadar air terkontrol) dalam suatu cetakan dengan jumlah 3 lapisan. Setiap lapisan dipadatkan dengan 25 tumbukan yang ditentukan dengan penumbuk dengan massa 2,5 kg dan tinggi jatuh 30 cm. Energi pemadatan sebesar 592,57 kilo Joule/m³.

Kadar air yang memberikan berat kering yang maksimal disebut kadar air optimum. Untuk tanah berbutir halus dalam mendapatkan kadar air optimum digunakan batas plastisnya. Buat kurva hubungan antara kadar air (w) sebagai absis dan berat volume tanah kering sebagai ordinat, puncak kurva sebagai nilai γ_d (maks), kurva yang digunakan adalah kurva dari uji pemadatan tanah (proktor standar).

Dari titik puncak ditarik garis vertikal memotong absis, pada titik ini adalah kadar air optimum.



Gambar 2.6 Kurva hubungan kadar air dengan berat volume kering

Sumber : Hardiyatmo, H.C, 2006, Mekanika Tanah 1, Hal 7

2.8 Stabilisasi Tanah Lempung Sebagai *Subgrade* dengan Menggunakan Bahan Aditif Kapur

Untuk mendapatkan kondisi tanah yang memenuhi spesifikasi yang disyaratkan disebut stabilisasi tanah. Memperbaiki sifat-sifat tanah dapat dilakukan dengan cara, yaitu cara pemadatan (secara teknis), mencampur dengan tanah lain, mencampur dengan semen, kapur atau belerang (secara kimiawi), pemanasan dengan temperature tinggi, dan lain sebagainya. Metode atau cara memperbaiki sifat-sifat tanah ini juga sangat bergantung pada lama waktu pemeraman, hal ini disebabkan karena didalam proses perbaikan sifat-sifat tanah terjadi proses kimia dimana memerlukan waktu untuk zat kimia yang ada didalam aditif untuk bereaksi.

Material yang digunakan untuk tanah dasar harus memenuhi ketentuan sesuai dengan spesifikasi. Material berplastisitas tinggi golongan A-7-6 tidak boleh digunakan sebagai lapisan tanah dasar (*Pengendalian Mutu Pekerjaan Tanah, Balai Geoteknik Jalan, hal 37*). Menurut AASHTO, tanah berplastisitas tinggi termaksud golongan A-7-6. Kelas A-7-6 adalah jenis tanah kelepungan berplastisitas tinggi dengan tingkat tingkatan umum, sedangkan sampai jelek.

2.8.1 Persyaratan material tanah

Material yang digunakan umumnya untuk tanah dasar harus memenuhi ketentuan sesuai dengan spesifikasi. Material berplastisitas tinggi bergolongan A-7-6 tidak boleh digunakan sebagai lapisan tanah dasar (*Pengendalian Mutu Pekerjaan Tanah, Balai Geoteknik jalan, hal 37*). Menurut AASHTO, tanah berplastisitas tinggi termasuk golongan, A-7-6. Kelas A-7-6 adalah kelas tanah berplastisitas tinggi dengan tingkatan umum.

2.5 Tabel persyaratan material tanah

| Unsur | Calcium Hidroksida | Calcium Oksida |
|-------------------------------------|----------------------------|----------------|
| Komposisi | Kapur (Ca(OH) ² | CaO |
| Bentuk | Serbuk tepung | Glanular |
| Kepadatan curah (t/m ³) | 0.45- 0.56 | 0.9 -1.3 |
| Ekivalensi dengan kapur | 1.00 | 1.32 |
| Magnesium dan kalsium oksida | >95% | >92% |
| Karbon dioksida | 5% - 7% | 3% - 10% |

Sumber : Auststab Technical Note, lime stabilisesen practice, 2008

Batas kelas A-7-6 antara lain :

- a. Lolos saringan no 200 > 36%
- b. Batas cair > 41%
- c. Indeks plastisitas > LL-30

Apabila material tanah dasar tidak memenuhi spesifikasi diatas, maka tanah tersebut terlebih dahulu harus distabilisi sebelum dilakukan proses pekerjaan berikutnya.

2.8.2 Proses Pemeraman

Proses pemeraman tanah sempel dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Politeknik Negeri Medan, tanah lempung yang dicampur dengan perekat (*Cornice Adhesive*) dengan penambahan kapur air optimum diaduk sampai tidak terjadi penggumpalan saat diremas dengan tangan kemudian dimasukkan kedalam plastic dan diikat agar udara tidak masuk. Hal ini dilakukan pencampuran kadar air optimum dengan penambahan perekat supaya merata disemua pertikel tanah, hal tersebut dilakukan sebelum uji CBR dilaksanakan.

2.8.3 Kapur untuk Stabilisasi

Kapur yang umum digunakan untuk bahan stabilisasi adalah sebagai berikut:

- a. Kapur kembang : CaO
- b. Kapur padam : Ca (OH)₂

Tabel 2.6 Perbandingan antara kapur dengan tanah

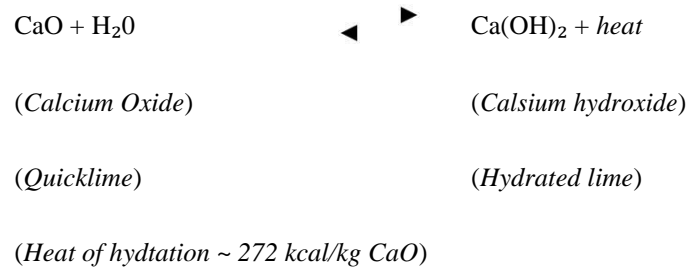
| Jenis Kapur | Keuntungan | Kekurangan |
|---------------------|---|--|
| Ca(OH) ₂ | Tidak memerlukan banyak Air | Lebih peka untuk berdebu |
| | 1. Lebih hemat Penggunaanya sekitar 30% daripada kapur jenis lain | 1) Memerlukan banyak air daripada penggunaan kapur Ca(OH) ₂ |
| CaO | 2. Kepadatan curah lebih besar | 2) Mengeluarkan uap air saat proses <i>Slaking</i> |
| | 3. Lebih cepat kering di lahan yang Basah | - |

2.8.4 Proses kimia stabilisasi tanah dengan kapur

a. Tahapan proses kimia pada stabilisasi tanah menggunakan kapur adalah sebagai berikut:

Absorpsi air, reaksi eksotermis dan reaksi ekspansif Pada temperatur di bawah 350°C, komponen kalsium oksida dari kapur mentah bereaksi dengan air untuk menghasilkan kalsium hidroksida seperti halnya pembebasan panas. Persamaan di bawah ini menunjukkan bahwa 56 unit berat dari kalsium oksida murni akan

berhidrasi dengan 18 unit berat air. Dan sebaliknya, akan diperlukan 320 liter air untuk menghidrasi satu ton CaO. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



b. Reaksi pertukaran ion

Butiran lempung dalam kandungan tanah berbentuk halus dan bermuatan negatif. Ion positif seperti ion hidrogen (H⁺), ion sodium (Na⁺), ion kalsium (K⁺), serta air yang berpolarisasi, semuanya melekat pada permukaan butiran lempung.

Jika kapur ditambahkan pada tanah dengan kondisi seperti di atas, maka pertukaran ion segera terjadi, dan ion sodium yang berasal dari larutan kapur diserap oleh permukaan butiran lempung. Jadi, permukaan butiran lempung tadi kehilangan kekuatan tolaknya (*repulsion force*), dan terjadilah kohesi pada butiran itu sehingga berakibat kenaikan kekuatan konsistensi tanah tersebut.

c. Reaksi pozolan;

Reaksi antara silika (SiO₂) dan alumina (Al₂O₃) halus yang terkandung dalam tanah lempung dengan kandungan mineral reaktif, sehingga dapat bereaksi dengan kapur dan air. Hasil reaksi adalah terbentuknya kalsium silikat hidrat seperti: tobermorit, kalsium aluminat hidrat 4CaO.Al₂O₃.12H₂O dan gehlenit hidrat 2CaO.Al₂O₃.SiO₂.6H₂O yang tidak larut dalam air. Pembentukan

senyawa-senyawa ini berlangsung lambat dan menyebabkan tanah menjadi lebih keras, lebih padat dan lebih stabil.

