

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN SEMEN DAN GIPSUM SEBAGAI BAHAN ADITIF TAMBAHAN TERHADAP TANAH PASIR BERLANAU DI KECAMATAN KEBUMEN TERHADAP PARAMETER KUAT TEKAN BEBAS

(THE EFFECT OF ADDITION OF CEMENT AND GYPSUM AS ADDITIONAL ADDITIVE MATERIALS TO SLIDTY SANDY SOIL IN KEBUMEN DISTRICT ON UNBREAKABLE COMPRESSIVE STRENGTH PARAMETERS)

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**MUHAMMAD ALBEART ENSTEIN
20511190**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2025**

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN SEMEN DAN GIPSUM
SEBAGAI BAHAN ZAT ADITIF TAMBAHAN TERHADAP
TANAH PASIR BERLANAU DI KECAMATAN KEBUMEN
TERHADAP PARAMETER KUAT TEKAN BEBAS
(THE EFFECT OF ADDITION OF CEMENT AND GYPSUM AS
ADDITIONAL ADDITIVE MATERIALS TO SLIDTY SANDY
SOIL IN KEBUMEN DISTRICT ON UNBREAKABLE
COMPRESSIVE STRENGTH PARAMETERS)**

Disusun oleh

Muhammad Albeart Enstein

20511190

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 23 September 2025

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Penguji I

Penguji II

Anisa N A, S.T., M.Eng.

NIK: 215111305

Dr. Hanindya K A, S.T., M. T.

NIK: 045110407

Astriana H, S.T., M.Eng.

NIK: 165111301

26.09.25

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM.

NIK: 095110101

26/9/2025

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah.

Yogyakarta, 26 September 2025

Yang membuat pernyataan,



Albeart Enstein
(20511190)

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala karunia dan petunjuknya. Selawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Rasulullah Muhammad Shallallahu 'Alaihi wa Sallam sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul Pengaruh Penambahan Semen dan Gypsum sebagai bahan zat aditif tambahan terhadap tanah pasir berlanau di Kecamatan Kebumen. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Anisa N A, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Poposal Tugas Akhir.
2. Ibu Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
3. Ibu Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T. selaku Penguji 1 yang telah memberikan masukan, saran, dan motivasi kepada penulis
4. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng. selaku Penguji 2 yang telah memberikan masukan, saran, dan motivasi kepada penulis
5. Kedua orang tua dan keluarga penulis yang telah berkorban begitu banyak, baik material maupun sepiritual.
6. Kepada semua teman-teman penulis yang selalu mengingatkan dan *support* dalam mengerjakan tugas akhir ini.
7. Seluruh pihak terkait yang telah membantu dalam penyusunan laporan hingga selesai, namun tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Akhir kata, penulis berharap agar Tugas Akhir dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 26 September 2025
Yang membuat pernyataan,



Muhammad Albeart Einstein
(20511190)

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	ii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xii
ABSTRAK	xiii
<i>ABSTRACT</i>	i
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6 Lokasi Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan Umum	4
2.2 Stabilisasi Tanah menggunakan Semen	4
2.3 Stabilisasi Tanah Menggunakan Gypsum	6
2.4 Stabilisasi Tanah Menggunakan Semen dan Gypsum	7
2.5 Perbandingan Peneliti dengan Peneliti Lain	8
2.6 Persamaan dan Perbedaan Peneliti dengan Penelitian Terdahulu	12

BAB III LANDASAN TEORI	13
3.1 Tanah	13
3.1.1 Tanah Berbutir Halus	13
3.1.2 Tanah Berbutir Kasar	13
3.2 Sistem Klasifikasi Tanah	14
3.2.1 Sistem Klasifikasi Unified Soil Classification System (USCS)	14
3.2.2 Sistem Klasifikasi AASHTO	16
3.3 Properties Tanah	17
3.3.1 Kadar Air	18
3.3.2 Berat Volume	18
3.3.3 Berat Jenis	18
3.3.4 Batas - Batas Konsistensi (<i>Atterberg Limit</i>)	19
3.4 Pengujian Analisis Butiran	22
3.4.1 Pengujian Analisa Saringan	23
3.4.2 Pengujian Analisis Hidrometer	24
3.5 Pengujian Kuat Tekan Bebas	24
3.6 Stabilisasi Tanah	26
3.7 Semen	27
3.8 Gypsum	28
BAB IV METODE PENELITIAN	29
4.1 Tinjauan Umum	29
4.2 Lokasi dan Objek	29
4.3 Pelaksanaan Penelitian	30
4.3.1 Persiapan Bahan	30
4.3.2 Peralatan	30

4.3.3	Sampel dan Jenis Pengujian	33
4.3.4	Pengujian yang Dilakukan	35
4.3.5	Langkah penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.	35
4.3.6	Tahap Analisis Data dan Pembahasan	35
4.3.7	Tahap Kesimpulan	35
4.4	Bagan Alir Penelitian	36
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		38
5.1	Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah	38
5.1.1	Pengujian Berat Jenis	38
5.1.2	Pengujian Analisis Granuler	38
5.1.3	Pengujian Batas-Batas Atterberg	41
5.2	Pengujian Pemadatan Tanah	41
5.3	Pengujian Kuat Tekan Bebas	43
5.3.1	Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli	43
5.3.2	Pengujian Kuat Tekan Geser Tanah dengan Semen dan Gypsum	45
5.4	Pembahasan	47
5.5.1	Tanah Asli	47
5.5.2	Pengujian Kuat Tekan Bebas (<i>Unconfined Compression Test</i>)	52
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		62
6.1	Kesimpulan	62
6.2	Saran	63
DAFTAR PUSTAKA		64
LAMPIRAN		66

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Peneliti dengan Peneliti yang lain	8
Tabel 3. 1 Sistem Klasifikasi USCS	15
Tabel 3. 2 Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO	17
Tabel 3. 3 Berat Jenis Tanah Sesuai dengan Klasifikasinya	19
Tabel 3. 4 Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah	22
Tabel 4. 1 Campuran Semen dan Gypsum	33
Tabel 4. 2 Jumlah Sampel Tanah Setiap Pengujian	34
Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli	45
Tabel 5. 2 Rekapitulasi Pengujian Kuat Tekan dengan Semen dan Gypsum	45
Tabel 5. 3 Rekapitulasi Hasil Pengujian Fisik Tanah Asli	47
Tabel 5. 4 Rekapitulasi Nilai Kuat Tekan Bebas	53
Tabel 5. 5 Rekapitulasi Nilai Kohesi	56
Tabel 5. 6 Nilai Sudut Geser Dalam	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Atterberg Limit	20
Gambar 3. 2 Batas Konsistensi Atterberg	21
Gambar 3. 3 Peralatan Pengujian Atterberg	22
Gambar 3. 4 Analisis Distribusi Ukuran Butiran	24
Gambar 3. 5 Skema Uji Tekan Bebas	25
Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian	30
Gambar 4. 2 Peralatan Analisa Saringan	31
Gambar 4. 3 Peralatan Pengujian Atterberg	31
Gambar 4. 4 Peralatan Pengujian Berat Jenis	31
Gambar 4. 5 Peralatan Pengujian Proktor	32
Gambar 4. 6 Peralatan Pengujian Kuat Tekan Bebas	32
Gambar 4. 7 FlowChart Penelitian	37
Gambar 5. 1 Grafik Hasil Pengujian Analisis Granuler Sampel 1	39
Gambar 5. 2 Grafik Hasil Pengujian Analisis Granuler Sampel 2	39
Gambar 5. 3 Grafik Hasil Pengujian Analisis Granuler Gabungan	40
Gambar 5. 4 Grafik Perbandingan Kadar Air dan Jumlah Pukulan	41
Gambar 5. 5 Grafik Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Sampel 1	42
Gambar 5. 6 Grafik Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Sampel 2	42
Gambar 5. 7 Sudut Retakan Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli	44
Gambar 5. 8 Grafik Karakteristik Tanah Asli Berdasarkan Metode USCS	49
Gambar 5. 9 Klasifikasi Tanah Asli Berdasarkan Metode USCS	49
Gambar 5. 10 Simbol Kelompok Metode USCS	50
Gambar 5. 11 Hasil Klasifikasi Tanah Asli Berdasarkan AASHTO	52
Gambar 5. 12 Grafik Nilai Kuat Tekan Variasi S 3%	54
Gambar 5. 13 Nilai Kuat Tekan Variasi G 1%, 3%, & 5%	54
Gambar 5. 14 Grafik Nilai Kuat Tekan Variasi S 3% dan G 1%, 3%, & 5%	55
Gambar 5. 15 Grafik Nilai Kohesi Variasi S 3%	57
Gambar 5. 16 Grafik Nilai Kohesi Variasi G 1%, 3%, & 5%	57

