

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH GYPSUM DAN KAPUR

TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT GESER

TANAH GAMBUT



DISUSUN OLEH :

BASIR UDIN

45 16 041 128

JURUSAN SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

2022



**LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUTUP
TUGAS AKHIR**

Judul : “PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH GYPSUM DAN KAPUR TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT GESER TANAH GAMBUT”

Disusun dan diajukan oleh :

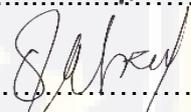
N a m a : **BASIR UDIN**

No.Stambuk : **45 16 041 128**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil / Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

Telah disetujui oleh Komisi Pembimbing :

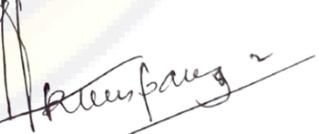
Pembimbing I: Ir. Fauzy Lebang, ST., MT (.....)

Pembimbing II: Ir. Hj. Satriawati Cangara, Msp (.....)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik
Univ. Bosowa Makassar


Dr. Ridwan, S.T., M.Si.
NIDN.09-101271-01

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil


Dr. Ir. Andi Rumpang Yusuf., M.T.
NIDN.00-010565-012

LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar No.A 183/FT/UNIBOS/II/ 2022, Tanggal 11 Februari 2022, Perihal Pengangkatan Panitia dan Tim Penguji Tugas Akhir, maka pada :

Hari / Tanggal : Rabu, 16 Februari 2022

N a m a : **BASIR UDIN**

No.Stambuk : **45 16 041 128**

Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Sipil

Judul Tugas Akhir : **“PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH GYPSUM DAN KAPUR TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT GESER TANAH GAMBUT”**

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Ujian Sarjana Strata Satu (S-1) untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

Tim Penguji Ujian Akhir

Ketua / Ex Officio : **Ir. Fauzy Lebang, ST. MT**

(.....)

Sekretaris / Ex Officio : **Ir. Hj. Satriawati Cangara, MSP**

(.....)

Anggota : **Ir. Eka Yuniarto, ST. MT**

(.....)

: **Ir. Arman Setiawan, ST. MT**

(.....)

Makassar, Februari 2022

Mengetahui :

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil

Dekan Fakultas Teknik
Univ. Bosowa Makassar

Dr. Ridwan, S.T., M.Si.

NIDN: 09 101271 01



Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT

NIDN: 09 041265 02

SURAT PERNYATAAN

KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : **Basir Udin**
Nomor Stambuk : **45 16 041 128**
Program Studi : **Teknik Sipil**
Judul Tugas Akhir : **Pengaruh Penambahan Limbah Gypsum Dan Kapur Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Geser Tanah Gambut**

mengatakan dengan sebenarnya bahwa

1. Tugas akhir yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya tidak keberatan apabila Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa menyimpan, megalihmediakan / mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk data base, mendistribusikan dan menampilkannya untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Jurusa Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam tugas akhir ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, Februari 2022

Yang membuat pernyataan



(Basir Udin)

45 16 041 128

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan berkah dan rahmat-Nya yang berlimpah sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "**PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH GYPSUM DAN KAPUR TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT GESER TANAH GAMBUT**". Tugas akhir ini disusun berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyelesaian tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak dalam memberikan dukungan dan bimbingan. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Allah SWT, tiada Tuhan selain-Nya, tempat berlindung, meminta dan memohon pertolongan.
2. Teristimewa kepada kedua orang tua saya, ayahanda Udin Saleh dan ibunda tercinta Saryona Landare yang selalu sabar mendidik, membimbing dan membesarkan penulis dengan penuh kasih sayang, memberikan dukungan moril dan materi yang tidak terhitung nilainya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

3. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Saleh Pallu, M.Eng. Selaku Rektor Universitas Bosowa.
4. Ibu Dr. Hijriah, ST., MT, selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa.
5. Bapak Ir. Fauzy Lebang, ST., MT, sebagai pembimbing I dan Ibu Ir. Hj. Satriawati Cangara, Msp, sebagai pembimbing II yang sudah meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan penulis sehingga terselesainya penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Dr. Ir. Andi Rumpang Yusuf, sebagai Ketua Jurusan Sipil beserta staf dan dosen pada Fakultas Teknik Universitas Bosowa.
7. Bapak Ir. Syahrul Sariman, MT, selaku kepala Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa.
8. Bapak Hasrullah, ST, selaku instruktur Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa yang sudah meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan selama penelitian di Laboratorium.
9. Teman - teman angkatan 2016 Teknik Sipil Universitas Bosowa yang telah membagi suka dan duka dengan penulis selama perkuliahan.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan dan kesalahan. Oleh sebab itu, penulis mohon maaf dan mengharapkan kritik dan saran yang bersifat konstruktif.

Akhirnya semoga penulisan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun rekan – rekan mahasiswa lainnya dimasa yang akan datang dan semoga segala bantuan dari semua pihak bernilai ibadah disisi Allah SWT.

Makassar, 22 Februari 2022

BASIR UDIN

ABSTRAK

Tanah merupakan bagian yang sangat utama dalam kestabilan konstruksi bangunan yang meliputi pekerjaan pemadatan tanah, galian dan timbunan. Karena besarnya pengaruh tanah terhadap perencanaan seluruh konstruksi,

Penelitian ini dilakukan guna untuk menguji dan mengetahui seberapa kuat pengaruh penambahan limbah gypsum dan kapur terhadap nilai kuat tekan bebas dan kuat geser langsung tanah gambut. Pengujian ini dilakukan dengan cara menambahkan limbah gypsum dan kapur pada tanah gambut dengan komposisi penambahan kadar variasi limbah gypsum terhadap tanah gambut yaitu: 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%.

Hasil dari pengujian bahan tambah limbah gypsum dan kapur terhadap kuat tekan bebas dan kuat geser langsung tanah gambut diperoleh hasil pengujian kuat tekan bebas nilai Q_u tanah asli mengalami peningkatan signifikan pada penambahan 10% limbah gypsum + 12% kapur. Sedangkan pada pengujian kuat geser nilai kohesi, sudut geser dan kuat geser tanah asli selalu mengalami peningkatan dan peningkatan signifikan terjadi pada penambahan 20% limbah gypsum + 12% kapur.

Kata kunci: Tanah gambut, limbah gypsum, kapur, kuat tekan, kuat geser

ABSTRACT

Soil is a very major part in the stability of building construction which includes soil compaction work, excavation and heaping. Because of the large influence of land on the planning of the entire construction,

This study was conducted to test and find out how strong the influence of the addition of gypsum and lime waste to the strong value of free press and strong shear directly peat soil. This test is done by adding gypsum and lime waste to peat soil and the composition of the addition of gypsum waste variation to peat soil is: 0%, 5%, 10%, 15%, and 20%.

Result from testing materials added gypsum waste and lime against strong press free and strong shear directly peat soil obtained strong testing results of free press free q_u value of native soil experienced a significant increase in the increase of an 10% waste gypsum + 12% lime. While there is a strong test of shear cohesion values, shear angles and strong shear native soil always have increased and significant increases occur on an enhancer of an 20% waste gypsum + 12% lime.

Keywords: Peat soil; gypsum waste; lime; strong press; strong shear

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGAJUAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI	xv
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Rumusan Masalah	I-2
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian	I-3
1.3.1. Tujuan Penelitian	I-3
1.3.2. Manfaat Penelitian	I-3
1.4. Pokok Bahasan dan Batasan Masalah	I-3
1.4.1. Pokok Bahasan	I-3
1.4.2. Batasan Masalah	I-4
1.5. Sistematika Penulisan	I-4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	II-1
2.1. Tinjauan Umum	II-1

2.1.1. Pengertian Tanah	II-1
2.1.2. Klasifikasi Tanah	II-5
2.1.3. Stabilisasi Tanah	II-11
2.1.4. Pemadatan Tanah	II-13
2.2. Tanah Lempung	II-15
2.3. Tanah Gambut	II-19
2.4. Gypsum	II-20
2.5. Kapur	II-21
2.6. Karakteristik Tanah	II-21
2.6.1. Pengujian Kadar Air (<i>Moisture Water Content</i>)	II-22
2.6.2. Pengujian Berat Isi	II-23
2.6.3. Pengujian Berat Jenis	II-24
2.6.4. Pengujian Batas – Batas Atterberg	II-25
2.6.5. Pengujian Analisa Saringan	II-28
2.6.6. Pengujian Pemadatan	II-29
2.6.7. Pengujian Kuat Tekan Bebas	II-31
2.6.8. Pengujian Kuat Geser Langsung	II-32
2.7. Penelitian Terdahulu	II-33
BAB III METODE PENELITIAN	III-1
3.1. Diagram Alur Penelitian	III-1
3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian	III-2
3.2.1. Lokasi Sampel Tanah	III-2
3.3. Jenis Pengujian Material	III-3

3.4. Variabel Penelitian	III-3
3.5. Jumlah dan Notasi Sampel	III-4
3.5.1. Jumlah Sampel Pengujian Kuat Geser dan Kuat Tekan Bebas	III-4
3.6. Metode Analisis	III-5
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
4.1. Karakteristik Dasar Tanah Asli	IV-1
4.2. Pembahasan Hasil Pemeriksaan Karakteristik Tanah Tanpa Bahan Tambah	IV-2
4.2.1. Kadar Air	IV-2
4.2.2. Berat Jenis (Gs)	IV-2
4.3. Klasifikasi Tanah Asli	IV-8
4.3.1. AASHTO	IV-8
4.3.2. USCS (<i>Unified Soil Classification System</i>)	IV-9
4.4. Hasil Pengujian Sifat Mekanis Tanah	IV-10
4.4.1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas	IV-10
4.4.2. Hasil Pengujian Kuat Geser	IV-14
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	V-1
5.1. Kesimpulan	V-1
5.2. Saran	V-1
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
DOKUMENTASI	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1. Rentang dari batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) untuk kelompok tanah (Das, 1998)	II-9
Gambar 2.2. Grafik Plastisitas untuk klasifikasi tanah USCS	II-11
Gambar 2.3. Prinsip umum pemadatan tanah (hubungan antara kadar air dengan berat volume)	II-14
Gambar 2.4. Batas konsistensi tanah	II-26
Gambar 2.5. Hubungan antara kadar air dan berat isi kering tanah ...	II-31
Gambar 3.1. Diagram alur penelitian	III-1
Gambar 4.1. Kurva aliran untuk penentuan batas cair	IV-3
Gambar 4.2. Diagram plastisitas untuk mengklasifikasikan kadar butiran yang terkandung dalam tanah	IV-4
Gambar 4.3. Grafik analisa saringan	IV-6
Gambar 4.4. Grafik pembagian butir analisa hidrometer	IV-7
Gambar 4.5. Grafik pengujian kompaksi	IV-8
Gambar 4.6. Nilau QU rata-rata optimum pada variasi	IV-11
Gambar 4.7. Gabungan hasil kuat tekan bebas	IV-13
Gambar 4.8. Grafik hubungan kohesi dengan variasi limbah gypsum + kapur	IV-16
Gambar 4.9. Grafik hubungan sudut geser dengan variasi limbah gypsum + kapur	IV-18

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1. Klasifikasi berdasarkan ukuran butiran (Craig, 1991)	II-6
Tabel 2.2. Klasifikasi tanah berdasarkan sistem AASHTO	II-8
Tabel 2.3. Sistem klasifikasi tanah <i>Unified</i> (Bowles, 1989)	II-10
Tabel 2.4. Elemen-elemen uji pemadatan di laboratorium (Das, 1988)	II-15
Tabel 2.5. Hubungan batas <i>Atterberg</i> dan potensi perubahan Volume	II-19
Tabel 2.6. Unsur kimia yang terkandung dalam partikel abu	II-21
Tabel 3.1. Pengujian karakteristik tanah	III-3
Tabel 3.2. Jumlah sampel pengujian kuat geser dan kuat tekan bebas	III-4
Tabel 3.3. Notasi sampel kuat tekan dan kuat geser	III-5
Tabel 4.1. Rekapitulasi hasil pemeriksaan karakteristik tanah tanpa bahan stabilisasi	IV-1
Tabel 4.2. Pengujian kadar air tanah asli	IV-2
Tabel 4.3. Berat jenis dan beberapa jenis tanah	IV-3
Tabel 4.4. Hasil pengujian analisis hidrometer tanah	IV-6
Tabel 4.5. Hasil pengujian kuat tekan bebas	IV-10
Tabel 4.6. Nilai QU gabungan dari pengujian kuat tekan bebas	IV-12
Tabel 4.7. Hasil pengujian kuat geser langsung dengan variasi	

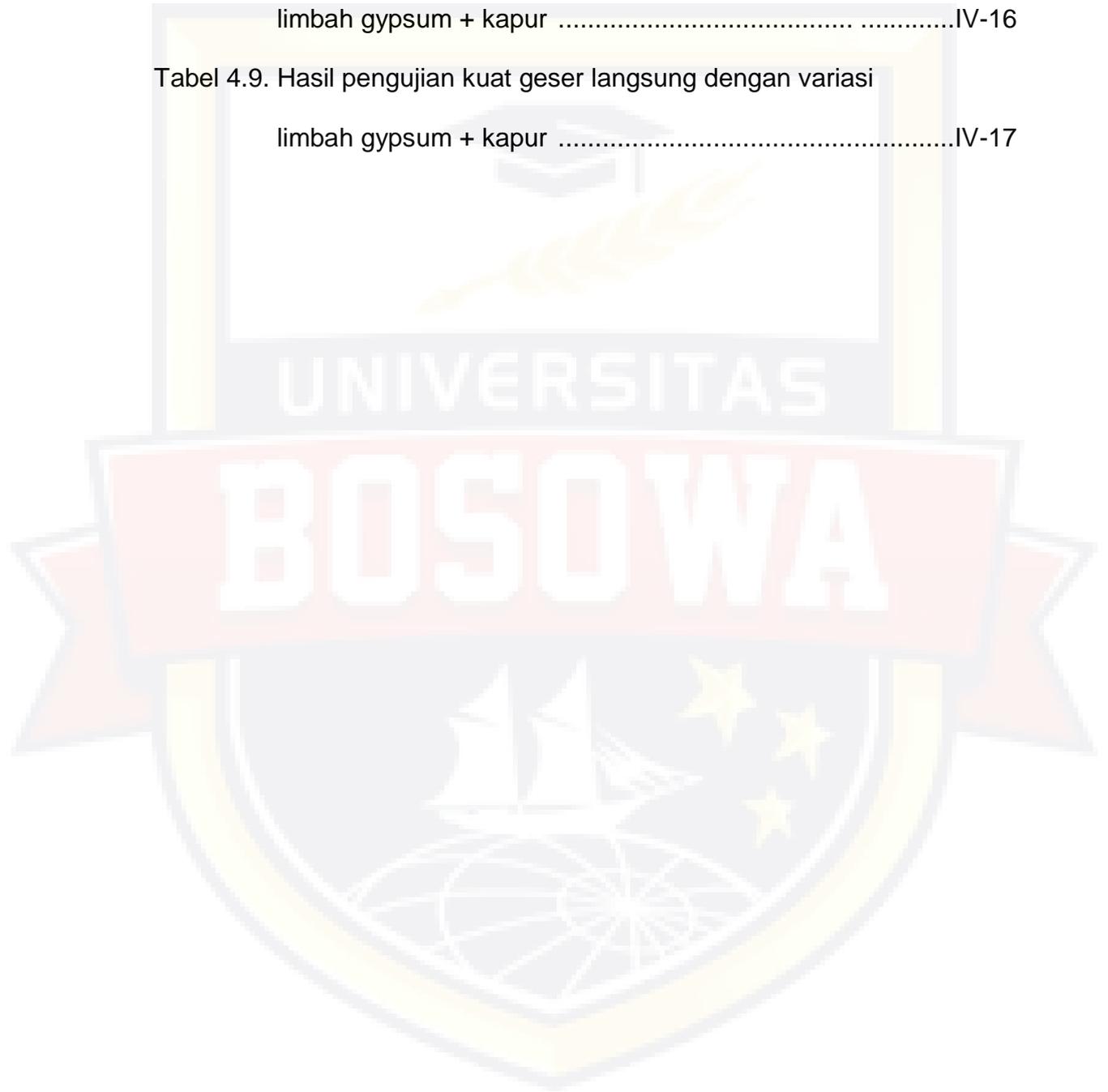
limbah gypsum + kapurIV-15

Tabel 4.8. Hasil pengujian kuat geser langsung dengan variasi

limbah gypsum + kapurIV-16

Tabel 4.9. Hasil pengujian kuat geser langsung dengan variasi

limbah gypsum + kapurIV-17



DAFTAR NOTASI

AASHTO = *American Association Of State Highway and Transporting*

Official

Al	= Alumunium
C	= Karbon
Ca	= Kalsium
CH	= Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung “gemuk” (<i>fat clays</i>)
CL	= Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung “kurus” (<i>lean clays</i>)
GC	= Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung
GI	= Indeks kelompok
GM	= Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau
GP	= Kerikil bergradasi buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
Gs	= Berat jenis
GW	= Kerikil bergradasi baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
LL	= Batas cair
Mg	= Magnesium
MH	= Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis

ML	= Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung
OH	= Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi
OL	= Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah
P	= Fosfor
PI	= Indeks plastisitas
PL	= Plastis limit
PT	= <i>Pear</i> (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik
SC	= Pasir berlempung, campuran pasir-lempung
Si	= Silica
SM	= Pasir berlanau, campuran pasir-lanau
SP	= Pasir bergradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
SW	= Pasir bergradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
USCS	= <i>Unified soil Classification system</i>
V	= Volume
W	= Kadar air
Ws	= Berat butiran
Ww	= Berat air

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Tanah merupakan bagian yang sangat utama dalam kestabilan konstruksi bangunan yang meliputi pekerjaan pemadatan tanah, galian dan timbunan. Untuk mengatasi kestabilan konstruksi perlu adanya daya dukung tanah yang memiliki klasifikasi yang baik. Tanah gambut adalah salah satu jenis tanah yang memiliki daya dukung yang rendah.