Kondisi yang akan terjadi dari stabilisasi menggunakan kapur antara lain :

1. Meningkatkan kekakuan tanah dasar untuk pembangunan jalan baru atau merehabilitasi jalan yang telah ada
2. Mengurangi PI dari perkerasan semula dan material tanah dasar
3. Meningkatkan stabilitas volume untuk lapisan paling atas dari material yang dipilih
4. Memodifikasi lapisan subbase untuk meningkatkan kekakuan perkeras

2.9 Batas – Batas Atterberg

Tanah yang berbutir halus biasanya memiliki sifat plastis. Sifat plastis tersebut merupakan kemampuan tanah menyesuaikan perubahan bentuk tanah setelah bercampur dengan air pada volume yang konstan tanpa retak – retak dan remuk. Tanah tersebut akan berbentuk cair, plastis, semi padat atau padat tergantung jumlah air yang bercampur pada tanah tersebut.

Batas Atterberg memperlihatkan terjadinya bentuk tanah dari benda padat hingga menjadi cairan kental sesuai dengan kadar airnya. Dari test batas Atterberg akan didapatkan parameter batas cair, batas plastis, batas lengket dan batas kohesi yang merupakan keadaan konsistensi tanah. Batas-batas Atterberg dapat dilihat pada gambar berikut :

2.9.1 Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (LL) adalah kadar air tanah yang untuk nilai-nilai di atasnya, tanah akan berperilaku sebagai cairan kental (batas antara keadaan cair dan keadaan plastis), yaitu batas atas dari daerah plastis.

2.9.2 Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis (PL) adalah kadar air yang untuk nilai-nilai dibawahnya, tanah tidak lagi berpengaruh sebagai bahan yang plastis. Tanah akan bersifat sebagai bahan yang plastis dalam kadar air yang berkisar antara LL dan PL. Kisaran ini disebut indeks plastisitas.

2.9.3 Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks Plastisitas merupakan interval kadar air, yaitu tanah masih bersifat plastis. Karena itu, indeks plastis menunjukkan sifat keplastisitas tanah. Jika tanah mempunyai interval kadar air daerah plastis kecil, maka keadaan ini disebut dengan tanah kurus. Kebalikannya, jika tanah mempunyai interval kadar air daerah plastis besar disebut tanah gemuk.

2.10 Pengujian Pemadatan Tanah (*Proctor Standar*)

Pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah yaitu dengan mengeluarkan udara pada pori-pori tanah yang biasanya menggunakan energi mekanis. Dilapangan usaha pemadatan dihubungkan dengan jumlah gilasan dari mesin gilas, atau hal lain yang prinsipnya sama untuk suatu volume tanah tertentu. Di laboratorium menggunakan pengujian standar yang disebut uji proctor, dengan cara suatu palu dijatuhkan dari ketinggian tertentu beberapa lapis tanah di dalam sebuah mold. Dengan dilakukan pengujian pemadatan tanah ini maka akan menghasilkan hubungan antara kadar air dengan berat volume.

Tujuan pemadatan adalah untuk memadatkan tanah dalam keadaan kadar air optimum, sehingga udara dalam pori-pori tanah akan keluar.

Beberapa keuntungan yang didapatkan dengan adanya pemadatan ini adalah :

5. Meningkatkan kekuatan tanah.

6. Memperkecil pengaruh air terhadap tanah.
7. Berkurangnya penurunan permukaan (*subsidence*), yaitu gerakan vertikal didalam massa tanah itu sendiri akibat berkurangnya angka pori.
8. Mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air.

2.11 Percobaan CBR Unsoaked

CBR dikembangkan oleh California State Highway Departement sebagai cara untuk menilai kekuatan tanah dasar jalan (*subgrade*). Nilai CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas suatu bahan dibanding dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100 %. CBR menunjukkan nilai relatif kekuatan tanah, semakin tinggi kepadatan tanah maka nilai CBR akan semakin tinggi. Walaupun demikian, tidak berarti bahwa sebaiknya tanah dasar dipadatkan dengan kadar air rendah supaya mendapat nilai CBR yang tinggi, karena kadar air kemungkinan tidak akan konstan pada kondisi ini. Untuk perencanaan jalan baru, tebal perkerasan biasanya ditentukan dari nilai CBR dari tanah dasar yang dipadatkan. Nilai CBR yang digunakan untuk perencanaan ini disebut “ design CBR “. Cara yang dipakai untuk mendapat “ design CBR “ ini ditentukan dengan perhitungan dua faktor, yaitu (*Wesley, 1977*):

- a) Kadar air tanah serta berat isi kering pada waktu dipadatkan.
- b) Perubahan pada kadar air yang mungkin akan terjadi setelah perkerasan selesai dibuat.

Kekuantan tanah diuji dengan uji CBR sesuai dengan SNI-1744-1989, nilai kekuatan tanah tersebut digunakan sebagai acuan perlu tidaknya distabilisasi setelah dibandingkan dengan yang di syartkan dalam spesifiknya.

Pengujian CBR adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Nilai CBR pada hitungan yang sama sebesar 0.1 inci dan pnetasi sebesar 0.2 inci dan selanjutnya hasil keduanya dengan SNI 03-1744-1989 diambil hasil yang terbesar.

2.11.1 pengukuran CBR

Pengukuran CBR meliputi dua macam yaitu :

1. Nilai CBR untuk tekanan penetrasi pada 0.254 cm (0,1) terhadap penetrasi standard sebesar 70,37 kg/cm²(1000psi)

$$\text{Nilai CBR} = (\text{PI}/70,37) \times 100\% \text{ (PI dalam kg/cm}^2\text{)}$$

2. Nilai CBR untuk tekanan penetrasi pada penetrasi 0.508 cm (0.2), terhadap penetrasi standar yang besarnya 105.56 kg/ cm²(1500 psi)

$$\text{Nilai CBR} = (\text{PI}/105.56) \times 100\% \text{ (PI dalam kg/cm}^2\text{)}$$

Dari CBR kedua hitungan nilai terbesar digunakan

2.11.2 CBR Laboratorium

CBR Laboratorium dibedakan menjadi dua yaitu :

1. CBR laboratorium rendaman (*soaked design BCR*)
2. CBR laboratorium tanpa rendaman (*Unsoaked Design CBR*).

Pada pengujian CBR Laboratorium rendaman pelaksanaanya lebih skit karena membutuhkan waktu dan biaya relative lebih besar dibandingkan CBR laboratorium tanpa rendaman, sedangkan dari hasil pegujian CBR laboratorium tanpa rendaman sejauh ini selalu menghasilkan daya dukung tanah lebih besar dibandingkan dengan CBR laboratorium rendaman.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Persiapan Penelitian

Sebelum penelitian dilakukan, ada beberapa tahapan yang dilakukan yaitu pembuatan proposal, pengumpulan informasi dan studi literatur, pengambilan benda uji di lapangan, persiapan bahan stabilisasi, persiapan di laboratorium, dan konsultasi ke dosen pembimbing. Kegiatan-kegiatan ini merupakan rangkaian awal dalam pekerjaan persiapan.

3.2 Pekerjaan Lapangan

Pekerjaan lapangan yang dilakukan adalah pengambilan sampel tanah. Sampel tanah yang diambil meliputi tanah terganggu (*disturb soil*) dan tanah tidak terganggu (*undisturb soil*). Akan tetapi dalam penelitian ini cukup dengan pengambilan sample dengan cara *disturb soil* (tanah terganggu).

Sampel tanah diambil dari PTPN II Kebun Patumbak Deli Serdang Sumatera Utara. Hal ini dilakukan untuk membandingkan nilai-nilai propertis antar sampel tanah agar sesuai dengan target penelitian dengan penambahan Kapur.

Masing-masing sampel tanah diambil di beberapa titik, hal ini dilakukan agar sampel tanah yang diambil merupakan sampel tanah yang mewakili tanah di lokasi pengambilan sampel.. Sedangkan bahan aditif kapur dibeli dari toko Berastagi Tanah Karo.



Gambar 3.1 Bahan yang sudah diambil

3.2.1 Sampel Tanah Terganggu (Disturbed)

Sampel tanah yang diambil tidak perlu adanya usaha yang dilakukan untuk melindungi sifat dari tanah tersebut. Sampel tanah dilakukan untuk penguian basic properties dan engineering properties.



Gambar 3.2 Sampel tanah jl. PTPN II patumbak

3.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat untuk batas konsistensi, uji proktor standar dan CBR Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Politeknik Negeri Medan yang telah sesuai dengan Standarisasi *American Society for Testing Material (ASTM)*.

3.2.3 Bahan Uji

1. Tanah, dalam penelitian ini tanah yang digunakan adalah tanah lempung yang diperoleh Jln PTPN II Kebun Patumbak Deli Serdang Sumatera Utara.
2. Kapur, kapur yang digunakan berasal dari toko beratagi Tanah karo .
3. Air, air yang digunakan berasal dari Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Medan .