Gambar 5.17 Grafik Nilai Kohesi Variasi S 3% dan G 1%, 3%, & 5%	58
Gambar 5.18 Grafik Nilai Sudut Geser Dalam Variasi S 3%	59
Gambar 5.19 Grafik Nilai Sudut Geser Dalam Variasi G 1%, 3%, & 5%	60
Gambar 5.20 Grafik Nilai Sudut Geser Variasi S 3% dan G 1%,3%,&5%	61

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

C	= Lempung (<i>Clay</i>)
W	= Gradasi Baik (<i>well-graded</i>)
P	= Gradasi Buruk (<i>poorly-graded</i>)
H	= Plastisitas Tinggi (<i>high-plasticity</i>) [%]
L	= Plastisitas Rendah (<i>low-plasticity</i>) [%]
F	= Persen Butiran Lolos Saringan no. 200 (0,075) [%]
LL	= Batas Cair [%]
PL	= Batas Plastis [%]
PI	= Indeks Plastis [%]
W	= Kadar Air [%]
W_{opt}	= Kadar Air Optimum [%]
W_w	= Berat Air [gram]
W_s	= Berat Tanah dalam Keadaan Kering Oven (<i>Oven dry</i>) [gram]
G_s	= Berat Jenis (<i>Specific Gravity</i>)
γ_d	= Berat Volume Butiran Padat [gram/cm ³]
γ_w	= Berat Volume Air [gram/cm ³]
w^1	= Kadar Air (%) pada N^1 pukulan [%]
w^2	= Kadar Air (%) pada N^2 pukulan [%]
N	= Jumlah Pukulan
$tg\beta$	= 0,121 (tapi $tg\beta$ tidak sama dengan 0,121 untuk semua jenis tanah)
γ_{zav}	= Berat Volume pada Kondisi <i>zero air void</i> [kN]
N_b	= Jumlah Pukulan per lapisan
N_l	= Jumlah Lapisan
W	= Berat Pemukul [gram]
V	= Volume <i>mould</i> [gram/cm ³]
γ_{wet}	= Berat Volume Tanah Kondisi Basah [gram/cm]

ABSTRAK

Tanah sebagai material dasar konstruksi sering kali memiliki sifat fisik dan mekanik yang kurang mendukung, seperti daya dukung rendah, plastisitas tinggi, serta sifat kembang susut yang besar. Kondisi ini dapat memengaruhi stabilitas dan kekuatan konstruksi di atasnya sehingga diperlukan upaya perbaikan melalui stabilisasi tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan semen dan gipsum sebagai bahan aditif pada tanah berbutir halus di Kecamatan Kebumen terhadap parameter kuat tekan bebas, serta menentukan komposisi campuran yang paling efektif dalam meningkatkan karakteristik tanah.

Metode penelitian dilakukan melalui pengujian laboratorium di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Islam Indonesia. Sampel tanah diambil dari Kecamatan Kebumen dan distabilisasi menggunakan variasi campuran semen 3% dengan gipsum 1%, 3%, dan 5%. Pengujian yang dilakukan meliputi analisis sifat fisik tanah, *Atterberg Limit*, *Proctor Modified*, kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test*).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan semen dan gipsum berpengaruh signifikan terhadap peningkatan parameter kuat tekan bebas, kohesi, sudut geser dalam dibandingkan tanah asli. Campuran terbaik diperoleh pada kombinasi semen 3% dan gipsum 5%, yang mampu meningkatkan kekuatan geser dan daya dukung tanah secara optimal sebesar $> 10\%$. Dengan demikian, penggunaan semen dan gipsum sebagai bahan stabilisasi dapat menjadi alternatif solusi perbaikan tanah berbutir halus di daerah penelitian untuk mendukung kebutuhan konstruksi yang lebih aman dan berkelanjutan.

Kata Kunci: Stabilisasi tanah, semen, gipsum, kuat tekan bebas, tanah lanau berpasir

ABSTRACT

Soil as a basic construction material often has inadequate physical and mechanical properties, such as low bearing capacity, high plasticity, and significant shrink-swell behavior. These conditions can affect the stability and strength of structures built on it, therefore soil stabilization is required. This study aims to determine the effect of adding cement and gypsum as additive materials to fine-grained soil in Kebumen District on the unconfined compressive strength (UCS) parameter, as well as to identify the most effective mixture composition to improve soil characteristics.

The research methodology was carried out through laboratory testing at the Soil Mechanics Laboratory, Universitas Islam Indonesia. Soil samples were taken from Kebumen District and stabilized using cement (3%) combined with gypsum (1%, 3%, and 5%). The tests performed included soil physical properties, Atterberg Limits, Modified Proctor, Unconfined Compression Test (UCT). Sample curing was conducted for 1 and 3 days to observe the hydration effect of the additives on soil strength development.

The results show that the addition of cement and gypsum significantly improves unconfined compressive strength, cohesion, internal friction angle to the natural soil. The optimum mixture was obtained at 3% cement and 5% gypsum, which provided the highest improvement in shear strength and soil bearing capacity by > 10%. Therefore, the use of cement and gypsum as stabilizing additives can be considered as an effective solution to enhance fine-grained soil properties in the study area, supporting safer and more sustainable construction.

Keywords: *Soil stabilization, cement, gypsum, unconfined compressive strength, sandy silt*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil. Di samping itu tanah berfungsi juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan. Seorang ahli teknik sipil juga harus mempelajari sifat-sifat dasar dari tanah, seperti asal usulnya, penyebaran ukuran butiran, kemampuan mengalirkan air, sifat pemampatan bila dibebani (*compressibility*), kekuatan geser, kapasitas daya dukung terhadap beban, dan lain-lain. Dalam lingkup pekerjaan konstruksi, kondisi dan ciri-ciri tanah merupakan elemen krusial dalam fase perencanaan bangunan, berfungsi sebagai fundament bagi peletakan struktur. Kegiatan pembangunan yang dilaksanakan di atas permukaan tanah dapat memicu respons dari tanah tersebut. Oleh karena itu, kondisi tanah dalam suatu proyek konstruksi bangunan wajib diteliti secara teliti, guna memastikan tanah berada dalam keadaan yang kokoh dan stabil, sehingga mampu secara efektif menopang beban yang diberikan oleh bangunan yang didirikan. Tanah dilapangan yang bersifat sangat lepas atau sangat lunak tidak sesuai untuk suatu pelaksanaan konstruksi maka diperlukan stabilisasi pada tanah tersebut (Wesley, 1977).

Realitanya, di TB Enstein yang dijadikan tempat penelitian ditemukan tanah dalam kondisi yang kurang memadai, misalnya daya dukung tanah yang rendah, kandungan air yang tinggi, serta sifat mengembang dan menyusutnya yang signifikan. Tanah dengan ciri atau kondisi demikian memerlukan modifikasi, seperti peningkatan sifat tanah melalui penambahan material untuk penguatan. Dalam mengatasi persoalan tanah tersebut, pengujian laboratorium diperlukan untuk mengidentifikasi karakteristik tanah melalui proses stabilisasi tanah.

Stabilisasi tanah diklasifikasikan menjadi tiga metode utama: stabilisasi fisik, kimia, dan mekanis. Berdasarkan hal diatas apabila mengalami permasalahan penurunan atau daya dukung yang kurang baik maka perlu dilakukannya stabilisasi. Stabilisasi tanah bisa dilakukan dengan menambahkan jenis material *chemical* (kimiawi) yang salah satunya adalah dengan menambahkan bahan (zat aditif) seperti gipsum dan semen (SNI 17332-1989-F). Hal ini didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh Simbolon (2017) dengan melakukan penelitian menggunakan bahan tambah semen, gipsum, dan kapur.

Dalam studi ini, peneliti menguji stabilisasi tanah pasir berlanau dengan penambahan semen dan gipsum. Tugas Akhir ini akan secara khusus mengeksplorasi dampak penambahan semen dan gipsum terhadap stabilisasi tanah pasir lanau, dengan fokus pada parameter kuat tekan bebas (Uji Kuat Tekan Bebas), serta menentukan ketebalan lapisan perkerasan. Penelitian akan dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian diatas didapatkan rumusan masalah dalam penelitian yang dilakukan yaitu sebagai berikut.