Menurut Sudjianto tanah gambut adalah tanah lempung yang memiliki karakteristik kembang susut yang cukup besar (Sudjianto, 2006). Sifat kembang susut ini merupakan faktor penyebab yang dominan terhadap kejadian kerusakan karena dapat mendorong perkerasan jalan ke arah vertikal dan dapat menarik secara lateral (Suherman, 2005). Daerah yang rawan terhadap tanah gambut biasanya daerah yang sering mengalami durasi kering yang panjang dan diikuti dengan durasi basah yang singkat oleh karena itu perlu suatu upaya stabilisasi agar nilai daya dukungnya meningkat sehingga dapat digunakan sebagai tanah dasar dalam suatu konstruksi.

Salah satu upaya yang akan dilakukan untuk meningkatkan kestabilan tanah gambut adalah melakukan penelitian terhadap penambahan bahan tambah (*additive*) untuk memperbaiki mutu tanah tersebut. Pemanfaatan gypsum sebesar 20% bertujuan untuk meningkatkan stabilitas tanah karena mengandung kalsium yang mampu

mengikat tanah gambut yang dipengaruhi oleh agregat tanah. Untuk memperbaiki sirkulasi air dan udara dalam tanah, sebagai media yang dapat mengikat unsur karbon, dan dapat mengurangi kembang susut pada tanah karena mereduksi nilai indeks plastisitas tanah digunakan kapur (Karaseran, 2015). Karena sifat dan unsur kimia yang terkandung pada semua jenis kapur pada umumnya terdiri dari bahan penyusun yang sama. Hal ini dibuktikan dengan hasil uji kandungan unsur kimia kapur yang dilakukan di laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, kapur mengandung unsur kimia antara lain karbon (C), Aluminium (Al), silica (Si), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), dan fosfor (P).

Berdasarkan penelitian diatas maka kapur digunakan menjadi bahan stabilitas pada penelitian ini dengan variasi campuran 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% serta perawatan 0, 3 dan 7 hari untuk mengetahui seberapa besar pengaruh yang terjadi pada tanah terhadap nilai fisis dan mekanis tanah.

**“PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH GYPSUM DAN KAPUR
TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT GESER TANAH GAMBUT”.**

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat diambil masalah yaitu:

1. Bagaimana mengetahui bahwa tanah yang diteliti adalah tanah gambut?

2. Bagaimana pengaruh penambahan limbah gypsum dan kapur terhadap kuat tekan tanah gambut?
3. Bagaimana pengaruh penambahan limbah gypsum dan kapur terhadap kuat geser tanah gambut?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

I.3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui bahwa tanah yang diteliti adalah tanah gambut.
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah gypsum dan kapur terhadap kuat tekan tanah gambut.
3. Untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah gypsum dan kapur terhadap kuat geser tanah gambut

I.3.2 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Untuk pemanfaatan limbah gypsum pada tanah gambut.
2. Sebagai kontribusi pengetahuan dalam bidang perbaikan tanah
3. Dapat memberikan alternative lain dalam penggunaan bahan tambah untuk tanah gambut dengan limbah gypsum dan kapur

I.4 Pokok Bahasan dan Batasan Masalah

I.4.1 Pokok Bahasan

1. Melakukan pengujian terhadap tanah yang diuji untuk mengetahui bahwa tanah tersebut termasuk tanah gambut.
2. Mencampur tanah gambut dengan limbah gypsum dan kapur.

3. Melakukan pengujian sifat-sifat mekanik (kuat tekan dan kuat geser) tanah gambut yang telah ditambahkan limbah gypsum dan kapur.
4. Menganalisis perbandingan kuat tekan dan kuat geser tanah gambut tanpa penambahan gypsum dengan yang ditambahkan limbah gypsum pada variasi.

I.4.2 Batasan Masalah

Penulisan skripsi ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Tidak meneliti sifat kimia pada gypsum dan kapur.
2. Persentase limbah gypsum yang digunakan adalah 20%.
3. Jumlah penambahan variasi kapur setiap pengujian masing-masing sebanyak 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini terdiri dari lima bab yang berurutan sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini merupakan pendahuluan yang menguraikan latar belakang masalah, rumusan masalah, maksud dan tujuan penulisan, ruang lingkup penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II : KAJIAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang teori-teori pendukung mengenai penelitian yang dilakukan.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini membahas tentang bagan alur penelitian, bahan, lokasi, dan waktu penelitian, metode pengambilan sampel, persiapan bahan campuran dan pembuatan benda uji.

BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang hasil rekapitulasi data, analisa rancangan campuran, hasil pengetesan benda uji serta pembahasan hasil penelitian.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan penutup yang memberikan kesimpulan dan saran-saran yang diharapkan sesuai dengan tujuan dan manfaat penulisan.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

2.1.1. Pengertian Tanah

Tanah merupakan kumpulan butiran (agregat) mineral alami yang bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanik bila agregat tersebut diaduk dalam air atau kumpulan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relative lepas (loose), yang terletak diatas batuan dasar (bedrock).

Menurut Suyono Sosrodarsono (1984) tanah didefinisikan sebagai partikel-partikel mineral yang tersemen maupun yang lepas sebagai hasil pelapukan dari batuan, dimana rongga pori antar partikel terisi oleh udara dan atau air. Akibat pengaruh cuaca dan pengaruh lainnya, tanah mengalami pelapukan sehingga terjadi perubahan ukuran dan bentuk butirannya. Pelapukan batuan dapat disebabkan oleh pelapukan mekanis, kimia dan organis.

Menurut Harry Cristady Hardiyatmo (2002) tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relative lepas (loose), yang terletak diatas batuan dasar (bedrock). Ikatan antara butiran yang relative lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik atau oksida-oksida yang mengendap diantara partikel-partikel. Ruang diantara partikel-partikel dapat berisi air, udara maupun keduanya. Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di

dekat permukaan bumi membentuk tanah. Pembentukan tanah dari batuan induknya, dapat berupa proses fisik maupun kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, terjadi akibat pengaruh erosi, angin, air, es, manusia, atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca. Partikel-partikel mungkin berbentuk bulat, bergerigi maupun bentuk-bentuk diantaranya. Umumnya, pelapukan akibat proses kimia dapat terjadi oleh pengaruh oksigen., karbondioksida, air (terutama yang mengandung asam atau alkali) dan proses-proses kimia yang lain. Jika hasil pelapukan masih berada di tempat asalnya.

Kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran, atau lebih dari satu macam ukuran partikel. Tanah lempung belum tentu terdiri dari partikel lempung saja, akan tetapi dapat bercampur dengan butir-butiran ukuran lanau maupun pasir, dan mungkin terdapat campuran bahan organik. Ukuran partikel tanah dapat bervariasi dari lebih besar 100 mm sampai dengan lebih kecil dari 0,001 mm.

Pelapukan mekanis mengakibatkan pecahnya butiran batuan sehingga terbentuk ukuran yang lebih kecil seperti menjadi kerikil, pasir dan lanau. Sedangkan pelapukan kimia, menghasilkan kelompok partikel koloida berbutir halus dengan ukuran butirnya lebih kecil dari 0,002 mm. Ada berbagai macam jenis-jenis tanah untuk klasifikasi tanah dilapangan antara lain:

1. Pasir dan kerikil

Pasir dan kerikil yaitu agregat tak berkohesi yang tersusun dari regmin-regmin sub angular atau angular. Partikel berukuran sampai 1/8 inchi dinamakan pasir sedangkan partikel yang berukuran 1/8 inchi sampai 6/8 inchi disebut kerikil. Fragmen bergaris tengah lebih besar dari 8 inchi disebut boulders (bongkah).

2. Hardpan

Hardpan merupakan tanah yang tahanan terhadap penetrasi alat pemboran besar sekali. Cirinya sebagian besar dijumpai dalam keadaan bergradasi baik, luar biasa padat, dan merupakan agregat partikel mineral yang kohesif

3. Lanau anorganik (*inorganic silt*)

Lanau anorganik merupakan tanah berbutir halus dengan plastisitas kecil atau sama sekali tidak ada. Jenis yang plastisitasnya paling kecil biasanya mengandung butiran kuarsa sedimensi, yang kadang-kadang disebut tepung batuan (rockflour), sedangkan yang sangat plastis mengandung partikel berwujud serpihan dan dikenal sebagai lanau plastis.

4. Lanau organik (*Organic silt*)

Lanau organik merupakan tanah agak plastis, berbutir halus dengan campuran partikel-partikel bahan organik terpisah secara halus. Warna tanah bervariasi dari abu-abu terang ke abu-abu sangat gelap, di samping itu mungkin mengandung

H₂S, CO₂, serta berbagai gas lain hasil peluruhan tumbuhan yang akan memberikan bau khas kepada tanah. Permeabilitas lanau organik sangat rendah sedangkan kompresibilitasnya sangat tinggi.

5. Lempung

Tanah lempung merupakan agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi unsur-unsur penyusun batuan, dan bersifat plastis dalam selang kadar air sedang sampai luas. Dalam keadaan kering sangat keras, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan . Permeabilitas lempung sangat rendah.

6. Lempung Organik

Tanah lempung organik merupakan lempung yang sebagian sifat-sifat fisis pentingnya dipengaruhi adanya bahan organik yang terpisah dalam keadaan jenuh lempung organik cenderung bersifat sangat kompresibel tapi pada keadaan kering kekuatannya sangat tinggi. Warnanya abu-abu tua atau hitam, dan berbau.

7. Gambut (*peat*)

Tanah gambut merupakan agregat agak berserat yang berasal dari serpihan makroskopik dan mikroskopik tumbuh-tumbuhan. Warnanya coklat terang dan hitam bersifat kompresibel, sehingga tidak mungkin menopang pondasi.

2.1.2. Klasifikasi Tanah

Sistem Klasifikasi Tanah adalah suatu sistem penggolongan yang sistematis dari jenis-jenis tanah yang mempunyai sifat-sifat yang sama ke dalam kelompok-kelompok dan sub kelompok berdasarkan pemakaiannya (Braja M. Das, 1995).

Sistem klasifikasi tanah dibuat pada dasarnya untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisis tanah. Karena variasi sifat dan perilaku tanah yang begitu beragam, sistem klasifikasi secara umum mengelompokkan tanah ke dalam kategori yang umum dimana tanah memiliki kesamaan sifat fisis. Klasifikasi tanah juga berguna untuk studi yang lebih terperinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi dan sebagainya (Joseph E. Bowles, 1989).

Menurut Verhoef (1994), tanah dapat dibagi dalam tiga kelompok:

1. Tanah berbutir kasar (pasir, kerikil)
2. Tanah berbutir halus (lanau, lempung)
3. Tanah campuran

Perbedaan antara pasir/kerikil dan lanau/lempung dapat diketahui dari sifat-sifat material tersebut. Lanau/lempung sering kali terbukti kohesif (saling mengikat) sedangkan material yang berbutir (pasir, kerikil) adalah tidak kohesif (tidak saling mengikat). Struktur dari

tanah yang tidak berkoheksi ditentukan oleh cara penumpukan butir (kerangka butiran).

Ada beberapa macam sistem klasifikasi tanah antara lain:

a. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Ukuran Butir

Ukuran butir merupakan suatu metode yang jelas untuk mengklasifikasikan tanah dan kebanyakan usaha-usaha yang terdahulu untuk membuat sistem klasifikasi adalah berdasarkan ukuran butiran.

Tabel 2.1. Klasifikasi berdasarkan ukuran butiran (Craig, 1991)

Sistem Klasifikasi	Ukuran Butir (mm)						
	100	10	1	0,1	0,01	0,001	0,0001
MIT	Kerikil		Pasir		Lanau		Lempung
	2		0,0		0,00		
AASHTO	Kerikil		Pasir		Lanau		Lempung
	75		2		0,0		0,00
Unified	Kerikil		Pasir		Fraksi halus (Lanau Lempung)		
	75		4,75		0,075		

Sumber : Craig (1991)

b. Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO (American Association Of State Highway and Transporting Official)

Sistem klasifikasi AASHTO berguna untuk menentukan kualitas tanah guna pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (subbase) dan tanah dasar (subgrade). Karena sistem ini ditujukan untuk pekerjaan jalan tersebut, maka penggunaan system ini dalam prakteknya harus mempertimbangkan terhadap maksud aslinya. Menurut AASHTO tanah diklasifikasikan ke

dalam 7 kelompok besar, yaitu A-1 sampai A-7. Tanah dengan klasifikasi A-1, A-2 dan A-3 adalah tanah berbutir yang kurang dari 35% tanah tersebut lolos ayakan No.200. Tanah A-1 granuler yang bergradasi baik, sedangkan A-3 adalah pasir yang bergradasi buruk. Tanah A-2 termasuk tanah granuler, tetapi masih terdiri atas lanau dan lempung. Tanah berbutir halus klasifikasi A-4, A-5, A-6 dan A-7 adalah tanah yang lebih dari 35% dari butirannya lolos ayakan No. 200, tanah tanah dalam kelompok ini biasanya merupakan jenis tanah lempung-lanau. Sistem klasifikasi tanah AASTHO disajikan yang mana berdasarkan kriteria sebagai berikut :

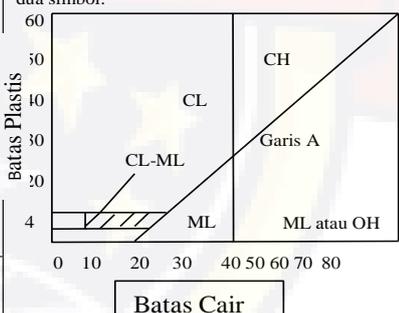
1) Ukuran Partikel

- a. Kerikil yaitu bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 mm dan tertahan pada ayakan diameter 2 mm
- b. Pasir yaitu bagian yang lolos ayakan dengan diameter 2mm dan tertahan pada ayakan diameter 0,075 mm
- c. Lanau dan lempung yaitu bagian tanah yang lolos ayakan 0,075 mm

2) Plastisitas

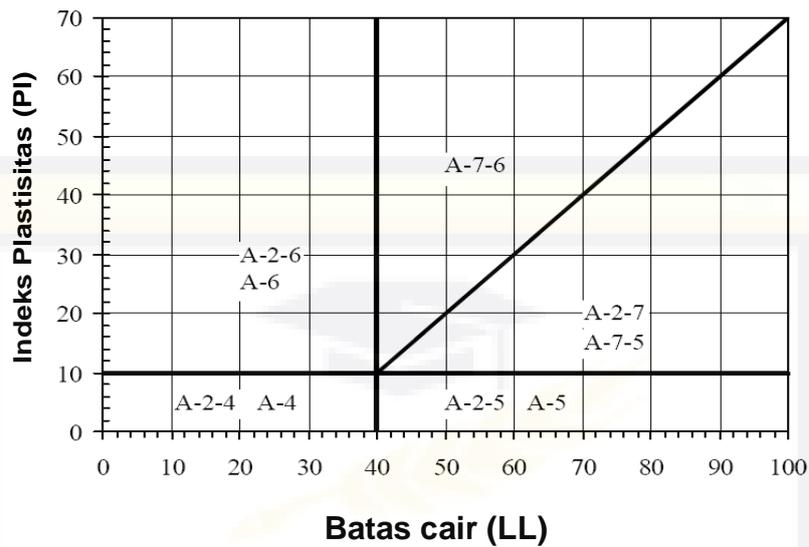
- a) Tanah berbutir halus digolongkan lanau bila memiliki indeks plastisitas, $PI \leq 10$ dan dikategorikan sebagai lempung bila mempunyai indeks plastisitas, PI

Tabel 2.2 Klasifikasi tanah berdasarkan sistem AASHTO

Divisi Utama	Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi		
Tanah berbutir kasar= 50% butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil 50%= fraksi kasar tertahan saringan No. 4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol	
			GP		
		Kerikil dengan Butiran halus	GM		
			GC		
		Pasir= 50% fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)		SW
					SP
	Pasir dengan butiran halus		SM		
			SC		
	Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200		Lanau dan lempung batas cair = 50%	ML	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol. 
				CL	
		OL			
		MH			
CH					
OH					
Lanau dan lempung batas cair > 50%		MH			
		CH			
		OH			
		ML			
		CL			
		OL			
PT	Peat (gambut), muck, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488			

Sumber : (Hardiyatmo., 2010)

Kelompok tanah dapat dilihat berdasarkan hubungan indeks plastisitas dan batas cair seperti pada Gambar 2.1 di bawah ini :



Gambar 2.1. Rentang dari batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) untuk kelompok tanah (Das, 1998).