3.2.4. Pekerjaan Laboratorium

Pengujian dilakukan dilaboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Medan. Beberapa pengujian yang dilakukan antara lain :

1. *Basic properties*, meliputi test kadar air (water content), batas cair, batas plastis, analisis saringan, analisis hidrometer, dan berat jenis.
2. *Engineering properties*, meliputi percobaan pemadatan, CBR laboratorium, dan Unconfined Compression Test.

3.2.5. Sampel Uji

Sampel pengujian untuk tanah asli yang dibuat untuk masing-masing lokasi *soil sampling* dan kategori secara detail adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Sampel Pengujian Untuk Tanah Asli

| NO | Pengujian | Jumlah Benda Uji |
|-------------------------|------------------------------|------------------|
| 1 | Pengujian kadar air | 2x 2 sample |
| 2 | Pengujian berat jenis | 2x3 sample |
| 3 | Pengujian analisa hidrometer | 2x1 sample |
| 4 | Pengujian analisa sringan | 2x1 sampel |
| 5 | Batas cair | 2x1 sampel |
| 6 | Batas plastiis | 2x1 sampel |
| 7 | Pengujian pepadatan standar | 2x5 sampel |
| 8 | Pengujian CBR Laboratorium | 2x3 sampel |
| 9 | Pengujian UCS | 1x1 sampel |
| Jumlah Total sampel Uji | | 35 sampel |

Pengujian terhadap *basic peroperties* dan *engineering properties* dari kedua sampel tanah asli selesai, maka selanjutnya diambil salah satu contoh tanah yang memiliki sifat-sifat plastisitas dan CBR yang lebih rendah. Kemudian dilakukan perencanaan terhadap pencampuran tanah asli dengan bahan stabilisasi kapur.

Tabel 3.2. Sampel pengujian untuk tanah asli + kapur

| No | Pengujian | VARIASI (1%,3%,5%)x(0,7,14 hari) | Jumlah Benda Uji |
|------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------|
| 1 | Pengujian Batas Cair | 3x3x1 sampel | 9 sampel |
| 2 | Pengujian bataas plastis | 3x3x1 sampel | 9 sampel |
| 3 | percobaan compection | 3x5 sampel | 15 sampel |
| 4 | Pemeriksaan CBR Laboratorium | 3x3x3 sampel | 27 sampel |
| 5 | Percobaan Unconfined Compection Test | 3x3x1 sampel | 9 sampel |
| Jumlah total benda uji | | | 69 sampel |

Sumber laboratorium piliteknik negeri medan(polmed)

3.3. Pemeriksaan *Properties* Tanah Asli

Pada tahapan ini dilakukan pengujian-pengujian laboratorium untuk mengetahui sifat-sifat tanah asli. Pengujian ini dibagi menjadi 2 bagian, yaitu pemeriksaan *basic properties* dan *engineering properties*.

3.3.1. Pemeriksaan *Basic Properties* Tanah Asli

3.3.1.1. Pengujian Kadar Air

Maksud dari pengujian kadar air tanah adalah mengetahui nilai perbandingan antara berat air di dalam tanah dengan berat butiran tanah tersebut dalam satuan persen. Hasil Pengujian dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.3 Hasil Percobaan Kadar Air Sampel

| No sampel | 1 | 2 |
|---|-------|-------|
| A Berat krus + tanah basah (gr) | 42.6 | 37 |
| B Berat krus + tanah kering (gr) | 38.1 | 33.2 |
| C Berat air (gr) | 4.5 | 3.8 |
| D Berat Krus(gr) | 9.3 | 9.30 |
| E Berat Tanah Kering(gr) | 28.8 | 27.10 |
| F Kadar Air (w) (%) | 15.63 | 14.02 |
| G Kadar air rata-rata(%) | 14.82 | |



Gambar 3.3 Perhitungan Kadar air pada percobaan *water content*

3.3.1.2. Pengujian berat jenis Tanah (*Specific Gravity*)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui perbandingan antara berat isi tanah dengan berat isi air dengan perbandingan volume yang sama pada suhu tertentu. Nilai dari *specific gravity* digunakan percobaan pemadatan dan CBR.

Tabel 3.4. Hasil pengujian berat jenis tanah

| No. Percobaan | 1 | 2 | 3 |
|--|--------|--------|--------|
| No. Piknometer | 4 | 5 | 6 |
| A Berat Piknometer + Tanah (W2) | 59.40 | 61.50 | 58.30 |
| B Berat Piknometer (W1) | 32.40 | 35.50 | 31.10 |
| C Berat Tanah (W1-W2) | 27.00 | 26.00 | 27.20 |
| D Temperatur (T°C) | 27.00 | 27.00 | 27.02 |
| E Berat Piknometer + Air Pada T°C(W4) | 82.80 | 85.30 | 82.30 |
| (W2-W1+W4) | 109.80 | 111.20 | 110.10 |
| F Berat Piknometer + Air + Tanah (W3) | 99.60 | 101.50 | 99.40 |
| G Isi Tanah (W2 -W1+ W4 - W3) | 10.20 | 9.80 | 10.70 |
| Berat Jenis | 2.67 | 2.65 | 2.60 |
| Berat jenis rata-rata | 2.64 | | |



Gambar 3.4 Perhitungan berat jenis tanah

3.3.1.3 Analisa Saringan & Hidrometer

Uji analisis butiran terbagi menjadi 2 bagian pengujian, yaitu uji analisis hidrometer dan uji analisis saringan. Analisis hidrometer berperan dalam menentukan distribusi ukuran butir-butir untuk tanah yang mengandung butir tanah lolos saringan no. 200. Sedangkan uji analisis saringan untuk menentukan distribusi ukuran butir-butir untuk tanah yang mengandung butir tanah tertahan saringan no. 200.

Analisa Saringan

Tabel 3.5 Hasil analisa ayakan

| Saringan nomor | Berat diatas (gr) | Jumlah berat diatas (gr) | Persen diatas (%) | Persen melalui (%) | Persen seluruh contoh melalui (%) |
|----------------|-------------------|--------------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------------|
| No.10 | 8.51 | 8.51 | 1.63 | 98.37 | 98.37 |
| No.40 | 15.30 | 23.81 | 4.57 | 95.43 | 95.43 |
| No.80 | 25.70 | 49.51 | 9.50 | 90.50 | 90.50 |
| No.100 | 34.80 | 84.31 | 16.17 | 83.83 | 83.83 |
| No.120 | 43.10 | 127.41 | 24.44 | 75.56 | 75.56 |
| No.200 | 41.40 | 168.81 | 32.38 | 67.62 | 67.62 |

Analisa Hidrometer

| Saringan Nomor | Berat diatas (gr) | Jlh Brt diatas (gr) | Persen diatas (%) | Persen melalui (%) | Persenseluruh Contoh melalui (%) |
|----------------|-------------------|---------------------|-------------------|--------------------|----------------------------------|
| No. 10 | | | | 100 | 44.80 |
| No. 20 | 10.00 | 10.00 | 8.93 | 91.07 | 40.80 |
| No. 40 | 11.97 | 21.97 | 19.62 | 80.38 | 36.01 |
| No. 80 | 3.50 | 25.47 | 22.74 | 77.26 | 34.61 |
| No. 120 | 22.70 | 48.17 | 43.01 | 56.99 | 25.53 |
| No. 200 | 13.35 | 61.52 | 54.93 | 45.07 | 20.19 |

| Waktu | Kelangan waktu | Temperatur (T°C) | Pembacaan hydrometer (Rh) | Diameter butiran (D) | Faktor koreksi (K) | Pembacaan Benar (Rh÷ K) | Faktor koreksi (a) | Persentase pengendapan (%) | Persentase contoh pengendapan (%) |
|---------|----------------|------------------|---------------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| 8 :34 | 0 menit | 28 | | | | | | | |
| 8 :34.5 | 0.5 menit | 28 | 25 | 0.05435 | 0.0129 | 25.0129 | 1.02 | 22.78 | 10.21 |
| 8 :44 | 1 menit | 28 | 23 | 0.03950 | 0.0129 | 23.0129 | 1.02 | 20.96 | 9.39 |
| 8 :45 | 2 menit | 28 | 22 | 0.02830 | 0.0129 | 22.0129 | 1.02 | 20.05 | 8.89 |
| 8 :48 | 5 menit | 28 | 18 | 0.01880 | 0.0129 | 18.0129 | 1.02 | 16.40 | 7.35 |
| 8 :58 | 15 menit | 28 | 17 | 0.01098 | 0.0129 | 17.0129 | 1.02 | 15.49 | 6.94 |
| 9 :12 | 30 menit | 28 | 15 | 0.00794 | 0.0129 | 15.0129 | 1.02 | 13.67 | 6.13 |
| 9 :43 | 1 jam | 28 | 14 | 0.00568 | 0.0129 | 14.0129 | 1.02 | 12.67 | 5.72 |
| 12 :43 | 4 jam | 28 | 13 | 0.00287 | 0.0129 | 13.0129 | 1.02 | 11.85 | 5.31 |
| 8 :43 | 24 jam | 28 | 10 | 0.00121 | 0.0129 | 10.0129 | 1.02 | 9.12 | 4.09 |