1. Bagaimana sifat fisik tanah asli dan apa klasifikasi tanahnya?
2. Bagaimana sifat mekanik tanah asli dan berapa kuat tekan bebasnya?
3. Bagaimana pengaruh penambahan semen 3% pada stabilisasi tanah terhadap parameter kuat tekan bebas?
4. Bagaimana pengaruh penambahan gipsum 1%, 3%, dan 5% pada stabilisasi tanah terhadap parameter kuat tekan bebas?
5. Bagaimana pengaruh penambahan semen 3% dan gipsum 1%, 3%, dan 5% pada stabilisasi tanah terhadap parameter kuat tekan bebas?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui klasifikasi jenis tanah pada saat kondisi asli berdasarkan sifat fisiknya.
2. Mengetahui parameter kuat tekan bebas pada kondisi tanah asli berdasarkan sifat mekaniknya.
3. Mengetahui pengaruh penambahan semen 3% pada stabilisasi tanah terhadap parameter kuat tekan bebas.
4. Mengetahui pengaruh penambahan gipsum 1%, 3%, dan 5% pada stabilisasi tanah terhadap parameter kuat tekan bebas.
5. Mengetahui pengaruh penambahan semen 3% dan 1%, 3%, dan 5% gipsum pada stabilisasi tanah terhadap parameter kuat tekan bebas.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan penelitian digunakan untuk mempermudah penulis dalam menentukan ruang lingkup masalah yang akan dilakukan dalam penelitian. Batasan penelitian dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan di TB Einstein Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen, Provinsi Jawa Tengah.
2. Penelitian ini menggunakan bahan tambah gipsum dan semen.
3. Material tanah timbunan yang digunakan dari Kecamatan Alian, Kabupaten Kebumen, Provinsi Jawa Tengah.
4. Penelitian dilakukan dengan pengujian Analisa Saringan, *Atterberg Limit*, Berat Jenis Tanah, *Modified Proctor*, Tekan Bebas.
5. Pengujian dilakukan pada variasi penambahan semen 3% dan gipsum masing-masing 1%, 3% dan 5%, serta dilakukan pemeraman sampel selama 1 dan 3 hari pemeraman untuk pengujian kuat tekan bebas.
6. Tidak membahas mengenai masalah analisa biaya.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang dibuat ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk memenuhi persyaratan memperoleh derajat sarjana strata satu teknik sipil.
2. Memperbaiki struktur tanah dasar yang kurang baik menjadi lebih baik, yaitu salah satunya stabilisasi tanah lempung lunak menggunakan gipsum dan semen.
3. Mengetahui perbaikan terhadap tanah dasar yang telah ditinjau dari segi mutu dan teknik pelaksanaannya.

1.6 Lokasi Penelitian

Penelitian penulis dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia di Umbulmartani, Ngemplak, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Stabilisasi tanah adalah suatu metode yang digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dasar agar daya dukung tanah tersebut menjadi lebih baik sehingga tanah menjadi stabil dan mampu memikul beban yang bekerja terhadap konstruksi di atas tanah (Hangge dkk, 2021). Secara mekanis, stabilisasi tanah dilakukan dengan mengatur gradasi butiran tanah kemudian dilakukan proses pemadatan, sedangkan stabilisasi yang menggunakan bahan khusus dapat dilakukan dengan menambah bahan tersebut kedalam tanah yang akan distabilisasi (Utami, 2020). Di banyak kasus negara lain, stabilisasi tanah dengan bahan additive telah banyak digunakan dan berhasil.

Terdapat 2 jenis stabilisasi yaitu stabilisasi mekanis dan stabilisasi kimiawi. Stabilisasi kimiawi memiliki kelebihan yaitu dapat menghasilkan massa tanah yang lebih stabil (Alfi, 2021). Dalam rangka melakukan stabilisasi tanah secara kimiawi, aditif diperkenalkan ke dalam massa tanah. Aditif yang difungsikan untuk stabilisasi tanah kimiawi mencakup berbagai jenis bahan, baik yang bersifat kimiawi seperti aspal atau bitumen, kapur, gipsum, semen, serta berbagai senyawa kimiawi lainnya, maupun aditif organik.

2.2 Stabilisasi Tanah menggunakan Semen

(Asmat, 2009) mencoba menganalisis besarnya kuat tekan bebas dan nilai CBR laboratorium tanah asli yang dicampur semen yang dilakukan dengan pengujian *unconfined compression test* dan *california bearing ratio* laboratorium pada sampel Proyek Jalan *Outer Ring Road* (Studi Kasus Pada STA 0+400 dan STA 25+650). Nilai dari pengujian analisis saringan dan batas konsistensi didapat jenis tanah menurut AASTHO dan *Unified*. Sampel tanah I merupakan jenis tanah yang bercampur pasir lanau sedangkan jenis tanah sampel II adalah kerikil berpasir yang berlempung yang berwarna coklat muda. Berdasarkan jenis tanah didapat variasi

kadar semen, yaitu 10%, 12% dan 14% dengan masa peram 2, 7, dan 14 hari. Kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum yang digunakan pada percobaan pemadatan diatas, didapatkan uji kuat tekan bebas sampel I dengan masa pemeraman 2, 7, 14 hari yaitu kadar semen 10% sebesar 3.13 Kg/cm², 6.59 Kg/cm², 7.60 Kg/cm², kadar semen 12% sebesar 3.30 Kg/cm², 6.79 Kg/cm², 8.40 Kg/cm², dan kadar semen 14% sebesar 3.51 Kg/cm², 7.78 Kg/cm², 9.60 Kg/cm², untuk sampel II dengan kadar semen 10% sebesar 8.99 Kg/cm², 11.95 Kg/cm², 14.60 Kg/cm², kadar semen 12% sebesar 17.90 Kg/cm², 19.90 Kg/cm², 19.92 Kg/cm², dan kadar semen 14% sebesar 20.30 Kg/cm², 21.88 Kg/cm², 23.30 Kg/cm².

Penelitian yang dilakukan oleh (Roni & Muhandi, 2016) melakukan penelitian mengenai Stabilitas Tanah Plastisitas Tinggi dengan Semen. Dari hasil pengujian semakin bertambahnya persentase kadar semen OPC ataupun PCC dalam campuran tanah uji, maka nilai kadar air optimum (OMC) akan semakin menurun dan nilai berat volume kering maksimum ($\gamma_{d,maks}$) meningkat seiring bertambahnya kadar semen namun menurun dibandingkan nilai kadar air optimum (OMC) dengan tanah uji tanpa semen. Nilai CBR hasil pemeraman 28 hari, terlihat bahwa nilai CBR semakin meningkat seiring bertambahnya kadar semen OPC ataupun PCC, dimana nilai maksimum CBR pada campuran semen OPC berada pada kadar semen 10% sebesar 139,7%, sedangkan pada campuran semen PCC nilai maksimum CBR berada pada kadar semen 10% sebesar 116,43%.

Rios (2021) telah melakukan penelitian Analisis Pengaruh Pencampuran Semen Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Gambut Terhadap Nilai *California Bearing Ratio* (CBR) dengan tambahan Semen Portland sebesar 0%, 2%, 6% dan 10%. Dari hasil penelitian dan analisa dapat diambil kesimpulan Nilai CBR untuk tanah gambut sebelum pencampuran semen (tanah asli) sebesar 11,75% dengan penambahan semen kenaikan rata-rata nilai CBR mencapai 2% dan Kenaikan nilai CBR *unsoaked* tertinggi terjadi pada penambahan variasi campuran 2% semen dengan nilai 16,14%.

2.3 Stabilisasi Tanah Menggunakan Gypsum

Landangkasiang dkk. (2020) melakukan penelitian tentang analisis geoteknik tanah lempung terhadap penambahan limbah gipsum. penelitian ini diarahkan untuk menginvestigasi pengaruh penambahan limbah gipsum pada tegangan geser tanah serta nilai California Bearing Ratio (CBR), dan menentukan proporsi optimal untuk stabilisasi tanah lempung melalui incorporasi limbah gipsum. Studi ini menguji sampel tanah yang dicampur dengan limbah gipsum dalam berbagai persentase: 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Metodologi yang diterapkan melibatkan pengujian triaksial. Hasil pengujian tanah asli menegaskan bahwa sampel tanah yang digunakan adalah tanah anorganik dengan plastisitas tinggi. Terjadi peningkatan yang signifikan pada nilai sudut geser dalam dan kohesi sampel tanah dalam penelitian ini. Dapat disimpulkan bahwa perbaikan pada karakteristik fisik dan mekanis tanah yang dihasilkan dari campuran dengan limbah gipsum (pada persentase 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%) secara substansial meningkatkan kuat geser. Nilai kuat geser tanah asli tercatat sebesar $3,152 \text{ t/m}^2$ dengan sudut geser 8° . Peningkatan tertinggi pada sudut geser dan nilai tegangan geser maksimum teramati pada penambahan limbah gipsum sebesar 15%, menghasilkan sudut geser 18° dan tegangan geser sebesar $6,174 \text{ t/m}^2$.