Indeks kelompok (*group index*) digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya. Indeks kelompok dihitung dengan persamaan:

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

Dimana:

GI = indeks kelompok (*group index*)

F = persentase butiran lolos saringan no.200

LL = batas cair (*liquid limit*)

PI = indeks plastisitas

Bila nilai indeks kelompok (GI) semakin tinggi maka semakin berkurang ketepatan penggunaan tanahnya untuk suatu konstruksi.

c. Klasifikasi tanah *Unified* (USCS)

Sistem klasifikasi tanah dibuat pada dasarnya untuk memberikan

informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisis tanah. Karena variasi sifat dan perilaku tanah yang begitu beragam, sistem klasifikasi secara umum mengelompokkan tanah ke dalam kategori yang umum dimana tanah memiliki kesamaan sifat fisis. Klasifikasi tanah juga berguna untuk studi yang lebih terperinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi dan sebagainya (Bowles, 1989)

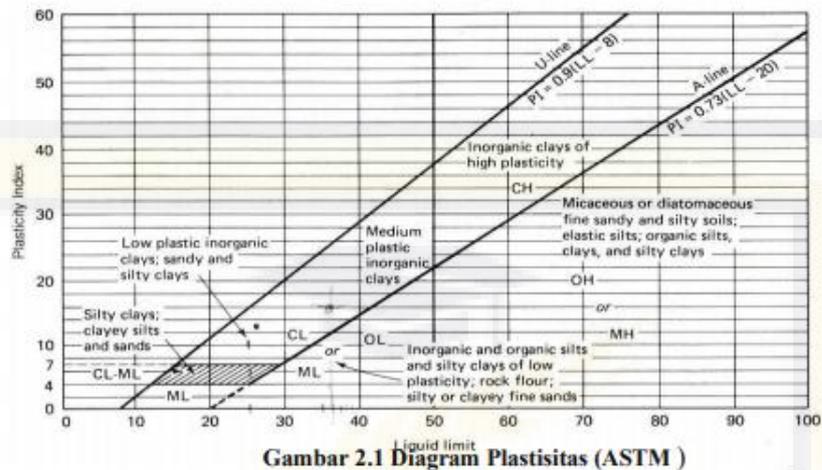
Jenis Tanah	Prefiks	Sub kelompok	Sufiks
		Gradasi baik	W
Kerikil	G	Gradasi buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	wL < 50%	L
Organik	O	wL < 50%	H
Gambut	Pt		

(Sumber : Bowles, 1989)

Tabel 2.3. Sistem klasifikasi tanah *Unified* (Bowles, 1989)

Hubungan antara batas cair (LL) dengan indeks plastisitas (PI)

berdasarkan system *Unified* ditunjukkan pada Gambar 2.2 di bawah ini



Gambar 2.2. Grafik Plastisitas untuk klasifikasi tanah USCS

2.1.3. Stabilisasi Tanah

Tanah merupakan salah satu bahan konstruksi yang langsung tersedia di lapangan sebagai timbunan dan apabila dapat digunakan akan sangat ekonomis. Namun tanah harus dipakai setelah melalui proses pengendalian mutu. Apabila tanah ditimbun secara sembarangan akan mengakibatkan stabilitas yang rendah dan penurunan yang sangat besar.

Tanah yang terdapat di lapangan memiliki sifat yang beraneka ragam. Sifat tanah yang sangat lepas dan sangat mudah tertekan, mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai atau permeabilitas yang terlalu tinggi perlu dilakukan stabilisasi sebelum dilakukannya pembangunan di atas tanah tersebut. Stabilisasi tanah merupakan suatu metode untuk memperbaiki sifat tanah agar sesuai untuk suatu proyek konstruksi.

Stabilisasi dapat terdiri dari tindakan-tindakan berikut:

1. Meningkatkan kerapatan tanah.
2. Menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan atau tahanan gesek yang timbul.
3. Menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan/ atau fisis pada tanah.
4. Menurunkan muka air tanah.
5. Mengganti tanah yang buruk.

Usaha stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan salah satu cara atau kombinasi dari pekerjaan pekerjaan berikut (Bowles, 1991):

1. Mekanis adalah pemadatan dengan berbagai jenis peralatan mekanis seperti mesin gilas (*roller*), benda berat yang dijatuhkan, ledakan tekanan statis, tekstur, pembekuan, pemanasan, dan sebagainya.
2. Bahan pencampur (*addtiver*) adalah penambahan bahan lain pada tanah. Bahan *additive* yang digunakan dapat berupa bahan kimiawi, seperti semen, abu batubara, aspal, sodium, kalsium klorida, atau limbah parbrik kertas dan lain-lain sedangkan bahan nonkimia yang biasa digunakan antara lain gamping atau kerikil.

Upaya stabilisasi tanah lempung sudah banyak dilakukan dengan stabilisator yang beraneka ragam seperti kapur, semen, kombinasi semen dan abu terbang, aspal, dan lain-lain. Alasan penggunaan bahan-bahan tersebut adalah kesesuaiannya dengan jenis tanah, mudah didapat, harga murah, dan tidak mencemari lingkungan.

2.1.4. Pemadatan Tanah

Pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel.

Manfaat dari pemadatan tanah adalah memperbaiki beberapa sifat teknik tanah antara lain:

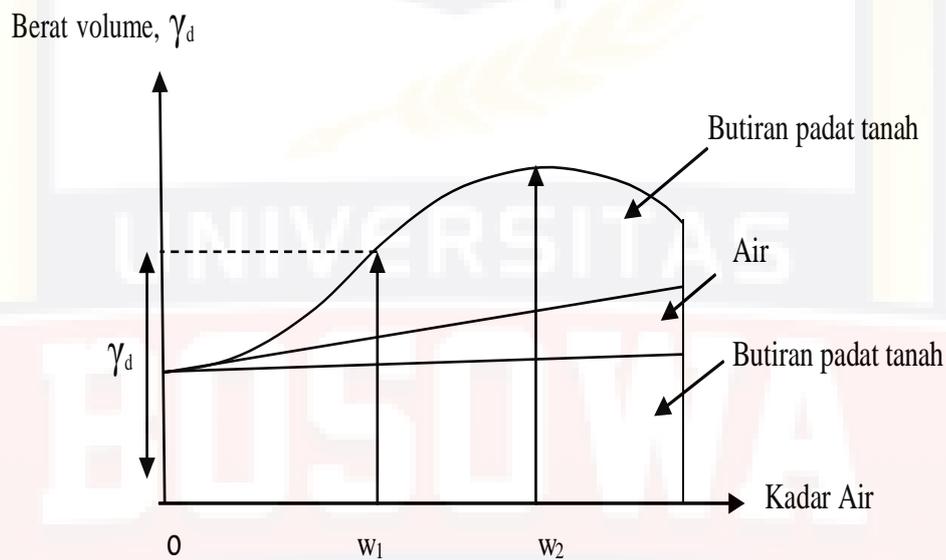
1. Memperbaiki kuat geser tanah yaitu menaikkan nilai θ dan C (memperkuat tanah).
2. Mengurangi kompresibilitas yaitu mengurangi penurunan oleh beban.
3. Mengurangi permeabilitas yaitu mengurangi nilai k .
4. Mengurangi sifat kembang susut tanah (lempung).

Tujuan pemadatan adalah untuk memperbaiki sifat-sifat teknis massa tanah. Beberapa keuntungan yang didapatkan dengan adanya pemadatan ini adalah:

1. Berkurangnya penurunan permukaan tanah.
2. Bertambahnya kekuatan tanah.
3. Penyusutan berkurang akibat berkurangnya kadar air dari nilai patokan pada saat pengeringan.

Kerugian utamanya adalah adanya pemuaiian (bertambahnya kadar air dari) dan kemungkinan pembekuan tanah akan membesar. Tingkat pemadatan tanah diukur dari berat volume kering tanah yang dipadatkan. Bila air ditambahkan pada tanah yang sedang dipadatkan, air tersebut akan

berfungsi sebagai unsur pembasah (pelumas) pada partikel- partikel tanah. Kadar air mempunyai pengaruh yang besar terhadap tingkat kepadatan yang dapat dicapai oleh suatu tanah. Dengan dilakukannya pengujian pemadatan tanah maka akan terdapat hubungan antara kadar air dengan berat volume seperti Gambar 2.3 berikut:



Gambar 2 . 3. Prinsip umum pemadatan tanah (hubungan antara kadar air dengan berat volume)

Berdasarkan tenaga pemadatan yang diberikan, pengujian *proctor* dibedakan menjadi 2 macam:

1. Proktor Standar.
2. Proktor Modifikasi.

Rincian mengenai persamaan ataupun perbedaan dari kedua *proctor* tersebut, diperlihatkan dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Elemen-elemen uji pemadatan di laboratorium (Das, 1988)

	Proctor Standar (ASTM D-698)	Proctor Modifikasi (ASTM D-1557)
Berat palu	24,5 N (5,5 lb)	44,5 N (10 lb)
Tinggi jatuh palu	305 mm (12 in)	457 mm (18 in)
Jumlah lapisan	3	5
Jumlah tumbukan/lapisan	25	25
Volume cetakan	1/30 ft ³	
Tanah	saringan (-) No. 4	
Energi pemadatan	595 kJ/m ³	2698 m ³

2.2. Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan tanah dengan ukuran mikrokonis sampai dengan sub mikrokonis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering, bersifat plastis pada kadar air sedang, sedangkan pada keadaan air yang lebih tinggi tanah lempung akan bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak.

Menurut DAS (1998), tanah lempung merupakan tanah yang terdiri dari partikel-partikel tertentu yang menghasilkan sifat plastis apabila dalam

kondisi basah.

Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung adalah sebagai berikut

(Hardiyatmo, 1999) :

- a. Ukuran butir halus, yaitu kurang dari 0,002 mm.
- b. Permeabilitas rendah.
- c. Kenaikan air kapiler tinggi.
- d. Bersifat sangat kohesif.
- e. Kadar kembang susut yang tinggi.
- f. Proses konsolidasi lambat.

Lempung merupakan tanah berbutir halus koloidal yang tersusun dari mineral-mineral yang dapat mengembang. Tanah lempung memiliki sifat khusus yaitu kapasitas pertukaran ion yang tinggi yang mengakibatkan lempung memiliki potensi pengembangan yang cukup tinggi apabila terjadi perubahan kadar air. Tanah lempung mengembang ketika kadar air bertambah dari nilai referensinya. Sebaliknya, akan menyusut ketika kadar air berkurang dari nilai referensinya sampai batas susut. Dengan kata lain, lempung memiliki kepekaan yang sangat tinggi terhadap perubahan kadar air.

Berdasarkan ukurannya butirannya, tanah lempung merupakan golongan partikel yang berukuran antara 0,002 mm sampai 0,005 yang terdiri dari mineral-mineral lempung yang berukuran kurang dari 2 μm . Jenis mineral lempung yang biasanya terdapat pada tanah lempung adalah:

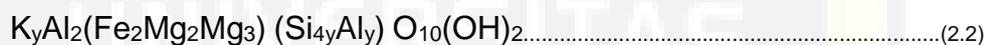
a. *Kaolinite*

Kaolinite merupakan anggota kelompok *kaolinite serpentin*, yaitu *hidrus alumino silikat* dengan rumus kimia $\text{Al}_2 \text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$.

Kekokohan sifat struktur dari partikel *kaolinite* menyebabkan sifat-sifat plastisitas dan daya pengembangan atau menyusut *kaolinite* menjadi rendah.

b. *Illite*

Illite dengan rumus kimia



adalah mineral bermika yang sering dikenal sebagai *mika tanha* dan merupakan mika yang berukuran lempung. Istilah *illite* dipakai untuk tanah berbutir halus, sedangkan tanah berbutir kasar disebut *mika hidrus*.

c. *Montmorilonite*

Mineral ini memiliki potensi plastisitas dan mengembang atau menyusut yang tinggi sehingga bersifat plastis pada keadaan basah dan keras pada keadaan kering.

Hubungan antara sifat-sifat mineral lempung antara lain:

a. Hubungan Antara Plastisitas dan Dehidrasi

Partikel lempung hampir selalu terhidrasi, yaitu dikelilingi oleh lapisan- lapisan molekul air yang disebut air teradsorpsi (*adsorbed water*). Air tertarik ke lapisan dengan cukup kuat sehingga berperilaku lebih sebagai benda padat dari pada benda cair. Lapisan

air ini dapat hilang pada temperature yang lebih tinggi dari 60°C sampai 100°C dan akan mengurangi plastisitas alamiah dari tanah.

Sebagian air ini juga dapat hilang cukup dengan pengeringan udara saja. Pada umumnya, apabila lapisan ganda mengalami dehidrasi pada temperature rendah, sifat plastisitasnya dapat dikembalikan lagi dengan mencampur air yang cukup dan dikeringkan (*curing*) selama 24 sampai 48 jam. Apabila dehidrasi terjadi pada temperature yang lebih tinggi, sifat plastisitasnya akan turun atau berkurang untuk selamanya. (Bowles, 1991).

b. Hubungan Antara Plastisitas Dan Fraksi Lempung

Ketebalan air mengelilingi butiran tanah lempung tergantung dari macam mineralnya. Jadi dapat diharapkan plastisitas tanah lempung tergantung dari sifat mineral lempung yang ada pada butirannya dan jumlah mineralnya.

Berdasarkan pengujian laboratorium pada beberapa tanah diperoleh bahwa indeks plastisitas berbanding langsung dengan persen fraksi ukuran lempungnya (yaitu persen dari berat yang lebih kecil dari ukuran 0,002 mm). Nilai perbandingan tersebut dinamakan Aktivitas (A), demikian aktifitas dapat diartikan sebagai:

$$A = \frac{PI}{C} \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan C adalah persentase berat dari fraksi ukuran lempung. Aktivitas tanah yang diuji akan merupakan fungsi dari macam

mineral lempug yang dikandungnya. (Hardiyatmo, 1992).

c. Hubungan Antara Batas Kosistensi dan Potensi Perubahan Volume

Perubahan volume berhubungan langsung dengan batas susut dan sebagian berkaitan pula dengan batas plastis dan batas cair. Tabel 2.5 memberikan hubungan kasar yang telah dijumpai dan cukup dapat diandalkan untuk meramalkan terjadinya perubahan volume. (Bowles, 1991).

Tabel 2.5. Hubungan batas *Atterberg* dan potensi perubahan volume.

Potensi perubahan Volume	Indeks plastisitas		Batas susut w_s
	Daerah kering	Daerah lembab	
Kecil	0 – 15	0 – 30	> 12
Sedang	15 – 30	30 – 50	10 – 12
Tinggi	>30	>50	<10

2.3. Tanah Gambut

Tanah gambut merupakan tanah organik yang terbentuk dari pelapukan tumbuh-tumbuhan dengan usia sekitar 18.000 tahun. Di Indonesia lahan gambut mempunyai luas lebih dari 20,1 juta hektar (Litbang Prasarana Transportasi, 2001) yang sebagian besar tersebar di pulau Sumatera, Kalimantan, dan Papua, namun luas areal tanah gambut semakin tahun semakin berkurang sebagai akibat pengembangan wilayah

pemukiman, bahkan pada tahun 2008 luas gambut Indonesia turun menjadi 18,1 juta hektar (Agus, 2008). Tanah gambut mempunyai sifat yang mudah mampat dengan daya dukung rendah, sehingga diperlukan suatu metode perbaikan tanah agar mampu mendukung beban yang bekerja di atasnya. Metode perbaikan tanah yang banyak diaplikasikan pada tanah gambut antara lain metode pengelupasan, cerucuk kayu dan galar kayu, pembebanan awal serta stabilisasi tanah. Tetapi metode tersebut (selain stabilisasi tanah) ternyata dapat merusak lingkungan karena kebutuhan bahan urugan maupun kayu yang sangat besar dan dapat merusak tempat galian maupun hutan.

2.4. Gypsum

Gypsum mempunyai senyawa $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Gypsum secara teknik, dikatakan sebagai zat kapur sulfat. Terbentuknya gypsum disebabkan oleh proses penguapan air laut yang membentuk batuan berwarna putih. Gypsum adalah mineral terbanyak dalam batuan sedimen dan lunak bila murni. Beberapa pengaruh positif gypsum pada tanah gambut.

1. Gypsum dapat meningkatkan stabilitas tanah karena mengandung kalsium yang mampu mengikat tanah gambut yang dipengaruhi oleh agregat tanah.
2. Gypsum yang dicampur pada tanah gambut dapat mengurangi retak karena sodium pada tanah dapat tergantikan oleh kalsium pada gypsum sehingga pengembangannya menjadi lebih kecil.
3. Gypsum mampu meningkatkan kecepatan rembesan air karena

gypsum itu sendiri lebih menyerap banyak air. (Ibnu Widianoro, 2016)

2.5. Kapur

Kapur adalah material yang berasal dari batuan sedimen berwarna putih dan halus yang terutama tersusun dari mineral kalsium. Tiga senyawa utama yang mewujudkan kapur adalah kalsium karbonat, kalsium oksida, dan kalsium hidroksida, kapur yang ditemukan di alam juga dapat tercampur mineral magnesium.

Unsur Kimia	Kandungan (%)
SiO ₂	21,6
Al ₂ O ₃	4,6
Fe ₂ O ₃	2,8
CaO	62,8
MgO	3,2
SO ₄	2,1
CaO bebas	1,2
Na ₂ O	0,41
K ₂ O	0,24

Sumber : (Widhiarto et al. 2015)

Tabel 2.6. Unsur kimia yang terkandung dalam partikel abu

2.6. Karakteristik Tanah

Karakteristik tanah gambut berbeda dengan jenis tanah pada umumnya, berikut adalah penjelasannya:

a. Mineral lempung

Mineral lempung yang menyebabkan perubahan volume umumnya mengandung montmorillonite atau vermiculite, sedangkan illite dan kaolinite dapat bersifat ekspansif bila ukuran partikelnya sangat halus

b. Kimia Tanah

Meningkatnya konsentrasi kation dan bertambahnya tinggi valensi kation dapat menghambat pengembangan tanah.

