

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN GYPSUM DAN
SEMEN UNTUK STABILISASI TANAH LEMPUNG
TERHADAP NILAI CBR**

SKRIPSI

Disusun Oleh :

**BASRAL ANUGRAH NASUTION
14 811 0071**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN GYPSUM DAN SEMEN UNTUK STABILISASI TANAH LEMPUNG TERHADAP NILAI CBR

Diajukan sebagai salah satu Syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu Teknik Universitas
Medan Area

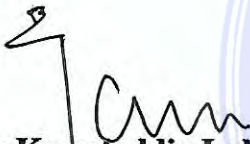
BASRAL ANUGRAH NASUTION

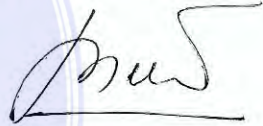
14.811.0071

Disetujui Oleh :

Pembimbing I

Pembimbing II,


(Ir.Kamaluddin Lubis,MT)


(Ir.Nuril Mahda Rangkuti,MT)

Mengetahui :


Dekan

(Dr.Faisal Amri Tanjung,SST.MT)


Ka Prodi Sipil

(Ir.Kamaluddin Lubis,MT)

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 dari 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.



Medan, April 2019



(Basral Anugrah Nasution)

14.811.0071

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 Gypsum dan Semen. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan persentase yang efektif dalam penambahan gypsum dan semen dan pengaruh penambahan Gypsum dan Semen terhadap perubahan sifat fisis tanah lempung dari segi nilai CBR (California Bearing Ratio) terhadap lama waktu pemeraman. Penelitian ini dilakukan di laboratorium, dengan melakukan pengujian sifat – sifat fisis tanah dan daya dukung kuat tanah (CBR) dengan variasi penambahan gypsum dan semen sebesar 1%, 3%, dan 5% dengan lama waktu pemeraman yaitu 1, 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 (California Bearing Ratio) terbesar terjadi pada variasi penambahan Gypsum dan Semen 5% dengan lama waktu pemeraman benda uji tanah dipadatkan terlebih dahulu baru dilakukan pemeraman yaitu sebesar 41.54%, hal ini disebabkan Campuran tanag dengan gypsum dan semen tersebut telah manjai padat sebelum sempat terjadi pengumpulan, rongga antar partikel tanah juga menjadi padat, sehingga kekuatan pun meningkat. Dari hasil California Bearing Ratio dapat terlihat bahwa penambahan gypsum dan semen pada tanah lempung menunjukkan peningkatan nilai California Bearing Ratio pada tanag lempung.

Kata Kunci : CBR, Waktu pemeraman, Stabilisasi Gypsum dan Semen

ABSTRACT

The soil is an important element of the lower structure of a construction, so the soil must have good carrying capacity. However, there is a lot of land found in the field that has a low carrying capacity, so it is necessary to stabilize the land with Gypsum and Cement. This study aims to determine the effective percentage in addition of gypsum and cement and the effect of adding Gypsum and Cement to changes in physical properties of clay in terms of CBR (California Bearing Ratio) values for length of curing time. This research was conducted in the laboratory, by testing the physical properties of the soil and the strong carrying capacity of the soil (CBR) with variations in the addition of gypsum and cement by 1%, 3%, and 5% with the length of curing time of 1, 7 and 14 days . The sample testing was carried out with two treatments, first the soil samples were pressed and compacted, and the samples were compacted first, then they were brewed. From the results of the study obtained the largest CBR (California Bearing Ratio) occurred in variations in the addition of 5% Gypsum and Cement with the length of time the soil test specimens were compacted and then ripening was carried out in the amount of 41.54%, this was due to the mixture of tanag and gypsum Manjai solid before the collection could occur, the cavity between soil particles also becomes dense, so that the strength increases. From the results of California Bearing Ratio, it can be seen that the addition of gypsum and cement to clay soil shows an increase in the value of California Bearing Ratio in clay plants.

Keywords: *CBR, Curing time, stabilitation stabilitation and cement*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT atas karunia-Nya telah memberi pengetahuan, kekuatan dan kesempatan kepada penulis, sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini hingga selesai.

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

” Analisis Pengaruh Penambahan Gypsum Dan Semen Untuk Stabilisasi Tanah Lempung Terhadap Nilai CBR”. 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 arahan serta 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 terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Ayah saya Ali Sati Nasution S.Sos dan mama saya Rohaida Hasibuan yang mendidik dan memberikan selalu memberi dukungan moril dan materil dari segala keadaan dalam penyelesaian skripsi ini. Dan tidak lupa pula saya juga ucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan M.Eng , M.Sc, Selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Prof. Dr. Faisal Amri Tanjung,SST.MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis MT, Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis MT, selaku dosen pembimbing I dan
5. Ibu Nuril Mahda Rangkuti MT, selaku dosen pembimbing II, yang membimbing saya dengan penuh pengertian, kesabaran, dan sangat memberikan masukan serta bersedia meluangkan waktu dalam memotivasi, membimbing, membantu serta mengarahkan penulis dalam menyusun skripsi ini sehingga skripsi ini dapat selesai dalam waktu yang diharapkan penulis.

Penulis,

Basral Anugrah Nasution

DAFTAR ISI

ABSRAK.....	i
ABSTRACT.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan	4
1.3 Rumusan Masalah.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Rujukan Penelitian.....	5
1.6 Sistematika.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Umum.....	8
2.2 Sistem Klasifikasi Tanah	10
2.2.1 Sistem Klasifikasi Unified.....	10
2.2.2 Sistem Klasifikasi AASHTO.....	13
2.3 Sifat Fisik Tanah Lempung.....	15
2.3.1 Hubungan Antara butiran, Air Dan Udara dalam tanah.....	15
2.3.2 Berat Spesifik (Specific Gravity, G _s).....	18
2.3.3 Konsistensi Tanah.....	19
2.4 Sifat-Sifat Umum Mineral Lempung.....	21
2.5 Pemadatan Tanah.....	26

2.5.1 Uji Proctor Standar.....	28
2.6 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Kepadatan tanah dasar.....	29
2.7 Penentuan Kadar Air Optimum.....	30
2.8 Stabilisasi Tanah Lempung sebagai Subgrade dengan	
Menggunakan Bahan Aditive Gypsum dan Semen.....	31
2.8.1 Persyaratan Material Tanah.....	32
2.8.2 Proses Pemeraman.....	33
2.8.3 Semen deengan Gypsum Untuk Stabilisasi.....	33
2.8.4 Proses Kimia Stabilisasi Tanah , Semen dengan Gypsum.....	34
2.9 Batas-Batas Atterberg.....	36
2.9.1 Batas Cair (Liquid Limit).....	37
2.9.2 Batas Plastis (Plastic Limit).....	37
2.9.3 Indeks Plastisitas (Plasticity Index).....	37
2.10 Pengujian Pemadatan Campuran Tanah (Proctor Standar).....	37
2.11 Percobaan CBR (Unsoaked).....	38
2.11.1 Pengukuran CBR.....	39
2.11.2 CBR Laboraturium.....	39
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	41
3.1 Persiapan Penelitian,,.....	41
3.2 Pekerjaan Lapangan.....	41
3.2.1 Semple Tanah Terganggu (Disturbed).....	42
3.2.2 Peralatan.....	43
3.2.3 Sampel Uji.....	43
3.2.4 Pekerjaan Laboraturium.....	43
3.2.5 Sample Uji.....	44

3.3 Pemeriksaan <i>Propertis</i> Tanah Asli.....	45
3.3.1.1 Pemeriksaan <i>Besic Properties</i> Tanah Asli.....	45
3.3.1.2 Pengujian Berat Jenis Tanah (Specific Gravity).....	46
3.3.1.3 Analisa Hidrometer.....	47
3.3.1.4 Percobaan Atterberg Limit.....	48
3.4 Pemeriksaan Engineering <i>Propertis</i> Tanah Asli.....	49
3.4.1 Percobaan Pemadatan (Proctor Standar).....	49
3.4.2 Percobaan CBR Laboratorium.....	51
3.4.3 Percobaan Unconfined Compression Strenght.....	52
3.4.4 Summary laboratorium test.....	53
3.4.5 Penentuan persentase Gypsum dan semen yang dibutuhkan.....	54
3.4.6 Penelitian pada tanah yang distabilisasi dengan Gypsum dan semen.....	55
3.4.7 Pengujian batas-batas konsistensi.....	56
3.4.8 Pengujian pemadatan.....	57
3.4.8.1 Percobaan CBR Laboratorium	59
3.4.8.2 Percobaan unconfield compression strength.....	61
3.1.2 Kerangka Berpikir.....	63
BAB IV HASIL ANALISA PEMBAHASAN.....	64
4.1.1 Karakteristik Tanah Lempung setelah Dicampur dengan Gypsum dengan Semen	64
4.1.2 Karakteristik Plastisitas Setelah Distabilisasi dengan Gypsum	

dan semen.....	64
4.1.3 Pengaruh Penambahan Air Terhadap batas cair.....	65
4.1.4 Pengaruh Penambahan Gypsum dan Semen Terhadap batas Plastis.....	66
4.1.5 Pengaruh Penambahan Kapur pada Tanah Lempung terhadap Plastisitas Tanah Dasar (Subgrade).....	67
4.1.6 Pengaruh Penambahan Kapur Terhadap Berat Isi Kering Maksimum dan Kadar Air Optimum Lempung.....	69
4.1.7. Pengaruh Penambahan Kapur Terhadap Kekuatan dan Daya Dukung Tanah(Clay).....	70
4.1.7.1 Nilai CBR Laboraturium yang telah Distabilisasi Semen dengan Gypsum.....	70
4.1.7.2. Nilai CBR Kekuatan Tekan Bebas (Qu) Lempung yang telah distabilisasi dengan gypsum dan semen	71
4.2. Analisa dan Diskusi.....	73
4.2.1 Klasifikasi Tanah Asli.....	73
4.2.1.1 .Sistem Klasifikasi Tanah (Unified Soil Clasication System) (USCS).....	73
4.2.1.2 Sistem Klasifikasi AASHTO.....	74
4.2.2 Klasifikasi tanah yang telah Gypsum dan Semen.....	75
4.2.3. Klasifikasi Stabilisasi Lempung Semen dengan Gypsum Terhadap Indeks Plastisitas, CBR, dan Kuat tekan UCS.....	76

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	77
5.1 Kesimpulan.....	77
5.2 Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA.....	79
LAMPIRAN.....	81



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sistem Klasifikasi Unified.....	12
Tabel 2.2	Sistem Klasifikasi AASTHO.....	15
Tabel 2.3	Berat Spesifik Mineral-Mineral Penting.....	16
Tabel 2.4	Klasifikasi Mineral Lempung Berdasarkan Nilai Aktivitasnya.....	22
Tabel 2.5	Persyaratan Material Tanah.....	23
Tabel 3.1	Sampel Pengujian Untuk Tanah Asli.....	44
Tabel 3.2	Sampel pengujian Tanah Asli + Gypsum dan Semen.....	45
Tabel 3.3	Hasil Percobaan Kadar Air Sampel.....	45
Tabel 3.4	Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah.....	46
Tabel 3.5	Hasil Ayakan.....	47
Tabel 3.6	Hasil Percobaan Batas Plastis dan Batas Cair.....	48
Tabel 3.7	Tabel Hasil percobaan Pemadatan.....	50
Tabel 3.8	Hasil Percobaan CBR.....	51
Tabel 3.9	Hasil Percobaan UCS Terhadap Sampel Tanah Asli.....	52
Tabel 3.10	Summary Laboratorium Test Terhadap Tanah Asli.....	53
Tabel 3.11	Hasil Pengujian Batas Cair dan Batas Plastis Penambahan Kapur Dengan Waktu 5% dan Waktu Pemeraman 14 hari.....	56
Tabel 3.12	Hasil Pengujian CBR Laboratorium Variasi 5%. Dan Waktu Pemeraman 14 hari.....	60
Tabel 3.13	Hasil Penambahan CBR Laboratorium Dengan Variasi Penambahan Gypsum Dan Semen.....	61

Tabel 3.14 Hasil Pemeriksaan UCS Variasi Penambahan Kapur 5% Dengan Pemeraman 14 Hari.....	62
Tabel 4.1 Sifat Sifat Tanah Ditinjau Dari Nilai Indeks Plastisitas.....	68
Tabel 4.2 Kolerasi Indeks Uji dengan tingkat Pengembangan Menurut <i>Holtz</i>	68



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.....	23
Gambar 2.3 Grafik Hubungan Antara Persentase Butiran Lempung Dengan Aktivitas.....	24
Gambar 2.4 Grafik Berat Terhadap Satuan Kering Terhadap Kadar Air.....	28
Gambar 3.1 Sampel Yang Sudah Diambil.....	42
Gambar 3.2 Sampel Tanah dari PTPN II Patumbak.....	42
Gambar 3.2.2 Peralatan Yang Digunakan Uji Proctor Standar Dan CBR.....	43
Gambar 3.3 Perhitungan Kadar Air Pada Percobaan Water Contest.....	45
Gambar 3.4 Perhitungan Berat Jenis Tanah.....	46
Gambar 3.5 Persiapan Benda Uji Atterberg Limit dan Pengujian Liquid Limit.	48
Gambar 3.6 Grafik Beban Penurunan.....	49
Gambar 3.7 Grafik Penentuan Perkiraan Kapur Yang Dibutuhkan.....	50
Gambar 3.8 Grafik Hubungan Antara Pukulan Dengan Pada Variasi Campuran 5% Dengan Waktu Pemeraman Selama 14 Hari.....	51
Gambar 3.9 Grafik Hubungan Antara Berat Isi Kering Maksimum (MDD) Dengan Kadar Air Optimum (OMC) Pada Variasi 5% Gypsum dan semen.....	51
Gambar 3.10 Grafik Hubungan Antara Beban Dan Penurunan Pada 65 Pukulan, Variasi Campuran 5% Gypsum dan Semen ,dan Waktu Pemeraman 14 Hari.....	61
Gambar 3.12 Kerangka Berpikir Penelitian.....	63
Gambar 4.1.5 Grafik Hubungan Variasi Campuran dengan Indeks Plastisitas...	65

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 gypsum dan semen. Hal ini dikarenakan stabilitas tanah dengan gypsum dan semen lebih cocok dengan waktu yang lebih lama. sehingga dapat menguntungkan bila terjadi penundaan pekerjaan yang lebih lama setelah pencampuran dan tidak ada resio berkurangnya kekuatan campuran oleh akibat pemandatan.

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 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 dilaboratorium atau dilapangan dengan rencana empiris untuk menentukan tebal lapisan perkerasan. Untuk mendapatkan nilai CBR tersebut dinamakan tebal lapisan perkerasan . Untuk mendapatkan nilai CBR tersebut dinamakan tes CBR. Tes CBR ini dikembangkan sekitar tahun 1930-an di laboratorium of Material Research Departement of The California Division of Highway, USA, CBR adalah sua

tu perbandingan antara beban percobaan (test load) dengan beban standart 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 penelitian tertarik untuk mengkaji lebih dalam tentang tanah lempung distabilisasi dengan gypsum dan semen.

Penelitian mengenai stabilisasi tanah lempung telah banyak dilakukan , antra lain penelitian Arif wibawa (2015) , Maryati (2016) Analisis perbandingan Penggunaan Limbah Gypsum dengan Semen sebagai bahan Stabilisasi Tanah lempung dan Yayuk Apriyanti (2016) Peningkatan Nilai CBR Tanah Lempung Dengan Menggunakan Semen Untuk Timbunan Jalan. Dari penelitian diatas dijelaskan bahwa dengan penambahan zat adiktif (kapur, abusekam padi, kerak ketel)akan mampu memperbaiki sifat – sifat mekani tanah dan meningkatkan daya dukung tanah lempung ekspansif. Penelitian diharapkan 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 sebagai tanah timbun atau tanah dasar yang baik dan nilai ekonomis yang tinggi. Hal ini yang menyebabkan penulis tertarik melakukan penelitian ilmiah untuk tugas akhir dengan judul “ **Analisis Pengaruh Penambahan Gypsum dan Semen Untuk Stabilisasi Tanah Lempung Terhadap Nilai CBR.**Yang berlokasi pada laboratorium Sipil Politeknik Negeri Medan.