Hisyam dan Wibawa (2015) melakukan penelitian pengaruh penambahan limbah gipsum terhadap nilai geser tanah lempung. Penelitian dirancang untuk mengevaluasi dampak dari berbagai proporsi gipsum pada stabilisasi tanah, secara khusus berfokus pada pengaruhnya terhadap parameter kuat tekan. Dalam penelitian ini, limbah gipsum diaplikasikan dalam konsentrasi 0%, 4%, 6%, dan 8%, dengan periode pemeraman masing-masing 0 hari, 7 hari, dan 14 hari. Metodologi pengujian yang diterapkan melibatkan evaluasi kekuatan daya dukung tanah. Hasil analisis terhadap sampel tanah asli menunjukkan bahwa tanah tersebut memiliki kadar air optimal sebesar 17,495% dan kepadatan kering sebesar $1,525 \text{ gr/cm}^3$. Teramati adanya peningkatan pada nilai kuat tekan tanah.

Fakhri, dkk (2018) menyatakan pada penelitiannya mengenai stabilitas tanah lempung lunak bahwa penggunaan bahan tambah gipsum didasarkan pada pengaruh gipsum yang dapat mengurangi retak pada tanah sehingga pengembangannya lebih

kecil. Penelitian ini mendapatkan peningkatan nilai CBR tertinggi pada pencampuran gipsum 10% dengan lama pemeraman 3 hari sebesar 57,876%.

2.4 Stabilisasi Tanah Menggunakan Semen dan Gypsum

Simbolon (2017) melakukan penelitian menggunakan bahan tambah semen, gipsum, dan kapur. Variasi campuran sebesar 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% dengan masa pemeraman 14 hari. Nilai terbesar berada pada kondisi *soaked* nilai CBR terbesar pada penambahan semen, kapur dan gipsum dengan kadar 4% yaitu sebesar 5,52%, 5,26%, dan 4,89%. Penelitian ini menunjukkan bahwa pengaruh gipsum tertinggi dalam kondisi *unsoaked* berada pada variasi 10% sebesar 9,05%, sedangkan dalam kondisi *soaked* berada pada variasi 4% sebesar 4,89%.

2.5 Perbandingan Peneliti dengan Peneliti Lain

Perbandingan antara penelitian yang dilakukan dengan penelitian sebelumnya yang dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Perbandingan Peneliti dengan Peneliti yang lain

Nama	Rios (2021)	Landangkasiang, dkk (2020)	Fakhri N, dkk (2018)	Simbolon (2017)	Saing (2017)	Roni & Muhardi (2016)	Hisyam & Wibawa (2015)	Asmat (2009)
Judul Penelitian	Analisis Pengaruh Pencampuran Semen Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Gambut Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR)	analisis geoteknik tanah lempung terhadap penambahan limbah gipsum	Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Dengan Memanfaatkan Limbah Gypsum Dan Pengaruhnya Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR)	Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Gypsum, Kapur (CaO), dan Semen Ditinjau dari Nilai CBR	Deformasi Vertikal Kapur Model Laterit yang Diperlukan Base (LTB) Tanah Menggunakan Analisis Numerik	Stabilitas Tanah Plastisitas Tinggi dengan Semen	Pengaruh Penambahan Limbah Gypsum Terhadap Nilai Kuat Geser Tanah Lempung	Studi Analisis Stabilisasi Tanah Dengan Semen (<i>Soil Cement</i>) Pada Proyek Jalan Outer Ring Road (Studi Kasus Pada Sta 0+400 dan Sta 25+650)
Bahan Tambahan	Semen Portland sebesar 0%, 2%,	limbah gipsum sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%	limbah gipsum sebesar 0%, 3%, 6% dan 10%	Gypsum, kapur (CaO), dan semen	kapur sebesar 3, 5, 7, dan 10%	Semen PCC sebesar 6%, 8% dan 10%. 2. Semen OPC	Limbah gipsum sebesar 4%, 6%, dan 8%	Semen PCC sebesar 10%, 12% dan 14%, dengan

	6% dan 10%					sebesar 6%, 8% dan 10%.		pemeraman 2, 7 dan 14 hari
Metode Pengujian	Pengujian Kadar Air, <i>Specific Gravity</i> , Batas Atterberg, Analisa Ukuran Butiran, Pemadatan (<i>Proctor Standart</i>) dan CBR (<i>California Bearing Ratio</i>)	Pengujian menggunakan limbah gipsum dengan presentase 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% dengan metode yang digunakan pengujian triaksial.	Penelitian menggunakan uji CBR dengan kadar limbah gipsum sebesar 0%, 3%, 6% dan 10% dengan waktu pemeraman 0, 3, 7 hari	penelitian menggunakan bahan tambah semen, gipsum, dan kapur. Variasi campuran sebesar 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% dengan masa pemeraman 14 hari.	metode elemen hingga	Pengujian Berat Jenis, Kadar Air, Analisa Butiran, Konsistensi Tanah, Uji Proktor, UCS dan CBR dengan pemeraman 28 hari.	Penelitian menggunakan uji geser langsung dengan kadar limbah gipsum 4%, 6%, 8% dengan pemeraman selama 0, 7, 14 hari	Pengujian DCP, Analisa Saringan, Berat Jenis, Batas- Batas Konsistensi, Kepadatan (<i>Proctor Standart</i>), Tekan Bebas dan CBR (<i>California Bearing Ratio</i>).
Hasil Pengujian	Meningkatnya nilai CBR dan kuat tekan bebas disebabkan semakin rapatnya	Hasil pengujian tanah asli menunjukkan bahwa tanah memiliki kadar air optimum 17,495%	Nilai daya dukung CBR tanah asli dengan pemeraman 0 hari adalah 37.352%, pemeraman	Nilai CBR terbesar yaitu pada penambahan semen kadar 10% sebesar 10,15% dengan	Hasil penelitian menunjukkan bahwa lapisan dasar yang diberi kapur dengan	Penelitian menunjukkan bertambahnya persentase kadar semen OPC/PCC dalam	. Nilai Kuat geser tanah maksimum terjadi pada sampel tanah yang dicampur dengan	Dari hasil pengujian kuat tekan bebas didapatkan hasil berupa peningkatan nilai

tanah karena diikatnya butiran butiran tanah oleh semen sehingga tanah semakin padat dan keras. pencampuran semen 11,75% penambahan semen kenaikan rata-rata nilai CBR mencapai 2%. Kenaikan nilai CBR unsoaked tertinggi terjadi pada	dengan kepadatan kering 1,525 gr/cm ³ . Terjadi peningkatan nilai kuat geser pada tanah dimana nilai maksimal yang didapatkan dari penambahan limbah gipsum yaitu 61,57Kn/m ² dengan penambahan gipsum sebanyak 8% dan masa pemeraman 14 hari.	3 hari adalah 45.562%, pemeraman 7 hari adalah 37.968%. Sedangkan nilai daya dukung CBR paling optimum terdapat pada persentase gipsum 10% dengan pemeraman 3 hari dengan nilai daya dukung CBR sebesar 57.876%.	kondisi unsoaked dan semen kadar 4% dengan kondisi soaked.	kadar kapur 10% mengurangi deformasi vertikal tiga kali lebih kecil dibandingkan tanah laterit tanpa stabilisasi.	campuran tanah uji nilai OMC semakin menurun dan nilai berat volume kering maksimum ($\gamma_{d,maks}$) meningkat seiring bertambahnya kadar semen. Dari hasil pengujian CBR dan UCS terhadap varian semen OPC atau PCC dapat disimpulkan bahwa semen PCC	limbah gipsum dengan kadar campuran 8% yaitu 61,57 KN/m ² .	kekuatan tekan terhadap benda uji tersebut, itu karena persentase penambahan kadar semen semakin tinggi. Meningkatkan nilai CBR disebabkan semakin rapatnya tanah karena diikatnya butiran tanah oleh semen sehingga tanah semakin padat dan keras, dan penambahan semen ini
--	--	--	--	---	---	--	--

	penambah an variasi campuran 2% semen dengan nilai 16,14%					lebih efektif digunakan sebagai pelapis struktur jalan karena memenuhi persyaratan kekuatan, lebih mudah dicapai.		dapat mengisi ruang kosong diantara partikel- partikel padat tersebut.
--	---	--	--	--	--	---	--	--

2.6 Persamaan dan Perbedaan Peneliti dengan Penelitian Terdahulu

Berdasarkan studi-studi terdahulu mengenai stabilisasi tanah dengan berbagai bahan aditif kimia inovatif dan proporsi campuran yang bervariasi, penulis menemukan kesamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh Simbolon (2017) dalam penggunaan dua bahan aditif yang identik. Periode *curing* (peram) yang diterapkan dalam penelitian ini juga serupa dengan penelitian oleh Al Firdaus (2018), yaitu 1, 3, dan 7 hari. Namun, terdapat perbedaan dengan studi-studi sebelumnya, yakni jenis tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah pasir lanauan yang bersumber dari Kebumen. Bahan aditif yang diaplikasikan terdiri dari gipsum dan semen, dengan periode *curing* selama 1 dan 3 hari. Pengujian dilakukan pada variasi sampel tanah dengan penambahan semen sebesar 3% dan gipsum masing-masing sebesar 1%, 3%, 5%, dengan periode *curing* 1 dan 3 hari untuk evaluasi kuat tekan bebas.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah

Tanah dapat didefinisikan sebagai suatu kumpulan partikel mineral yang tidak terikat oleh semen, serta materi organik, yang dilengkapi dengan air dan udara yang menempati rongga antar partikel. Pembentukan tanah adalah hasil dari proses pelapukan, baik secara mekanis maupun kimiawi. Pelapukan mekanis dipicu oleh faktor-faktor seperti erosi, angin, dan fluktuasi kondisi meteorologi. Sementara itu, pelapukan kimiawi diinduksi oleh kehadiran zat seperti oksigen (O_2), karbon dioksida (CO_2), dan air. Komposisi tanah secara umum terdiri dari tiga unsur utama: air, udara, dan fase padat berupa granular. Kandungan air dalam tanah memiliki dampak signifikan terhadap karakteristik teknisnya, sedangkan pengaruh udara pada sifat teknis tanah dianggap minimal atau dapat diabaikan. Rongga pori dalam struktur tanah dapat diisi oleh dua atau tiga konstituen. Pada kondisi tanah kering, rongga pori hanya terisi oleh udara, sedangkan pada kondisi tanah jenuh, rongga pori tersebut terisi oleh air.