Sebagai contoh, kation Mg^{++} akan memberikan pengembangan yang lebih kecil dibandingkan dengan Na^+

c. Plastisitas

Tanah dengan indeks plastisitas dan batas cair yang tinggi mempunyai potensi untuk mengembang yang lebih besar.

d. Struktur tanah

Tanah gambut yang berflokulasi cenderung bersifat lebih ekspansif dibandingkan dengan yang terdispersi.

e. Berat isi kering

Tanah yang mempunyai berat isi kering yang tinggi menunjukkan jarak antar partikel yang kecil, hal ini berarti gaya tolak yang besar dan potensi pengembangan yang tinggi. (Suherman, 2005)

2.6.1 Pengujian kadar air (*Moisture Water Content*)

Kadar air (W) adalah persentase perbandingan berat air (Ww) dengan berat butiran (Ws) dalam tanah. Kadar air tanah (Ws) dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$w (\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

$$w = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_3} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

w = Kadar air

W_w = Berat air

W_s = Berat butiran

w = Kadar air (%)

W_1 = Berat cawan + tanah basah (gr)

W_2 = Berat cawan + tanah kering (gr)

W_3 = Berat cawan (gr)

$W_1 - W_2$ = Berat air (gr)

$W_2 - W_3$ = Berat tanah kering (gr)

2.6.2 Pengujian Berat Isi

Berat isi tanah adalah perbandingan antara berat tanah dengan volumenya dalam keadaan asli di lapangan. Berat isi dapat digunakan untuk mencari berat isi kering pada percobaan pemadatan tanah. Semakin besar berat isi kering tanah maka tingkat kepadatannya pun tinggi. Berat isi juga dapat menentukan parameter-parameter tanah lainnya. Berikut rumus perhitungan berat isi (SNI 03-3637-1994):

$$\gamma_b = \frac{wb}{V} \text{ (gram/cm}^3\text{)} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

γ_b = Berat isi basah (gram/cm³)

wb = Berat basah (gram/cm³)

V = Volume (cm²)

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + (w \times 100)} \text{ (gram/cm}^3\text{)} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

γ_d = Berat Volume Kering (gram/cm³)

w = Kadar Air (%)

γ_b = Berat Volume Basah (gram/cm³)

Rumus mencari ZAV₁₀₀ :

$$\gamma_d \text{ ZAV}_{100} = \frac{G_s}{1 + (w \times G_s)/100} \times \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

γ_d = Berat Volume Kering (gram/cm³)

w = Kadar Air (%)

G_s = Berat Jenis

γ_b = Berat Volume Basah (gram/cm³)

Rumus mencari ZAV₈₀ :

$$\gamma_d \text{ ZAV}_{80} = \frac{G_s}{1 + (w \times G_s)/100} \times 0.8 \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

γ_d = Berat Volume Kering (gram/cm³)

w = Kadar Air (%)

G_s = Berat Jenis

2.6.3 Pengujian Berat Jenis

Berat jenis tanah (G_s) adalah perbandingan antara berat folume butiran tanah (γ_s) dengan berat volume air (γ_w) dengan isi yang sama pada

temperatur tertentu. Berat jenis tanah (G_s) dapat di nyatakan dalam persamaan:

$$G_s = \frac{W_s}{V_s} = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

$$G_s = \frac{W_2/W_1}{(W_4-W_1)-(W_3-W_2)} \sigma \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan:

V_s = volume butiran padat

γ_w = Volume air

γ_s = Berat volume padat

γ_w = Berat volume air

G_s = Berat jenis tanah

W_1 = Berat pycnometer

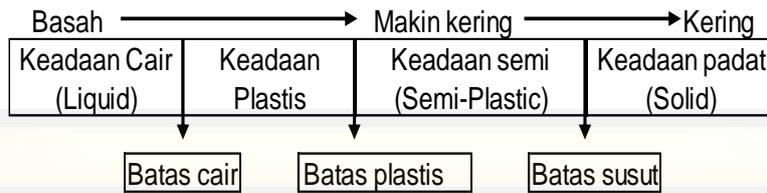
W_2 = Berat pycnometer + tanah

W_3 = Berat pycnometer + tanah + air

W_4 = Berat pycnometer + air

2.6.4 Pengujian Batas – Batas Atterberg

Kedudukan fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu disebut konsistensi. Menurut Atterberg batas-batas konsistensi tanah berbutir halus tersebut adalah batas cair, batas plastis, batas susut (Zahra, 2017). Batas konsistensi tanah ini didasarkan kepada kadar air yaitu:



(Sumber : Wesley, L.D, 1977, Mekanika Tanah, Hal 10)

Gambar 2.4. Batas konsistensi tanah

Pengujian batas-batas Atterberg terbagi ke dalam 3 bagian :

1. Pengujian Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (*liquid limit*) adalah kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis yakni batas atas dari daerah plastis. Batas cair ditentukan dari pengujian *Cassagrande* (1948), yakni dengan menggunakan cawan yang telah dibentuk sedemikian rupa yang telah berisi sampel tanah yang telah dibelah oleh *grooving tool* dan dilakukan dengan pemukulan sampel dengan jumlah dua sampel dengan pukulan diatas 25 pukulan dan dua sampel dengan pukulan dibawah 25 pukulan sampai tanah yang telah dibelah tersebut menyatu.

Hal ini dimaksudkan agar mendapatkan persamaan sehingga didapatkan nilai kadar air pada 25 kali pukulan. Batas cair memiliki batas nilai antara 0–1000, akan tetapi kebanyakan tanah memiliki nilai batas cair kurang dari 100. (Holtz dan Kovacs, 1981).

$$LL = wN(\%)\left(\frac{N}{25}\right)^{0.121} \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

LL = Liquid limit

W_n = Kadar air pada ketukan

N = Jumlah ketukan

25 = Jumlah ketukan

2. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis (*plastic limit*) merupakan kadar air tanah pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air di mana tanah dengan diameter silinder 3.2 mm mulai mengalami retak-retak ketika digulung.

Batas plastis memiliki batas nilai antara 0–100, akan tetapi kebanyakan tanah memiliki nilai batas cair kuBrang dari 40 (Holtz dan Kovacs, 1981).

$$PL = \frac{\text{Berat Basah}}{\text{Berat Tanah Kering}} (100) \dots\dots\dots(2.11)$$

3 Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks Plastisitas (PI) adalah selisih batas cair dan batas plastis. Adapun rumusan dalam menghitung besaran nilai indeks plastisitas adalah sesuai dengan persamaan seperti yang ditunjukkan pada rumusan dibawah:

$$PI = LL - PL \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

PI = Plastis Indeks (%)

LL = Liquid Limit (%)

PL = Plastis Limit (%)

Dari ketiga bagian diatas menggunakan persamaan yang sama untuk menentukan kadar air (SL), batas cair (PL) dan juga indeks splastis (IP) dengan persamaan sebagai berikut :

$$SL = \left[\frac{(m1-m2)}{m2} - \frac{(v1-v2)\gamma_w}{m2} \right] \times 100\% \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan :

SL = Batas susut (%).

m1 = berat tanah basah dalam cawan percobaan (gram)

m2 = berat tanah kering oven (gram)

v1 = Volume berat tanah basah dalam cawan percobaan (cm³).

v2 = Volume tanah kering oven (cm³).

γ_w = berat volume air (gram/ cm³)

2.6.5 Pengujian Analisa Saringan

Analisa saringan digunakan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan, tujuannya untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran.(SNI 03-1968-1990). Berikut rumus pengolahan data analisa saringan :

Σ B.tanah tertahan= B. tanah tertahan + B.tanah tertahan sebelumnya

$$\% \text{kumulatif tertahan} = \frac{b.\text{tanah tertahan}}{\text{jumlah tot.tanah disaring}} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.14)$$

%kumulatif lolos = 100 % - Persen kumulatif tertahan

2.6.6 Pengujian Pemadatan

Pemadatan adalah densifikasi tanah yang jenuh dengan penurunan volume rongga diisi dengan udara, sedangkan volume padatan dan kadar air tetap pada dasarnya sama.

Beberapa kegunaan pemadatan tanah (*compaction*) adalah:

1. Meningkatkan kekuatan geser.
2. Mengurangi kompresibilitas.
3. Mengurangi permeabilitas.
4. Mengurangi potensi likuifaksi.
5. Kontrol *swelling* dan *shrinking*.
6. Memperpanjang durabilitas.

Pada tanah granuler mampu memberikan kuat geser yang tinggi dengan sedikit perubahan volume sesudah dipadatkan. Sedangkan pada tanah lanau sangat sulit dipadatkan bila dalam keadaan basah karena permeabilitasnya rendah.

Lempung padat mempunyai permeabilitas yang rendah dan tanah ini tidak dapat dipadatkan dengan baik dalam kondisi basah. Tanah lempung yang dipadatkan dengan cara yang benar akan memberikan kuat geser yang tinggi. Stabilitas terhadap sifat kembang-susut tergantung dari jenis kandungan mineralnya.

Pada tahun 1933, Proctor menemukan dasar-dasar pemadatan tanah, dimana terdapat 4 (empat) variabel yang digunakan dalam fungsi

compaction, yaitu: berat jenis kering tanah, kadar air tanah, jenis tanah dan *compactive effort* (Bowles, 1984).

Hubungan berat volume kering (γ_d) dengan berat volume basah (γ_w) dan kadar air (%) dinyatakan dalam persamaan :

Rumus mencari berat isi basah (γ_b)

$$\gamma_b = \frac{W_b}{V} \text{ (gram/cm}^3\text{)} \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan :

γ_b = Berat isi basah (gram/cm³)

W_b = Berat basah (gram/cm³)

V = Volume (cm²)

Rumus mencari berat isi kering (γ_d)

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w} \text{ (gram/cm}^3\text{)} \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan :

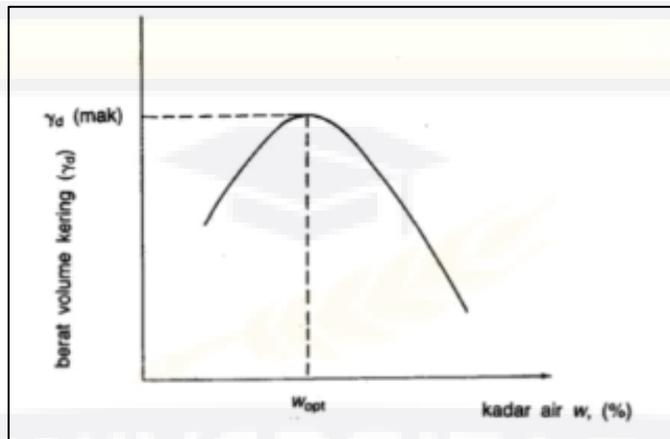
γ_d = Berat isi kering (gram/cm³)

w = kadar air (%)

γ_b = Berat isi basah (gram/cm³)

Pada pengujian *compaction* di laboratorium alat pemadatan berupa silinder *mould* dengan volume $9,34 \times 10^{-4} m^3$, dan penumbuk dengan berat 2,5 kg dengan tinggi jatuh 30,5 cm. Pada pengujian ini tanah dipadatkan dalam 3 lapisan (*standart Proctor*) dan 5 lapisan (*modified Proctor*) dengan pukulan sebanyak 25 kali pukulan. Hasil dari pengujian *compaction* berupa

kurva yang menunjukkan hubungan antara kadar air dan berat volume kering tanah yang ditunjukkan oleh Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Hubungan antara kadar air dan berat isi kering tanah

2.6.7 Pengujian Kuat Tekan Bebas

Kuat tekan bebas (q_u) adalah besarnya beban aksial persatuan luas pada saat benda uji mengalami keruntuhan atau pada saat regangan aksial mencapai 20%. Percobaan *unconfined* terutama dilakukan pada tanah lempung (*clay*) atau lanau (*silt*). Bila lempung mempunyai derajat kejenuhan 100%, maka kekuatan gesernya dapat ditentukan langsung dari nilai kekuatan *unconfined*. Berikut rumus pengolah data kuat tekan bebas (SNI 3638-2012) :

1. Regangan Axial (ϵ)

$$\text{Regangan Axial } (\epsilon) = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan:

ϵ = Regangan aksial (%)

ΔL = Perubahan tinggi benda uji

L_0 = Tinggi awal benda uji

2. Tegangan (σ)

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan :

σ = Tegangan (kPa)

P = Beban Aksial (kN)

A = Luas Penampang

3. Beban (P)

$$P = \text{Pembacaan arloji (beban)} \times \text{Faktor kalibrasi alat} \dots\dots\dots(2.19)$$

4. Luas(A_0)

$$\text{Luas} = \frac{1}{4} \times \pi d^2 \dots\dots\dots(2.20)$$

5. Luas Terkoreksi

$$L. \text{Terkoreksi} = \text{Luas} \times \text{angka koreksi}$$

6. Tegangan

$$\text{Tegangan} = \frac{\text{beban}}{\text{luas terkoreksi}} \dots\dots\dots(2.21)$$

2.6.8 Pengujian Kuat Geser Langsung

Kekuatan geser suatu tanah dapat didefinisikan sebagai tahanan maksimum suatu tanah terhadap tegangan geser dibawah suatu kondisi yang bersangkutan dengan sifat-sifat tanah tersebut. Persamaan yang digunakan sebagai berikut :

Tegangan Normal (kg/cm^2)

$$\sigma = \frac{N}{A} \dots\dots\dots(2.22)$$

Keterangan :

N = beban (kg)

A = luas bidang geser (cm²)

Tegangan Geser (kg/cm²)

$$\tau = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.23)$$

Keterangan :

P = beban maksimum (kg)

A = luas bidang geser (cm²)

2.7. Penelitian Terdahulu

1. Pengaruh Bahan Campuran Kapur Pada tanah Gambut

Oleh; Aris Prabowo¹, Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D. Fakultas Teknik Jurusan Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Dari hasil pengujian pencampuran kapur (variasi campuran 0, 4, 6, 8, 10) Pada contoh tanah asli dengan IP= 38,2 dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil uji peralatan dengan proctor standart didapatkan nilai $\gamma_{dmax} = 1,202 \text{ kg/cm}^3$ dan $w_{opt} = 41,19\%$. Penambahan kapur dengan variasi 4%, 6%, 8%, 10% telah meningkatkan γ_{dmax} masingmasing menjadi $1,222 \text{ kg/cm}^3$, $1,236 \text{ kg/cm}^3$, $1,256 \text{ kg/cm}^3$, dan $1,257 \text{ kg/cm}^3$ dengan w_{opt} sebesar 39%, 38,7%, 37,8%, dan 37,4%.

2. Pengaruh penambahan kapur pada tanah mengakibatkan nilai koefisien C_v akan bervariasi sesuai dengan kadar kapur.
3. Pengaruh Penambahan kapur akan mengurangi Indeks Pemampatan (C_c) pada tanah +6% kapur nilai C_c mempunyai persentase pengurangan yang optimum. Nilai C_c akan menunjukkan besarnya penurunan konsolidasi primer yang dapat terjadi. Semakin kecil nilai C_c , maka penurunan akibat konsolidasi primer yang terjadi semakin kecil.
4. Pengaruh penambahan kapur pada tanah akan mengurangi Indeks Pemampatan Kembali (C_r) Indeks Pemampatan Kembali akan semakin kecil dengan berkurangnya kepadatan.
5. Pengaruh penambahan kapur pada tanah akan mengurangi Indeks Tekanan. Sekunder (C_α) Nilai C_α akan menunjukkan besarnya penurunan konsolidasi primer yang dapat terjadi. Semakin kecil nilai C_α , maka penurunan akibat konsolidasi sekunder yang terjadi semakin kecil. (Azzizaro Junior Karaseran, 2015)

2. Pengaruh Penambahan Limbah gypsum dan Kapur terhadap Karakteristik Tanah Gambut

Oleh Febra Ndaru Wardhana, Yulvi Zaika, Arief Rachmansyah
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang

Berdasarkan hasil penelitian, pengolahan data serta pembahasan, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan penambahan bahan campuran berupa limbah gypsum dan kapur, nilai *specific gravity* mengalami penurunan dibandingkan dengan tanah asli. Sedangkan untuk nilai liquid limit, indeks plastisitas mengalami penurunan dibandingkan dengan tanah asli, sedangkan untuk shrinkage limit dan plastic limit mengalami peningkatan.
2. Untuk klasifikasi tanah tidak berubah karena penambahan bahan campuran berupa limbah gypsum dan kapur dengan tanah asli masih tergolong sebagai tanah lanau yang elastis atau lempung dengan plastisitas tinggi (MH/OH) menurut klasifikasi tanah sistem *Unified*. Sedangkan menurut klasifikasi tanah AASHTO, tanah asli tergolong dalam kelompok A-7-6 menjadi tergolong dalam kelompok A-4.
3. Untuk kadar air optimum atau OMC, semakin banyak campuran limbah gypsum dan kapur yang ditambahkan, maka semakin kecil nilai kadar air yang dibutuhkan untuk mencapai berat isi kering maksimum.