1.2 Maksud dan Tujuan

Ada pun maksud dari penelitian ini adalah untuk Menganalisis pengaruh pengaruh penambahan gypsum dan semen untuk stabilisasi tanah lempung terhadap nilai CBR .

Tujuan dari penelitian untuk mengetahui pengaruh daya dukung tanah terhadap penambahan gypsum dan semen untuk stabilitas tanah lempung terhadap nilai stabilitas pada *index plastisitas (IP* dan nilai CBR pada tanah lempung).

1.3 Rumusan Masalah

Dalam pelaksanaan konstruksi jalan tol, terdapat cukup banyak hal yang dapat diangkat menjadi topik 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 sebagai lapisan tanah dasar (*subgrade*)

1.4 Batasan Masalah

Pada peneliti ini membatasi masalah penentuan persentase kapur optimum di laboratorium yang digunakan untuk menstabilisasi tanah lempung yang menilai plastisitas dan daya dukung rendah.

Menstabilisasi tanah lempung yang memiliki plastisitas dan daya dukung rendah.

Parameter plastisitas dihitung melalui percobaan atterberg limit dan parameter daya dukung dihitung melalui percobaan CBR laboratorium dan Unconfined Compression Strength

Pada percobaan laboratorium dilakukan selama 1 hari. 7 hari. 14 hari untuk mengetahui pengaruh yang diakibatkan oleh reaksi kimia antara kapur dan Tanah lempung serta air.

1.5 Rujukan Penelitian

Metode pembahasan yang dilakukan pada penulisan Tugas Akhir ini adalah studi Literatur dan penelitian di laboratorium mekanika, 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 “Analisis Pengaruh Penambahan Gypsum dan Semen Untuk Stabilisasi Tanah Lempung Terhadap Nilai CBR” serta masukkan dari dosen pembimbing. Kemudian menganalisis aplikasi penggunaan kapur sebagai bahan stabilisasi dilapangam Penelitian dilakukan 2 tahap, yaitu penelitian terhadap tanah asli (sebelum dicapur gypsum dan semen) dan penelitian setelah dicampur Gypsum dan Semen.

1. Penelitian Terhadap tanah asli

Adapun pengujian yang dilakukan antara lain :

- A. Indeks Properties
- B. Kadar air (sesuai dengan SNI 03-1965-1990)
- C. Batas Cair (sesuai dengan SNI 03-1967-1990)
- D. Batas plastis (sesuai dengan SNI 03-1966-1990)
- E. Analisis saringan (sesuai dengan SNI 03-1968-1990)

- F. Berat jenis (sesuai dengan SNI 03-1996-1990)
 - G. Analisis hydrometer (sesuai dengan SNI 03-3423-1994)
 - H. Engineering
 - I. Percobaan pemadatan (Proctor T-99)
 - J. CBR Laboratorium (sesuai dengan SNI 03-1744-1989)
 - K. Unconfined Compression Test (sesuai dengan SNI 03-1965-1994)
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 didalam penelitian ini.

BAB IV PEMBAHASAN

Berisi hasil dari seluruh analisa yang dilakukan didalam penelitian

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi tentang kesimpulan penulis dan 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 diatas bat 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 berbentuk 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 ketempat lain dan mengendap di beberapa tempat yang berlainan disebut tanah bawaan (*transportation soil*), media pengangkat 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 bantuan 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 menunjukkan kenyataan bahwa bagian-bagian itu meletak satu sama lainnya, sedangkan plastisitas adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu dirubah rubah tanpa perubahan ini 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 kir-kira 15 macam mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung . beberapa mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung yakni *montmorrillonite*, *illete*, *kaolinite*, dan *plygorskite* (Hardiyanto, H.C., 2006). 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 didalam 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. Sebagaimana 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 *Unifed*

Sistem Klasifikasi *Unifed* pada mulanya diperkenalkan di Casagrande dalam tahun 1942 untuk dipergunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang yang dihasilkan oleh *The Army Corps of Engginer* selama perang dunia II. Dalam rangka kerja sama dengan *United States Bureau of Reclamation* tahun 1952, sistem ini disempurnakan pada masa kini, sistem 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. Symbol 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 (*fine-grained – soil*) yaitu tanah dimana lebih dari 50% berat total contoh tanah ayakan lolos ayakan No 200. Sombol dari kelompok ini dimulai dari huruf awal M untuk lanau telah (*silt*) anorganik C unuk lempung (*clay*) anorganik, dan O untuk lanau-organic dan lempung organic. Symbol PT digunakan untuk tanah gambut (*peat*) muck dan tanah-tanah lain dengan kadar organic tinggi.

Symbol-simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi USCS adalah :

W = *well graded* (tanah dengan gradasi yang 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 symbol kelompok seperti : GW, GP,

GM, GC, SW, SP, SM dan SC. Untuk klasifikasi yang benar, factor-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) bagaian tanah yang lolos ayakan No. 40 (untuk tanah dimana 5% lebih lolos ayakan No. 200).

Bilamana persentase butiran yang lolos ayakan No 200 adalah antara 5 sampai dengan 12% symbol ganda seperti GW-GM, GP-GM, GW-GC, SW-SC, SP-SM, dan SP-SC diperlukan klasifikasi tanah berbutir halus dengan menggunakan symbol ML, CL, OL, MH, CH, dan OH didapat dengan cara mengambarkan batas cair dan indeks plasisitas yang bersangkutan pada bagan plasisitas (Casgrade, 1948) yang diberikan pada table 2. 1

Tabel 2.1 Sistem Klasifikasi Unified.

Klasifikasi	Simbol	Keterangan	Kriteria		Keterangan
			Batas (No. 40)	Simbol	
Berbutir kasar	GW, GP, GM, GC, SW, SC, SP, SM, SC	Kerangka berbutir kasar, kerucut kompresif dengan koefisien tahanan sampai 3000 lb/in ²	0 - 75	U ₂₀₀ > 75	Simbol tunggal dan pita butiran
Lebih dari 30% lolos No. 200	ML, CL, OL, MH, CH, OH	Kerangka berbutir halus, kerucut kompresif dengan koefisien tahanan sampai 3000 lb/in ²	0 - 12	U ₂₀₀ > 12	Simbol ganda
Lebih dari 50% lolos No. 200	ML, CL, OL, MH, CH, OH	Kerangka berbutir halus, kerucut kompresif dengan koefisien tahanan sampai 3000 lb/in ²	0 - 12	U ₂₀₀ > 12	Simbol ganda
Lebih dari 75% lolos No. 200	ML, CL, OL, MH, CH, OH	Kerangka berbutir halus, kerucut kompresif dengan koefisien tahanan sampai 3000 lb/in ²	0 - 12	U ₂₀₀ > 12	Simbol ganda
Lebih dari 90% lolos No. 200	ML, CL, OL, MH, CH, OH	Kerangka berbutir halus, kerucut kompresif dengan koefisien tahanan sampai 3000 lb/in ²	0 - 12	U ₂₀₀ > 12	Simbol ganda
Lebih dari 95% lolos No. 200	ML, CL, OL, MH, CH, OH	Kerangka berbutir halus, kerucut kompresif dengan koefisien tahanan sampai 3000 lb/in ²	0 - 12	U ₂₀₀ > 12	Simbol ganda
Lebih dari 99% lolos No. 200	ML, CL, OL, MH, CH, OH	Kerangka berbutir halus, kerucut kompresif dengan koefisien tahanan sampai 3000 lb/in ²	0 - 12	U ₂₀₀ > 12	Simbol ganda
Tanah organik	U	Tanah dengan kandungan organik tinggi	0 - 12	U ₂₀₀ > 12	Simbol tunggal

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 *commitee 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 A-7. Tanah yang diklasifikasikan 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 200 (2 mm)

Pasir bagian tanah yang lolos ayakan no 10 (2 mm) dan yang tertahan pada ayakan No 200 (0, 0075 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 bantuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) ditemukan

di dalam contoh tanah yang akan di tentukan klasifikasi tanahnya,maka bantuan – bantuan tersebut(harus dikeluarkan terlebih dahulu,tetapi persentase dari bantuan yang di kelurakan tersebut harus di catat .

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

$$GI= (F1-35) [0,2+0,005(LL-40)] +0,01(F-15)(PI-10)..... (pers.2.1)$$

dimana :

F = Persentase butiran yang lolos ayakan No. 200

LL = batas cair (liquid limit)

Suku persamaan 2.1 yaitu (F-35) [0.2+0,005 (LL-40) , adalah bagian dari indeks group 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 negative, maka harga GI dianggap 0
- b. Indeks grup yang dihitung menggunakan persamaan 2.1 dibulatkan keangka yang apaling dekat
- c. Tdk ada batas atas untuk indeks group
- d. Indeks grup untuk tanah yang masuk dalam kelompok A-IA, A-Ib, 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 :

$$GI = 0.001 (F-15) (PI-10) \dots\dots\dots (pers 2.2)$$

Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

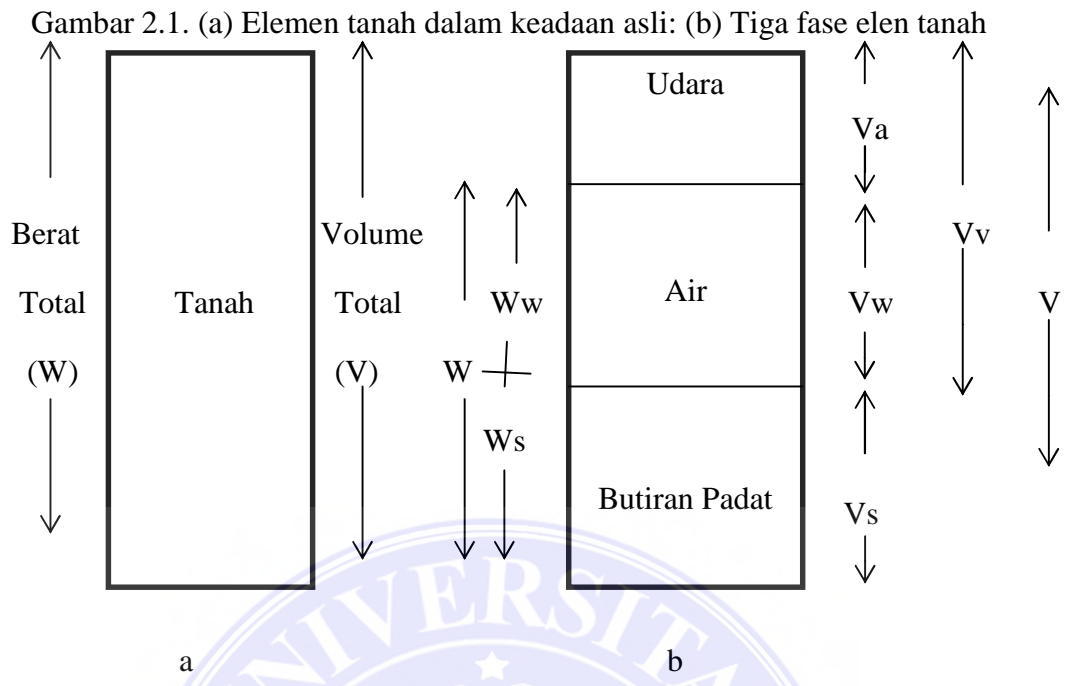
Klasifikasi tanah	Batas-batas perbutiran (60% atau kurang lolos 75 µm)						Batas-batas lumpur lempung (lebih dari 75 µm dan 75 µm)			
	A-1		A-2	A-3		A-4	A-5	A-6	A-7	
Klasifikasi kelompok	A-1a	A-1b	A-2-1	A-2-2	A-2-3	A-2-4	A-4	A-5	A-6	A-7
Analisa saringan										
Persentase										
No. 10	Maks 5									
No. 40	Maks 35	Maks 20	Maks 5							
No. 200	Maks 15	Maks 12	Maks 5	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 15	Maks 15	Maks 15	Maks 15
Karakteristik										
Tinggi air, kelas										
No. 40										
Batas air				Maks 40	Maks 40	Maks 40	Maks 40	Maks 40	Maks 40	Maks 40
Indeks plastisitas	Maks 6	NP	Maks 10	Maks 10	Maks 11	Maks 11	Maks 10	Maks 10	Maks 10	Maks 10
Jenis nama	Pasir berbutiran		Pasir s. Keras berbutiran halus dan lumpur p. s.				Tanah liat		Tanah liat lempung	
Tingkat kegunaan sebagai dasar	Sangat baik sampai baik						Cukup sampai buruk			

Catatan : Indeks Plastisitas untuk silt lempung A-7-5-LL-31 Lempung
 Indeks Plastisitas untuk silt lempung A-7-5-LL-4
 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



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 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 :

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

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber.
 2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, dan penulisan karya ilmiah.
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UMA.

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 wataer content didefinisikan sebagai

perbandingan antara berat air dan berat butiran padat volume tanah yang diselidiki

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

b) Berat volume tenang (y) adalah berat tanah per satuan volume

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

c) Berat Volume Tanah Kering

$$Y_d = \frac{y_s}{1+w} \dots\dots\dots \text{(persamaan 2.10)}$$

2.3.2 Berat Spesifikasi (*Spesicfic Grativity, Gs*)

Harga berat spesifikasi dari butiran tanah sering dibutuhkan dalam bermacam-macam keperluan perhitungan dalam mekanika tanh. Harga-harga itu dapat ditentukan secara akurat dilaboratorium table 2.3 menunjukkan hatga-harga berat spesifikasik 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 – 2.9

Adapun persamaan dari berat spesifik adalah sebagai berikut :

$$GS = \frac{Y_s}{Y_w} \dots\dots\dots (\text{persamaan 2.10})$$

Table 2.3 Berat Spesifik Mineral-Mineral Penting

Mineral	Berat Jenis (Gs)
Quart	2.65
Kaolinite	2.6
Illite	2.8
Montrmorillonite	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
Biottie	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 kolektif ini disebabkan karena adanya air yang terserap (*absorbed water*) disekeliling Permukaan dari partikel lempung. Pada awal tahun 1900 seorang ilmuwan dari swedia bernama atterbarg 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, 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 dan dinamakan batas plastis (*plastic 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 untuk menahan perubahan bentuk.