3.1.1 Tanah Berbutir Halus

Tanah yang terdiri dari partikel berukuran halus (*fine-grained-soil*), di mana lebih dari separuh komponennya mampu melewati saringan No. 200, diklasifikasikan sebagai tanah lanau dan lempung. Notasi untuk klasifikasi tanah dalam kelompok ini diawali dengan huruf M untuk lanau anorganik, C untuk lempung anorganik, serta O untuk lanau organik dan lempung organik. Sementara itu, tanah gambut (*peat*) dan tanah lain yang memiliki proporsi bahan organik tinggi.

3.1.2 Tanah Berbutir Kasar

Material tanah yang memiliki butiran kasar, di mana persentase material yang lolos saringan No. 200 kurang dari 50%, meliputi tanah berkerikil dan tanah

berpasir. Simbol yang digunakan untuk mengklasifikasikan kelompok tanah ini diawali dengan huruf G untuk menunjukkan tanah berkerikil (*gravel*) atau tanah berpasir (*sand*).

3.2 Sistem Klasifikasi Tanah

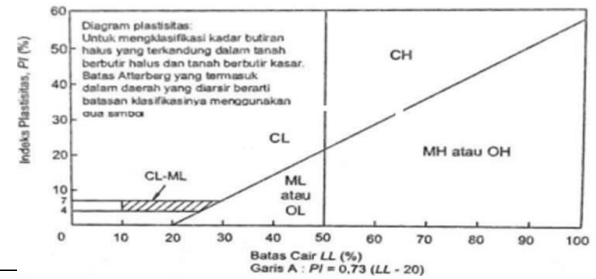
Kategorisasi tanah melibatkan penataan tanah ke dalam kelompok-kelompok berdasarkan sifat-sifat khas yang melekat pada masing-masing jenis tanah. Secara umum, pengelompokan semacam itu dipertimbangkan berdasarkan distribusi ukuran partikel yang ditentukan melalui analisis ayak dan pengujian plastisitas. Sejumlah sistem klasifikasi tanah yang lazim diadopsi termasuk USCS (*Unified Soil Classification system*) dan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*). Masing-masing sistem klarifikasi ini menggabungkan karakteristik indeks tanah, seperti ukuran partikel, batas cair (LL), dan indeks plastisitas (PL), sebagai fondasi untuk stratifikasi mereka.

3.2.1 Sistem Klasifikasi Unified Soil Classification System (USCS)

Dalam sistem klasifikasi USCS, tanah dikategorikan ke dalam dua kelompok besar. Kelompok pertama adalah tanah berbutir halus, seperti lanau atau lempung, yang terdiri dari 50% atau lebih partikel yang melewati saringan nomor 200. Kelompok kedua adalah tanah berbutir kasar, termasuk kerikil dan pasir, di mana 50% atau lebih partikelnya tertahan oleh saringan nomor 200. Adapun rincian kelompok dan sub-kelompok dalam sistem klasifikasi USCS dapat dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut.

Tabel 3. 1 Sistem Klasifikasi USCS

Divisi Utama			Simbol Kelompok	Nama Jenis	Kriteria laboratorium	
Tanah berbutir kasar 50% atau lebih tertahan saringan no.200 (0,075 mm)	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan saringan no.4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus, kurang dari 5% lolos saringan no.200 : GW, GP, SW, SP, Lebih dari 12% lolos saringan no.200 : GM, GC, SM, SC 5%-12% lolos saringan no.200 Batasan klasifikasi yang memenuhi simbol double $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4, \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} \text{ antara 1 dan 3}$ Tidak memenuhi kriteria untuk GW Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PI < 4 Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PI > 7 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6, \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} \text{ antara 1 dan 3}$ Tidak memenuhi kriteria untuk SW Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PI < 4 Batas-batas Atterberg di atas garis A atau PI > 7	
			GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil, atau tidak mengandung butiran halus		
		Kerikil banyak butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir-lempung		
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lempung		
	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan no.4 (4,75 mm)	Pasir bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus		
			SP	Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran		
		Pasir banyak kandungan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau		
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung		
		Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no.200 (0,075 mm)	Lanau dan lempung batas cair < 50% atau kurang	ML		Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung
				CL		Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ("lean clays")
OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah					
Lanau dan lempung batas cair > 50%	MH		Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis			
	CH		Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ("fat clays")			
	OH		Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi			
Tanah dengan kadar organik tinggi			Pt	Gambut ("peat") dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488	



Simbol-simbol yang digunakan pada klasifikasi tersebut adalah sebagai berikut ini.

G	= Kerikil (<i>gravel</i>)
S	= Pasir (<i>sand</i>)
C	= Lempung (<i>clay</i>)
M	= Lanau (<i>silt</i>)
O	= Lanau atau lempung organik (<i>organik silt or clay</i>)
Pt	= Tanah gambut organik tinggi (<i>peat and highly organic soil</i>)
W	= Gradasi baik (<i>well-graded</i>)
P	= Gradasi buruk (<i>poorly-graded</i>)
H	= Plastisitas tinggi (<i>high-plasticity</i>)
L	= Plastisitas rendah (<i>low-plasticity</i>)

3.2.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

Pada dasarnya, sistem klasifikasi AASHTO ini dirancang untuk keperluan perancangan timbunan jalan, lapisan dasar (*subbase*), dan lapisan permukaan bawah (*subgrade*). Klasifikasi ini mengelompokkan tanah ke dalam delapan kategori utama, yakni A1 hingga A8, beserta subkelompoknya. Tanah yang termasuk dalam kelompok A-1, A-2, dan A-3 adalah material granular yang memiliki proporsi partikel lolos saringan No. 200 tidak lebih dari 35%. Sebaliknya, tanah dalam kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7 diklasifikasikan sebagai tanah lanau-lempung dengan lebih dari 35% partikel lolos saringan No. 200. Kelompok A8 secara spesifik diperuntukkan bagi tanah organik tinggi, seperti tanah gambut.

Tanah-tanah tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompok yang dihitung dengan Persamaan 3.1 berikut.

$$GI = (F - 35)[0,2 + 0,005(LL - 40)] + 0,01 (F - 15)(PI - 10) \quad (3.1)$$

Dengan,

GI	= Indeks kelompok (<i>group index</i>)
F	= Persen butiran polos saringan no.200 (0,075 mm)
LL	= Batas cair

PI = Indeks plastisitas

Rincian sistem klasifikasi AASHTO dapat dilihat pada Tabel 3.1 dengan catatan sebagai berikut.

1. Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisnya (PL)
2. Untuk $PL > 30$, klasifikasinya A-7-5,
3. Untuk $PL < 30$, klasifikasinya A-7-6,
4. NP = nonplastis

Sistem klasifikasi AASHTO dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3. 2 Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO

Klasifikasi umum	Material Granuler ($<35\%$ lolos saringan No.200)							Tanah-tanah lanau-lempung ($>35\%$ lolos saringan No. 200)			
Klasifikasi Kelompok	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5/A-7-6
Analisis Saringan (%lolos)											
2,00 mm (no.10)	50 maks							-	-	-	-
0,425 mm (no. 40)	30 maks	50 maks	51 min					-	-	-	-
0,075 mm (no.200)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min
Sifat fraksi lolos saringan no. 40											
Batas Cair (LL)	-	-	-	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks plastis (PI)	6 maks		Np	10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indeks kelompok (G)	0		0	0		4 maks		8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang pokok pada umumnya	Pecahan batu, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir				Tanah berlanu		Tanah berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik							Sedang sampai buruk			

(Sumber: Hardiyatmo,2010)

3.3 Properties Tanah

Karakteristik fisik tanah merepresentasikan tanah atau sifat-sifat yang terkait dengan komponen konstituen massa tanah yang sudah ada. Properti tanah diindikasikan oleh berbagai parameter kuantitatif yang dikenal sebagai properti indeks atau indeks karakteristik fisik tanah, mencakup kelembaban, densitas, rasio densitas, batas penyusutan, batas plastisitas, batas likuiditas, analisis ukuran butir, dan lain sebagainya.