3. STABILISASI TANAH GAMBUT DENGAN BAHAN TAMBAH LIMBAH GYPSUM; Ibnu Widiatoro, Fauzi Ahmad Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Soegijapranata

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan di laboratorium, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

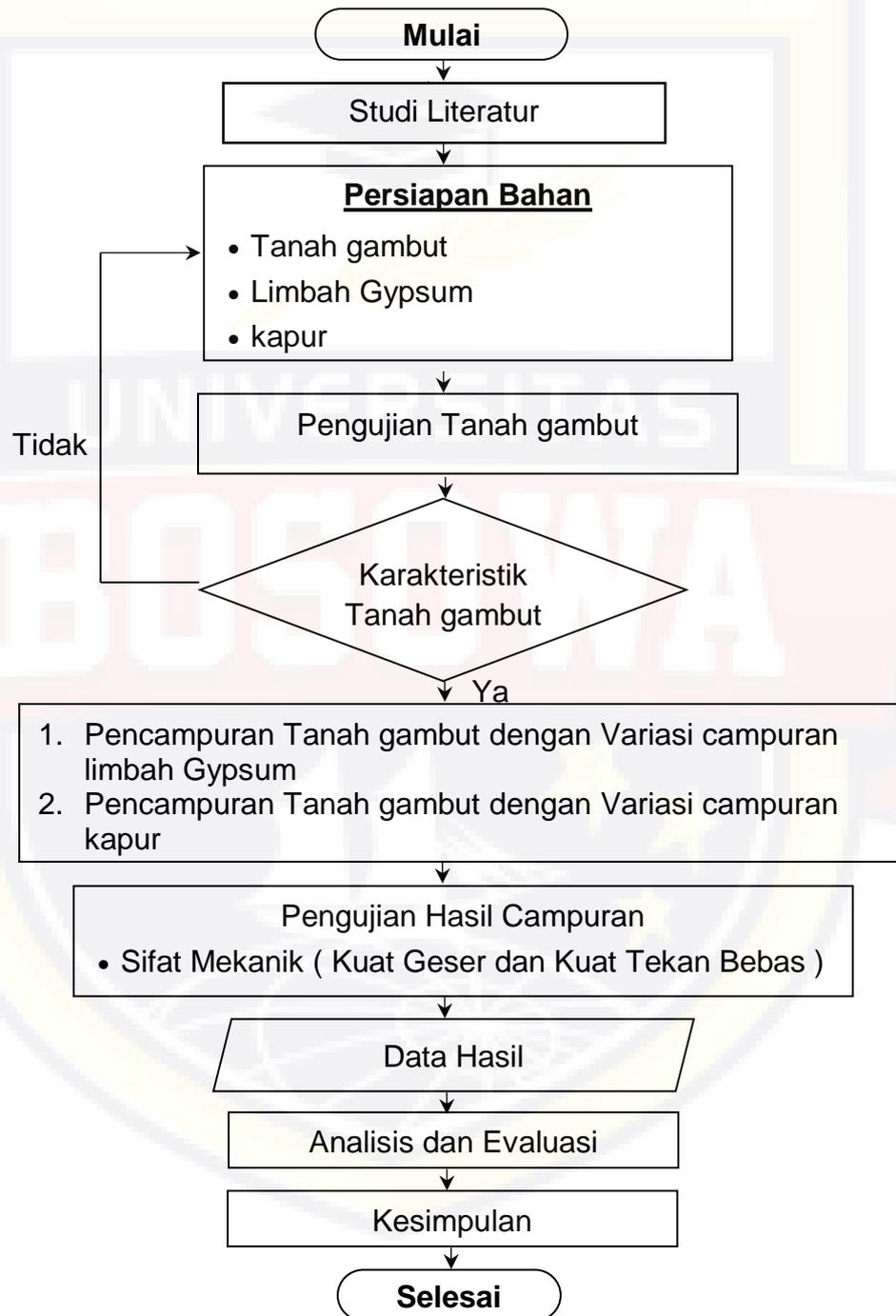
1. Penelitian yang dilakukan terhadap sampel tanah memiliki sifat fisik meliputi kadar air alami sebesar 28,14%, berat jenis (Gs) sebesar 2.42, batas susut sebesar 11.16%, batas cair 50,10%, batas plastis sebesar 25.00% serta indeks plastis sebesar 25.10%. Dari data tersebut dapat dikatakan bahwa sampel tanah di daerah Kawasan Industri Candi Blok K-18, Semarang termasuk kedalam tanah jenis gambut.
2. Pada uji pemadatan standar untuk kadar 0% gypsum nilai kadar air optimum sebesar 27%, kadar 15% gypsum sebesar 24%, kadar 20% gypsum sebesar 22,9% serta kadar 20% gypsum sebesar 22,0%. Penambahan gypsum mampu menurunkan nilai kadar air optimum. Penurunan terbaik diperoleh pada saat penambahan 15% gypsum.
3. Penambahan gypsum pada penelitian ini mampu meningkatkan nilai dari berat isi kering maksimum (γ_{dry} maksimal). Pada kadar 0% gypsum nilai γ_{dry} maksimal sebesar 1,36 gr/ cm³ , kadar 15% gypsum sebesar 1,43 gr/ cm³ , kadar 20% gypsum sebesar 1,45 gr/cm³, serta kadar 25% gypsum sebesar 1,47 gr/cm³. Peningkatan terbaik diperoleh pada saat penambahan 25% gypsum.
4. Pada uji pengembangan untuk kadar 0% gypsum tingkat pengembangannya 3.596%, pada kadar 15% gypsum sebesar 1.011%, pada kadar 20% gypsum sebesar 1.067% serta pada

kadar 25% gypsum sebesar 1.573%. Hasil uji pengembangan terbaik terjadi pada saat penambahan kadar 15% gypsum.

5. Pada uji geser langsung diperoleh nilai untuk kohesi (c) pada kadar 0% gypsum sebesar 0,23 kg/cm², pada kadar 15% gypsum sebesar 0,38 kg/cm², pada kadar 20% gypsum sebesar 0,33 kg/cm² serta pada kadar 25% gypsum sebesar 0,35 kg/cm². Hasil terbaik diperoleh saat penambahan 15% gypsum.
6. Pada uji geser langsung diperoleh nilai untuk sudut geser (ϕ) pada kadar 0% gypsum sebesar 26.56o, pada kadar 15% gypsum sebesar 28.61o, pada kadar 20% gypsum sebesar 35.31o serta pada kadar 25% gypsum sebesar 26.56o. Hasil terbaik diperoleh saat penambahan 20% gypsum.
7. Berdasarkan pengaruh penambahan kadar gypsum terhadap kualitas tanah, kadar 15% gypsum merupakan kadar penambahan yang paling baik dibandingkan kadar 20% dan 25%.
8. Tanah di Kawasan Industri Candi Blok K-18, Semarang dengan nilai berat isi kering sebesar 1,43 gr/cm³ tidak memenuhi persyaratan sebagai tanah timbunan. Stabilisasi tanah di Kawasan Industri Candi Blok K-18, Semarang dengan menggunakan bahan tambah gypsum memberikan pengaruh yang cukup baik, namun tidak terlalu signifikan. (Ibnu Widianoro, 2016)

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alur Penelitian

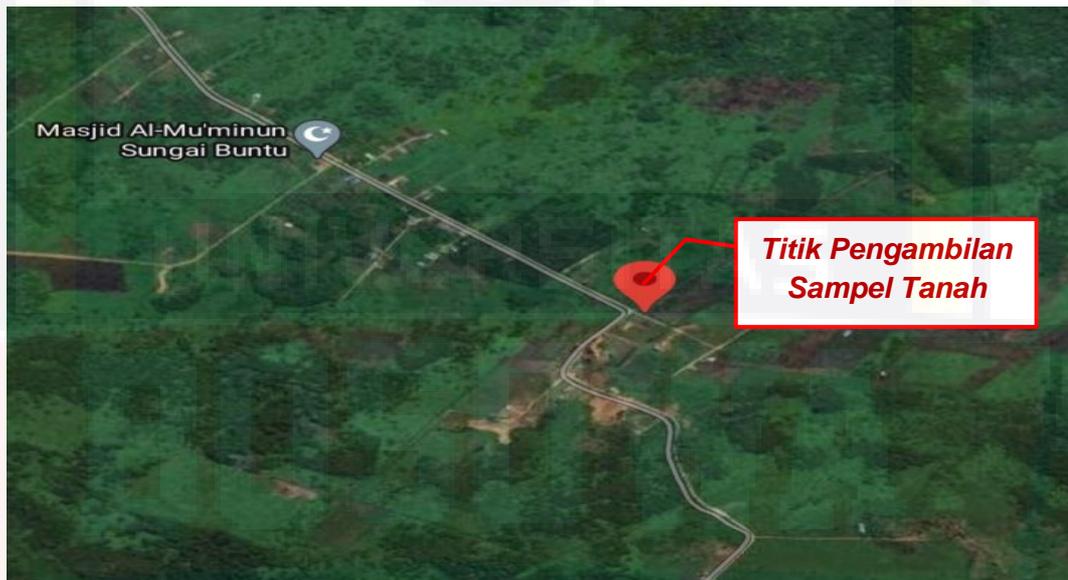


Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

3.2.1 Lokasi Sampel Tanah

Adapaun Lokasi dan waktu pengambilan sampel tanah pada tanggal 27 Desember 2020 bertempat di Desa Limunjan, Kecamatan Sambaliung, Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur.



Peta : Kec. Sambaliung, Kab. Berau Kalimantan Timur

3.3. Jenis Pengujian Material

Tabel 3.1. Pengujian karakteristik tanah

No.	Jenis Pengujian	Referensi
1.	Analisa saringan	SNI 03-1968-1990
2.	Kadar air	ASTM D 2216-(71)
3.	Batas cair (<i>liquid limit</i> , LL)	SNI 03-1967-1990
4.	Batas Plastis (<i>plastic limit</i> , PL)	SNI 03-1966-1990
5.	Indeks plastisitas (<i>plasticity index</i> , PI)	SNI 03-1966-1990
6.	Berat Jenis tanah	SNI 03-1964-2008/ASTM D854-88(72)
7.	Analisis hydrometer	SNI 03-3423-1994
8.	Kepadatan tanah	ASTM D 698-70
9.	Kuat Geser	ASTM D 3080

3.4. Variabel Penelitian

Sebagaimana judul penelitian ini adalah Analisis kuat tekan dan kuat geser daya dukung tanah gambut dengan bahan stabilisasi limbah gypsum dan variasi kapur. Maka variabel yang digunakan adalah :

- a. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah komposisi campuran gypsum dan kapur
- b. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kuat geser dan kuat tekan bebas.

3.5. Jumlah dan Notasi Sampel

3.5.1. Jumlah Sampel Pengujian Kuat Geser Dan Kuat Tekan Bebas

Tabel 3.2. Jumlah sampel pengujian kuat geser dan kuat tekan bebas

NO	JENIS PERCOBAAN	MATERIAL DAN KOMPOSISI CAMPURAN	KODE SAMPEL	JUMLAH SAMPEL (BUAH)	TOTAL SAMPEL
1	Pembuktian tanah gambut	Tanah asli (tanah gambut)	TA	1 Set	1
2	Kuat Geser	Tanah + 0% Limbah Gypsum + 12% Kapur	KG0	3	15
		Tanah + 5% Limbah Gypsum + 12% Kapur	KG5	3	
		Tanah + 10% Limbah Gypsum + 12% Kapur	KG10	3	
		Tanah + 15% Limbah Gypsum + 12% Kapur	KG15	3	
		Tanah + 20% Limbah Gypsum + 12% Kapur	KG20	3	
3	Kuat Tekan	Tanah + 0% Limbah Gypsum + 12% Kapur	KT0	3	15
		Tanah + 5% Limbah Gypsum + 12% Kapur	KT5	3	
		Tanah + 10% Limbah Gypsum + 12% Kapur	KT10	3	
		Tanah + 15% Limbah Gypsum + 12% Kapur	KT15	3	
		Tanah + 20% Limbah Gypsum + 12% Kapur	KT20	3	
TOTAL SAMPEL					31

Tabel 3.3. Notasi Sampel Kuat Tekan dan Kuat Geser

No	Tanah Gambut		Limbah Gypsum		Kapur		Berat Campuran (g)
	Persentasi	Berat (g)	Persentasi	Berat (g)	Persentasi	Berat (g)	
1	100 %	1000	0 %	0	12 %	120	1120
2	100 %	1000	5 %	50	12 %	120	1170
3	100 %	1000	10 %	100	12 %	120	1220
4	100 %	1000	15 %	150	12 %	120	1270
5	100 %	1000	20 %	200	12 %	120	1320

3.6. Metode Analisis

Pada analisa data yang digunakan yaitu analisis terhadap data hasil uji di laboratorium sebagai berikut :

a. Analisis Tanah Asli

1. Analisis distribusi butiran terhadap tanah yaitu melakukan analisis hasil pengujian tanah di laboratorium dan klasifikasinya menurut klasifikasi tanah serta menggolongkannya menurut jenis mineral tanah.
2. Analisis kadar air dan berat jenis tanah lempung lunak terhadap penggunaan lapisan tanah dasar.
3. Analisis hasil pemadatan (Uji Proctor)

4. Analisis hasil pemadatan tanah asli dilakukan guna mengetahui nilai kadar air optimum terhadap peningkatan kepadatan tanah.

a. Pengaruh Bahan Campuran Kapur Pada tanah Gambut ;

Oleh; Aris Prabowo¹ , Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Dari hasil pengujian pencampuran kapur (variasi campuran 0, 4, 6, 8, 10). Pada contoh tanah asli dengan IP= 38,2 dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil uji peralatan dengan proctor standart didapatkan nilai $\gamma_{dmax} = 1,202 \text{ kg/cm}^3$ dan $w_{opt} = 41,19\%$. Penambahan kapur dengan variasi 4%, 6%, 8%, 10% telah meningkatkan γ_{dmax} masingmasing menjadi $1,222 \text{ kg/cm}^3$, $1,236 \text{ kg/cm}^3$, $1,256 \text{ kg/cm}^3$, dan $1,257 \text{ kg/cm}^3$ dengan w_{opt} sebesar 39%, 38,7%, 37,8%, dan 37,4%.
2. Pengaruh penambahan kapur pada tanah mengakibatkan nilai koefisien C_v akan bervariasi sesuai dengan kadar kapur.
3. Pengaruh Penambahan kapur akan mengurangi Indeks Pemampatan (C_c) pada tanah +6% kapur nilai C_c mempunyai persentase pengurangan yang optimum. Nilai C_c akan menunjukkan besarnya penurunan konsolidasi primer yang dapat terjadi. Semakin kecil nilai C_c , maka penurunan akibat konsolidasi primer yang terjadi semakin kecil.

4. Pengaruh penambahan kapur pada tanah akan mengurangi Indeks Pemampatan Kembali (C_r) Indeks Pemampatan Kembali akan semakin kecil dengan berkurangnya kepadatan.

5. Pengaruh penambahan kapur pada tanah akan mengurangi Indeks Tekanan. Sekunder (C_α) Nilai C_α akan menunjukkan besarnya penurunan konsolidasi primer yang dapat terjadi. Semakin kecil nilai C_α , maka penurunan akibat konsolidasi sekunder yang terjadi semakin kecil. (Azzyzaro Junior Karaseran, 2015)

b. Analisis pengaruh Gypsum dan Kapur terhadap kuat tekan dan kuat geser tanah gambut.

a. Oleh Febra Ndaru Wardhana, Yulvi Zaika, Arief Rachmansyah Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang

b. Berdasarkan hasil penelitian, pengolahan data serta pembahasan, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

c. Dengan penambahan bahan campuran berupa limbah gypsum dan kapur, nilai *specific gravity* mengalami penurunan dibandingkan dengan tanah asli. Sedangkan untuk nilai *liquid limit*, indeks plastisitas mengalami penurunan dibandingkan dengan tanah asli, sedangkan untuk *shrinkage limit* dan *plastic limit* mengalami peningkatan .

d. Untuk klasifikasi tanah tidak berubah karena penambahan bahan campuran berupa limbah gypsum dan kapur dengan tanah asli masih

tergolong sebagai tanah lanau yang elastis atau lempung dengan plastisitas tinggi (MH/OH) menurut klasifikasi tanah sistem *Unified*.

Sedangkan menurut klasifikasi tanah AASHTO, tanah asli tergolong dalam kelompok A-7-6 menjadi tergolong dalam kelompok A-4.

- e. Untuk kadar air optimum atau OMC, semakin banyak campuran limbah *gypsum* dan kapur yang ditambahkan, maka semakin kecil nilai kadar air yang dibutuhkan untuk mencapai berat isi kering maksimum

c. Stabilisasi Tanah Gambut dengan Bahan Tambah Limbah Gypsum; Ibnu Widianoro, Fauzi Ahmad Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Soegijapranata

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan di laboratorium, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Penelitian yang dilakukan terhadap sampel tanah memiliki sifat fisik meliputi kadar air alami sebesar 28,14%, berat jenis (G_s) sebesar 2.42, batas susut sebesar 11.16%, batas cair 50,10%, batas plastis sebesar 25.00% serta indeks plastis sebesar 25.10%. Dari data tersebut dapat dikatakan bahwa sampel tanah di daerah Kawasan Industri Candi Blok K-18, Semarang termasuk kedalam tanah jenis gambut.
2. Pada uji pemadatan standar untuk kadar 0% gypsum nilai kadar air optimum sebesar 27%, kadar 15% gypsum sebesar 24%, kadar 20% gypsum sebesar 22,9% serta kadar 20% gypsum

sebesar 22,0%. Penambahan gypsum mampu menurunkan nilai kadar air optimum. Penurunan terbaik diperoleh pada saat penambahan 15% gypsum.

3. Penambahan gypsum pada penelitian ini mampu meningkatkan nilai dari berat isi kering maksimum (γ_{dry} maksimal). Pada kadar 0% gypsum nilai γ_{dry} maksimal sebesar 1,36 gr/cm³ , kadar 15% gypsum sebesar 1,43 gr/ cm³ , kadar 20% gypsum sebesar 1,45 gr/cm³, serta kadar 25% gypsum sebesar 1,47 gr/cm³. Peningkatan terbaik diperoleh pada saat penambahan 25% gypsum.

4. Pada uji pengembangan untuk kadar 0% gypsum tingkat pengembangannya 3.596%, pada kadar 15% gypsum sebesar 1.011%, pada kadar 20% gypsum sebesar 1.067% serta pada kadar 25% gypsum sebesar 1.573%. Hasil uji pengembangan terbaik terjadi pada saat penambahan kadar 15% gypsum.

5. Pada uji geser langsung diperoleh nilai untuk kohesi (c) pada kadar 0% gypsum sebesar 0,23 kg/cm² , pada kadar 15% gypsum sebesar 0,38 kg/cm² , pada kadar 20% gypsum sebesar 0,33 kg/cm² serta pada kadar 25% gypsum sebesar 0,35 kg/cm² . Hasil terbaik diperoleh saat penambahan 15% gypsum

6. Pada uji geser langsung diperoleh nilai untuk sudut geser (ϕ) pada kadar 0% gypsum sebesar 26.56^o, pada kadar 15% gypsum sebesar 28.61^o , pada kadar 20% gypsum sebesar 35.31^o serta

pada kadar 25% gypsum sebesar 26.560 . Hasil terbaik diperoleh saat penambahan 20% gypsum.