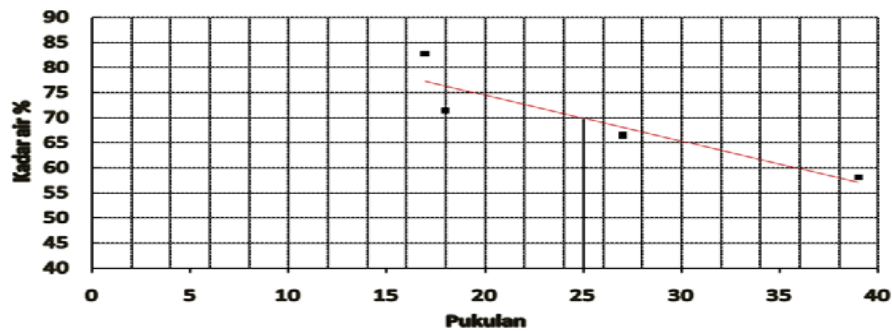
3.3.1.4 Percobaan Atterberg Limit

Pengujian Batas Cair (*Liquid Limit*) dan Batas Plastis (*Plastic Limit*).

Adapun hasil penelitian yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Tabel 3.6 Hasil percobaan batas plastis dan batas cair

| Batas Cair (LL) – Pukulan | 40 | | 33 | | 22 | | 20 | | Batas Plastis |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|----|---|---------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | |
| Berat krus + | 26.2 | 42.6 | 28.9 | 27.6 | 23.4 | 23.9 | | | |
| Berat krus + | 21.5 | 35.7 | 22.7 | 21.1 | 22.8 | 22.9 | | | |
| Berat air | 4.70 | 6.90 | 6.20 | 6.50 | 0.60 | 1.00 | | | |
| Berat krus | 9.30 | 19.1 | 9.30 | 9.30 | 27.7 | 21.1 | | | |
| Berat | 12.2 | 16.6 | 13.4 | 11.8 | 2.10 | 1.80 | | | |
| Kadar air | 38.5 | 41.5 | 46.2 | 55.0 | 28.5 | 55.5 | | | |
| | | | | | | | | | 42.06 |



Gambar 3.5 Grafik hubungan antara pukulan dengan kadar air



Gambar 3.6 Gambar persiapan benda uji *antberg limit* dan
 pegujian *liquit limit*
sumber penelitian dilabaorium politeknik negeri medan

3.4.1. Pemeriksaan *Engineering Properties* Tanah Asli

3.4.2.1. Percobaan Pematatan (Proktor Standar)

Pengujian proktor standar bertujuan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah dengan cara memadatkan tanah di dalam silinder berukuran tertentu menggunakan cetakan, sampel tanah lolos saringan no. 4. Kegunaan pengujian proktor standar untuk mencari nilai kepadatan maksimum (*Maximum Dry Density*) dan kadar air optimum (*Optimum Moisture*)

Content) dari suatu sampel tanah.

Hasil pengujian proktor standar dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.7 Tabel hasil perobaan pematatan

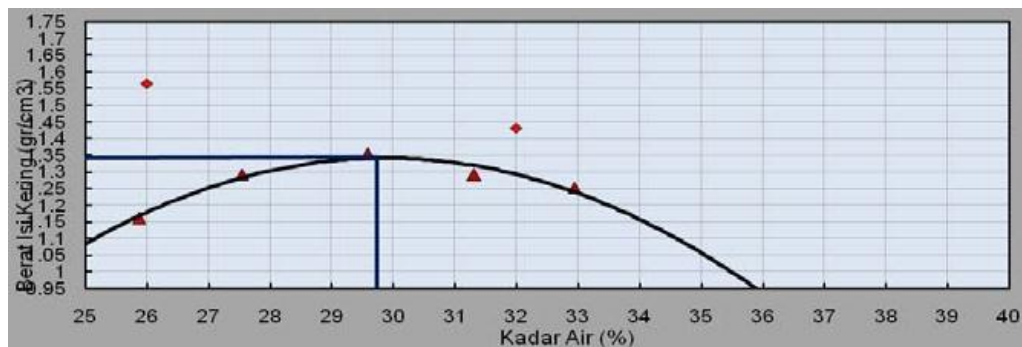
| | | | | | |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Berat tanah basah | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| Kadar air mula-mula (%) | 22.13 | 22.13 | 22.13 | 22.13 | 22.13 |
| Penambahan air (%) | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
| Penambahan air (cc) | 200 | 240 | 280 | 320 | 360 |

Berat isi

| | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| Berat tanah + cetakan | 5900 | 6050 | 6150 | 6100 | 6095 |
| Berat cetakan | 4500 | 4470 | 4470 | 4475 | 4500 |
| Berat tanah basah | 1400 | 1580 | 1680 | 1625 | 1595 |
| Isi cetakan $t= 11.72$ $d= 10.20$ | 958 | 958 | 958 | 958 | 958 |
| Berat isi basah (bw) | 1.461 | 1.649 | 1.754 | 1.696 | 1.665 |
| Berat isi kering $d = \frac{bw}{(100+w)} * 100\%$ (gr/cc) | 1.161 | 1.293 | 1.353 | 1.292 | 1.252 |

Berat kadar air

| | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tanah basah + cawan | 79.40 | 65.90 | 62.90 | 50.50 | 66.30 |
| Tanah kering + cawan | 65.20 | 53.70 | 50.80 | 40.70 | 52.40 |
| Berat air | 14.20 | 12.20 | 12.10 | 9.80 | 13.90 |
| Berat cawan | 10.30 | 9.40 | 9.90 | 9.40 | 10.20 |
| Berat tanah kering | 54.90 | 44.30 | 40.90 | 31.30 | 42.20 |
| Kadar air | 25.87 | 27.54 | 29.58 | 31.31 | 32.94 |



Gambar 3.7 Kurva hubungan kadar air optimum dengan berat isi kering

$$ZAV = (Gs * w) / (1 + Gs * w) \quad w = 26\% \longrightarrow g = 1.565 \text{ gr/cm}^3$$

$$Gs \ 2.64 \quad w = 32\% \longrightarrow g = 1.431 \text{ gr/cm}^3$$

Berat isi kering maksimum = 1.349 gr/cm³

Kadar air optimum = 29.68

3.4.3. Percobaan CBR Laboratorium

Tabel 3.8. Hasil percobaan CBR

| Waktu (min) | Penurunan (in) | Atas | bawah | Beban (LB) |
|-------------|----------------|------|-------|------------|
| 0 | 0 | 3 | | atas bawah |
| 1/4 | 0.0125 | 4 | | 22.422 |
| 1/2 | 0.025 | 5 | | 29.896 |
| 1 | 0.05 | 7 | | 37.370 |
| 1.5 | 0.075 | 8 | | 52.318 |
| 2 | 0.1 | 10 | | 59.792 |
| 3 | 0.15 | 13 | | 74.740 |
| 4 | 0.2 | 15 | | 97.162 |
| 6 | 0.3 | 19 | | 112.110 |
| 8 | 0.4 | 22 | | 142.006 |
| 10 | 0.5 | Atas | | 164.428 |

Kadar air

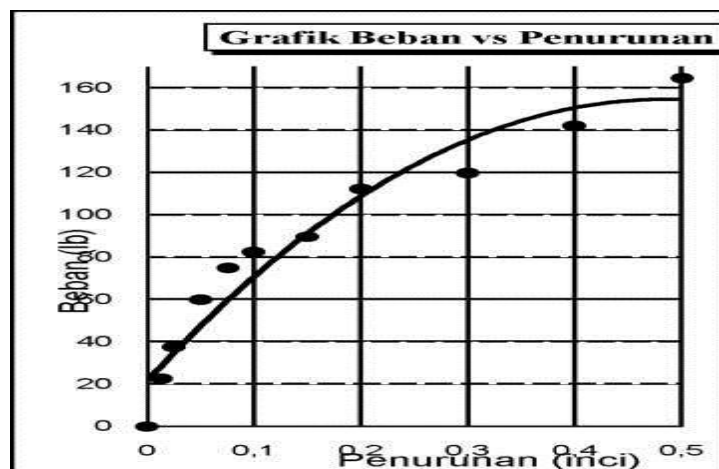
| | |
|----------------------|-------|
| Tanah basah + cawan | 56.50 |
| Tanah kering + cawan | 53.20 |
| Berat cawan | 10.00 |
| Berat air | 3.30 |
| Tanah kering | 43.20 |
| Kadar air (%) | 7.64 |