3.3.1 Kadar Air

Kadar air (w) Kadar air adalah perbandingan antara berat air (W_w) dengan berat butiran padat (W_s) dalam tanah tersebut, dinyatakan dalam persen. Kadar air dapat dicari dengan Persamaan 3.2 berikut.

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad (3.2)$$

Keterangan:

W = Kadar air (%)

W_w = Berat air (gram)

W_s = Berat tanah kering (gram)

3.3.2 Berat Volume

Berat volume lembab atau basah adalah perbandingan antara berat butiran tanah termasuk air dan udara (W) dengan volume total tanah (V). Berat volume basah dapat dicari dengan Persamaan 3.3 berikut.

$$yb = \frac{W}{V} \quad (3.3)$$

Keterangan;

yb = Berat volume tanah basah (gram/cm³)

W = Berat tanah total (gram)

V = Volume tanah total (cm³)

3.3.3 Berat Jenis

Massa jenis (G_s) tanah didefinisikan sebagai rasio antara berat volume partikel padat (γ_s) terhadap berat volume air (γ_w) pada suhu 4° C (Hardiyatmo, 2012). Uji massa jenis tanah dilaksanakan untuk menentukan nilai massa jenis tanah berbutir halus. Nilai massa jenis dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.4 yang tertera di bawah ini.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (3.4)$$

Keterangan:

G_s = Berat jenis

γ_s = Berat volume butiran padat (gram/cm³)

γ_w = berat volume air (gram/cm³)

Berikut merupakan nilai berat jenis dari berbagai macam klasifikasi tanah yang dapat dilihat pada Tabel 3.3 dibawah ini.

Tabel 3.3 Berat Jenis Tanah Sesuai dengan Klasifikasinya

Klasifikasi 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
Gambut	1,25 – 1,8

(Sumber: Hardiyatmo 2012)

3.3.4 Batas - Batas Konsistensi (*Atterberg Limit*)

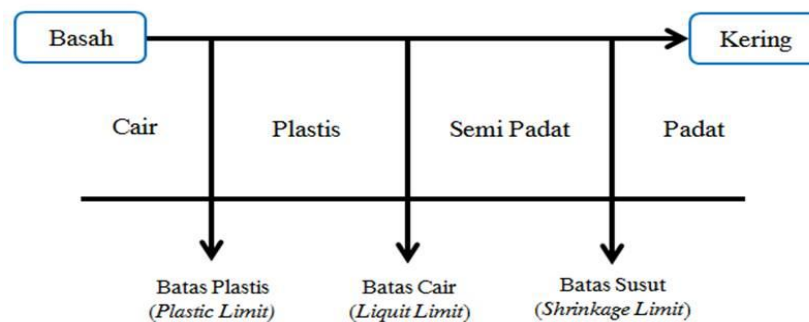
Batas-batas konsistensi terdiri atas batas cair, batas plastis dan batas susut. Tata cara pengujiannya harus mengacu pada:

- a. SNI 1967:2008 untuk batas cair,
- b. SNI 1966:2008 untuk batas plastis dan indeks plastisitas tanah,
- c. SNI 3422:2008 untuk batas susut.

Parameter yang menunjukkan konsistensi berfungsi untuk mendeskripsikan perilaku tanah lempung dan lanau sebagai respons terhadap fluktuasi kadar air. Tanah lempung, yang terdiri dari partikel-partikel halus, memiliki karakteristik plastisitas yang menonjol. Sifat plastisitas ini timbul dari keberadaan partikel mineral lempung dalam massa tanah. Plastisitas mengacu pada kapasitas tanah untuk mengalami deformasi bentuk tanpa mengalami keretakan atau kehancuran, sambil mempertahankan volume yang relatif konstan.

Atterberg (1911) memperkenalkan sebuah metode untuk mengklasifikasikan batas-batas konsistensi tanah-tanah berbutir halus dengan menganalisis variasi kandungan kadar air. Perlu dicatat bahwa kadar air bervariasi di antara berbagai jenis tanah. Posisi struktural tanah berbutir halus pada tingkat kelembapan tertentu dikenal sebagai konsistensi. Batas-batas ini dikategorikan menjadi empat fase:

padat, semi-padat, plastis, dan cair. Kandungan kadar air yang digunakan untuk klasifikasi ini dinyatakan dalam satuan persentase. Berikut adalah pengertian dari batas-batas konsistensi yang diberikan oleh Atterberg (1911). Batas-batas konsistensi tanah dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.

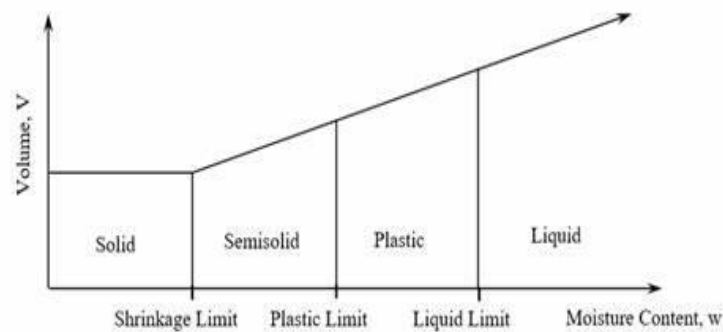


Gambar 3.1 Atterberg Limit

(Sumber: Wesley, 1977)

Kandungan air dalam tanah dapat bermanifestasi dalam wujud cair, plastis, semi padat, atau padat. Konsistensi merujuk pada kondisi fisik tanah berbutir halus pada tingkat kelembapan tertentu. Konsistensi ini dipengaruhi oleh kekuatan kohesif antar partikel mineral lempung. Setiap pengurangan kadar air akan menurunkan ketebalan lapisan kation, yang pada gilirannya memperkuat gaya tarik antar partikel tanah. Ketika tanah berada dalam kondisi plastis, besar sistem gaya antar partikel memungkinkan pergerakan relatif antar partikel dengan mudah sambil mempertahankan kohesi. Penurunan kandungan air akan berdampak pada penyusutan volume tanah (Hardiyatmo, 2012).

Adapun keterkaitan antara kadar air dengan volume total tanah pada batas cair, batas plastis, dan batas susut. Hubungan tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Batas Konsistensi Atterberg

(Sumber : Wesley, 1977)

1. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (LL) didefinisikan sebagai tingkat kelembapan tanah di mana terjadi transisi antara kondisi cair dan plastis, menandakan batas atas zona plastis. Pada kondisi ini, partikel-partikel tanah terdispersi dan ditopang oleh air. Apabila kandungan air menurun, misalnya akibat pengeringan tanah, perubahan volume yang diamati disebabkan oleh hilangnya air yang pada gilirannya mengurangi volume massa tanah.

2. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas Plastis (PL) merepresentasikan tingkat kelembapan ketika suatu tanah beralih dari kondisi plastis ke semi-plastis. Secara spesifik, ini adalah persentase kadar air di mana sampel tanah dengan diameter 3,2 mm akan mulai menunjukkan retakan halus (*hairline cracks*) ketika digulung. Pada titik ini, tanah lempung mengalami perubahan warna yang signifikan.

3. Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Batas susut (SL) tanah adalah tingkat kelembapan yang terletak di antara fase semi-padat dan padat. Ini merujuk pada persentase kandungan air di mana penurunan lebih lanjut dari kelembapan tersebut tidak akan menyebabkan perubahan volume pada tanah..

4. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks plastisitas (PI) Ambang batas kadar air ini mengindikasikan bahwa tanah masih menunjukkan perilaku plastis. Oleh karena itu, indeks plastisitas

mencerminkan karakteristik keplastisan tanah. Tanah dengan nilai indeks plastisitas yang tinggi cenderung memiliki kandungan butiran lempung yang signifikan. Sebaliknya, tanah dengan indeks plastisitas rendah, seperti lanau, mengalami perubahan dramatis antara kondisi kering dan cair hanya dengan sedikit penyesuaian pada kadar airnya; penambahan air sedikit saja dapat membuatnya berfase cair, sementara pengurangan kadar air akan mengeringkannya dengan cepat. Konsep indeks plastisitas, klasifikasi jenis tanah, dan kohesi pertama kali diperkenalkan oleh Atterberg pada tahun 1911. Pada Tabel 3.4 berikut dan peralatan pengujian Atterberg dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut ini.