7. Berdasarkan pengaruh penambahan kadar gypsum terhadap kualitas tanah, kadar 15% gypsum merupakan kadar penambahan yang paling baik dibandingkan kadar 20% dan 25%.
8. Tanah di Kawasan Industri Candi Blok K-18, Semarang dengan nilai berat isi kering sebesar 1,43 gr/cm³ tidak memenuhi persyaratan sebagai tanah timbunan. Stabilisasi tanah di Kawasan Industri Candi Blok K-18, Semarang dengan menggunakan bahan tambah gypsum memberikan pengaruh yang cukup baik, namun tidak terlalu signifikan. (Ibnu Widiyanto, 2016)

d. Analisis pengaruh Gypsum dan Kapur terhadap kuat tekan dan kuat geser tanah gambut.

1. Nilai kohesi terhadap variasi limbah Gypsum dan kapur
2. Nilai sudut geser terhadap variasi limbah Gypsum dan kapur
3. Nilai kuat geser terhadap variasi limbah Gypsum dan kapur
4. Nilai kuat tekan bebas terhadap variasi limbah Gypsum dan kapur

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Dasar Tanah Asli

Hasil Pemeriksaan Karakteristik Fisis Tanah Tanpa Bahan Tambah

Tabel 4.1 Rekapitulasi hasil pemeriksaan karakteristik tanah tanpa bahan stabilisasi

No	Parameter	Hasil	Satuan
		Tanah Asli	
1	Pemeriksaan kadar air mula-mula	64.51	%
2	Pengujian berat jenis	1.618	
3	Pengujian batas-batas atterberg		
	1. Batas Cair (LL)	54.41	%
	2. Batas Plastis	33.15	%
	3. Batas Susut	32.66	%
	4. Indeks Plastisitas (PI)	21.26	%
	5. Activity	1.33	
4	Pengujian analisa saringan dan Hidrometer		
	#4 (4,75 mm)	100	%
	#10 (2,00 mm)	98.18	%
	#20 (0,85 mm)	97.34	%
	#40 (0,43 mm)	96.84	%
	#60 (0,25 mm)	95.58	%
	#80 (0,180 mm)	94.88	%
	#100 (0,15 mm)	94.04	%
	#200 (0,075 mm)	91.58	%
5	Pasir	8.42	%
	Lanau	70.58	%
	Gambut	20.28	%
6	Pengujian Kompaksi		
	Kadar Air Optimum	29.91	%
	γ dry	1.056	gr/cm ³

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2021)

4.2. Pembahasan Hasil Pemeriksaan Karakteristik Tanah Tanpa Bahan Tambah

4.2.1. Kadar Air

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air sampel tanah yaitu perbandingan berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah tersebut. Hasil dari pengujian kadar air dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 4.2. Pengujian Kadar Air Tanah Asli

No. Cawan	-	1	2
Berat Cawan W1	gram	8.2	9.2
Berat Cawan + Tanah Basah, W2	gram	42.2	43.8
Berat Cawan + Tanah Kering, W3	gram	28.9	30.2
Berat Tanah Kering, $W_s=W_3-W_1$	gram	20.7	21
Berat Air, $W_w=W_2-W_3$	gram	13.3	13.6
Kadar Air, $w=(W_w/W_s)*100$	%	64.25	64.76
Rata-rata	%	64.51	

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Universitas Bosowa, 2021)

4.2.2. Berat Jenis (Gs)

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis tanah yang lolos saringan No. 40 dengan menggunakan labu ukur. Tujuan penggunaan ini untuk menentukan berat jenis suatu sampel, berat jenis tanah adalah nilai perbandingan berat butiran tanah dengan berat air destilasi di udara dengan volume yang sama pada temperatur tertentu. Dari hasil pemeriksaan berat jenis spesifik di peroleh nilai berat jenis 1.618 g/cm³. Dari nilai berat jenis tersebut, tanah tersebut masuk kategori gambut yang mempunyai nilai berat jenis dari 1.25 — 1.8

Tabel.4.3 Berat Jenis dan Beberapa Jenis Tanah

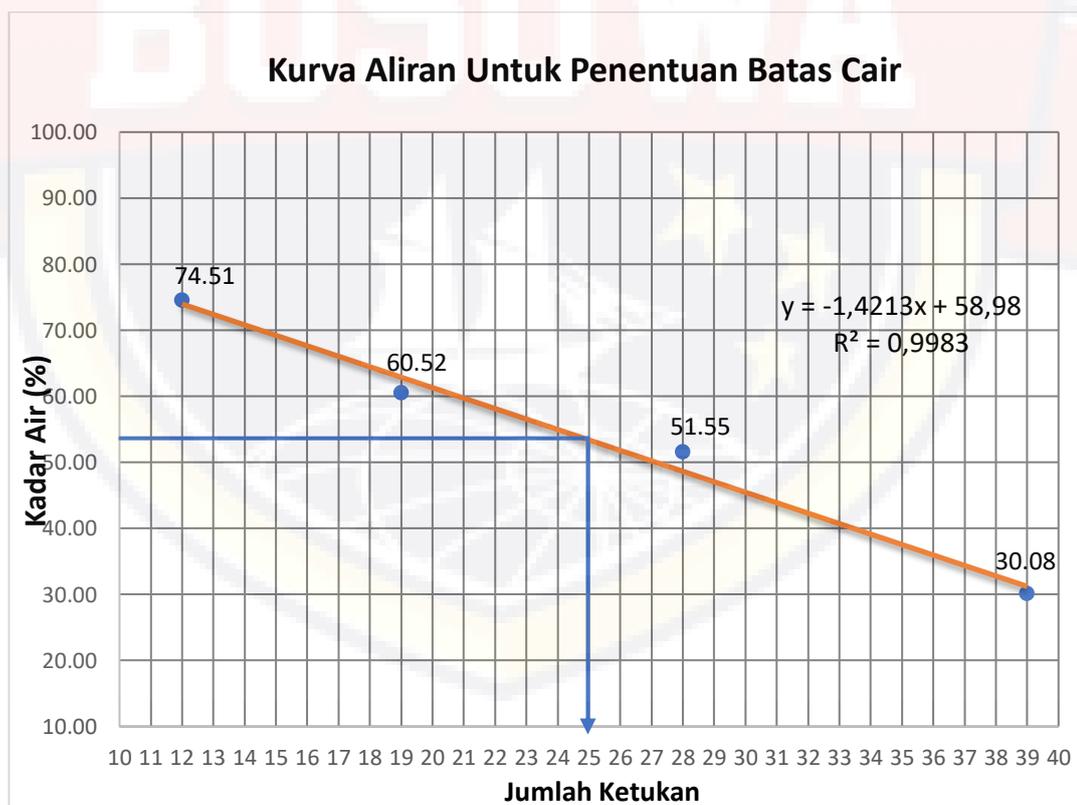
Macam Tanah	Berat Jenis (Gs)
KERIKIL	2.65 - 2.68
PASIR	2.65 - 2.68
LANAU ANORGANIK	2.62 - 2.68
LEMPUNG ORGANIK	2.58 - 2.65
LEMPUNG ANORGANIK	2.68 - 2.75
HUMUS	1.37
GAMBUS	1.25 - 1.8

Pengujian Batas-batas Konsistensi

a. Batas Batas Atterberg

1) Batas Cair (Liquid Limit, LL)

Analisis Dari gambar 4.1 diperoleh hasil hubungan jumlah ketukan dengan kadar air didapatkan nilai batas cair (LL) = 54.41%



Gambar 4.1. Kurva Aliran untuk Penentuan Batas Cair

2) Batas Plastis (Plastic Limit, PL)

Pengujian batas plastis bertujuan untuk menentukan kadar air tanah pada kondisi plastis. Dari hasil pengujian laboratorium diperoleh nilai batas plastis (PL) = 33.15%.

3) Indeks Plastisitas (Indeks Plasticity, IP)

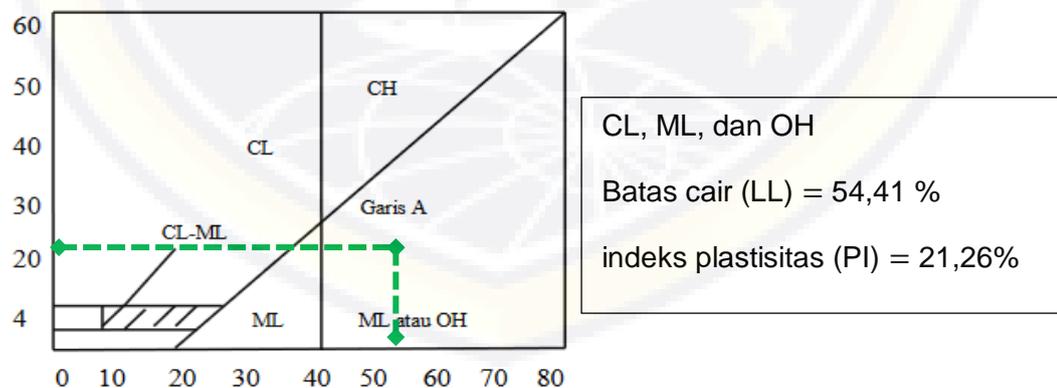
Berdasarkan rumus $PI = LL - PL$ diperoleh nilai indeks plastisitas (PI) = 21,26%

4) Batas Susut (Shrinkage Limit)

Pengujian batas susut bertujuan untuk menentukan kadar air pada batas semi padat ke keadaan padat, Dari hasil pengujian batas susut di peroleh nilai batas susut = 32.66%

5. Activity

Berdasarkan rumus penentuan nilai activity $A = \frac{PI}{\% \text{ Clay}-5}$ dari pengujian diperoleh nilai sebesar 1,33%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa aktivitasnya tinggi dan jenis mineral lempungnya adalah montmorillonite.



Gambar 4.2. Diagram Plastisitas untuk mengklasifikasi kadar butiran yang terkandung dalam tanah.

CL : adalah simbol lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang.

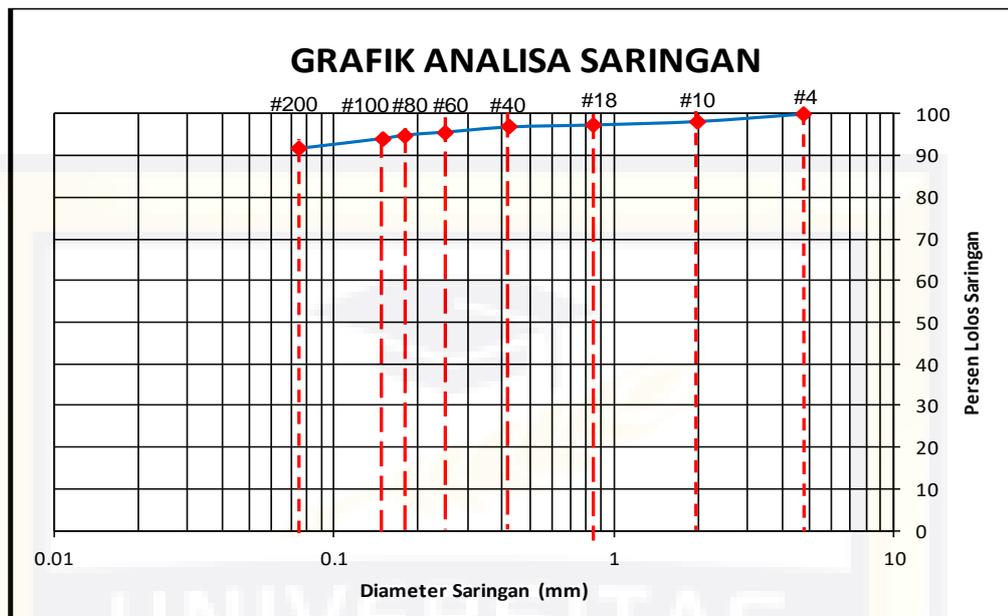
ML : adalah simbol lanau anorganik atau pasir halus sekali, serbuk batuan pasir halus berlanau atau berlempung.

OH : adalah simbol Lempung Organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi,

Hasil pengujian karakteristik material dapat disimpulkan bahwa tanah tersebut adalah: Tanah gambut (Peat) dengan kandungan organik dan anorganik tinggi.

b. Analisa Gradasi Butiran

Dari hasil pengujian gradasi yang dilakukan dengan analisa saringan basah di peroleh hasil tanah tersebut sekitar 91.58% lolos saringan No. 200. Sehingga didapat fraksi pasir sebesar 8.42%. Berdasarkan persen lolos saringan no. 200 tanah tersebut masuk dalam golongan tanah gambut dengan kadar tinggi. Dari hasil pengujian hydrometer berdasarkan kurva lengkungnya diperoleh hasil sebagian besar ukuran butir tanah adalah fraksi lanau yaitu sebanyak 70.58%. Sedangkan fraksi gambut sebesar 20.28%.



(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Universitas Bosowa, 2021)

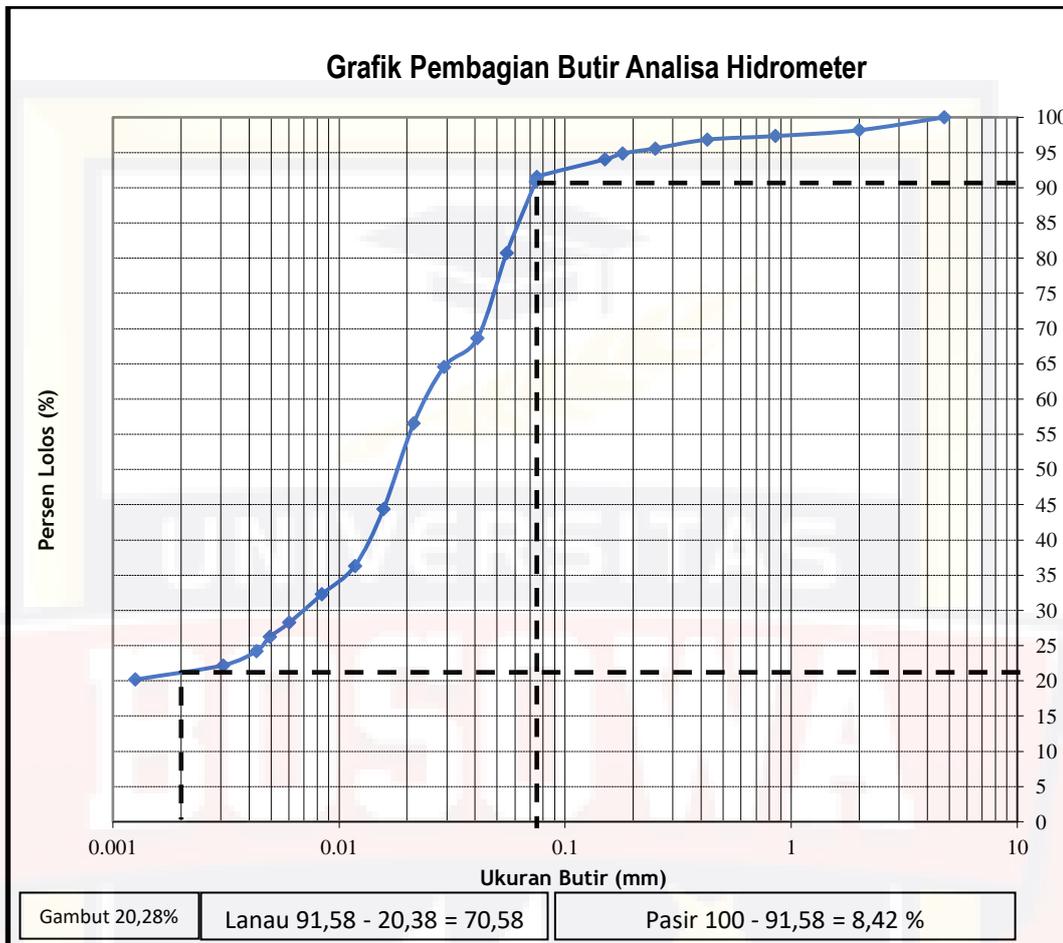
Gambar 4.3 Grafik Analisa Saringan

Analisis Dari gambar 4.3 di atas, hasil pengujian gradasi yang dilakukan dengan analisa saringan basah diperoleh hasil dari tanah tersebut 91,58% lolos saringan No.200. Sehingga didapat fraksi pasir sebesar 8,42%.