Berat isi kering

| | |
|---------------------|-------|
| Berat tanah & mould | 11300 |
| Berat mould | 7600 |
| Berat tanah basah | 3700 |
| Isi mould | 2130 |
| Berat isi basah | 1.737 |
| Berat isi kering | 1.471 |

CBR Laboratorium

| | |
|------------------|-----------|
| CBR Laboratorium | Harga CBR |
| 0.1 | 02 |
| 1.99% | |



Sumber penelitian dilaboratorium politeknik negeri medan

3.4.3.1. Percobaan *Unconfined Compression Strenght*

Penelitian ini dimaksudkan untuk menentukan besarnya kekuatan tekan bebas contoh tanah yang bersifat kohesif dalam keadaan asli atau terganggu/rusak (remoulded). Yang dimaksud dengan kekuatan tekan bebas yaitu besarnya gaya aksial persatuan luas pada saat benda uji mengalami

keruntuhan atau pada saat regangan aksial mencapai 20%.

Hasil dari pengujian UCS terhadap tanah asli adalah sebagai berikut :

Tabel 3.9. Hasil percobaan UCS terhadap sampel Tanah asli

| | | | |
|----------------------|--------------------------|------------------|---------|
| DIAMETER | 6.154 cm | Weight | 7.15 gr |
| INITIAL LENGTH l_0 | 12.308 cm | Proving Ring No. | |
| INITIAL AREA A_0 | 29.75639 cm ² | Calibration | 0.451 |

| TIME | deflectiond | strin (%) | Provin Ring Division | Axial Load Kg | Correction faktor | Area cm ² | Qu |
|------|-------------|-----------|----------------------|---------------|-------------------|----------------------|--------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.0000 | 36.317 | 0 |
| 0.5 | 68 | 0.5 | 7.00 | 3.16 | 1.0050 | 36.499 | 0.0865 |
| 1 | 136 | 1 | 8.50 | 3.83 | 1.0101 | 36.684 | 0.1045 |
| 2 | 272 | 2 | 10.00 | 4.51 | 1.0204 | 37.058 | 0.1217 |
| 3 | 408 | 3 | 12.00 | 5.41 | 1.0309 | 37.440 | 0.1446 |
| 4 | 544 | 4 | 13.50 | 6.09 | 1.0417 | 37.830 | 0.1609 |
| 5 | 680 | 5 | 14.50 | 6.54 | 1.0526 | 38.228 | 0.1711 |
| 6 | 816 | 6 | 17.50 | 7.89 | 1.0638 | 38.635 | 0.2043 |
| 7 | 952 | 7 | 16.00 | 7.22 | 1.0753 | 39.050 | 0.1848 |
| 8 | 1088 | 8 | 14.50 | 6.54 | 1.0870 | 39.475 | 0.1657 |
| 9 | 1224 | 9 | | | 1.0989 | 39.909 | |
| 10 | 1360 | 10 | | | 1.1111 | 40.352 | |
| 11 | 1496 | 11 | | | 1.1236 | 40.805 | |
| 12 | 1632 | 12 | | | 1.1364 | 41.269 | |
| 13 | 1768 | 13 | | | 1.1494 | 41.743 | |
| 14 | 1904 | 14 | | | 1.1628 | 42.229 | |
| 15 | 2040 | 15 | | | 1.1765 | 42.726 | |
| 16 | 2176 | 16 | | | 1.1905 | 43.234 | |
| 17 | 2312 | 17 | | | 1.2048 | 43.755 | |
| 18 | 2448 | 18 | | | 1.2195 | 44.289 | |
| 19 | 2584 | 19 | | | 1.2346 | 44.836 | |
| 20 | 2720 | 20 | | | 1.2500 | 45.396 | |

Natural Moisture Content

| container wo | 1 | 2 | |
|----------------------|---------|-------|----------------|
| wt. of cont-wet soil | 65.40 | 50.70 | gr |
| wt. wf cont-dry soil | 58.00 | 45.50 | gr |
| wt. of cont | 9.40 | 9.30 | gr |
| wt. of water | 7.40 | 5.20 | g ^r |
| wt. of dry soil | 48.60 | 36.20 | gr |
| Moisture content | 15.23 | 14.36 | % |
| Average | 14.80 % | | % |

3.4.4. *Summary laboratorium test*

Berikut adalah *summary laboratorium test* terhadap sampel sabagai tanah asli :

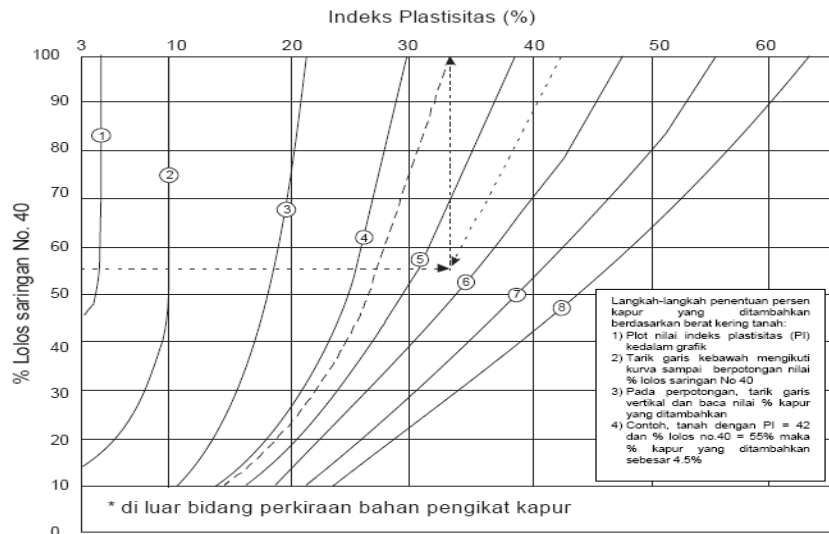
Tabel 3.10. Summary laboratorium test terhadap sabagai tanah asli

| Properties | Sampel |
|--------------------------------|---------------|
| Water Content | 14.82 |
| Specific gravity | 2.64 |
| Liquid Limit | 70.30 |
| Plastis Limit | 26.87 |
| Maximum dry density (MDD) | 1.349 |
| Optimum Moisture Content (OMC) | 29.68 |
| CBR Laboratorium | 1.99 |
| UCS | 0.204 |

Dari data di atas nilai PI yang lebih besar dan harga CBR laboratorium yang lebih rendah sehingga selanjutnya percobaan stabilisasi lempung dengan kapur guna metabolisasikan tanah agar lebih baik.

3.4.5. **Penentuan presentase kapur yang dibutuhkan**

Kebutuhan persentase kapur sebagai bahan stabilisasi dapat dilakukan sesuai tahapan perencanaan di laboratorium dengan metode coba-coba. Akan tetapi, kita dapat menggunakan grafik yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan umum pada pedoman perencanaan stabilisasi tanah dengan bahan serbuk pengikat untuk konstruksi jalan. Penentuan presentase kapur ditentukan berdasarkan nilai indeks plastisitas dan persen lolos saringan no.40 pada percobaan analisa saringan.



Gambar 3.8. Penentuan perkiraan kapur yang dibutuhkan

Keterangan gambar :

- 1,2,3,dst adalah kadar kapur.
- Grafik ini tidak diperbolehkan untuk material yang lolos saringan no.40 lebih kecil dari 10% dan pada material pasir ($IP < 3\%$).

Langkah-langkah penentuan kadar kapur yang ditambahkan berdasarkan grafik di atas :

1. Plot nilai indeks plastisitas (PI) ke dalam grafik
2. Tarik garis ke bawah mengikuti kurva sampai berpotongan dengan nilai % lolos saringan no.40
3. Pada perpotongan, tarik garis vertikal dan baca nilai % kapur yang ditambahkan.
4. Pada penelitian ini, tanah dengan $PI = 43$ dan % lolos no.40 = 36 %, maka persentase kapur yang ditambahkan sebesar 3 %

Kebutuhan persentase kapur yang akan ditambahkan sebagai bahan

stabilisasi dapat menggunakan variasi kadar kapur 2% di atas dan 2% di bawah nilai yang sudah didapat (*Departemen Pekerjaan Umum, Pedoman Perencanaan Stabilisasi Tanah dengan Bahan Serbuk Pengikat untuk Konstruksi Jalan*), sehingga variasi penambahan kapur yang digunakan pada penelitian ini sebesar 1%, 3%, dan 5%.