Tabel 3. 4 Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non plastis	Pasir	Non kohesif
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7 – 17	Plastisitas sedang	Lempung bernalau	Kohesif
>17	Platisitas tinggi	Lempung	Kohesif

(Sumber : Hardiyantmo, 2006)



Gambar 3.3 Peralatan Pengujian Atterberg

(Sumber : Hardiyantmo, 2006)

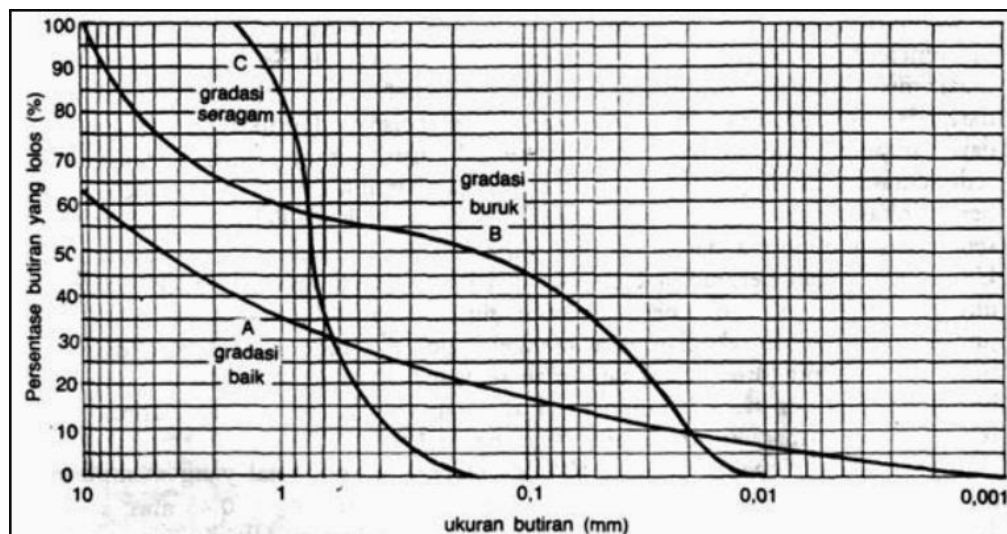
3.4 Pengujian Analisis Butiran

Karakteristik fundamental tanah sangat dipengaruhi oleh disposisi ukuran partikelnya. Dimensi agregat tanah berfungsi sebagai kriteria utama dalam

penamaan serta pengelompokan berbagai jenis tanah. Investigasi mengenai distribusi ukuran partikel dapat dilakukan melalui penggunaan satu set ayakan dengan bukaan yang telah ditentukan secara spesifik (Hardiyatmo, 2012).

3.4.1 Pengujian Analisa Saringan

Evaluasi distribusi ukuran partikel merupakan teknik untuk mengukur proporsi massa agregat tanah yang tertahan pada serangkaian ayakan dengan ukuran bukaan yang bervariasi. Secara konvensional, penentuan distribusi petrografi agregat tanah dapat dicapai melalui dua prosedur eksperimental utama: analisis ayakan (*seive analysis*) dan analisis hidrometer (*hydrometer analysis*). Untuk partikel tanah berdimensi kasar, yang didefinisikan sebagai ukuran melampaui 0,075 mm atau tertahan pada ayakan nomor 200, penentuannya dilakukan melalui proses penyaringan. Sebaliknya, partikel tanah dengan dimensi halus, yaitu berukuran kurang dari 0,075 mm atau lolos ayakan nomor 200, dianalisis menggunakan metode sedimentasi dalam uji hidrometer. Prinsip metodologi pengujian ini didasarkan pada hukum Stokes, yang menjelaskan laju sedimentasi partikel dalam medium cair tersuspensi. Dalam kasus tanah yang mengandung campuran agregat halus dan kasar, pendekatan gabungan dari kedua metode tersebut dapat diterapkan. Analisis ayakan dan analisis hidrometer mengacu pada standar pengujian ASTM D 421-72 (*seive and hydrometer analysis*). Kurva analisis distribusi ukuran butiran dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3.4 Analisis Distribusi Ukuran Butiran

(Sumber: Hardiyatmo, 2010)

3.4.2 Pengujian Analisis Hidrometer

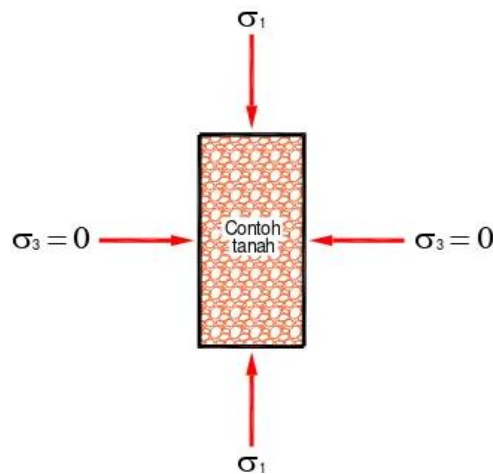
Prosedur pengujian hidrometer dapat dimanfaatkan untuk menentukan distribusi ukuran partikel tanah dengan diameter di bawah 0,075 mm. Prinsip dasar dari analisis hidrometer ini adalah sedimentasi partikel tanah ketika berada dalam medium air. Dalam setting laboratorium, uji hidrometer dilaksanakan menggunakan tabung ukur silindris dengan volume 1000 ml. Untuk pelaksanaan pengujian ini, sebanyak 100 gram sampel tanah kering oven dicampurkan dengan larutan dispersi yang lazim digunakan.

3.5 Pengujian Kuat Tekan Bebas

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kekuatan tekan bebas tanah kohesif dalam kondisi asli, yang dibentuk ulang, atau yang dipadatkan, yang kemudian dikenai beban aksial dengan pengaturan laju regangan. Kuat Tekan Bebas didefinisikan sebagai tegangan tekan yang dialami sampel saat sampel kuat tekan bebas mengalami kegagalan selama uji tekan. Nilai kuat tekan bebas ditetapkan sebagai beban maksimum yang tercapai dibagi dengan luas penampang awal, atau beban per luas penampang pada regangan aksial sebesar 20%, mana saja yang lebih dulu teramati selama pengujian.

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan besarnya kohesi tanah (c), sudut geser dalam tanah (ϕ) dan kuat tekan bebas tanah (q_u). Kuat tekan bebas tanah

adalah besarnya tekanan aksial (kg/cm^2) yang diperlukan untuk menekan suatu silinder tanah sampai pecah atau besarnya tekanan yang memberikan pemendekan tanah hingga 20%, apabila tanah sampai pemendekan 20% tersebut tanah tidak pecah, maka dianggap runtuh. Pada saat pengujian, benda uji diberi tegangan vertikal sedangkan tegangan selnya sama dengan nol. Contoh skema uji tekan bebas dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut.



Gambar 3.5 Skema Uji Tekan Bebas

(Sumber: Hardiyamo, 2012)

Rumus-rumus perhitungan yang digunakan dalam pengujian ini menggunakan Persamaan 3.5 untuk mengetahui kuat tekan bebas sebagai berikut.

$$q_u = \frac{P}{\Delta \text{terkoreksi}} \quad (3.5)$$

Dengan:

q_u = Nilai kuat tekan bebas (kg/cm^2)

P = Total beban pada sampel (kg)

$\Delta \text{terkoreksi}$ = Nilai luas terkoreksi (cm^2)

Perhitungan kohesi tanah dapat dihitung dengan persamaan 3.6 sebagai berikut.

$$c = \frac{q_u}{2tg\alpha} \quad (3.6)$$

Dengan :

c = Kohesi tanah (kg/cm^2)

α = Sudut pecah ($^{\circ}$)

Perhitungan sudut geser dalam tanah dapat dihitung dengan persamaan 3.7 sebagai berikut.

$$\varphi = 2(\alpha - 45^{\circ}) \quad (3.7)$$

Dengan:

φ = Sudut geser dalam tanah ($^{\circ}$)

α = Sudut pecah ($^{\circ}$)

3.6 Stabilisasi Tanah

Dalam rekayasa konstruksi sipil, masyarakat seringkali mengamati lapisan tanah dengan kapasitas pendukung yang terbatas (resistansi rendah). Hal ini berdampak pada berbagai tahapan dalam desain konstruksi, mulai dari tahap perencanaan (desain), pelaksanaan (eksekusi), hingga operasional dan pemeliharaan (*Operational and Maintenance*) (Darwis, 2017). Stabilitas tanah merupakan suatu metode yang dimanfaatkan untuk memperkuat daya dukung lapisan tanah melalui perlakuan spesifik. Oleh karena itu, tujuan utama dari stabilisasi tanah adalah untuk memperbaiki atau meningkatkan kapasitas dukung tanah. Proses stabilisasi yang disebutkan di atas jarang dapat dicapai secara simultan; namun, upaya berkelanjutan harus dilakukan untuk mengoptimalkan parameter yang diinginkan tanpa menimbulkan degradasi pada parameter lainnya. Salah satu metode yang digunakan untuk memperkuat daya dukung lapisan tanah adalah stabilisasi dengan semen (*cement stabilization*) (Darwis, 2017).