3. Indeks Plastisitas (Plasticity Indeks)

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*). Sedangkan 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 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 hamper selalu mengalami hidrasi, aitu 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 yang lebih tinggi dari 60° sampai 100 ° C dan akan mengurangi plastisitas alamiah, tetapi sebagian air juga dapat menghilangkan cukup dengan pengeringan udara saja

b. Aktivitas (A)

Hary christady (2006) mendefenisikan aktivitas tanah lempung sebagai perbandingan antara indeks plastisitas (IP) dengan persentasebutiran 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 mengembangkan dari suatu tanah lempung. Ketebalan air mengelilingi butiran tanah lempung tergantung dari macam mineralny. Jadi dapat disimpulkan plastisitas tanh lempung tergantung dari :

a. Sifat mineral lempung yang ada pada butiran

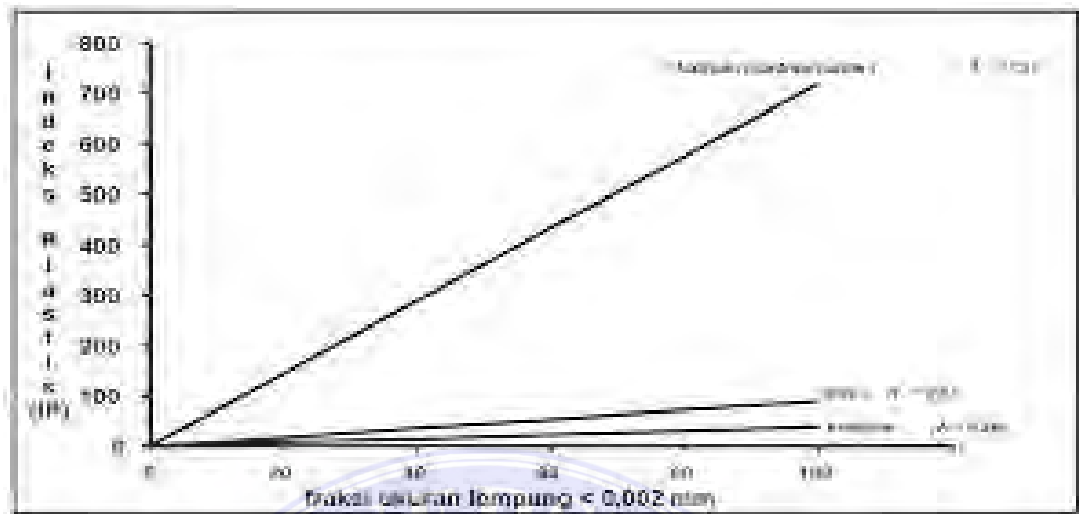
1) Jumlah mineral

Bila ukuran butiran semakin kecil maka luas permukaan butiran akan semakin besar. Pada konsep atterberg jumlah air yang tertarik oleh permukaan partikel tanah akan bergantung pada jumlah partikel lempung yang ada di dalam tanh.

Tabel 2.4 Klasifikasi mineral lempung berdasarkan nilai aktivitasnya

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

Gambar 2.2 Variasi Indeks plastisitas dengan persen fraksi lempung

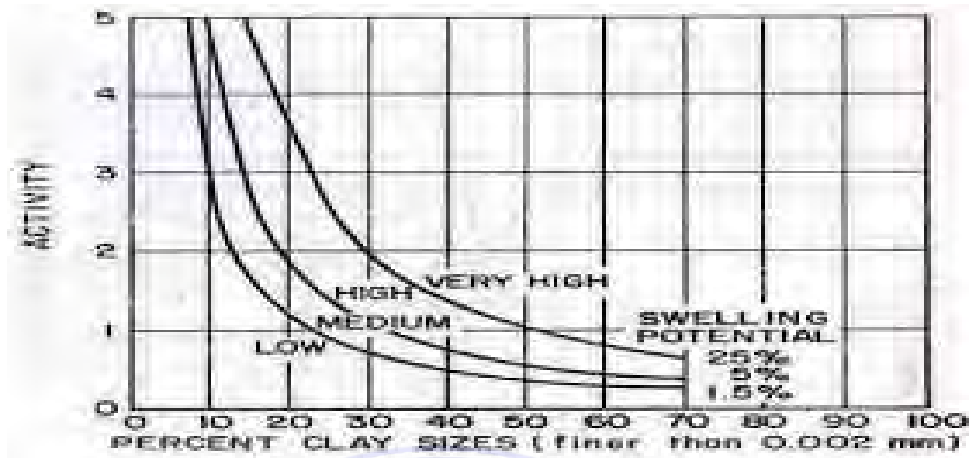


Sumber : Hary Christady, Mekanika Tanah 1 hal 49 2006

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

1. *Low/Rendah* : Tanah yang memiliki nilai *swelling* *Ponensial* $\leq 1,5$ %
2. *Medium/Sedang* : Tanah yang memiliki nilai *swelling* *Ponensial* $> 1,5$ % dan ≤ 5 %
3. *High/Tinggi* : Tanah yang memiliki nilai *swelling* *Ponensial* > 5 % dan ≤ 25 %
4. *Very high/ sangat tinggi* Tanah yang memiliki nilai *swelling* *Ponensial* > 25 %
5. Flokulasi dan Diservasi

Gambar 2.3 grafik hubungan antara persentase butiran lempung dengan aktivitas



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

Apabila mineral lempung terkontaminasi dengan substansi yang tidak mempunyai bentuk tertentu atau berkristal (amorphus) maka daya negative netto, ion-ion H^+ didalam air, gaya Van der wals, dan partikel berukuran kecil akan bersama-sama tertarik dan bersinggungan atau bertabrakan didalam larutan tanag dan air. Beberapa partikel yang tertarik akan membentuk flock (*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 terbesar kembali dalam larutan semula apabila digoncangkan, teetapi apabila telah lama terpisah penyebarannya menjadi lebih besar sukar karena adanya gejala *thixotropic* (*thixopic*) dinamakan kekuatan didapatkan dari lama waktu.

2) Pengaruh Zat Cair

Fase air yang berada didalam 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 relative 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 negative 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 (*Sweeling*)

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 factor yaitu :

- a) Tipe dan jumlah mineral yang ada didalam tanah
- b) Kadar air
- c) Susunan tanah
- d) Konsentrasi garam dalam air pori
- e) Sementasi

f) Adanya bahan organik, dll

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

2.5 Pemadatan Tanah

Pemadatan (*compaction*) adalah proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antara partikel sehingga terjadi reduksi volume udara, pemadatan berfungsi untuk meningkatkan kekuatan tanah, sehingga dengan demikian meningkatkan adanya daya dukung pondasi di atasnya.

Pemadatan juga mengurangi besarnya penurunan tanah yang tidak diinginkan dan meningkatkan kemantapan lereng timbunan (*embankments*) pada proyek konstruksi jalan pemadatan untuk tanah dasar selalu dilakukan sebelum dihampan item-item perkerasan lainnya, guna untuk menaikkan daya dukung tanah dasarnya derajat kepadatan tanah diukur berdasarkan satuan kepadatan (*dry density*) yaitu massa partikel padat per satuan volume tanah.

Kepadatan kering setelah pemadatan tergantung pada kadar air dan besarnya energi yang diberikan oleh alat pemadatan (dinyatakan usaha pemadatan). Pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah yaitu dengan mengeluarkan udara pada pori-pori tanah yang biasanya menggunakan energy mekanis. Dilapangan usaha pemadatan dihubungkan dengan jumlah gilasan dari mesin gilas, atau hal lain yang prinsipnya sama untuk suatu volume tanah tertentu. Dilabiratorium menggunakan pengujian standar yang disebut uji proctor dengan cara suatu palu dijatuhkan dari ketinggian tertentu beberapa lapis tanah didalam

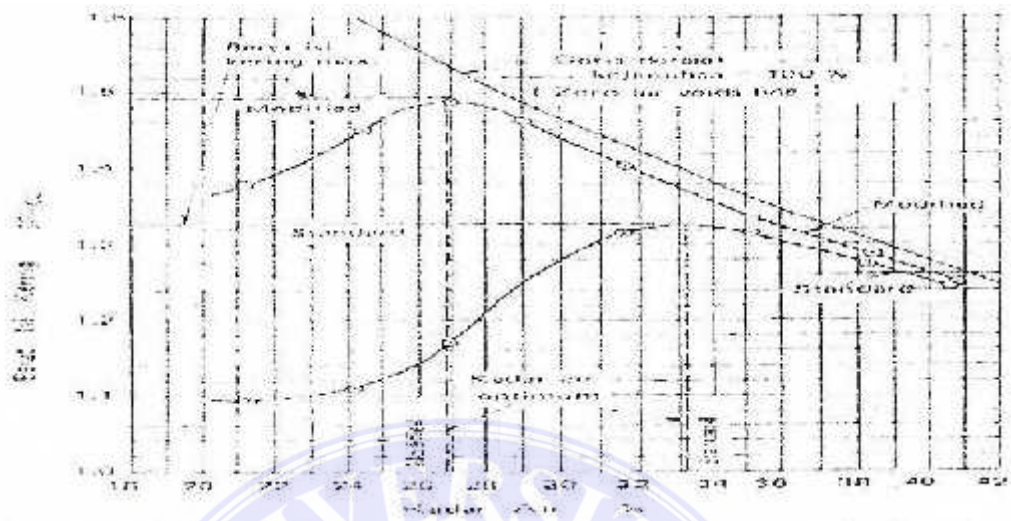
sebuah mold. Dengan dilakukan pengujian pemadatan tanah ini maka akan menghasilkan hubungan antara kadar air dengan berat volume. Tujuan pemadatan adalah untuk memadatkan tanah dalam keadaan kadar air optimum, sehingga udara dalam pori-pori tanah akan keluar.

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 dilaboratorium 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

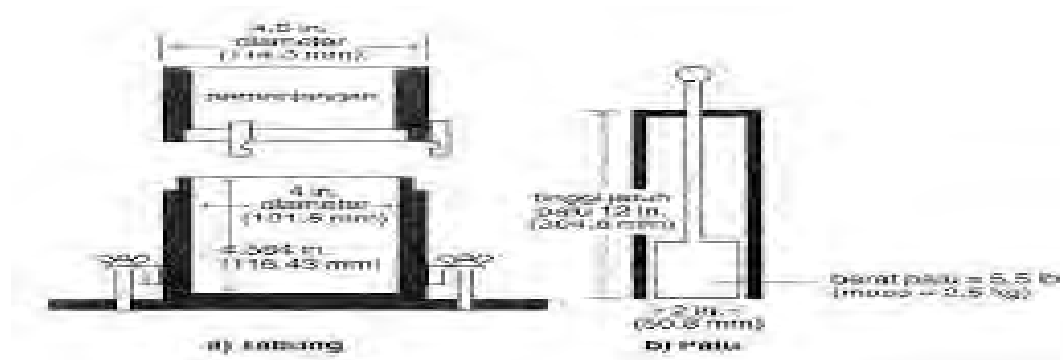


Sumber : Hary Cristady, Mekanika Tanah 1 hal 51, 2006

2.5.1. Uji Proctor Standart

Pada uji proctor, tanah didapatkan dalam sebuah cetakan silinder bervolume $1/3 \text{ ft}^3 (=943,3 \text{ cm}^3)$ diameter cetakan tersebut adalah 4 inch ($=101,6 \text{ mm}$) selama percobaan dilaboratorium, cetakan itu diklaim pada suatu pelat dasar dan di atasnya diberi juga perpanjangan (juga berbentuk silinder) tanah dicampur dengan kadar yang berbeda-beda dan kemudian didapatkan dengan menggunakan penumbuk khusus. Pemadatan tanah tersebut dilakukan dalam 3 lapisan dan jumlah tumbukkan adalah 25 tumbukkan 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 Pralatan 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 didapatkan hingga mencapai kepadatan kering maksimum, dan membentuk profil sesuai yang direncanakan.

Factor-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 pemadatan yang diperlukan

2.7. Penentuan Kadar Air Optimum

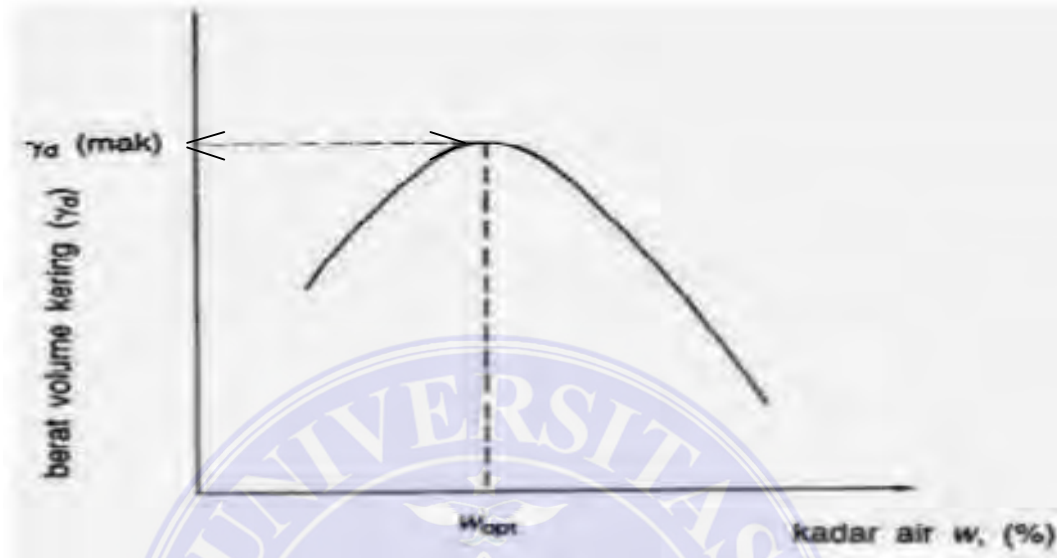
Untuk mengetahui kadar air yang optimum pada tanah, maka dilakukan pengujian pemadatan proctor standar, pengujian tersebut dilakukan dengan pematian sampel tanah basah (pada kadar air control) dalam suatu cetakan dengan jumlah 3 lapisan. Setiap lapisan dipadatkan 25 tumbukan yang ditentukan dengan penumbuk dengan massa 2,5 kg dan tinggi jatuh 30 cm. energy 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 w_d (maks), kurva yang digunakan adalah kurva dari uji pemadatan tanah (proctor standar).

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

Berat volume kering

Gambar 2.6 Kurva hubungan kadar air dengan berat volume kering.



Sumber : Hardiyantmo H.C , 2006 Mekanika Tanah Jilid 1”

2.8 Stabilisasi Tanah Lempung Sebagai bahan tambah dengan menggunakan Bahan Aditif Gypsum dan Semen

Bahan aditif Gypsum

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 temperatur tinggi dan lain sebagainya. Metode atau cara memperbaiki sifat-sifat 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.

Mineral 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 73*) menurut AASHTO, tanah berplastisitas tinggi termaksud golongan A-7-6 kelas A-7-6 adalah jenis tanah kelempungan berplastisitas tinggi dengan tingkat 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 73) menurut AASHTO tanah berplastisitas tinggi termasuk golongan 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 Nte , lime stabilisation 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 sampel dilakukan dilaboratorium 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 termasuk. Hal ini dilakukan pencampuran kadar air optimum dengan penambahan perekat supaya merata disemua partikel tanah hal tersebut dilakukan sebelum uji CBR dilaksanakan.

2.8.3 Gypsum untuk stabilisasi

Gypsum yang umum digunakan untuk bahan stabilisasi adalah sebagai berikut :

- a. gypsum tepung plafon
- b. gypsum dinding

Tabel 2.6 Perbandingan antara gypsum dan tanah

Jeni Kapur	Keuntungan	Kekurangan
Ca(OH) ₂	<p>Tidak Memerlukan Banyak air</p> <p>1. lebih hemat penggunaannya sekitar 30% dari pada jenis lain</p>	<p>1. Memerlukan banyak air dari pada penggunaan kapur Ca(OH)₂</p>
CaO	<p>2. Kepadatan Curah Lebih besar</p> <p>3. Lebih cepat kering dilahan Basah</p>	<p>2. Mengeluarkan uap air saat proses slaking</p>

Sumber : Auststab Technical Nte , lime stabilisation practice,2008

2.8.4 Proses Kimia Stabilisasi tanah dengan Gypsum dan Semen

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

Absorbsbi air, reaksi ekstormis dan reaksi ekspansif pada temperature dibawah 350°C, komponen kalsium oksida dari gypsum mentah bereaksi dengan air untuk menghasilakn 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 negative. Ion positif seperti Ion hydrogen (H^+), ion sodium (Na^+), ion kalsium (K^+), serta air yang berpolarisasi, semuanya melekat pada permukaan butiran lempung.

Jika Gypsum dan semen ditambahkan pada tanah dengan kondisi seperti diatas, 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 silica (SiO_2) dan aluminium (Al_2O_3) 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 $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ dan gehlenit

hidrat $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ yang tidak larut dalam air. Pembentukan senyawa-senyawa ini berlangsung lambat menyebabkan tanah menjadi lebih keras, lebih padat dan lebih stabil.