Tabel.4.4. Hasil Pengujian Analisis Hidrometer Tanah

Waktu (menit)	T (°C)	R	Rcp	% Butiran Halus a.Rcp/Ws x 100 %	Rcl	L (cm)	K	D=K (L/t) ^{0,5}
0.25	29	16	18	96.36	17	8.9	0.01240	0.07399
0.5	29	16	18	96.36	17	9.9	0.01240	0.05518
1	29	16	18	96.36	17	10.9	0.01240	0.04094
2	29	15	17	91.02	16	11.1	0.01240	0.02921
4	29	14	16	85.68	15	11.9	0.01240	0.02139
8	29	13	15	80.35	14	12.9	0.01240	0.01575
15	29	12	14	75.01	13	13.5	0.01240	0.01176
30	29	11	13	69.67	12	13.8	0.01240	0.00841
60	29	9	11	58.99	10	14.2	0.01240	0.00603
90	29	8	10	53.65	9	14.3	0.01240	0.00494
120	29	7	9	48.31	8	14.5	0.01240	0.00431
240	29	5	7	37.64	6	14.7	0.01240	0.00307
1440	29	2	4	21.62	3	14.8	0.01240	0.00126

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Universitas Bosowa, 2021)



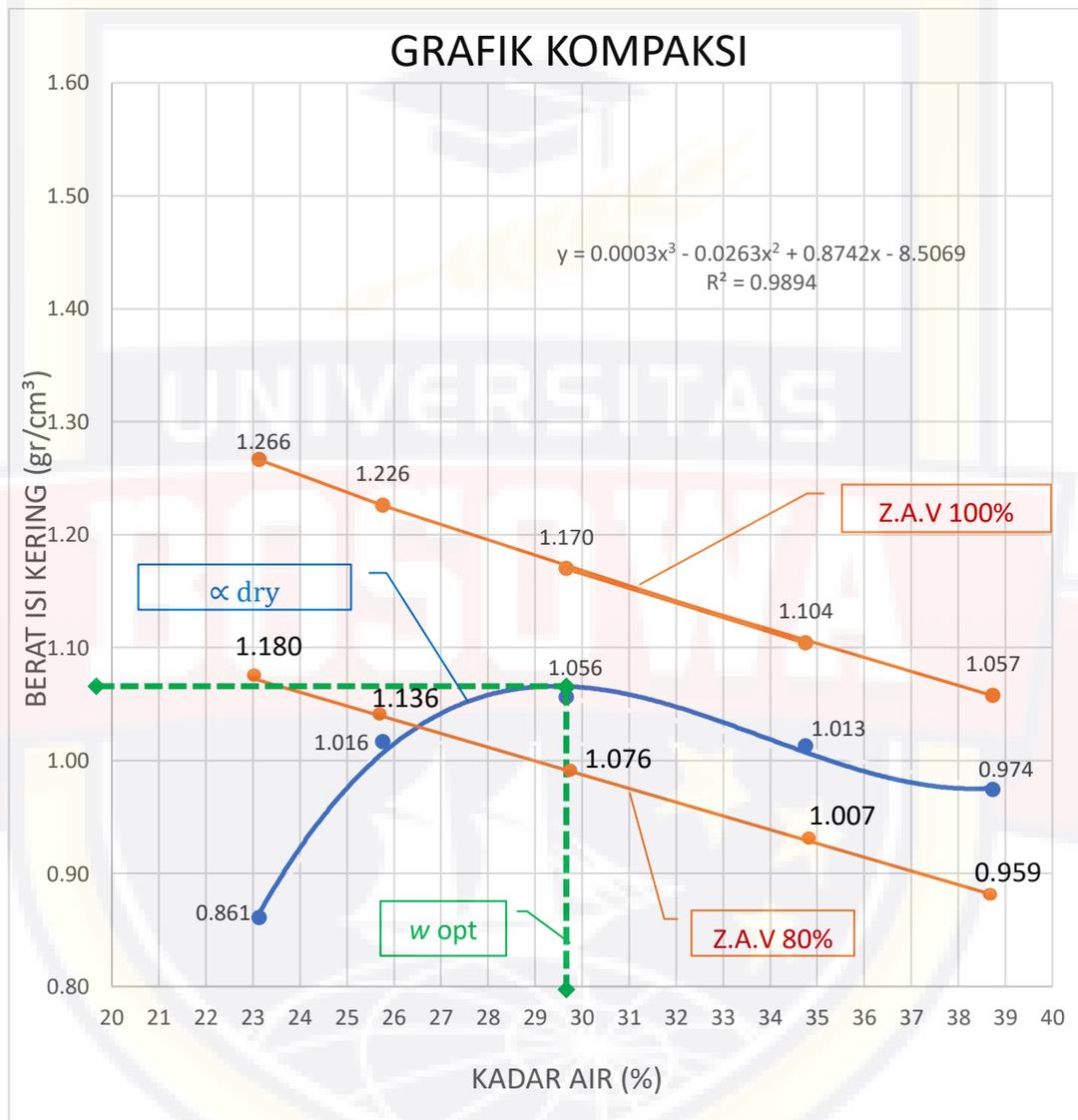
Gambar 4.4 Grafik Pembagian Butir Analisa Hidrometer

Dari gambar 4.3 hasil pengujian hidrometer berdasarkan kurva lengkungnya diperoleh hasil sebahagian besar ukuran butir tanah adalah fraksi lanau yaitu sebanyak 70,58%, fraksi gambut sebesar 20,28%, sedangkan fraksi pasir yaitu sebanyak 8,42%. Peninjauan klasifikasi tanah yang mempunyai ukuran butir lebih kecil dari 0,002 mm, tidak berdasarkan secara langsung pada gradasinya, sehingga penentuan klasifikasinya lebih didasarkan pada batas batas atterbergnya.

c. Pengujian Kompaksi (Pematatan)

29,91,% dan $\gamma_{maks} = 1,056 \text{ gr/cm}^3$. Dapat dilihat dari gambar 4.4

pengujian kompaksi berikut:



Gambar 4.5 Grafik Pengujian Kompaksi

4.3. Klasifikasi Tanah Asli

4.3.1 AASHTO (American Association Of State Highway And Transportation Officials)

Untuk mengklasifikasikan tanah yang diuji ke dalam klasifikasi AASTHO adalah dengan berdasarkan uji analisa distribusi butiran serta hasil uji batas-batas Atterberg, yaitu sebagai berikut:

a) Tanah lolos saringan No.200 = 91,58%

b) Batas cair (LL) = 54,41%

c) Batas Plastis (PL) = 33,15%

d) Indeks Plastisitas (IP) = 21,26%

Berdasarkan analisa basah, presentase bagian tanah yang lolos saringan no.200 adalah lebih besar dari 91,58% ($> 35\%$). Sehingga tanah diklasifikasikan dalam kelompok : (A-4,A-5,A-6,A-7).

Batas cair (LL) = 54,41 %. Untuk tanah yang batas cairnya lebih besar dari 41% maka tanah tersebut masuk dalam kelompok A-5 (min. 41%) dan A-7 (A-7-5,A-7-6) yang juga min. 41%.

Indeks Plastisitas (PI) = 21,26%. Untuk kelompok A-5 nilai maksimalnya 10% sedangkan kelompok A-7 nilai PI minimumnya sebesar 11% maka tanah dikelompokkan kedalam kelompok A-7(A-7-5,A-7-6).

Sedangkan nilai Batas Plastis (PL) = 33,15%, untuk kelompok A-7-5 nilai PL $> 30\%$, sehingga tanah dikelompokkan ke dalam kelompok A-7-5. Tanah yang masuk kategori A-7-5 termasuk klasifikasi tanah gambut.

4.3.2 USCS (*Unified Soil Classification System*)

Dari analisis saringan basah didapatkan tanah lolos saringan no.200 lebih besar dari 50% sehingga masuk ke dalam klasifikasi tanah berbutir halus.

Batas cair (LL) = 54,41%, dan indeks plastisitas (PI) = 21,26%. Dari bagian plastisitas, klasifikasi tanah masuk dalam range CH (diatas garis A, PI = 0,73 (LL-20) ,dimana : CH adalah simbol lempung anorganik dengan plastisitas tinggi ,lempung gemuk (fat clays).

Dari karakteristik material diatas (yaitu plastisitas dan distribusi ukuran partikel) dapat disimpulkan bahwa tanah tersebut adalah : Tanah Gambut (muddy) dengan Sifat agak Plastisitas/sedikit liat.

4.4 Hasil Pengujian Sifat Mekanis Tanah

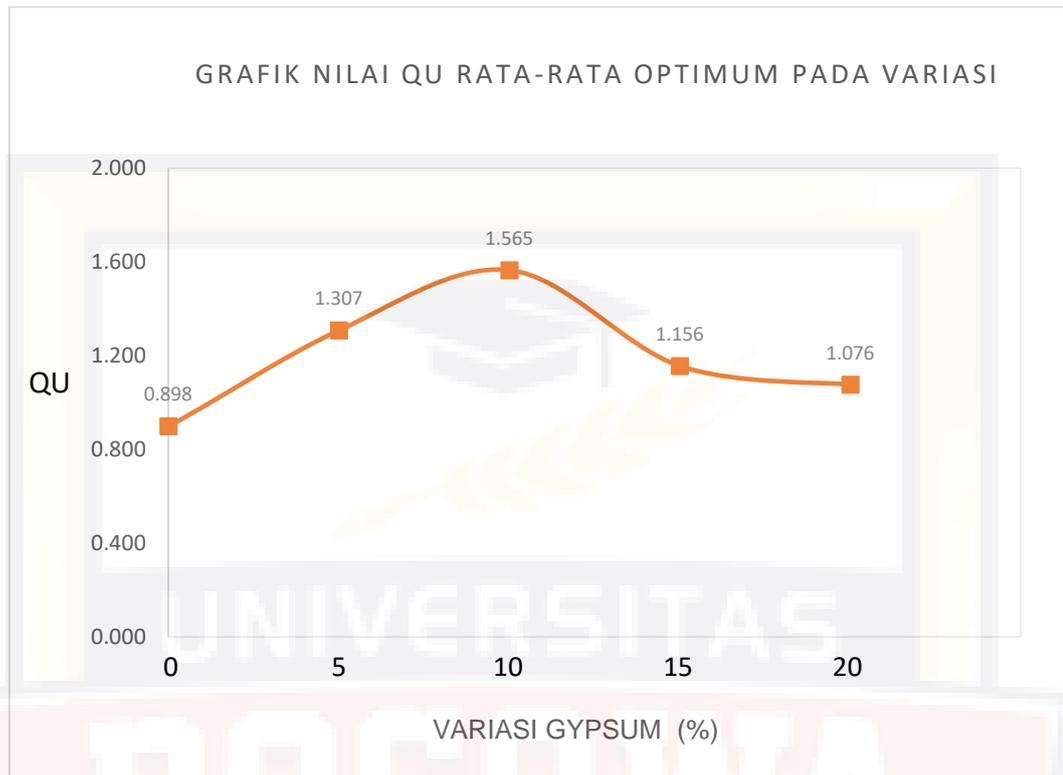
4.4.1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*)

Hasil pengujian kuat tekan bebas variasi tanah gambut + kapur 12% + limbah gypsum 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% dapat dilihat pada table 4.2 berikut:

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas

Komposisi Campuran	Qu rata – Rata (kg/cm ²)
Tanah Gambut 100% + Gypsum 0% + Kapur 12%	0.898
Tanah Gambut 100% + Gypsum 5% + Kapur 12%	1.307
Tanah Gambut 100% + Gypsum 10% + Kapur 12%	1.565
Tanah Gambut 90% + Gypsum 15% + Kapur 12%	1.156
Tanah Gambut 100% + Gypsum 20% + Kapur 12%	1.076

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Universitas Bosowa, 2021)



Gambar 4.6 Nilai QU rata-rata Optimum pada Variasi

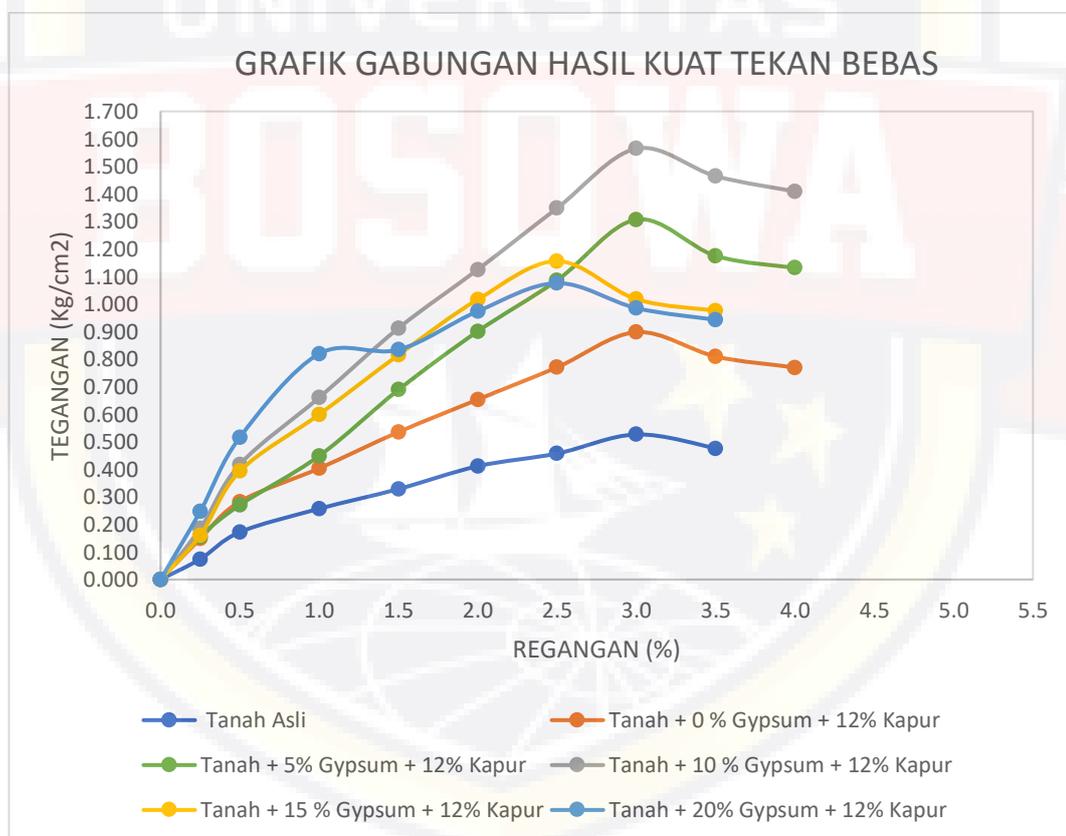
Analisis Pada tabel 4.2, dapat dilihat bahwa kuat tekan tanah asli dengan penambahan kapur tanpa limbah gypsum, diperoleh nilai kuat tekan (qu) sebesar 0,898 kg/cm², dan mengalami peningkatan yang cukup signifikan pada nilai kuat tekan (qu) dengan kadar penambahan 10 % gypsum yaitu menjadi 1,565 kg/cm².

Pada gambar 4.5, dapat dilihat pula bahwa kenaikan nilai qu membentuk grafik menyerupai parabola terbalik sehingga nilai maksimum variasi pada nilai kuat tekan (qu) terdapat pada penambahan 10% gypsum dan mengalami penurunan pada variasi penambahan 15% gypsum dan kembali terjadi peningkatan penurunan pada penambah kadar gypsum 20%.

Tabel 4.6 Nilai QU Gabungan dari Pengujian Kuat Tekan Bebas

Regang Aksial	Tanah Asli	Tanah + 0 % Gypsum + 12% Kapur	Tanah + 5% Gypsum + 12% Kapur	Tanah + 10 % Gypsum + 12% Kapur	Tanah + 15 % Gypsum + 12% Kapur	Tanah + 20% Gypsum + 12% Kapur
0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.25	0.074	0.148	0.155	0.186	0.161	0.247
0.5	0.172	0.283	0.271	0.418	0.394	0.517
1.0	0.257	0.404	0.449	0.661	0.600	0.820
1.5	0.329	0.536	0.689	0.913	0.815	0.835
2.0	0.412	0.654	0.902	1.126	1.017	0.974
2.5	0.458	0.771	1.086	1.349	1.156	1.076
3.0	0.527	0.898	1.307	1.565	1.018	0.986
3.5	0.476	0.810	1.175	1.465	0.977	0.943
4.0		0.770	1.132	1.409		

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Universitas Bosowa, 2021)



Gambar 4.7 Gabungan Hasil Kuat Tekan Bebas

Analisis Berdasarkan tabel 4.3 dan gambar 4.11, gabungan hasil kuat tekan bebas dapat dilihat di bahwa:

1. Pada tanah asli, peningkatan tegangan pada regangan 0.0 – 3.0 sebesar 0.527 kg/cm², namun mengalami penurunan tegangan pada regangan 3.5 yaitu sebesar 0.476 kg/cm².
2. Pada Tanah gambut 100% + limbah gypsum 0% + kapur 12% terjadi peningkatan tegangan pada regangan 0.0 – 3.0 yaitu sebesar 0.898 kg/cm², namun mengalami penurunan tegangan pada regangan pada 4.0 yaitu sebesar 0.770 kg/cm².
3. Pada Tanah gambut 100% + limbah gypsum 5% + kapur 12% terjadi peningkatan tegangan pada regangan 0.0 – 3.0 yaitu sebesar 1.307 kg/cm², namun mengalami penurunan tegangan pada regangan pada 4.0 yaitu sebesar 1.132 kg/cm².
4. Pada Tanah gambut 100% + limbah gypsum 10% + kapur 12% terjadi peningkatan tegangan pada regangan 0.0 – 3.0 yaitu sebesar 1.565 kg/cm², namun mengalami penurunan tegangan pada regangan pada 4.0 yaitu sebesar 1.409 kg/cm².
5. Pada Tanah gambut 100% + limbah gypsum 15% + kapur 12% terjadi peningkatan tegangan pada regangan 0.0 – 2.5 yaitu sebesar 1.156 kg/cm², namun mengalami penurunan tegangan pada regangan pada 3.5 yaitu sebesar 0.977 kg/cm².
6. Pada Tanah gambut 100% + limbah gypsum 20% + kapur 12% terjadi peningkatan tegangan pada regangan 0.0 – 2.5 yaitu sebesar 1.076 kg/cm², namun mengalami penurunan tegangan pada regangan pada 3.5 yaitu sebesar 0.975 kg/cm².