3.4.6. Penelitian pada Tanah yang Distabilisasi dengan kapur

Pada pengujian ini, tanah yang diuji adalah tanah yang telah dicampur dengan kapur. Pada proses stabilisasi ini, dilakukan pemeraman agar kita dapat mengetahui perubahan yang terjadi dalam jangka waktu tertentu diakibatkan oleh proses kimia antara tanah, 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 kadar air.

Masa perawatan yang dilakukan pada setiap sampel adalah 0, 7, dan 14 hari yang nantinya diharapkan didapat hubungan antara masa perawatan dengan kekuatan benda uji.

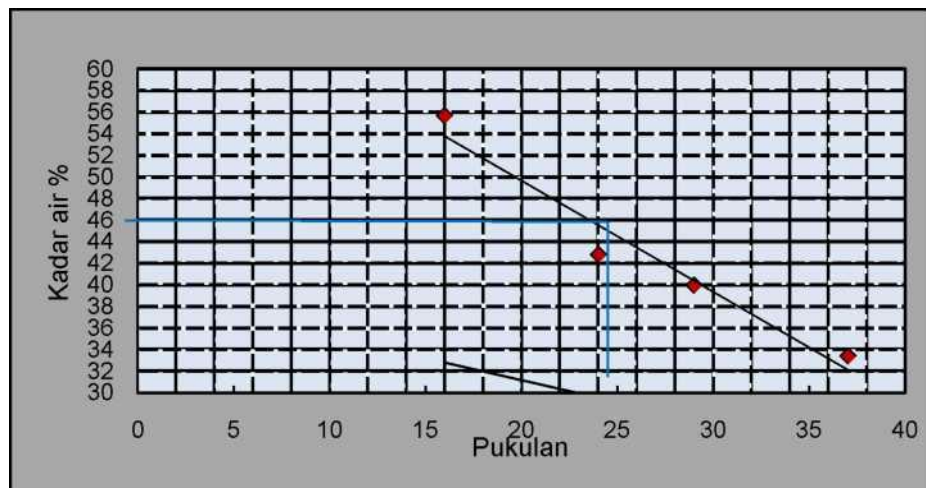
3.4.7. Pengujian Batas-Batas Konsistensi

Seperti yang telah dipaparkan di atas, pada penelitian ini dilakukan pengujian batas cair (LL) dan batas plastis (PL). Hasil penelitian yang akan dipaparkan adalah hasil pengujian dengan penambahan kapur sebanyak 5% dari berat tanah asli dengan masa pemeraman 14 hari.

Tabel 3.11. Hasil pengujian batas cair dan batas plastis pada penambahan kapur dengan waktu 5% dan waktu pemeraman 14 hari

| Batas Cair (LL) | 37 | Ka | 29 | Kali | 24 | Ka | 16 | Kali | Batas | Plasti |
|----------------------------|----|-------|-------|------|-------|----|-------|------|-------|--------|
| No krus | | | | | | | | | | |
| Berat krus + contoh basah | gr | 39.61 | 40.56 | | 41.52 | | 40.81 | | 23.44 | 24.71 |
| Berat krus + contoh kering | gr | 32.10 | 31.70 | | 31.90 | | 29.70 | | 18.90 | 19.80 |
| Berat air | gr | 7.51 | 8.86 | | 9.62 | | 11.11 | | 4.54 | 4.91 |
| Berat krus | gr | 9.63 | 9.52 | | 9.41 | | 9.74 | | 6.23 | 6.41 |
| Berat contoh-kering | gr | 22.47 | 22.18 | | 22.49 | | 19.96 | | 12.67 | 13.39 |
| Kadar | % | 33.42 | 39.95 | | 42.77 | | 55.66 | | 35.83 | 36.67 |

36 25



Gambar 3.9. Grafik Hubungan antara Pukulan dengan pada variasi campuran 5% dengan waktu pemeraman selama 14 hari

Dari pengujian batas cair dan batas plastis variasi campuran kapur 5% dengan waktu pemeraman selama 14 hari, diperoleh data-data sebagai berikut:

Batas cair (LL) = 44.60 %

Batas plastis (PL) = 36.25 %

Indeks plastisitas (PI) = 8.35 %

Berikut ini adalah hasil batas cair dan batas plastis dari stabilisasi lempung dengan variasi campuran kapur 1%, 3%, dan 5% dengan masa

pemeraman 1, 7, dan 14 hari.

Tabel 3.12. Nilai Batas-Batas Konsistensi Tanah Lempung setelah Distabilisasi dengan Kapur

| Penambahan Kapur (%) | Pemeraman (Hari) | Nilai Batas-Batas Konsistensi | | |
|----------------------|------------------|-------------------------------|----------------|----------------|
| | | Batas Cair | Batas Plaastis | Indeks Plastis |
| 1 | 0 | 68.80 | 27.34 | 41.46 |
| | 7 | 67.80 | 28.67 | 39.13 |
| | 14 | 66.20 | 30.71 | 35.49 |
| 3 | 0 | 68.55 | 30.13 | 38.42 |
| | 7 | 63.40 | 31.69 | 31.71 |
| | 14 | 56.20 | 33.62 | 22.58 |
| 5 | 0 | 61.20 | 32.39 | 28.81 |
| | 7 | 53.40 | 34.34 | 19.06 |
| | 14 | 44.60 | 36.25 | 8.35 |
| | 28 | 42.60 | 36.62 | 5.98 |

3.4.8. Pengujian Pemadatan (*Compection Test*)

Pengujian pemadatan/proktor standar bertujuan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah dengan cara memadatkan tanah di dalam silinder berukuran tertentu menggunakan cetakan, sampel tanah lolos saringan no. 4. Kegunaan pengujian proktor standar untuk mencari nilai kepadatan maksimum (*Maximum Dry Density*) dan kadar air optimum (*Optimum Moisture Content*) dari suatu sampel tanah. Hasil pengujian proktor standar pada variasi campuran 5 % adalah sebagai berikut :

Tabel 3.13. Hasil pengujian proctor standar denga variasi campuran 5% kapur

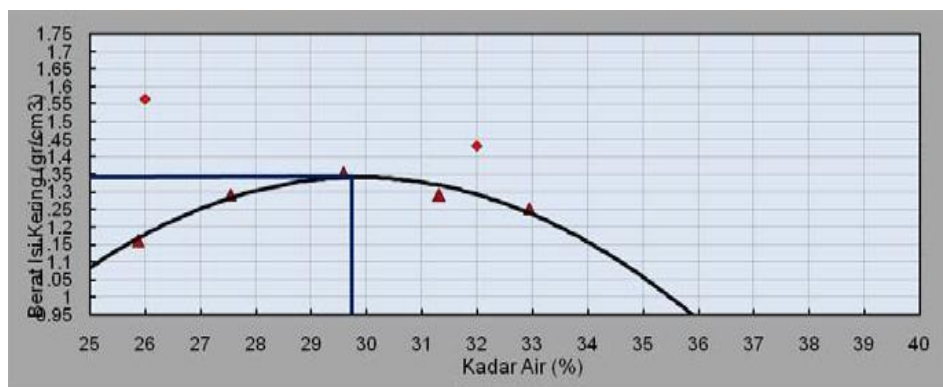
| | | | | | |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Berat tanah basah | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 |
| Kadar air mula-mula (%) | 14.82 | 14.82 | 14.82 | 14.82 | 14.82 |
| Penambahan air (%) | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| Penambahan air (cc) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 |

Berat isi

| | | | | | |
|---|-------------|-------|-------|-------|-------|
| Berat tanah + cetakan | 6450 | 5850 | 5950 | 6750 | 5900 |
| Berat cetakan | 5100 | 4400 | 4400 | 5100 | 4300 |
| Berat tanah basah | 1350 | 1450 | 1550 | 1650 | 1600 |
| Isi cetakan $t = 11.75$ | $d = 10.15$ | 951 | 951 | 951 | 951 |
| Berat isi basah (bw) | 1.419 | 1.525 | 1.630 | 1.735 | 1.682 |
| Berat isi kering $d = bw/(100+w) *$ 100% | (gr/cc) | 1.115 | 1.183 | 1.248 | 1.314 |

Kadar air

| | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tanah Basah + cawan | 41.30 | 67.30 | 62.50 | 67.90 | 69.50 |
| Tanah Kering = Cawan | 34.70 | 54.60 | 50.10 | 53.90 | 54.40 |
| Berat Air | 6.60 | 12.70 | 12.40 | 14.00 | 15.10 |
| Berat cawan | 10.50 | 10.60 | 9.50 | 10.20 | 10.40 |
| Berat Tanah Kering | 24.20 | 44.00 | 40.60 | 43.70 | 44.00 |
| Kadar Air | 27.27 | 28.86 | 30.54 | 32.04 | 34.32 |



Gambar 3.10. Hubungan antara berat isi kering maksimum (MDD) dengan kadar air optimum (OMC) pada variasi 5% kapur

Dari pengujian batas cair dan batas plastis variasi campuran kapur 5% dengan waktu pemeraman selama 14 hari, diperoleh data - data sebagai berikut:

Batas cair (LL) = 44.60 %

Batas plastis (PL) = 36.25 %

Indeks plastisitas (PI) = 8.35 %

Berikut ini adalah hasil batas cair dan batas plastis dari stabilisasi lempung dengan variasi campuran kapur 1%, 3%, dan 5% dengan masa pemeraman 1, 7, dan 14 hari.