Kondisi yang akan terjadi dari stabilisasi menggunakan Gypsum dan semen antara lain:

1. Meningkatkan kekuatan 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 kekuatan 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 cairan kental dengan kadar airnya. Dari test batas atterberg akan didapatkan parameter batas cair, batas plastis, batas lengket dan batas kohesi yang merupakan keadaan konsistensi tanah.

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 plastis. Tanah akan bersifat sebagai bahan yang plastis dalam kadar air yang berkisar antara LL dan PL, kisaran ini disebut indeks plastis

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 keraatan tanah yaitu dengan mengeluarkan udara pada pori-pori tanah yang biasanya menggunakan energy mekanis. Dilapangan usaha pemadatan dihubungkan dengan jumlah gilasan dari mesin gilas, atau hal lain yang prinsipnya sama untuk volume tanah tertentu. Di laboratorium menggunakan pengujian standar yang disebut uji proctor dengan cara suatu palu dijatuhkan dari ketinggian tertentu beberapa lapis tanah didalam 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 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 vertical didalam massa tanah itu sendiri akibat berkurangnya angka pori.
4. 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 disbanding dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100% CBR menunjukkan nilai relative kekuatan tanah semakin tinggi kepadatan tanah maka nilai CBR akan semakin tinggi. Walaupun demikian, tidak berarti bahwa sebaiknya tanah dasar didaptkan 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 “disgn CBR” ini ditentukan dengan perhitungan dua factor 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

Kekuatan tanah uji CBR sesuai dengan SNI-1744-1989, nilai kekuatan tanah tersebut digunakan sebagai acuan perlu tidaknya distabilisasi setelah dibandingkan dengan yang disyaratkan dalam spesifikasinya.

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 Standart sebesar 70,37 kg/cm² (1000 psi)

Nilai CBR=(PI/70,37)X100% (PI dalam kg/cm²)

2. Nilai CBR untuk tekanan penetrasi pada 0,508 cm (0,2) terhadap penetrasi Standart sebesar 105,56 kg/cm² (1500 psi)

Nilai CBR=(PI/105.56)X100% (PI dalam kg/cm²)

Dari CBR kedua hitungan nilai terbesar digunakan

2.11.2. CBR Laboratorium

CBR laboratorium dibedakan menjadi dua yaitu :

1. CBR laboratorium rendaman (*Soaked Design CBR*)
2. CBR laboratorium tanpa rendaman (*Unsoaked Design CBR*)

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



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Sampel tanah diambil dari tanah PTPN II Kebun Patumbak Deli Serdang Sumatera Utara, Sebelum penelitian dilakukan ada beberapa tahapan yang dilakukan yaitu pembuatan proposal, pengumpulan informasi dan studi literature, pengambilan benda uji dilapangan, persiapan bahan stabilisasi, persiapan dilaboratorium, 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 sampel dengan cara disturb soil (tanah terganggu). Hal ini dilakukan untuk membandingkan nilai-nilai propertis antara sampel tanah agar sesuai dengan target penelitian dengan penambahan gypsum dan semen.

Masing-masing sampel tanah diambil di beberapa titik, hal ini dilakukan agar sampel tanah yang diambil merupakan sampel tanah yang mewakili tanah dilokasi pengambilan sampel. Sedangkan bahan aditif gypsum dan semen dibeli dari toko.



Gambar 3.1 Bahan yang sudah diambil.

Sumber : Tanah PTPN II Patumbak

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 penggunaan basic properties dan engineering properties.



Gambar 3.2 Sampel tanah Jln. PTPN II Patumbak

Sumber : Tanah PTPN II Patumbak

3.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat untuk batas konsistensi uji proctor standard dan CBR laobratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Medan(POLMED) dengan standarisasi *AMERICAN Society For Testing Material (ASTM)*.



Gambar 3.2.2 Peralatan Laboraturium Politeknik Negeri Medan(POLMED)

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. Gypsum, gypsum yang digunakan berasal dari toko penjualan material gypsum
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 tes kadar air (water content) batas cair, batas plastis, analisis saringan, analisis hydrometer, 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	2x2 sample
2	Pengujian Berat Jenis	2x3 sample
3	Pengujian analisa hydrometer	2x1 sample
4	Pengujian analisa ringan	2x1 sample
5	Batas cair	2x1 sample
6	Batas plastis	2x1 sample
7	Pengujian pemadatan standart	4x5 sample
8	Pengujian CBR laboratorium	2x3 sample
9	Pengujian UCS	1x1 sample
Jumlah Total Sample Uji		45 Sample

Sumber Laboraturium Politeknik Negeri Medan (POLMED),2018.

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 dilalukan perencanaan terhadap pencampuran tanah asli dengan bahan stabilisasi kapur.

Tabel 3.2 Sampel Pengujian untuk tanah asli+gypsum dan semen

No	Pengujian	Variasi (1%,3%, 5%)x (1,7,14 hari)	Jumlah Benda Uji
1	Pengujian Batas Cair	3x3x1 sampel	9 sampel
2	Pengujian batas plastis	3x3x1 sampel	9 sampel
3	Percobaan compaction	3x5 sampel	15 sampel
4	Pemeriksaan CBR Laboratorium	3x3 sampel	9 sampel
5	Percobaan Unconfined Compaction Test	3x3x1 sampel	9 sampel
Jumlah total benda uji			51 sampel

Sumber Laboraturium Politeknik Negeri Medan (POLMED),2018.

3.3.pemeriksaan *properties* Tanah Asli

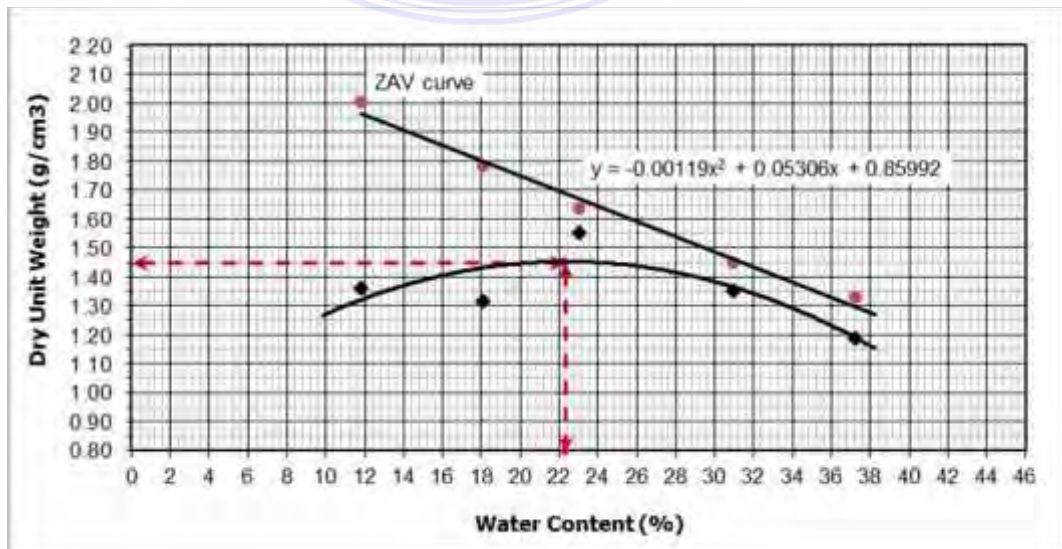
Pada tahapan ini dilakukan –pengujian pengujian laboratorium untuk mengetahui sipat-sipat tanah asli. Pengujian ini dibagi menjadi 2 bagian ,yaitu pemeriksaan *basic properties* dan *engineering properties*.

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 butiran tanah tersebut dalam satuan persen .Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.3 Hasil percobaan Kadar Air Sampel



Volume cetakan (cm ³)	921.733	Berat jenis tanah	2.63				
Item	Unit	Symbol	1	2	3	4	5
Berat cetakan	g	W _m	3600	3600	3600	3600	3600
Berat tanah padat + cetakan	g	W _{cm}	5000	5030	5360.0	5230	5100
No. cawan	-	-	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
Berat cawan	g	M _c	13.80	13.80	13.80	13.80	13.80
Berat tanah basah + cawan	g	M _{cm}	155.40	158.70	132.00	146.60	168.60
Berat tanah kering + cawan	g	M _m	140.42	136.51	109.86	115.20	126.59
Kadar air	%	W	11.83	18.08	23.05	30.97	37.25
Berat isi tanah	g/cm ³	d	1.358	1.314	1.552	1.350	1.186
Zero Air Void (ZAV) curve	g/cm ³		2.004	1.781	1.636	1.449	1.328
Kadar air optimum	22.29	%					
Berat isi tanah maksimum	1.45	g/cm³					
	14.22	kN/m³					

Sumber Laboraturium Politeknik Negeri Medan (POLMED),2018.

3.3.1.2. Pengujian Berat Jenis Tanah (*specific gravity*)

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

Tabel 3.3 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah

Specific Gravity, G _s			
Specific Gravity, G _s	1	2	3
Depth [m]			
Determination No			
Picnometer No	2	3	6
Berat Piknometer [gram]	67.40	67.42	72.18
Berat Piknometer + tanah kering [gram]	80.94	81.14	85.40
Berat Piknometer + tanah [gram]	175.19	174.37	177.09

kering + air				
Berat Piknometer + air	[gram]	166.79	165.83	168.90
Temperatur (T)	[° C]	28.00	28.00	28.00
Density of Water at T, (Gt)	[gr/cm ³]	0.9963	0.9963	0.9963
Specific Gravity of Soil (Gs)		2.62	2.64	2.62
2.63				

Sumber Laboratorium Politeknik Negeri Medan (POLMED),2018.

3.3.1.3. Analisa Saringan & Hidrometer

Uji Anadalam menentukan distribusi ukuran lisa butiran terbagi menjadi 2 bagian pengujian yaitu uji analisa hydrometer dan uji analisis saringan. Analisa hydrometer 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

Sieve Analysis (ASTM D-422-63 & D-1140-54)						
Sieve No	mm	Retained		% Commulative		Note
		Gram	%	Retaining	Passing	
3/8 "	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
No. 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	
No. 10	2.000	4.57	0.91	0.91	99.09	
No. 20	0.850	9.53	1.91	2.82	97.18	
No. 40	0.425	14.54	2.91	5.73	94.27	
No. 60	0.250	19.74	3.95	9.68	90.32	
No. 100	0.150	22.88	4.58	14.25	85.75	
No. 200	0.075	20.47	4.09	18.35	81.65	
PAN		408.27	81.65	100.00	0.00	
Total Weight		500.00				
Sample Weight			100.00			

Sumber Laboratorium Politeknik Negeri Medan (POLMED),2018.

Analisa Hydrometer

Hydrometer Test

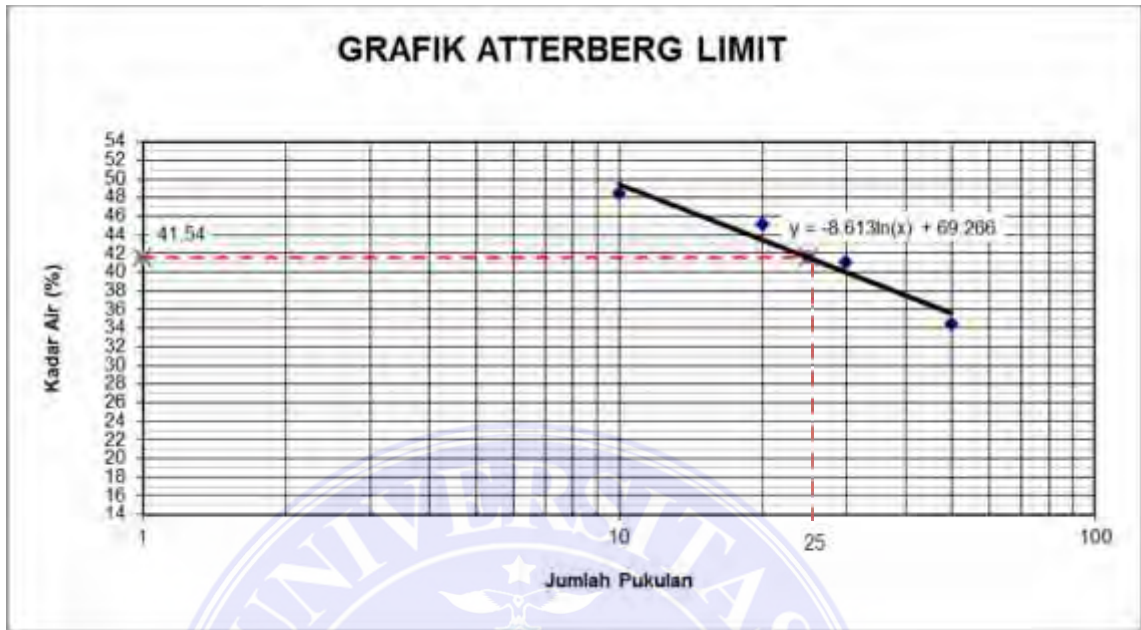
Test Temperatur		: 28 ⁰ C		GS :		2.51	
Date	Elapsed	Hydrometer	True	Effective	Particle	Percentage	Total
Time	Time	Reading	Reading	Depth	Diameter	Finer Than D	Percentage
	t (minutes)	Rh'	Rh	Hr (mm)	D (mm)	P (%)	%
14:28	0	0			0.075		81.654
14:28.5	0.5	58.00	57.90	66.20	0.0459	99.974	81.63
14:29	1	56.00	55.90	71.20	0.0337	96.521	78.81
14:30	2	54.00	53.90	76.20	0.0246	93.067	75.99
14:37	5	52.00	51.90	81.20	0.0161	89.614	73.17
14:42	15	48.00	47.90	89.20	0.0097	82.707	67.53
14:58	30	45.00	44.90	97.20	0.0072	77.527	63.30
15:28	60	42.00	41.90	106.10	0.0053	72.347	59.07
18:30	240	39.00	38.90	112.20	0.0027	67.167	54.84
14:28	1440	34.00	33.90	125.20	0.0012	58.534	47.80

Sumber Laboraturium Politeknik Negeri Medan (POLMED),2018.

3.3.1.4. Percobaan Atterberg Limit

Pengujian Batas Cair (*Liquid limit*) dan Batas Plastis (*Plastis Limit*) adapun hasil penelitian yang diperoleh adalah sebagai berikut :

Number of Blow		10	20	30	50	PL	PI
Container		C - 1	C - 2	C - 3	C - 4	C - 5	C - 6
W. of Cont. + Wet Soil	(gram)	39.40	31.20	40.00	28.40	15.20	15.00
W. of Cont. + Dry Soil	(gram)	31.00	25.80	32.40	24.62	14.94	14.78
Weight of Water	(gram)	8.40	5.40	7.60	3.78	0.26	0.22
Weight of Cont.	(gram)	13.60	13.80	13.80	13.60	13.80	13.80
Weight of Dy Soil	(gram)	17.40	12.00	18.60	11.02	1.14	0.98
Moist. Content	(%)	48.28	45.00	40.86	34.30	22.81	22.45
						22.63	



Liquid Limit (LL) : 41.54 %
Plastis Limit (PL) : 22.63 %
Plastic Indeks (PI) : (LL - PL) = 18.91 %

Sumber Laboraturium Politeknik Negeri Medan (POLMED),2018.