4.4.2. Hasil Pengujian Kuat Geser

Hasil pengujian kuat geser variasi tanah gambut + kapur 12% + limbah gypsum 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4.7 Hasil pengujian kuat geser Langsung dengan variasi limbah gypsum + kapur

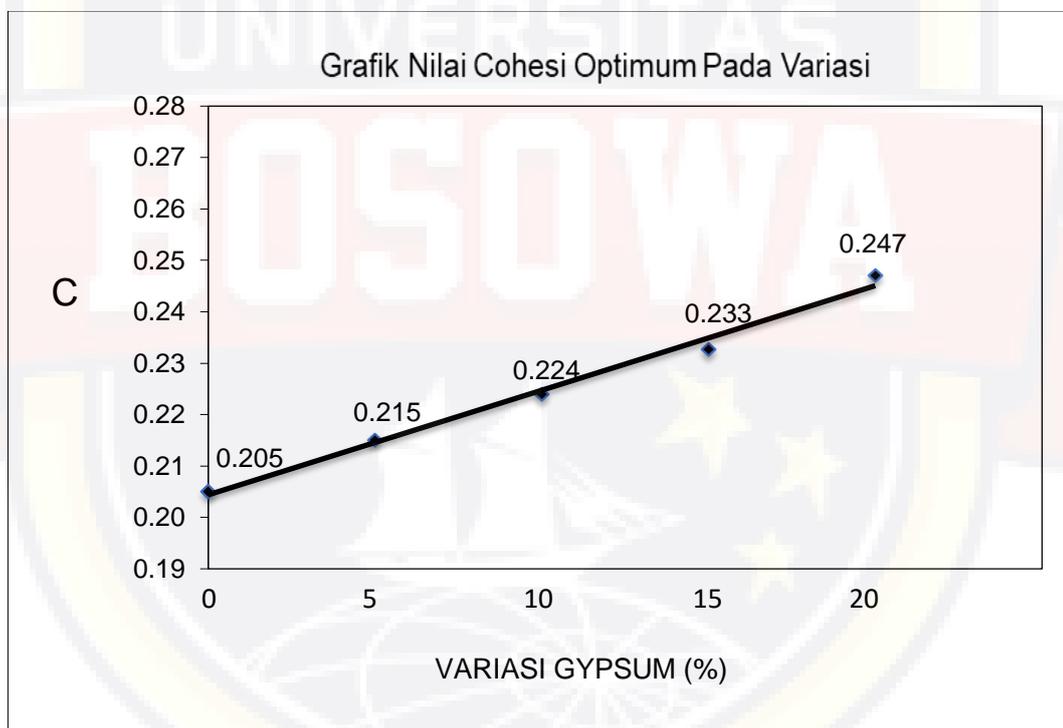
Sampel	koehesi (c)	Sudut geser dalam (ϕ)	Kuat geser geser (τ)
Tanah Gambut 100% + Gypsum 0% + Kapur 12%	0.205	9,98	0.205
Tanah Gambut 100% + Gypsum 5% + Kapur 12%	0.215	12.72	0.215
Tanah Gambut 100% + Gypsum 10% + Kapur 12%	0.224	15.58	0.224
Tanah Gambut 100% + Gypsum 15% + Kapur 12%	0.233	18.39	0.233
Tanah Gambut 100% + Gypsum 20% + Kapur 12%	0.247	21.17	0.247

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2021)

Tabel 4.8 Hasil pengujian kuat geser Langsung dengan variasi limbah gypsum + kapur

Variasi	Cohesi (C)
0	0.205
5	0.215
10	0.224
15	0.233
20	0.247

(Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2021)



(Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2021)

Gambar 4.8 Grafik hubungan kohesi dengan variasi limbah gypsum + kapur.

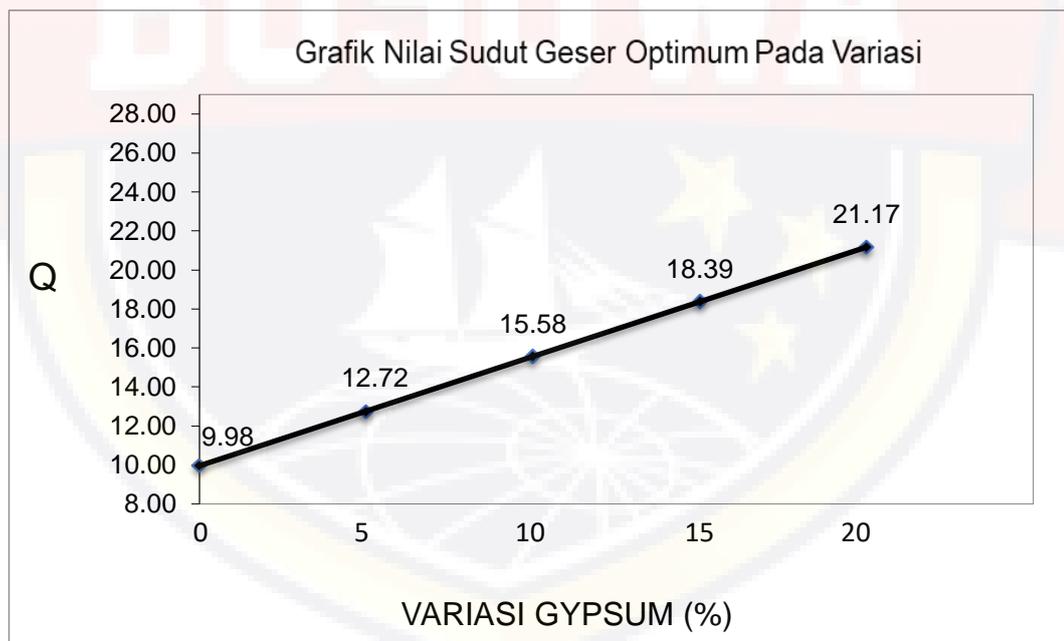
Pada gambar 4.8, dapat dilihat bahwa kuat geser tanah asli dengan penambahan kapur tanpa limbah gypsum, diperoleh nilai kohesi (C)

sebesar 0,205 % dan mengalami peningkatan yang cukup signifikan pada nilai kohesi (C) dengan kadar penambahan 12% kapur dan 20% gypsum yaitu menjadi 0,247 %.

Tabel 4.9 Hasil pengujian kuat geser Langsung dengan variasi limbah gypsum + kapur

Variasi	Sudut Geser (Q)
0	9.98
5	12.72
10	15.58
15	18.39
20	21.17

(Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2021)



(Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2021)

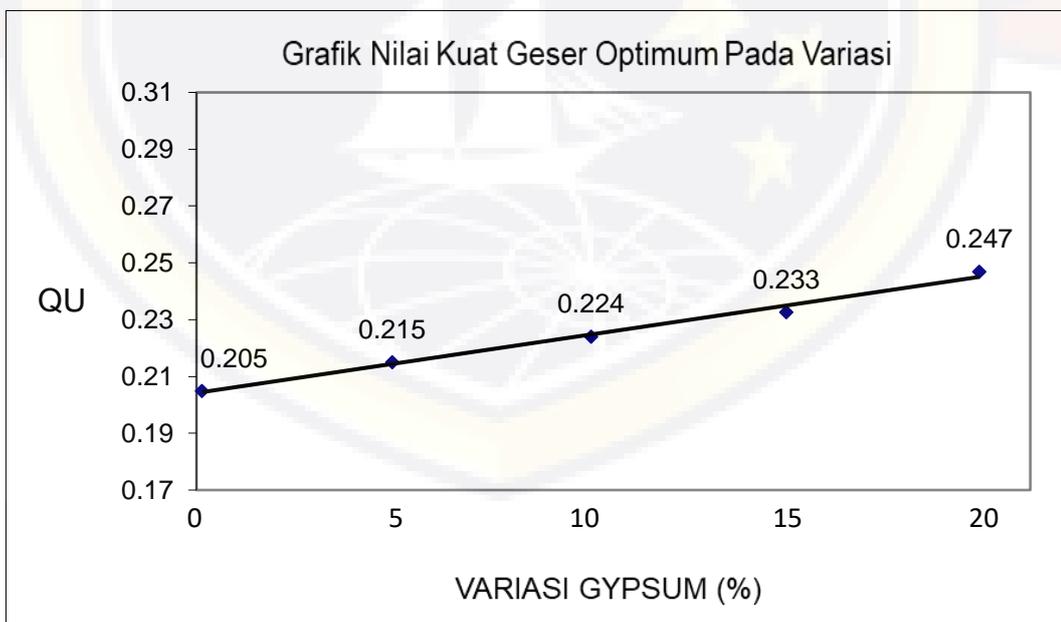
Gambar 4.9 Grafik hubungan sudut geser dengan variasi limbah gypsum + kapur

Pada gambar 4.9, dapat dilihat bahwa kuat geser tanah asli dengan penambahan kapur tanpa limbah gypsum, diperoleh nilai sudut geser (Q) sebesar 9,98% dan mengalami peningkatan yang cukup signifikan pada nilai sudut geser (Q) dengan kadar penambahan 12% kapur dan 20% gypsum yaitu menjadi 21,17 %.

Tabel 4.10 Hasil pengujian kuat geser Langsung dengan variasi limbah gypsum + kapur

Variasi	Kuat geser geser (τ)
0	0.205
5	0.215
10	0.224
15	0.233
20	0.247

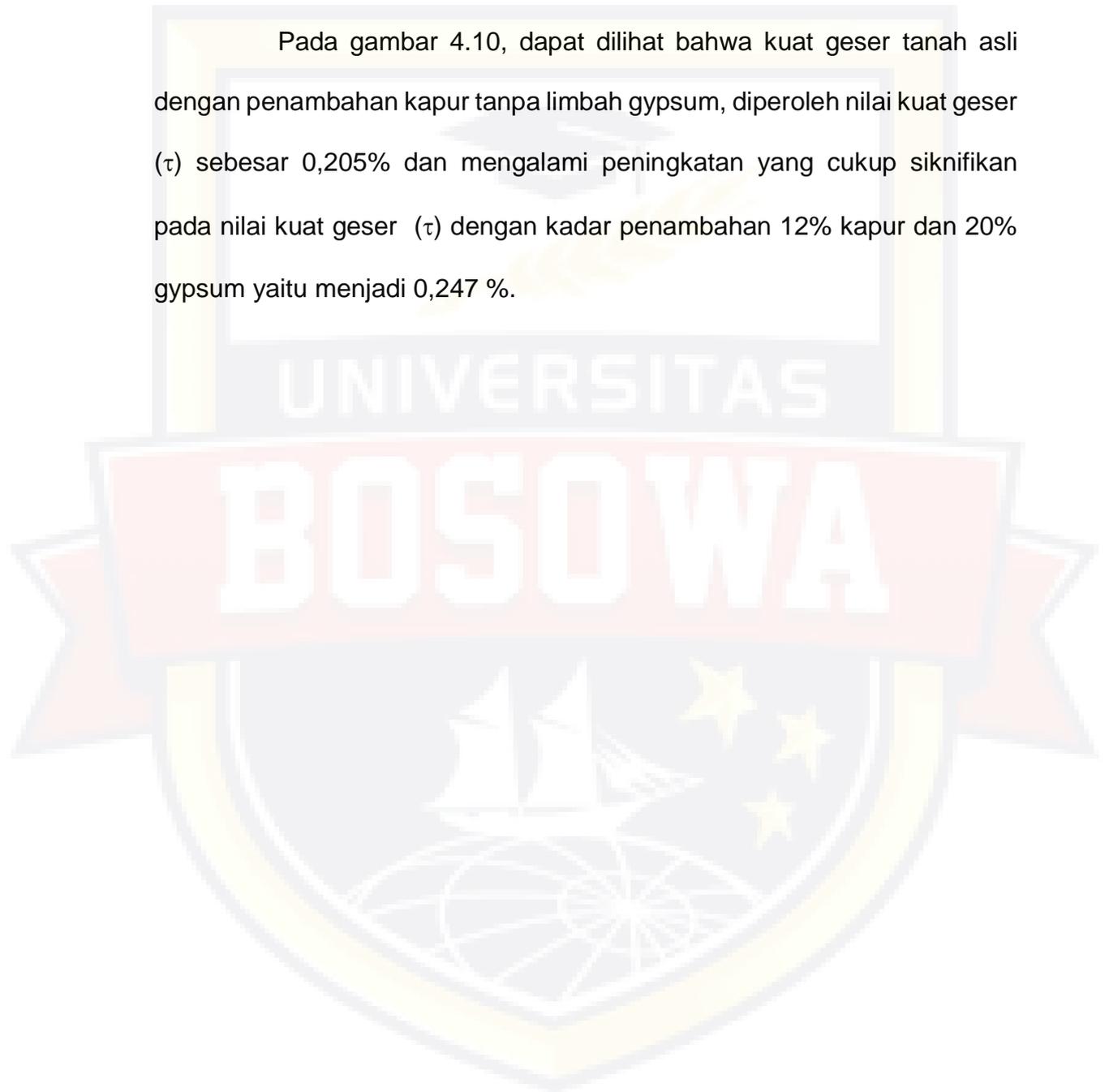
(Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2021)



(Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2021)

Gambar 4.10 Grafik hubungan kuat geser dengan variasi limbah gypsum + kapur

Pada gambar 4.10, dapat dilihat bahwa kuat geser tanah asli dengan penambahan kapur tanpa limbah gypsum, diperoleh nilai kuat geser (τ) sebesar 0,205% dan mengalami peningkatan yang cukup signifikan pada nilai kuat geser (τ) dengan kadar penambahan 12% kapur dan 20% gypsum yaitu menjadi 0,247 %.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu ;

1. Hasil Pengujian karakteristik tanah asli diperoleh bahwa tanah tersebut termasuk tanah berbutir halus dengan sifat plastisitas tinggi atau termasuk kelompok A-7-5 sesuai klasifikasi AASHTO atau tanah gambut sesuai dengan plastisitas tinggi sesuai klasifikasi USCS.
2. Pada pengujian kuat tekan bebas nilai QU tanah asli mengalami peningkatan setelah penambahn 0%, 5% dan 10% limbah gypsum dan pada saat penambahan 15% dan 20% limbah gypsum nilai QU mengalami penurunan.
3. Pada pengujian kuat geser nilai kohesi ,sudut geser dan kuat geser tanah asli mengalami peningkatan setelah penambahn 0%, 5% dan 10% limbah gypsum dan pada saat penambahan 15% dan 20% limbah gypsum nilai kohesi ,sudut geser dan kuat geser terus mengalami peningkatan.

5.2 SARAN

1. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai salah satu solusi untuk menangani masalah tanah gambut pada saat dilakukan konstruksi atau pekerjaan di lapangan.

2. Perlu ada penelitian tentang penggunaan material – material bahan campuran lain yang dikombinasikan dengan tanah gambut, limbah gypsum dan kapur yang lebih variatif.
3. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan apabila ingin mengembangkan penelitian ini.



DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F. dan I.G.M. Subiksa. 2008. **Lahan Gambut : Potensi untuk Pertanian dan aspek Lingkungan**. Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Center, Bogor. 36 hal.
- Badan Standart Nasional. 1990. **SNI 03-1968-1990 Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar**. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (1994). **SNI 03-3637-994 : Cara uji penentuan Berat Isi Tanah**.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 2012. **SNI 3638 : 2012 Metode Uji Kuat Tekan Bebas Tanah kohesif**. Indonesia.
- Bowles, J. E. (1984). **Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)**. Jakarta.
- Bowles, J.E. 1989. **Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah**. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Bowles, Joseph E. (1991). **Sifat – Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah**, edisi kedua. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Casagrande, A. 1948. **Classifiaction and Identification of Soils**. Transactions ASCE, Vol. 113. pp. 901
- Craig, F.R. 1991. **Mekanika Tanah**. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, B.M.1995. **Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)**. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das Braja M., 1988. **Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1**, Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja, M., 1998, **Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid-1**, Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo.,C.Hary. 2002. **Mekanika Tanah I**. Penerbit Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 1992. **Mekanika Tanah 1**. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

- Hardiyatmo, Hary Christady. 1999. **Mekanika Tanah 1**. PT. Gramedia Pustaka Umum, Jakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2010. **Analisis dan Perancangan Fondasi Bagian I**. Yogyakarta: Gadjah Mada University Pres.
- Holtz, R.D and Kovacs, W.D. 1981. **An Introduction to Geotechnical Engineering**. Preintice-Hall, New Jersey, USA.
- Ibnu Widianoro. 2016. **Laporan Kerja Praktek**. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNIKA Soegijapranata Semarang.
- Karaseran, dkk. 2015. **Pengaruh Bahan Campuran Arang Tempurung Kelapa Terhadap Konsolidasi Sekunder pada Tanah Lempung**. Jurnal Sipil Statik, 3(8). (Hal. 543-553).
- M. Suherman. 2005. **Penanganan Tanah Ekspansif Untuk Konstruksi Jalan Puslitbang Prasarana Transportasi**. Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Panduan Geoteknik 1. 2001. **Proses Pembentukan dan Sifat – Sifat Dasar Tanah Lunak**. Pusat Litbang Prasarana Transportasi. Jakarta.
- Sosrodarsono, Suyono. 1984. **Perbaikan dan Pengaturan Sungai**. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Sudjiyanto, dkk. (2006). **Pengaruh Matric Suction Terhadap Perilaku Kembang Bebas Tanah Lempung Ekspansif**. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Widyagama Malang.
- Suherman. (2005). Struktur Komunitas Zooplankton di Perairan Teluk Jakarta. Skripsi pada FPIK IPB Bogor. (online) Tersedia: <http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/12345678sas1.pdf?sequence=5>
- Verhoef, P.N.W. 1994. **Geologi Untuk Teknik Sipil**. PT. Erlangga. Jakarta. (Hal.32).
- Wesley, L. D. 1977. **Mekanika Tanah (cetakan ke VI)**. Jakarta : Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Widhiarto, H., 2015. **Stabilitas Tanah Lempung Ekspansif dengan Menggunakan Campuran Abu Sekam Padi dan Kapur**. Jurnal

Pengabdian LPPM Untag Surabaya, Vol.01 No.02, Hal. 135-240,
Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus, Surabaya.

Zahra S dan Iskandar Y, 2017, Review Artikel: **Kandungan Senyawa Kimia dan Biokativitas Ocimum basilicum L.** Jurnal Farmaka, 15(3), pp. 143-152.



DOKUMENTASI



Pengujian Kadar Air Tanah



Pengujian Berat Jenis



Pengujian Analisa Saringan



Pengujian Batas – Batas Atterberg



Pengujian Analisa Hidrometer



Pengujian Kompaksi



UNIVERSITAS



Pengujian Kuat Tekan Bebas