Tabel 3.14. Hasil penelitian Proctor standar terhadap berbagai variasi penambahan kapur

| No | Penambahan kapur (%) | Berat isi kering maksimum (kg/ cm ³) | Kadar air optimum (%) |
|----|----------------------|--|-----------------------|
| 1. | 1 | 1.336 | 30.00 |
| 2. | 2 | 1.325 | 30.73 |
| 3. | 3 | 1.257 | 32.23 |

3.4.8.1. Percobaan CBR Laboratorium

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan CBR tanah dan campuran tanah yang dipadatkan di laboratorium pada kadar air tertentu. Nilai CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas suatu bahan dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR 100%. CBR menunjukkan nilai relatif kekuatan tanah, semakin tinggi kepadatan tanah maka nilai CBR akan semakin tinggi.

Pengujian CBR dilakukan dengan cara melakukan penetrasi ke dalam contoh uji dengan kecepatan penetrasi konstan (1.27mm/menit atau 0.005"/menit) dan besarnya beban yang diperlukan untuk mempertahankan kecepatan penetrasi tersebut dicatat pada interval penetrasi tertentu. Umumnya harga CBR diambil pada penetrasi 2.54 mm (0.1") dengan standar beban 13.24 kN atau setara dengan 3000 lbf.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung CBR laboratorium yaitu :

$$\text{CBR} = \frac{\text{Bahan yang diukur pada penetrasi standar} \times \text{kalibrasi proving}}{\text{ving}} \times 100\% \dots\dots$$

Standar beban

.....(persamaan III.I)

Berikut adalah data yang diperoleh dari hasil penelitian CBR laboratorium pada sampel 56 pukulan, variasi campuran 5% kapur dengan waktu pemeraman 14 hari.

Tabel 3.15. Hasil pengujian CBR Laboratorium variasi 5% dan waktu pemeran 14 hari

| | |
|-----------------------|-------|
| Berat Tanah dan mould | 11350 |
| Berat Mould | 7850 |
| Berat tanah Basah | 3500 |
| Isi mould | 2130 |
| Berat isi basa | 1643 |
| Berat isi kering | 1278 |

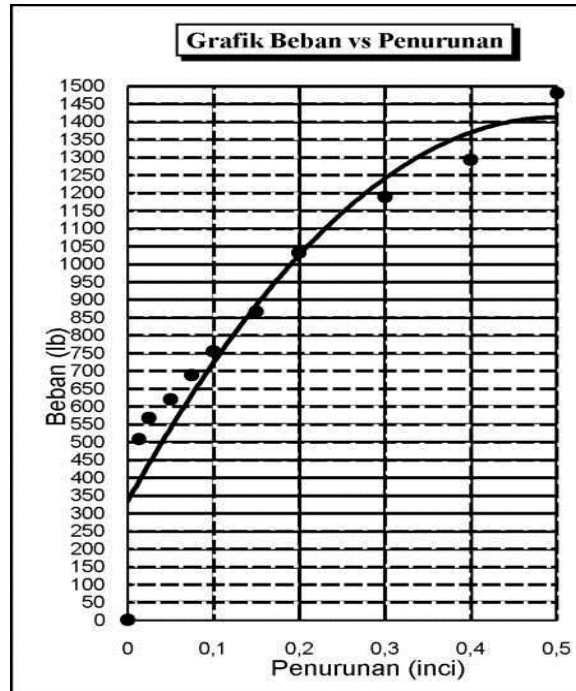
| Waktu (min) | Penurunan (in) | Pembacaan arlogi | | Beban (LB) | |
|-------------|----------------|------------------|-------|------------|-------|
| | | Atas | Bawah | Atas | Bawah |
| 0 | 0 | Atas | Bawah | Atas | Bawah |
| ¼ | 0.0125 | 68 | | 508.232 | |
| ½ | 0.025 | 76 | | 568.024 | |
| 1 | 0.05 | 83 | | 620.342 | |
| 1.5 | 0.075 | 92 | | 687.608 | |
| 2 | 0.1 | 101 | | 754.874 | |
| 3 | 0.15 | 116 | | 866.984 | |
| 4 | 0.2 | 138 | | 1031.412 | |
| 6 | 0.3 | 159 | | 1188.366 | |
| 8 | 0.4 | 173 | | 1293.002 | |
| 10 | 0.5 | 198 | | 1479.852 | |

Kadar Air

| | |
|----------------------|-------|
| Tanah Basah +cawan | 53.20 |
| Tanah Kering + cawan | 43.50 |
| Berat Cawan | 9.60 |
| Berat Air | 9.70 |
| Tanah kering | 33.90 |
| Kadar Air (%) | 28.61 |

Maka untuk mendapatkan nilai CBR dipakai persamaan di atas (kalibrasi alat 7.474 lbs) :

$$\text{CBR} = \frac{101 \times 7.474 \text{ lbs}}{3000} \times 100\% = 25.16$$



Gambar 3.11. Hubungan antara beban dan penurunan pada 56 pukulan, variasi campuran 5% kapur, waktu pemeraman 14 hari

Tabel 3.16. Hasil Penambahan CBR Laborium dengan Variasi Penambahan Kapur

| No | Penambahan Kapur (%) | Pemeraman (Hari) | Nilai CBR (%) |
|----|----------------------|------------------|---------------|
| 1 | 1 | 0 | 3.50 |
| | | 7 | 4.60 |
| | | 14 | 5.80 |
| 2 | 2 | 0 | 7.60 |
| | | 7 | 11.10 |
| | | 14 | 15.60 |
| 3 | 3 | 0 | 12.50 |
| | | 7 | 16.90 |
| | | 14 | 23.60 |

3.4.8.2. Percobaan *Unconfined Compression Strength*

Hasil percobaan UCS variasi penambahan kapur 5% dengan waktu pemeraman 14 hari dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 3.17. hasil pemeriksaan UCS variasi penambahan kapur 5% dengan waktu pemeraman 14 hari

| | | | |
|----------------------|--------------------------|------------------|---------|
| DIAMETER | 6.154 cm | Weight | 7.15 gr |
| INITIAL LENGTH l_0 | 12.308 cm | Proving Ring No. | |
| INITIAL AREA A_0 | 29.75639 cm ² | Calibration | 0.451 |