3.4. Pemeriksaan *Egineneering Properties* Tanah Asli

3.4.1 Percobaan pematatan (Proktor Standar)

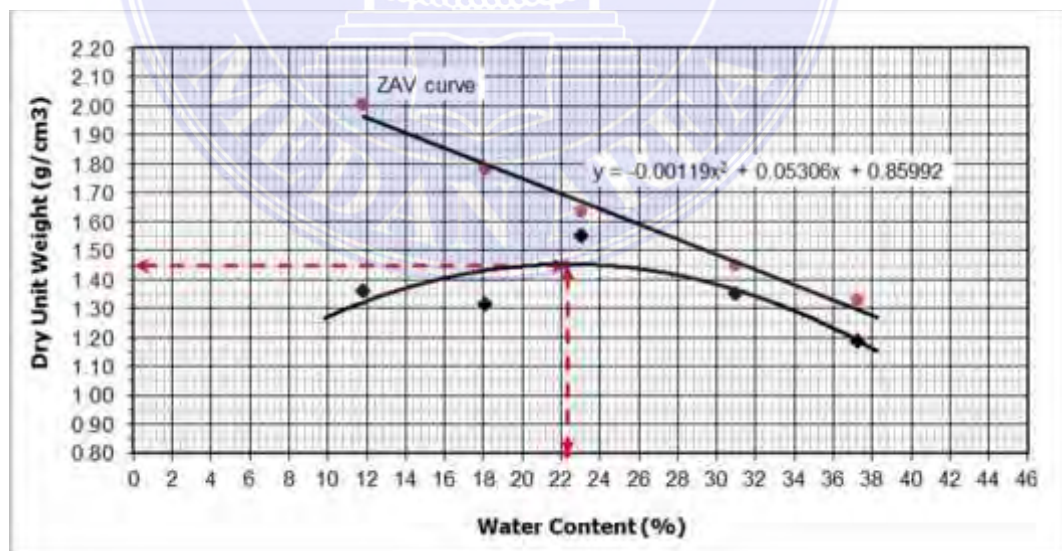
Pengujian proctor standart bertujuan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah dengan cara memadatkan tanah di dalam slinder berukuran tertentu menggunakan cetakan, sampel tanah lolos saringan no 4 kegunaan pengujian proctor standart untuk mencari nilai kepadatan maksimum (*maximum Dry Densty*) dan kadar air optmum (*optimum Moisture Content*) dari suatu sampel tanah.

Hasil pengujian proctor standart dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.7 Tabel hasil percobaan pemadatan

Item	Unit	Symbol	1	2	3	4	5
Berat cetakan	g	W_m	3600	3600	3600	3600	3600
Berat tanah padat + cetakan	g	W_{cm}	5000	5030	5360.0	5230	5100
No. cawan	-	-	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
Berat cawan	g	M_c	13.80	13.80	13.80	13.80	13.80
Berat tanah basah + cawan	g	M_{cm}	155.40	158.70	132.00	146.60	168.60
Berat tanah kering + cawan	g	M_m	140.42	136.51	109.86	115.20	126.59
Kadar air	%	w	11.83	18.08	23.05	30.97	37.25
Berat isi tanah	g/cm^3	ρ_d	1.358	1.314	1.552	1.350	1.186
Zero Air Void (ZAV) curve	g/cm^3		2.004	1.781	1.636	1.449	1.328
Kadar air optimum	22.29 %						
Berat isi tanah maksimum	1.45 g/cm^3						
	14.22 kN/m^3						

Sumber Laboraturium Politeknik Negeri Medan (POLMED),2018.



Volume cetakan (cm^3)	921.733	Berat jenis tanah	2.63
---------------------------	---------	-------------------	------

Sumber Laboraturium Politeknik Negeri Medan (POLMED),2018.

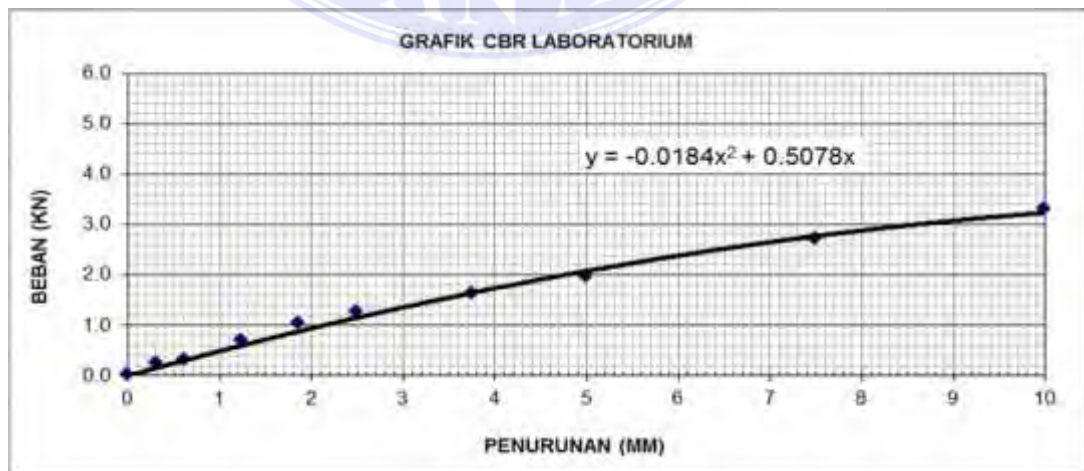
3.4.2 Percobaan CBR Laboratorium

Tabel 3.8 Hasil percobaan CBR

Penurunan (mm)	Bacaan Dial (Divisi)	Beban (KN)	Unit Weight		
0.0000	0	0.000		Diameter of Mould	15.21 [cm]
0.3120	8	0.240		Height of Mould	12.72 [cm]
0.6200	10	0.300		Volume of Mould	2312.119 [cm ³]
1.2500	23	0.690		Weight of Mould	4579 [gram]
1.8700	34	1.020		W Mould + Soil	8860 [gram]
2.5000	42	1.260		γ wet of soil	1.852 [gram/cm ³]
3.7500	54	1.620		γ dry of soil	1.451 [gram/cm ³]
5.0000	65	1.950		Weight of Cont.	13.76 [gram]
7.5000	90	2.700		Water Content Before Soaking	Weight of Cont + wet soil 112.45 [gram]
10.0000	110	3.300		Weight of Cont + dry soil	91.12 [gram]
				Water Content After Soaking	27.57 [%]
				Weight of Cont.	13.85 [gram]
				Water Content After Soaking	Weight of Cont + wet soil 119.48 [gram]
				Weight of Cont + dry soil	92.94 [gram]
				Water Content	33.56 [%]

$$1 \text{ KN} = 224.809 \text{ lb} \quad \text{CBR}_{0.1"} = \frac{1.155 \times 224.809}{3 \times 1000} * 100\% = 8.65\%$$

$$\text{CBR}_{0.2"} = \frac{2.079 \times 224.809}{3 \times 1500} * 100\% = 10.39\%$$



Sumber Laboraturium Politeknik Negeri Medan (POLMED),2018.

3.4.3 *Unconfined Compression Strength*

Penelitian ini dimaksud 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 rengang aksial mencapai 20%

Hasil dari pengujian UCS terhadap tanah asli adalah sebagai berikut :

Diameter	: 4 cm	Weight	157.6 gr				
initial length lo	: 7.5cm	Proving Ring No					
initial area	: 23.00	Calibration	0.00138 KN/div				
cm2							
Time	deflection	Strin(%)	Provit ring division	Axial load Kg	Correction factor	Area cm ²	Qu
0	0	0	0	0	1	36.317	0
0.5	37.5	0.5	7.00	3.16	1.005	36.499	0.0865
1	75	1	28.00	3.83	1.0101	36.684	0.01045
2	150	2	84.00	4.51	1.0204	37.058	0.01217
3	225	3	125.00	5.41	1.0309	37.44	0.1446
4	300	4	151.00	6.09	1.0417	37.83	0.1609
5	375	5	110.00	6.54	1.0526	38.228	0.1711
6	450	6	93.00	7.89	1.0638	38.635	0.2043
7	525	7		7.22	1.0753	39.05	0.1848
8	600	8		6.54	1.087	39.475	0.1657
9	675	9			1.0989	39.909	
10	750	10			1.1111	40.352	
11	825	11			1.1236	40.805	
12	900	12			1.1364	41.269	
13	975	13			1.1494	41.743	
14	1050	14			1.1628	42.229	
15	1125	15			1.1765	42.726	
16	1200	16			1.1905	43.234	
17	1275	17			1.2048	43.755	
18	1350	18			1.2195	44.289	
19	1425	19			1.2346	44.836	
20	1500	20			1.25	45.396	

cetakan ucs	312.8	gr
tanah + alat ucs	474.4	gr
cawan + tanah basah	171.4	gr
cawan		gr
cawan + tanah kering	132.8	gr

Sumber Laboraturium Politeknik Negeri Medan (POLMED),2018.

3.4.4 Summary laboratorium test

berikut adalah *Summary laboratorium test terhadap sampel* sebagai tanah asli

Tabel 3.10. Summary laboratorium *test* sebagai tanah asli

Jenis Pemeriksaan	Hasil		Keterangan	
	No.	(mm)		PTPN II Patumbak
Gradasi (Kumulatif Lolos dalam %)	No. 4	4.750	100.00	Kelompok Tanah dalam Sistem AASHTO : A-7 Tanah Berlempung
	No. 10	2.000	99.09	
	No. 20	0.850	97.18	
	No. 40	0.425	94.27	
	No. 60	0.250	90.32	
	No. 100	0.150	85.75	
	No. 200	0.075	81.65	
	Specific Gravity			
Atterberg Limit	LL	(%)	41.54	
	PL	(%)	22.63	
	IP	(%)	18.91	
	Activity	(%)	0.936	
Compaction	w opt.	(%)	22.29	
	γ_d max.	(gr/cm ³)	1.45	
CBR 100% MDD	(%)		10.52	

Sumber Laboraturium Politeknik Negeri Medan (POLMED),2018.

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

3.4.5. Penentuan persentase Gypsum dan semen yang dibutuhkan

Kebutuhan persentase gypaum sebagai bahan stabilisasi dapat dilakukan sesuai tahapan perencanaan di lalboratorium 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 Gypsum dan semen kontruksi jalan. Penentuan persentase Gy, ditentukan berdasarkan nilai indeks plistasitasi dan persen lolos saringan no 40 pada percobaan analisa saringan.

Keterangan gambar :

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

Langkah-langkah penentuan kadar kapur yang ditambahkan berdasarkan grafik diatas :

1. Plot nilai indeks plastis(PI) kedalam grafik
2. Tarik garis kebawah mengikuti kurva sampai berpotongan dengan nilai % lolos saringan no 40
3. Pada perpotongan, tarik garis vartikel dan baca nilai % gypsum yang ditambahkan
4. Pada penelitian ini tanah dengan $PI = 43$ dan % lolos no 40 $= 36\%$ maka persentase gypsum dan semen yang ditambahkan sebesar 3%

Kebutuhan persentase gypsum yang akan ditambahkan sebagai bahan stabilisasi dapat menggunakan variasi kadar gypsum dan semen 2% diatas dan 2% dibawah nilai yang sudah didapatkan (*departemen Pekerjaan umum, pedoman perencanaan stabilisasi tanah dengan bahan serbuk pengikat untuk kontruksi jalan*) Sehingga variasi penambahan gypsum yang digunakan pada penelitian ini sebesar 1%, 3%, dan 5%

3.4.6 Penelitian pada tanah yang distabilisasi dengan Gypsum dan semen

Pada pengujian ini tanah yang diuji adalah tanah yang telah dicampur dengan gypsum dan semen, pada proses ini stabilisasi dilakukan pameraran agar kita dapat mengetahui perubahan yang terjadi dalam jangka waktu tertentu diakibatkan oleh proses kimia antara tanah, gypsum, semen dan air cara perawatan yang dilakukan terhadap benda uji adalah perawatan kering dimana sampel dibungkus dengan plastic transparan pada suhu kamar, yang diharapkan tidak terjadi terlalu banyak perubahan kadar air.

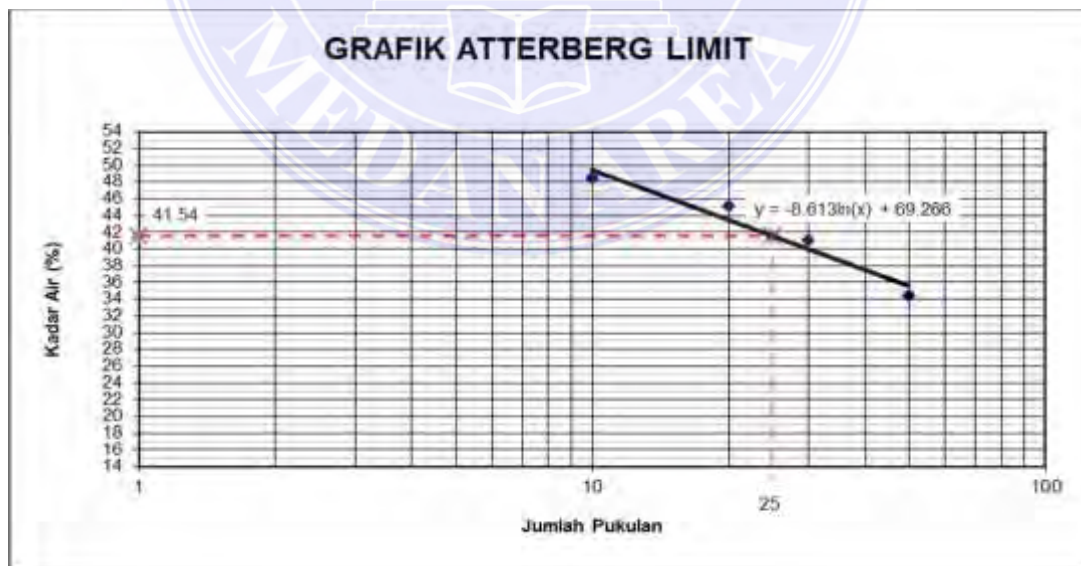
Masa perawatan yang dilakukan pada setiap sampel 1,7, dan 14 hari yang nantinya diharapkan didapat hubungan antara masa perawatan dengan kekuatan benda uji.

3.4.7. Pengujian batas-batas konsistensi

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

Tabel. 3.11 hasil pengujian batas cair dan batas plastis pada penambahan Gypsum dan Semen dengan waktu 5% waktu pemeraman 14 hari

Number of Blow		10	20	30	50	PL	PI
Container		C - 1	C - 2	C - 3	C - 4	C - 5	C - 6
W. of Cont. + Wet Soil	(gram)	39.40	31.20	40.00	28.40	15.20	15.00
W. of Cont. + Dry Soil	(gram)	31.00	25.80	32.40	24.62	14.94	14.78
Weight of Water	(gram)	8.40	5.40	7.60	3.78	0.26	0.22
Weight of Cont.	(gram)	13.60	13.80	13.80	13.60	13.80	13.80
Weight of Dy Soil	(gram)	17.40	12.00	18.60	11.02	1.14	0.98
Moist. Content	(%)	48.28	45.00	40.86	34.30	22.81	22.45
						22.63	18.91



Liquid Limit (LL) : 41.54 %
Plastis Limit (PL) : 22.63 %
Plastic Indeks (PI) : (LL - PL) = 18.91 %

Sumber Laboraturium Politeknik Negeri Medan (POLMED),2018.

Dari pengujian batas cair dan batas plastis variasi campuran gypsum dan semen 5% dengan waktu pemeraman selama 14 hari. Diperoleh data-data sebagai berikut :

Batas cair (LL) : = 41.54 %

Batas plastis (PL) = 22.63%

Indeks plastisitas (PI) = 18.91%

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 Gypsum Dan Semen.

Penambahan gypsum dan semen (%)	Pemeraman (Hari)	Nilai batas-batas konsistensi		
		Batas cair	Batas plastis	Indeks plastis
1	1	68.80	27.34	41.46
	7	67.80	28.67	39.13
	14	66.20	30.71	35.49
2	1	68.55	30.13	38.42
	7	63.40	31.69	31.71
	14	56.20	33.62	22.58
3	1	61.20	32.39	28.81
	7	53.40	34.34	19.06
	14	44.60	36.25	8.35

Sumber Laboraturium Politeknik Negeri Medan (POLMED),2018.

3.4.8. Pengujian pemadatan

Pengujian pemadatan/proctor standar bertujuan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah dengan cara memadatkan tanah didalam silinder berukuran tertentu menggunakan cetakan, sampel tanah lolos saringan no 4.

Kegunaan pengujian proctor standar untuk mencari nilai kepadatan maksimum (*maksimum moisture Content*) dari suatu nsampel tanah. Hasil pengujian proctor standart pada variasi campuran 5% adalah sebagai berikut :

Tabel 3.13 Hasil pengujian proctor standart dengan variasi campuran 5% gypsum dan semen.

Unit Weight	Diameter of Mould	15.21	[cm]
	Height of Mould	12.72	[cm]
	Volume of Mould	2312.119	[cm ³]
	Weight of Mould	4579	[gram]
	W Mould + Soil	8860	[gram]
	γ wet of soil	1.852	[gram/cm ³]
	γ dry of soil	1.451	[gram/cm ³]

Sumber Laboraturium Politeknik Negeri Medan (POLMED),2018.

Berat isi

Water Content Before Soaking	Weight of Cont.	13.76	[gram]
	Weight of Cont + wet soil	112.45	[gram]
	Weight of Cont + dry soil	91.12	[gram]
	Water Content	27.57	[%]

Sumber Laboraturium Politeknik Negeri Medan (POLMED),2018.

Kadar air

Water Content After Soaking	Weight of Cont.	13.85	[gram]
	Weight of Cont + wet soil	119.48	[gram]
	Weight of Cont + dry soil	92.94	[gram]
	Water Content	33.56	[%]

Sumber Laboraturium Politeknik Negeri Medan (POLMED),2018.

Dari pengujian batas cair dan batas plastis variasi campuran kapur 5% dengan waktu pemeraman selama 14 hari, diperoleh dat-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 stabilitas lempung dengan variasi campur kapur 1%, 3%, dan 5% dengan masa pemeraman 1,7, dan 14 hari

Tabel 3.14 Hasil Penelitian Proctor Standart Terhadap Berbagai Variasi Penambahan Gypsum Dan Semen

No	Penambahan gypsum dan semen (%)	Berat isi kering maksimum (gr/cm ³)	Kadar air optimum (%)
1.	1	1.570	30.00
2.	2	1.445	30.73
3	3	1.451	32.23

Sumber Laboraturium Politeknik Negeri Medan (POLMED),2018.

3.4.8.1. Percobaan CBR Laboratorium

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan CBR tanah dan campuran tanah yang dipadatkan dilaboratorium pada kadar air tertentu. Nilai CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas suatu bahan dibandingkan dengan bahan standart berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR 100%. CBR menunjukkan nilai relative kekuatan tanah. Semakin tinggi kepadatan tanah maka nilai cbr akan semakin tinggi.

Pengujian CBR dilakukan dengan cara melakukan oersentase kedalam 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 :

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

Standar Beban(Persamaan III.I)

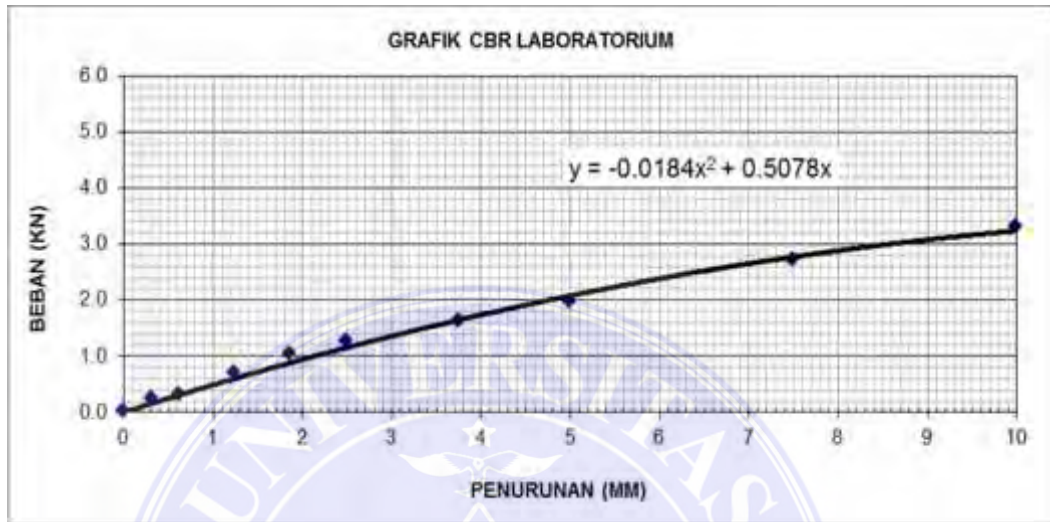
Berikut adalah data yang diperoleh dari hasil penelitian CBR laoratorium pada sampel 65 pukulan variasi campuran 5% gypsum dan semen dengan waktu pemeraman 14 hari.

Tabel 3.15 b hasil pengujian CBR Laboratorium variasi 5% dan waktu pemeran 14 hari

Penurunan (mm)	Bacaan Dial (Divisi)	Beban (KN)	Unit Weight		
0.0000	0	0.000		Diameter of Mould	15.21 [cm]
				Height of Mould	12.72 [cm]
				Volume of Mould	2312.119 [cm ³]
0.3120	9	0.240		Weight of Mould	4480 [gram]
0.6200	12	0.300		W Mould + Soil	8580 [gram]
1.2500	23	0.690		γ wet of soil	1.773 [gram/cm ³]
1.8700	38	1.020		γ dry of soil	1.432 [gram/cm ³]
2.5000	49	1.260		Weight of Cont.	13.80 [gram]
3.7500	56	1.620	Water Content	Weight of Cont + wet soil	170.60 [gram]
5.0000	70	1.950	Before Soaking	Weight of Cont + dry soil	140.40 [gram]
7.5000	90	2.700	Water Content		23.85 [%]
10.0000	138	3.300	After Soaking	Weight of Cont.	13.80 [gram]
			Water Content	Weight of Cont + wet soil	134.40 [gram]
				Weight of Cont + dry soil	104.00 [gram]
			Water Content		33.70 [%]

$$1 \text{ KN} = 224.809 \text{ lb} \quad \text{CBR}_{0.1"} = \frac{1.169 \times 224.809}{3 \times 1000} * 100\% = 8.76\%$$

$$\text{CBR}_{0.2"} = \frac{2.209 \times 224.809}{3 \times 1500} * 100\% = 11.03\%$$



Sumber Laboraturium Politeknik Negeri Medan (POLMED),2018.

3.4.8.2 Percobaan *unconfined compression strength*

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

Tabel 3.17 Hasil pemeriksaan UCS variasi penambahan gypsum dan semen 5% dengan waktu pemeraman 14 hari

Diameter	: 4 cm	Weight	157.6 gr				
intial length lo	: 7.5cm	Proving Ring No					
initial area	: 23.00	Calibration	0.00138 KN/div				
cm2							
Ti	deflection	Strin(%)	Provit ring division	Axsial load Kg	Correct ion factor	Area cm ²	Qu
0	0	0	0	0	1	36.317	0
0.5	37.5	0.5	7.00	3.16	1.005	36.499	0.0865
1	75	1	28.00	3.83	1.0101	36.684	0.01045
2	150	2	84.00	4.51	1.0204	37.058	0.01217
3	225	3	125.00	5.41	1.0309	37.44	0.1446

4	300	4	151.00	6.09	1.0417	37.83	0.1609
5	375	5	110.00	6.54	1.0526	38.228	0.1711
6	450	6	93.00	7.89	1.0638	38.635	0.2043
7	525	7		7.22	1.0753	39.05	0.1848
8	600	8		6.54	1.087	39.475	0.1657
9	675	9			1.0989	39.909	
10	750	10			1.1111	40.352	
11	825	11			1.1236	40.805	
12	900	12			1.1364	41.269	
13	975	13			1.1494	41.743	
14	1050	14			1.1628	42.229	
15	1125	15			1.1765	42.726	
16	1200	16			1.1905	43.234	
17	1275	17			1.2048	43.755	
18	1350	18			1.2195	44.289	
19	1425	19			1.2346	44.836	
20	1500	20			1.25	45.396	

cetakan ucs	312.8	gr
tanah + alat ucs	474.4	gr
cawan + tanah basah	171.4	gr
cawan		gr
cawan + tanah kering	132.8	gr

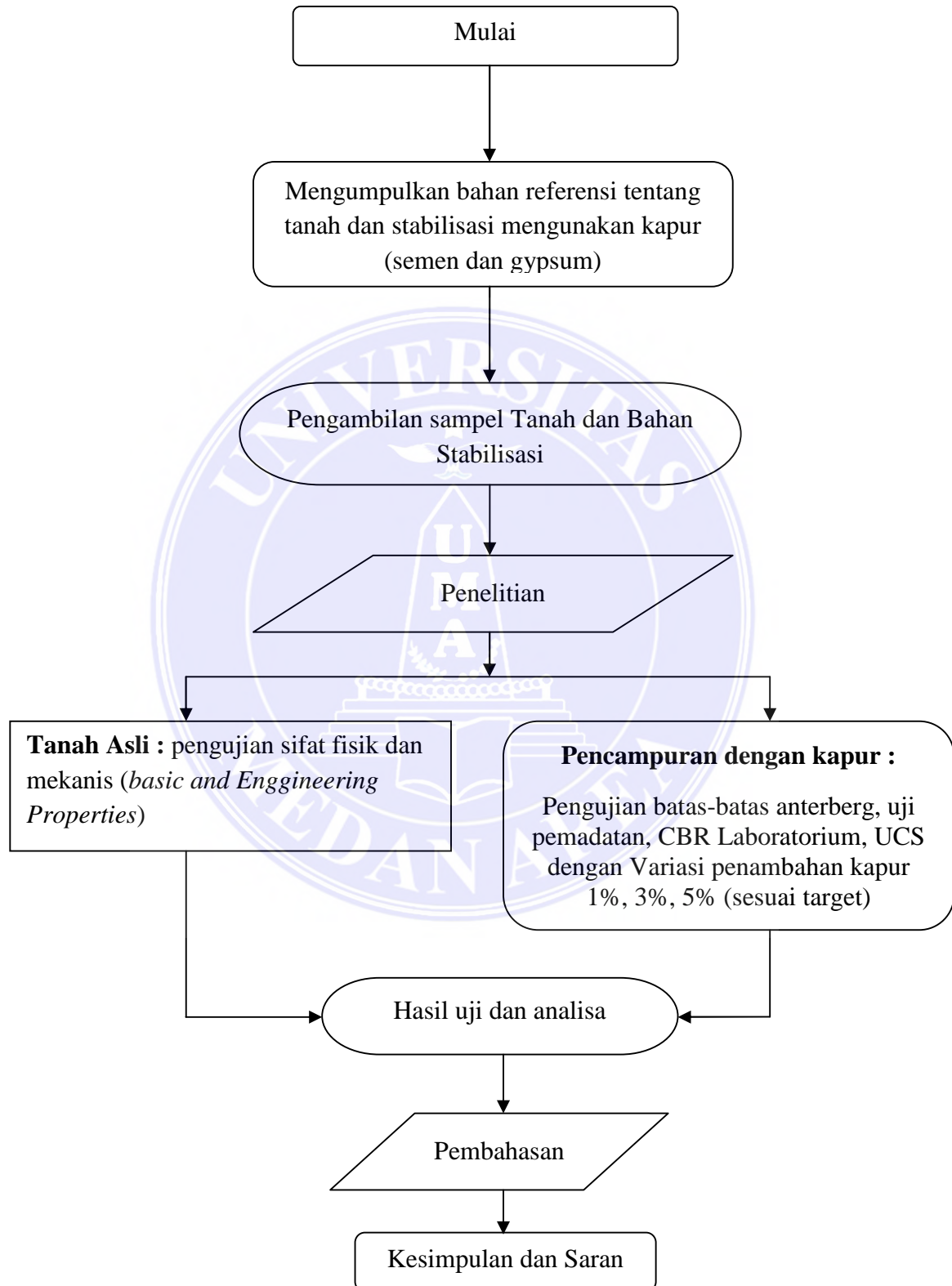
Sumber Laboratorium Politeknik Negeri Medan (POLMED),2018.

Table 3.18 Hasil penelitian kekuatan tekan bebas dengan berbagai variasi penambahan gypsum dan semen waktu pemeraman

No	Penambahan kapur (%)	Waktu Pemeraman (Hari)	USC (kg/cm ²)
1	1	1	0.231
		7	0.286
		14	0.372
2	2	1	0.366
		7	0.411
		14	0.545
3	3	1	0.526
		7	0.610
		14	0.703

Sumber Laboratorium Politeknik Negeri Medan (POLMED),2018.

3.1.2 Kerangka berfikir



BAB IV

HASIL PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas karakteristik lempung yang telah distabilisasi dengan kapur berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di laboratorium akan dibahas perubahan sifat-sifat lempung dalam kondisi asli (belum dicampur) dan pengaruh yang terjadi setelah distabilisasi berdasarkan data pengujian yang telah dipaparkan sebelumnya selanjutnya akan dibahas mengenai pelaksanaan stabilisasi lempung di lapangan dengan kapur.

4.1.1. Karakteristik Tanah Lempung Setelah dicampur Dengan Gypsum dan semen

penambahan gypaum dan semen terhadap lempung akan mempengaruhi sifat-sifat karakteristik dari lempung tersebut. Adapun parameter-parameter yang akan dibahas sesuai dengan penelitian terhadap campuran lempung gypsum dan semen antara lain batas-batas konsistensi proctor standart/pemadatan, CBR laboratorium dan unconfined compression strenght (kekuatan tekanan bebas tanah)

4.1.2. Karakteristik Plastisitas lempung setelah distabilisasi dengan gypsum dan smen

Dalam hal ini, penelitian yang telah dilaksanakan yaitu batas cair (Iliquid limit) dan batas-batas plastis (plastic limit) indeks plastisitas diperoleh dari selisi antara batas cair dengan batas plastis.berikut akan dipparkan grafik-grafik hubungan antara batas cair, batas dan indeks plastisitas dengan lama pemeraman (*curing time*)

4.1.3. Pengaruh penambahan gypsum dan semen terhadap batas cair

Hasil penelitian terhadap batas cair campuran lempung-gypsum dan semen menunjukkan adanya penurunan seiring dengan besarnya penambahan presentase gypsum dan semen. Penambahan gypsum menimbulkan muatan positif (kation) dalam air pori.

Penambahan kation ini memungkinkan terjadinya proses tarik menarik antara anion dari partikel tanah dengan kation dari partikel kapur serta kation dari partikel gypsum dan semen dengan anion dari partikel air. Proses ini mengganggu proses tarik menarik antara anion dari partikel tanah dengan kation dari partikel air serta proses tarik menarik antara anion dan kation dari partikel air, sehingga partikel tanah kehilangan daya tarik antara partikelnya.

Berkurangnya daya tarik antara partikel tanah dapat menurunkan kohesi tanah. Penurunan kohesi ini menyebabkan mudah terlepasnya partikel tanah dari ikatannya. Penambahan kapur yang semakin banyak akan menyebabkan semakin turunnya nilai kohesi dengan turunnya nilai kohesi akan menyebabkan turunnya nilai batas cail (LL)

Penurunan nilai batas cair maksimum terjadi penambahan gypsum dan semen 5% dengan masa pemeraman 14 hari, yaitu dari batas cair sebesar 70,30 % turun menjadi batas cair sebesar 41.54%. persentase pengurangan nilai batas cair yaitu sebesar 36.56%.