| TIME | Deflection d | Stain (%) | Proving Ring Division | Axial Load Kg | Correction faktor | Area cm ² | Qu |
|------|--------------|-----------|-----------------------|---------------|-------------------|----------------------|----------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.0000 | 36.317 | 0 |
| 0.5 | 68 | 0.5 | 14.50 | 6.54 | 1.0050 | 36.499 | 0.1792 |
| 1 | 136 | 1 | 17.00 | 9.02 | 1.0101 | 36.684 | 0.2090 |
| 2 | 272 | 2 | 20.00 | 7.67 | 1.0204 | 37.058 | 0.2434 |
| 3 | 408 | 3 | 24.00 | 10.82 | 1.0309 | 37.440 | 0.2891 |
| 4 | 544 | 4 | 26.00 | 11.73 | 1.0417 | 37.830 | 0.3100 |
| 5 | 680 | 5 | 28.00 | 12.85 | 1.0526 | 38.228 | 0.3362 |
| 6 | 816 | 6 | 31.00 | 13.98 | 1.0638 | 38.635 | 0.3619 |
| 7 | 952 | 7 | 38.00 | 15.79 | 1.0753 | 39.050 | 0.4042 |
| 8 | 1088 | 8 | 41.00 | 17.14 | 1.0870 | 39.475 | 0.4341 |
| 9 | 1224 | 9 | 41.00 | 18.49 | 1.0989 | 39.909 | 0.4633 |
| 10 | 1360 | 10 | 44.50 | 20.07 | 1.1111 | 40.352 | 0.4974 |
| 11 | 1496 | 11 | 48.00 | 21.65 | 1.1236 | 40.805 | 0.5305 |
| 12 | 1632 | 12 | 50.00 | 22.55 | 1.1364 | 41.269 | 0.5464 |
| 13 | 1768 | 13 | 53.00 | 23.90 | 1.1494 | 41.743 | 0.5726 |
| 14 | 1904 | 14 | 55.00 | 25.03 | 1.1628 | 42.229 | 0.5927 |
| 15 | 2040 | 15 | 59.00 | 26.61 | 1.1765 | 42.726 | 0.6228 |
| 16 | 2176 | 16 | 63.00 | 28.41 | 1.1905 | 43.234 | 0.6572 |
| 17 | 2312 | 17 | 67.00 | 30.22 | 1.2048 | 43.755 | 0.6906 |
| 18 | 2448 | 18 | 69 | 31.119 | 1.2195 | 44.289 | 0.702635 |
| 19 | 2584 | 19 | 67.0 | 30.4425 | 1.2346 | 44.836 | 0.678974 |
| 20 | 2720 | 20 | | | 1.2500 | 45.396 | |

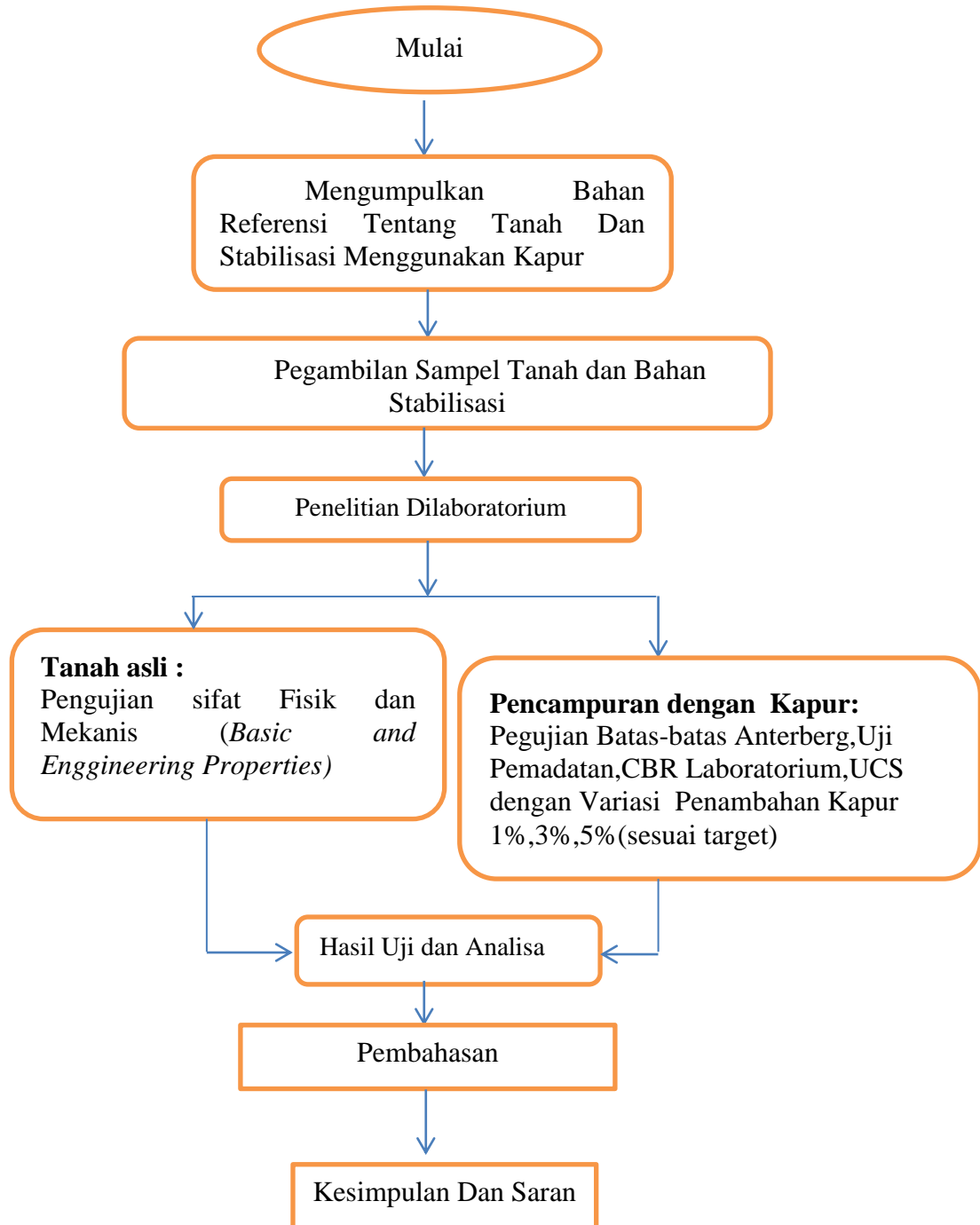
Natural Moisture Content

| container no | 1 | 2 | |
|----------------------|---------|-------|----------------|
| wt. of cont-wet soil | 65.40 | 50.70 | gr |
| wt. wf cont-dry soil | 58.00 | 45.50 | gr |
| wt. of cont | 9.40 | 9.30 | gr |
| wt. of water | 7.40 | 5.20 | g ^r |
| wt. of dry soil | 48.60 | 36.20 | gr |
| Moisture content | 15.23 | 14.36 | % |
| Average | 14.80 % | | % |

Tabel 3.18. Hasil penelitian kekuatan tekan bebas dengan berbagai variasi penambahan kapur dan waktu pemeraman

| No | Penambahan Kapur(%) | Waktu Pemeraman (Hari) | UCS (kg/cm²) |
|-----------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 1 | 1 | 0 | 0.231 |
| | | 7 | 0.286 |
| | | 14 | 0.372 |
| 2 | 2 | 0 | 0.366 |
| | | 7 | 0.411 |
| | | 14 | 0.545 |
| 3 | 3 | 0 | 0.526 |
| | | 7 | 0.610 |
| | | 14 | 0.703 |

3.12 Kerangka Berpikir



DAFTAR PUSTAKA

- Australian Stabilisation Industry Association, 2008. *Lime Stabilisation Practice*, Australia.
- BALAI GEOTEKNIK JALAN, 2009. *Modul Pengendalian Mutu Pekerjaan Tanah*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Das Braja M, 1985. *Mekanika Tanah (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid II, Erlangga, Jakarta.
- Das Braja M, 1988. *Mekanika Tanah (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid I, Erlangga, Jakarta.
- DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM, 1987. *Standar Konstruksi Bangunan Indonesia*. No.378/KPTS/1987. Jakarta.
- DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM. Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil, 2007. *Perencanaan Stabilisasi Tanah dengan Bahan Serbuk Pengikat untuk Konstruksi Jalan*. Jakarta.
- DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM. *Pelaksanaan Stabilisasi Bahan Jalan Langsung di Tempat dengan Bahan Serbuk Pengikat*, Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C, 2006. *Mekanika Tanah 1*, Gadjah Mada University Press, Jogjakarta.
- Herina Silvia, 2005. *Kajian Pemanfaatan Abu Sekam Padi untuk Stabilisasi Tanah dalam Sistem Pondasi di Tanah Ekspansif*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman Departemen Pekerjaan Umum
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi, 2003, *Laporan Akhir Pengembangan Panduan Konstruksi Jalan di Atas Tanah Ekspansif*.
- Bidang Geoteknik di Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi Departemen Pekerjaan Umum.
- Vorobieff George, 2003. *A New Approach To Pavement Design Using Lime Stabilised Subgrades*, Australia.
- Wiqoyah Qunik, 2006. Pengaruh Kadar Kapur, Waktu Perawatan dan Perendaman Terhadap Kuat Dukung Tanah Lempung, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

LAMPIRAN

LAMPIRAN



Sampel Percoban Uji Labratorium



Proses Perataan Tanah Setelah Tanah Diambil



Bahan Sampel Yang sudah Diratakan dan Siap Diuji



Penimbangan Tanah Setelah Pengovenan



Proses Conped Guna menentukan nilai CBR



Hasil Conped dan siap Direndam selama 14 hari



Alat Conped



Proses Con ped dan perendaman Sampel selama 14 Hari