Persentase penurunan nilai batas cair maksimum terjadi pada masa curing 14 hari. Hal ini dapat kita lihat pada tabel diatas dimana pada pemeraman 14 hari terjadi kenaikan nilai batas cair sebesar 18.91% dari masa curing 7 hari. Sedangkan pada

masa pemeraman 14 hari penurunan nilai batas cair adalah 4.98% dari masa pemeraman 14 hari. Kondisi ini menggambarkan bahwa setelah masa pemeraman 14 hari terlihat ada penurunan batas cair namun tidak begitu signifikan diperkirakan bahwa pada masa pemeraman yang lebih lama nilai batas cair akan konstan. Perilaku ini menunjukkan bahwa reaksi pertukaran ion sudah terjadi pada pemeraman 7 hari atau paling lama 14 hari.

4.1.4 Pengaruh penambahan gypsum dan semen terhadap plastis

Partikel lempung biasanya bermuatan negatif sehingga partikel lempung hamper selalu mengalami hidrasi yaitu dikelilingi oleh lapisan-lapisan molekul air dalam jumlah yang besar.

Penambahan gypsum dan semen akan mengganggu proses tarik menarik antara anion dari partikel tanah dengan kation dari partikel air serta proses tarik menarik antara anion dan kation dari partikel air sehingga partikel tanah kehilangan daya tarik antara partikelnya. Penambahan gypsum dan semen menyebabkan semakin besar kadar air yang dibutuhkan partikel lempung untuk mencapai batas plastis.

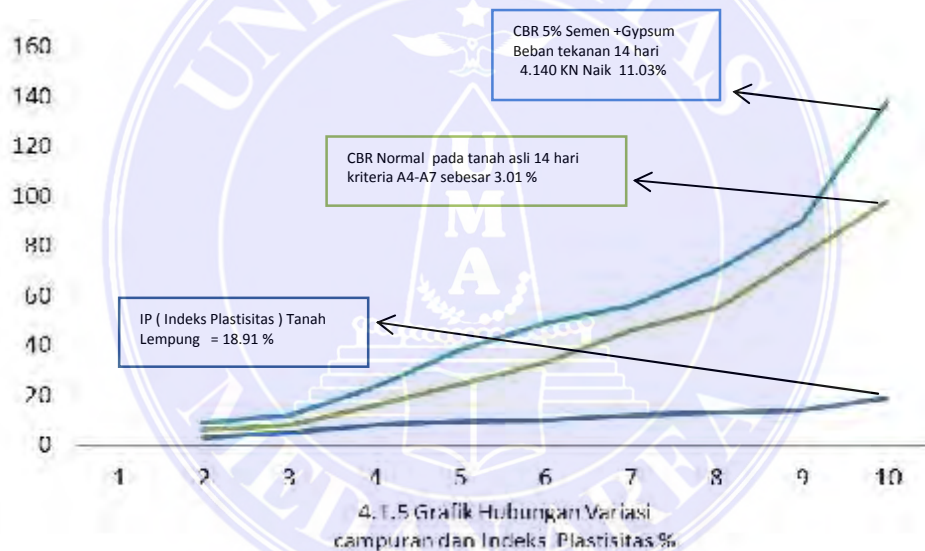
Kenaikan batas plastis maksimum terjadi pada penambahan kapur sebanyak 5% dengan masa pemeraman 14 hari yaitu dari batas plastis sebesar 22.63% naik menjadi plastis sebesar 36.25% persentase kenaikan batas plastis dari kondisi tanah asli dan dicampur dengan gypsum dan semen 5% adalah sebesar 41.54%

Sama halnya seperti batas cair. Persentase kenaikan nilai batas plastis maksimum terjadi pada masa curing 14 hari hal ini dapat kita lihat pada tabel diatas dimana pada pemeraman 14 hari terjadi kenaikan nilai batas plastis 4.98% dari masa

curing 7 hari sedangkan pada masa pemeraman 14 hari kenaikan nilai batas plastis adalah sebesar 1.45 % dari masa pemeraman 14 hari

4.1.5 Pengaruh penambahan gypsum dan semen pada tanah lempung terhadap plastisitas tanah dasar (*subgrade*)

Selisih antara batas cair dan batas plastis adalah daerah dimana tanah tersebut dalam keadaan plastis. Indeks plastis menunjukkan sifat keplastisitan tanah. Semakin besar plastisitas lempung maka semakin besar pula sifat kohesif lempung tersebut.



Indeks plastisitas (PI) = batas cair (LL) – batas plastis (PL). hubungan tersebut memperlihatkan bahwa nilai PI sangat tergantung oleh nilai batas cair dan batas plastis penambahan persentase gypsum dan semen dapat menurunkan batas cair dan menaikkan batas plastis maka indeks plastisitasnya akan menurun, kenaikan tersebut dipengaruhi oleh udara yang telah menghilang akibat kerapatan tanah yang telah di uji CBR yang telah dicampur Semen dan Gypsum dan apabila penurunan terjadi karena jumlah udara dan partikel pengikat tidak mengilangkan

udara pada tanah lempung . Seperti teori dari Maryati (2016) Analisis perbandingan Penggunaan Limbah Gypsum dengan Semen sebagai bahan Stabilisasi Tanah lempung dan Yayuk Apriyanti (2016) Tentang Peningkatan Nilai CBR Tanah Lempung Dengan Menggunakan Semen Untuk Timbunan Jalan .Penurunan tersebut dapat dilihat pada gambar diatas akibat penambahan gypsum dan semen. Terjadi penurunan indeks plastisitas dari 41.54% menjadi 8.35% atau sebesar 66.81% pada penambahan 5% masa pemeraman 14 hari.

Batasan mengenai indeks plastisitas sifat macam tanah dan kohesi diberikan oleh atterberg pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.1 sifat-sifat tanah ditinjau dari nilai indeks plastisitas

PI	Sifat	Macam tanah	Kohesi
0	Non plastis	Pasir	Non kohesif
<7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7 -	Plastisitas	Lempung	Kohesif
17	Sedang	Berlanau	Kohesif

Sumber :Hardyatmo, H.C 2006 Mekanika Tanah 1.Hal 48

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan terjadi perubahan penggolongan berdasarkan indeks plastisitas yaitu sifat tanah dari plastisitas tinggi menjadi plastisitas sedang. Identifikasi tanah dengan plastisitas tinggi pada umumnya dihubungkan dengan klarifikasi tingkat pengempangan tanah. Holts dan gibbs seperti dikutip dalam nelson dan militer 1992 (model pengendalian mutu pekerjaan tanah, balai geoteknik jalan 2009) menggolongkan potensi

pengembangan suatu tanah berdasarkan batas cair dan indeks plastisitasnya tabel berikut merupakan indeks uji dengan tingkat pengembangannya :

Tabel 4.2 Korelasi indeks uji dengan tingkat penembangan menurut Holtz

Indeks plastisitas	Kemungkinan pengembangan (% perubahan volume)	Tingkat pengembangan
>35	>30	Sangat tinggi
25-41	20-30	Tinggi
15-28	10-20	Sedang
<15	<10	Rendah

Sumber balai geoteknik jalan PU, 2009 hal 58

Dari tabel dapat disimpulkan bahwa terjadi kemungkinan perubahan volume dari >30% menjadi <10 % dengan tingkat pengembangan dari sangat tinggi menjadi rendah.

4.1.6. Pengaruh penambahan Ca(OH)_2 terhadap berat isi kering maksimum dan kadar air optimum lempung

Hasil uji pemadatan standart (proctor standart) menunjukkan bahwa penambahan persentase gypsum dan semen memperlihatkan kecendrungan penurunan berat isi kering maksimum (maxium dry density) hal ini disebabkan terjadinya pembesaran rongga-rongga antara partikel campuran tanah akibat reaksi pozolan, yaitu reaksi antara silica dan alumina halus yang terkandung dalam tanah lempung dengan kagungan mineral aktif hasil dari reaksi pozolan adalah kalsium silikat hidrat yang tidak larut dalam air

pembesaran rongga-rongga dapat diartikan sebagai kenaikan volume partikel tanah sedangkan berat isi kering yaitu perbandingan antara berat partikel tanah dengan volume-volume rongga tanah. Pembesaran rongga yang terjadi

menyebabkan bertambahnya pori-pori tanah yang dapat di isi air, sehingga akan terjadi kenaikan kadar air optimum. Kondisi ini menyebabkan tanah akan semakin padat, kaku dan stabil yaitu reaksi antara silikia dan alumina halus yang terkandung dalam tanah lempung dengan kandungan mineral aktif hasil dari reaksi pozolan adalah kalsium silikat hidrat yang tidak larut dalam air.

memperlihatkan penurunan berat isi kering maksimum seiring dengan penambahan persentase gypsum dan semen penurunan yang terjadi sebesar 6.82% pada penambahan kapur 5% atau dari 1.45 kg/cm³ menjadi 1.257 kg/cm³. tabel memperlihatkan kenaikan kadar air optimum dari 10.52% menjadi 22.63% atau sebesar 12.11%. sedangkan pada tabel dapat dilihat hubungan antara kadar air dengan berat isi kering dengan variasi persentase penambahan gypsum dan semen dari 1% (Tanah asli) hingga penambahan 5%

4.1.7. Pengaruh penambahan gypsum dan semen terhadap kekuatan dan daya dukung lempung (*clay*)

4.1.7.1. Nilai CBR Laboratorium yang telah distabilisasi dengan gypsum dan semen

Hasil uji CBR sebagaimana tercantum pada gambar menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan nilai CBR seiring dengan penambahan persentase gypsum dan semen peningkatan nilai CBR seiring dengan penambahan persentase gypsum dan semen peningkatan nilai CBR ini disebabkan terjadinya sementasi akibat penambahan gypsum dan semen. Sementasi ini menyebabkan pengumpalan yang menyebabkan meningkatnya daya ikat antar butiran. Meningkat antar butiran maka akan meningkatkan kemampuan saling mengunci antar butiran

selain itu rongga-rongga pori yang telah ada sebagian akan dikelilingi bahan sementasi yang lebih keras. Sehingga antara butiran tidak mudah hancur atau berubah bentuk karena pengaruh air. Nilai CBR maksimum diperoleh pada penambahan gypsum dan semen sebesar 5% dengan masa perawatan 14 hari yaitu dari 1.45% menjadi 22.63%



4.1.7.2. Nilai kekuatan tekan bebas (Qu) lempung yang telah distabilisasi dengan gypsum dan semen

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel bahwa kuat tekan bebas tanah asli yang dicampur dengan gypsum dan semen selalu naik dengan naiknya kadar yang telah distabilisasi dengan gypsum dan semen didalam tanah serta lamanya pemeraman. Kenaikan nilai kuat tekan bebas (Qu) maksimum terjadi pada penambahan gypsum dan semen 5% dengan masa pemeraman 14 hari yaitu dari 0.201kg/cm² menjadi 0,703 kg/cm²

Berdasarkan kekuatan tekan bebas tersebut, maka jenis tanah dapat diklasifikasikan atas beberapa jenis yaitu :

No	Jenis tanah unconfined	Unconfined compressive strength (kg/cm ²)
1	Very soft	< 0.25
2	Soft	0.25-0.50
3	Medium	0.50-1.00
4	Stiff	1.00-2.00
5	Very stiff	2.00-4.00

Sumber :Laporan praktikum mekanika tanah departemen teknik sipil USU

Apabila ditinjau tabel diatas, maka terjadi perubahan jenis tanah unconfined yaitu dari very soft (Qu=0.204 kg/cm²) menjadi medium(Qu=0.703kg/cm²) ini membuktikan bahwa stabilisasi dengan kapur akan memperbaiki kekuatan tekan bebas tanah.

Kenaikan nilai kuat tekan bebas tanah tersebut disebabkan oleh dua hal yaitu :

1. Terjadinya pertukaran ion-ion positif (kation) yang ada didalam tanah lempung (Na⁺ dan K⁺) oleh ion-ion positif yang ada didalam kapur (Ca⁺) reaksi

pertukaran ion-ion positif ini terjadi dalam waktu yang relative singkat dan akan menyebabkan proses terjadinya butiran-butiran yang cukup besar (flokulasi) membesarnya butira-butiran tanah lempung akan kenaikan nilai sudut gesek dalam tanah tersebut yang berakibat pada kenaikan kuat geser tanah (dalam hal ini kuat tekan bebas)

2. Terjadinya reaksi posolanik yaitu reaksi pembentukan calcium silikat hidrat (CS-H) atau calcium aluminat hidrat, atau calcium silikat aluminat hidrat (C-S-A-H) oleh terjadinya ikatan antara CaO ditambah air dengan (SiO_2) dan alumunium (Al_2O_2) yang terkandung didalam tanah lempung tersebut berbentuk gel dan akan mengeras dalam kurun waktu tertentu. Reaksi posolanik ini terjadi dalam waktu yang cukup lama dan dalam kondisi perbandingan antara $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan (SiO_2) maupun (Al_2O_2) yang cukup profesional

Dengan bertambahnya waktu pemeraman 14 hari kenaikan kuat tekan bebasnya 15.25% sedangkan pada masa pemeraman 14 hari kenaikan kuat tekan bebas sebesar 6.26% . hal ini menunjukkan bahwa reaksi posolanik terjadi dengan baik pada masa pemeraman hingga 14 hari namun perlu diingat bahwa semakin panjang waktu pemeraman, kadar air didalam tanah akan menurun oleh sebab itu pada waktu pemeraman yang sangat panjang dan kuat tekan bebas akan turun atau paling tidak konstan. Reaksi posolanik akan terjadi bila ada air apabila tidak ada air, CaO pada kapur tidak akan bereaksi dengan silikat dan aluminat yang ada didalam mineral lempung sehingga proses stabilisasi tidak akan berjalan.

4.2. Analisa dan diskusi

4.2.1 Klasifikasi Tanah Asli

4.2.1.1 sistem klasifikasi kesatuan tanah/*unified soil classification system* (UCS)

Adapun data-data yang diperoleh dari pengujian laboratorium terhadap sampel tanah asli (sebelum dicampur) adalah :

1. Tanah yang lolos saringan no 200=81.65%
2. Batas Cair = 41.54 %
3. Indeks plastisitas = 18.91%

Dari data properties tanah yang diperoleh diatas maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu :

- a. Berdasarkan nilai persentase lolos saringan no 200 tanah lempung diatas persentase tersebut lebih besar dari 50% maka berdasarkan tabel klasifikasi UCS tanah ini secara umum dikategorikan golongan tanah berbutir halus
- b. Dari tabel sistem klasifikasi UCS, data batas cair dan indeks plastisitas diplotkan pada diagram plastisitas sehingga didapatkan identifikasi tanah yang lebih spesifik hasil dapat dilihat pada gambar berikut :

Dapat dilihat pada gambar 4.1.1. bahwa hasil pengeplotan menunjukkan satu titik pertemuan pengeplotan diatas garis A, yang mana titik temu jenis tanah yang diuji. Dengan merujuk pada hasil diatas maka tanah lempung yang diuji termasuk kedalam kelompok CH (*high-plasticity clay*) yaitu tanah lempung tak organik

dengan plastisitas tinggi dengan nilai indeks plastisitas sebesar 43.3 % (plastisitas tinggi)

4.2.1.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

Berdasarkan pada tabel klasifikasi tanah AASHTO pada bab 2 apabila persentase tanah lolos saringan no 200 lebih besar dari 35% maka tanah tersebut diklasifikasikan kedalam kelompok lanau-lempung.

Adapun data-data yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan yaitu :

1. Presentasi tanah yang lolos saringan no 200 adalah 81.65% dengan kata lain tanah tersebut termasuk kedalam kelompok lanau-lempung
2. Batas cair = 41.54 %
3. Bastas Plastis = 22.63%
4. Indeks plastis = 18.91%

Nilai indeks kelompok dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$GI=(F-35)\{0.2+0.005(LL-40)\}+0.001 (F-15) (PI-10)$$

Dimana :

GI = indeks komplek

F = persen material lolos saringan no 200

LL = batas cair

$$PI = \text{indeks plastisitas} \quad GI = (81.65-35)[0.2+0.005(41.54-40)]+0.01(81.65-15)(41.54-10) = 1.54+17.37=18.91\sim 19$$

Berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO maka tanah lempung yang diteliti dikategorikan ke dalam kelompok A-7-6 (19) dan termasuk dalam klasifikasi tanah berlempung sedang sampai buruk .

4.2.2 Klasifikasi Tanah yang Telah Dicampur dengan Gypsum dan semen

Setelah tanah dicampur dengan kapur, terjadi perubahan klasifikasi tanah menurut Sistem Unified maupun AASHTO menurut Unified dengan nilai batas cair = 41.54% dan indeks plastisitas = 18.91% maka tanah lempung yang telah dicampur dengan kapur termasuk golongan OL (low-plasticity of organic clay) dengan kriteria lanau organic dan lempung berlanau organic dengan plastisitas rendah menurut sistem klasifikasi AASHTO terjadi perubahan nilai GI yaitu :

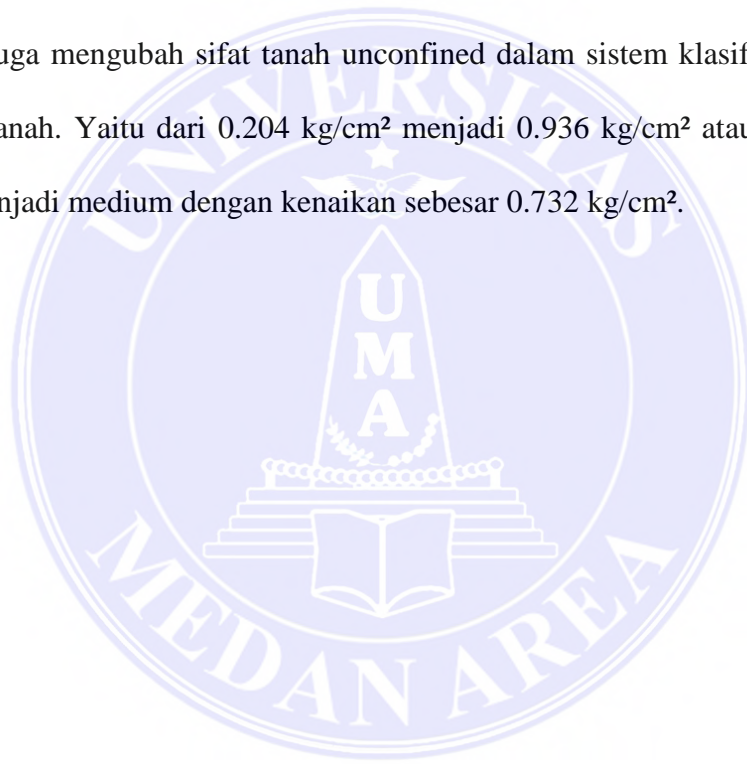
$$GI = (F-35)\{0.2+0.005(LL-40)\}+0.01(F-15)(PI-10)$$

$$= (81.65-35)\{0.2+0.005(41.54-40)\}+0.01(81.65-15)(18.91-10) = 9.68\sim 10$$

Berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO maka tanah lempung yang diteliti dikategorikan kedalam kelompok A-7 (10) dan termasuk dalam klasifikasi tanah berlempung sedang sampai buruk.

4.2.3 Pengaruh Stabilisasi Lempung Dengan Kapur Terhadap Indeks Plastisitas , CBR Laboratorium , Dan Kuat Tekan UCS

Dari nilai properties akibat stabilisasi menggunakan kapur diatas, pengaruh yang paling dominan akibat stabilisasi dengan kapur yaitu penurunan indeks plastisitas yaitu dari 41.54% menjadi 8.35% dengan besar penurunan yaitu 35.08% . nilai CBR Laboratorium juga mengalami kenaikan yang signifikan yaitu dari 1.99% menjadi 23.65% atau naik sebesar 21.61% stabilisasi dengan kapur juga mengubah sifat tanah unconfined dalam sistem klasifikasi kuat tekan bebas tanah. Yaitu dari 0.204 kg/cm² menjadi 0.936 kg/cm² atau dari jenis very soft menjadi medium dengan kenaikan sebesar 0.732 kg/cm².



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan, dengan menggunakan limbah gypsum sebagai bahan stabilitas tanah tanah lempung, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada penambahan campuran gypsum dan semen dengan kadar 5% terjadi kenaikan nilai CBR pada tanah lempung. Kenaikan nilai CBR sebesar yaitu 224.809 lb. Kenaikan ini meningkat sebesar 101,971 Kg/m dibanding dengan tanah asli .Kenaikan ini terjadi karena gypsum dan semen mengandung kalsium yang mengikat tanah bermateri organik terhadap lempung. Gypsum dan semen juga lebih menyerap banyak air sehingga membuat campuran gypsum dan semen terhadap sampel tanah akan menjadi semakin keras dan kuat.
2. Pada pemeraman yang dilakukan dengan waktu 7 hari dan 14 hari mempengaruhi kenaikan kuat tekan nilai CBR terhadap Sample menjadi semakin keras dan kuat. Kenaikan nilai maksimum kuat geser tanah terjadi pada waktu pemeraman selama 14 hari yaitu 4.140 KN atau setara 422,16 Kg/m . Kenaikan ini diprediksi bisa terjadi dikarenakan kadar air pada sampel sedikit mengalami perubahan selama pemeraman sehingga sampel menjadi lebih keras, dan juga ikatan antara patikel tanah dan gypsum dan semen semakin kuat.

Berdasarkan data hasil pengujian diatas maka disimpulkan bahwa tanah lempung yang diuji termasuk golongan CH (menurut USCS) dan A-7-6 (19) (menurut AASHTO) yaitu tanah lempung tak organik dengan plastisitas tinggi

SARAN

Mengingat proses pembangunan jalan pada tanah dasar lempung dengan plastisitas tinggi memerlukan biaya tambahan untuk bahan stabilisasi hendaknya metode perhitungan kadar gypsum dan semen dengan penambahan semen di laboratorium dan pengerjaan dilapangan dilakukan dengan tepat dan teliti. Pekerjaan stabilisasi jalan raya dengan bahan gysum dan semen harus dilakukan dengan hati-hati karena gypsum merupakan bahan yang berbahaya sehingga diperlukan tindakan pengamanan dan keselamatan kerja yang sesuai prosedur.

Perlu dilakukannya pengujian lanjutan dengan parameter yang lain seperti pengujian CBR, Triaksial, Kuat Tekan Bebas dan Konsolidasi. Parameter pengujian – pengujian tersebut perlu dilakukan sebagai pembanding apakah limbah gypsum bisa digunakan juga pada parameter – parameter tersebut, atau hanya pada parameter pengujian direct shear saja.

Perlu dilakukannya pengujian lanjutan dengan menambah variasi kadar campuran diatas 8%, dan penambahan waktu pemeraman diatas 14 hari sebagai pebanding apakah semakin banyak kadar gypsum dan semen yang digunakan, semakin besar juga nilai CBR tanah lempung ataupun sebaliknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriany,dkk, 2012, “Pengaruh Penggunaan Semen Sebagai Bahab Stabilisasi Pada Lempung Daerah Lambung Bukit Terhadap Nilai CBR Tanah” ”,Jurnal Rekayasa Sipil. Volume 8 2012. ISSN 1858-2133.Universitas Andalas.
- Bidang Geoteknik Dipusat Penelitian Dan Pengembangan Prasarana Transportasi Departemen Pekerjaan Umum.
- 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.
- Eko, 2011, Stabilitas Tanah Lempung Dengan Menggunakan Kapur Padam, Tugas Akhir, Universitas Bangka Belitung, Bangka.
- Hary Christady, 2011, Analisis dan Perencanaan Fondasi, Cetakan kedua, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyantmo, H.C 2006 Mekanika Tanah I Gadjah Mada University Press, Jogjakarta.

- Herina Silvia, 2005. Kajian Pemanfaatan Abu Sekam Padi Untuk Stabilisasi Tanah Dalam Sistem Pondasi Di Tanah Expansif , Pusat Penelitian Dan Pengembangan Pemukiman Departemen Pekerjaan Umum.
- Pusat Penelitian Dan Pengembangan Prasarana Transportasi Departemen Pekerjaan Umum.
- Vemmy, dkk,2013, Pengaruh Penambahan Serbuk Gypsum Dengan Lamanya Waktu Pengeraman (curing) Terhadap Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif di Bojonegoro, Jurnal Penelitian, Universitas Brawijaya Malang, Malang.
- Maryati ,2016 Analisis perbandingan Penggunaan Limbah Gypsum dengan Semen sebagai bahan Stabilisasi Tanah lempung.
- Vorobieff George, 2003. Anew Approach To Pavement Design Using Lime Stabilised Subgrades , Australia.
- Wiqomah Qunik, 2006 Pengaruh Kadar kapur , Waktu Perawatan dan Perendaman Terhadap Kuat Dukung Tanah Lempung, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Yayuk Apriyanti ,2016 Peningkatan Nilai CBR Tanah Lempung Dengan Menggunakan Semen Untuk Timbunan Jalan.

LAMPIRAN DOKUMENTASI

Tahapan Perkenalan Ruang Laboratorium



Gambar 5.1 Tahap Perkenalan Ruang Laboratorium
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018

Dokumentasi Akhir Laboratorium



Gambar 5.2 Tahap Akhir Ruang Laboratorium
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.3 Tahap analisa Saringan
Sumber : Data laboratorium ,2018



Gambar 5.4 Tahap analisa Saringan
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.5 Tahap specific Gravity Gs
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.6 Tahap specific Gravity Gs
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.7 Tahap Vacuum specific Gravity Gs
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.8 Tahap Atterberg Limit
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.9 Tahap Penentuan Ketukan Atterberg Limit
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.10 Tahap Pengovenan Atterberg Limit
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.11 Tahap Pengovenan Tanah
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.12 Tahap Penumbukkan Tanah
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.13 Tahap Penumbungkusan Tanah Untuk Uji CBR
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.14 Tahap Penumbungkusan Tanah Untuk Uji CBR
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



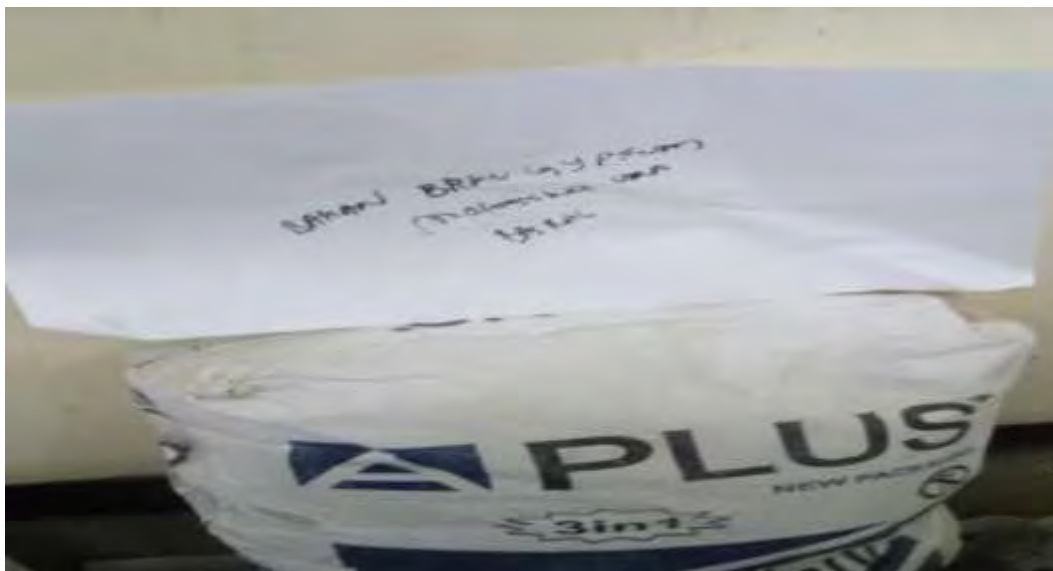
Gambar 5.15 Tahap Penumbukan Tanah Proctor Standar
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.16 Tahap Penimbangan Tanah Proctor Standar
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.17 Sample Bahan Tambah Semen Padang
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.18 Sample Bahan Tambah Gypsum A plus
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.19 Tahap Pencampuran bahan Tambah Gypsum dan Semen
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.20 Tahap Penumbukan Uji CBR
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.21 Tahap Penumbukan Uji CBR
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.22 Tahap Prataan Mold Uji CBR
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.23 Tahap Penambahan berat 2 kg keatas tanah Mold Uji CBR
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.24 Tahap Pemeraman Tanah Uji CBR
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.25 Tahap Pengujian Tanah CBR
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.26 Tahap Penentuan Dail / Bacaan alat CBR
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



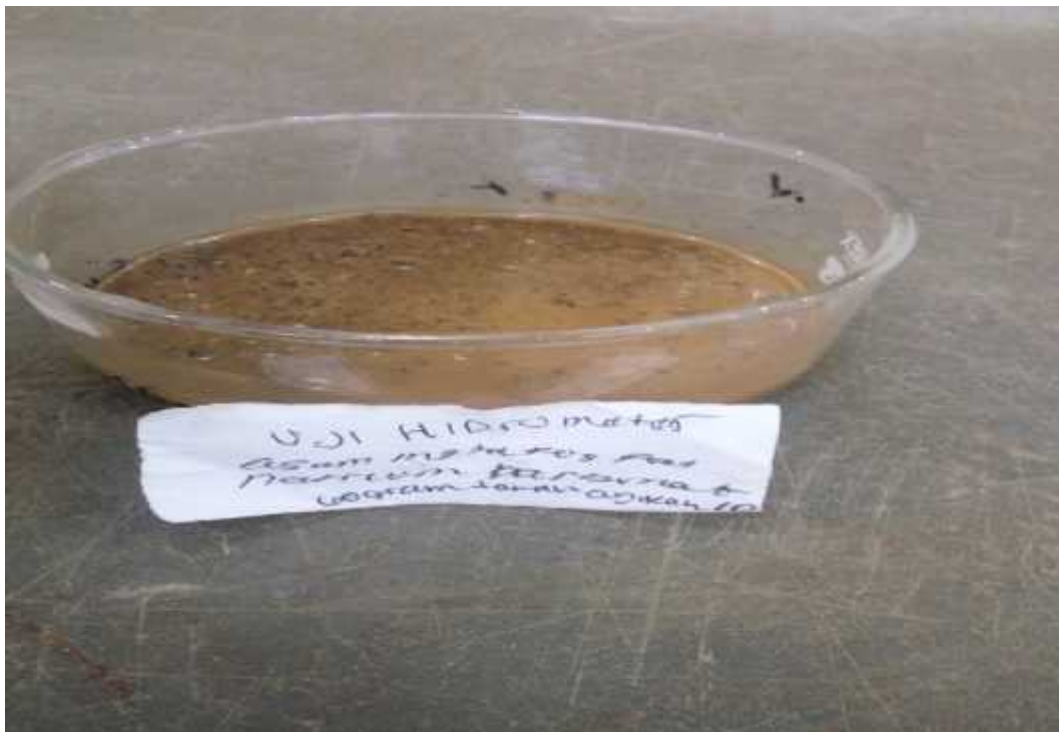
Gambar 5.27 Tahap Penentuan Dail / Bacaan titik 0 alat CBR
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.28 Tahap Pembongkaran Sampel
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.29 Tahap persiapan Alat Hidrometer
 Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.29 Tahap persiapan Alat Hidrometer
 Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.30 Tahap Pencampuran Air Suling dan Tanah Pada Alat Hidrometer
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.31 Tahap pembacaan Pada Alat Hidrometer
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.32 Tahap Penimbangan Pada Alat UCS
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.33 Tahap Pengukuran Pada Tanah UCS
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018



Gambar 5.34 Tahap Uji Tekan Pada Tanah dengan Alat UCS.
Sumber : Data laboratorium POLMED ,2018