Penyesuaian Modifikasi karakteristik tanah asli agar sesuai dengan keperluan konstruksi adalah sebuah strategi yang dapat dipertimbangkan untuk stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah secara umum dapat diartikan sebagai proses penggabungan tanah dengan agen-agen tertentu guna meningkatkan kinerja teknisnya, atau sebagai upaya untuk mengubah atau memperbaiki sifat-sifat teknis tanah agar memenuhi spesifikasi teknis yang ditetapkan. Stabilisasi tanah pada dasarnya dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori utama:

- a. Stabilisasi kimiawi, yang melibatkan penambahan bahan kimia spesifik ke dalam massa tanah, memicu reaksi kimia antara tanah dan aditif yang menghasilkan material komposit dengan properti teknis yang unggul.
- b. Stabilisasi fisik, yang melibatkan penerapan energi melalui pembebanan dinamis atau statis pada lapisan tanah, yang mengakibatkan reorganisasi internal massa tanah dan peningkatan karakteristik lapisan sesuai dengan tujuan yang diinginkan.
- c. Stabilisasi mekanis dilakukan melalui pemadatan tanah. Penelitian ini berfokus pada metode stabilisasi kimiawi, dengan menambahkan asam fosfat (H_3PO_4) dan fly ash sebagai agen stabilisasi pada tanah berbutir halus.

3.7 Semen

Kezdi (1979) menjelaskan bahwa penambahan semen pada tanah berlempung atau berpasir sanggup menaikkan kepadatan maksimal tanah sebesar kira-kira 10%, namun jika diterapkan pada tanah lanau, kepadatan sebenarnya akan mengalami penurunan. Semen berfungsi menurunkan indeks plastisitas tanah kohesif dengan cara meningkatkan batas plastis dan menurunkan batas cair..

Tahapan proses kimia pada stabilisasi tanah menggunakan semen adalah sebagai berikut ini.

- a. Reaksi penyerapan air dan pertukaran ion, ketika semen Portland ditambahkan ke dalam tanah, ion kalsium Ca^+ dilepaskan melalui hidrolisis dan proses pertukaran ion berlanjut pada permukaan partikel tanah liat. Partikel tanah liat menggumpal, memberikan konsistensi tanah yang lebih baik.
- b. Reaksi pembentukan kalsium silikat dan kalsium aluminat;

Contoh-contoh umum hidrasi adalah sebagai berikut:



Dari reaksi-reaksi kimia tersebut di atas, maka reaksi utama yang berkaitan dengan kekuatan ialah hidrasi dari A-lit ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) dan B-lit ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), sehingga membentuk kalsium silikat dan kalsium aluminat yang mengakibatkan kekuatan tanah meningkat.

- c. Reaksi pozzolan antara silika (SiO_2) dan alumina halus (Al_2O_3) terdapat pada tanah liat yang mengandung mineral reaktif yang dapat bereaksi dengan kapur dan air. Hasil reaksinya membentuk kalsium silikat terhidrasi seperti: tobermorit, kalsium aluminat terhidrasi $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ dan gehlenit terhidrasi $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ yang tidak larut dalam air. Pembentukan senyawa-senyawa ini berlangsung lambat dan membuat tanah menjadi lebih keras, padat, dan stabil.

3.8 Gypsum

Gypsum adalah salah satu contoh mineral dengan kadar kalsium yang mendominasi pada mineralnya dimana dalam ilmu kimia, gypsum disebut sebagai Kalsium Sulfat Hidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Limbah gypsum adalah sisa dari pekerjaan pembuatan atau pencetakan profil dari gypsum. Kelebihan dari penggunaan gypsum dalam pekerjaan teknik sipil yaitu (www.minerals.net, 2005).

- a. Gypsum yang dicampur lempung dapat mengurangi retak karena sodium pada tanah tergantikan oleh kalsium pada gypsum sehingga pengembangannya lebih kecil.
- b. Gypsum dapat meningkatkan stabilitas tanah organik karena mengandung kalsium yang mengikat tanah bermateri organik terhadap lempung yang memberikan stabilitas terhadap agregat tanah.
- c. Gypsum meningkatkan kecepatan rembesan air, dikarenakan gypsum lebih menyerap banyak air.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental, yang melibatkan analisis tanah di lingkungan laboratorium serta tinjauan literatur dari publikasi jurnal, buku tekstual, standar industri, dan spesifikasi pengujian. Fase inisial dari investigasi ini mencakup penetapan topik penelitian, perumusan sasaran, identifikasi kontribusi yang diharapkan, serta pengembangan kerangka teoretis yang mendasari seluruh proses penelitian. Selanjutnya, fase persiapan melibatkan pengadaan material yang diperlukan untuk studi ini, diikuti dengan pelaksanaan pengujian di laboratorium. Selama proses pengujian, data dari setiap spesimen tanah yang dianalisis akan dikumpulkan secara cermat. Data yang diperoleh dari masing-masing sampel setelah menjalani prosedur pengujian akan diproses dan dianalisis secara komprehensif, sebelum melanjutkan ke tahap penyusunan laporan dan perumusan kesimpulan berdasarkan temuan dari pengujian yang telah dilaksanakan.

4.2 Lokasi dan Objek

Penelitian Lokasi dan Objek dalam penelitian ini adalah tanah urug TB Einstein, Kebumen, Jawa Tengah. Dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Lokasi Penelitian
(Sumber : Google Earth)

4.3 Pelaksanaan Penelitian

Proses pengambilan data pada penelitian ini mencakup beberapa tahapan, diantaranya :

4.3.1 Persiapan Bahan

Sebelum melakukan penelitian, kita perlu menyiapkan bahan yang akan digunakan dalam penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut ini.

1. Tanah Sampel yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah sampel dari TB Enstein, Kebumen, Jawa Tengah.
2. Bahan tambah semen pada penelitian tugas akhir ini menggunakan semen serta gipsum. Semen dan gipsum ini dapat diperoleh di toko material bangunan tersebut.

4.3.2 Peralatan

Peralatan yang dimanfaatkan dalam studi ini mencakup serangkaian instrumen untuk mengkarakterisasi properti tanah, uji *modified proctor*, serta peralatan pengujian kompresi unconfined di Laboratorium Mekanika Tanah, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas

Islam Indonesia yang berlokasi di Umbulmartani, Ngemplak, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Sejumlah instrumen yang digunakan dalam pengujian dapat diamati pada Gambar 4.2 sampai 4.6.

Peralatan pengujian analisa saringan yang meliputi saringan nomor 4 sampai saringan nomor 200 ditunjukkan pada Gambar 4.2.



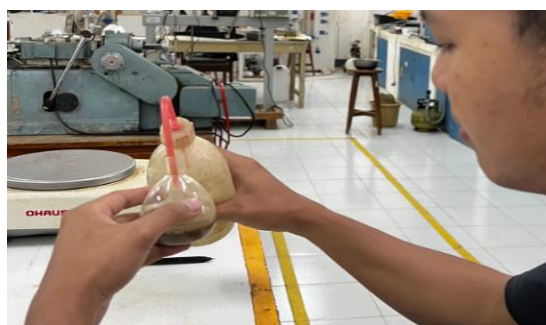
Gambar 4.2 Peralatan Analisa Saringan

Peralatan pengujian atterberg meliputi alat batas cair, peralatan pengujian plastis, cawan, pelat kaca, dan spatula ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Peralatan Pengujian *Atterberg*

Peralatan pengujian berat jenis meliputi piknometer, timbangan, termometer untuk mengukur suhu air, hidrometer, dan oven ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Peralatan Pengujian Berat Jenis

Peralatan pengujian proctor meliputi cetakan silinder proctor, palu pemadat standar, alat timbang, saringan nomor 4, sendok, spatula, panci pencampur, dan penggaris baja ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Peralatan Pengujian Proktor

Peralatan pengujian kuat tekan bebas meliputi cetakan benda uji silinder, alat pengukur dimensi sampel, dan mesin uji tekan bebas ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Peralatan Pengujian Kuat Tekan Bebas

4.3.3 Sampel dan Jenis Pengujian

Pada penelitian ini menggunakan campuran tanah dengan bahan tambah semen dan gipsum, dengan variasi campuran dapat dilihat pada Tabel 4.1 sampai Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.1 Campuran Semen dan Gypsum

No	Variasi Campuran	Keterangan
1	Tanah Asli (200 gram) + Semen 0%	% x berat tanah
2	Tanah Asli (200 gram) + Semen 3%	% x berat tanah
3	Tanah Asli (200 gram) + Gypsum 1%	% x berat tanah
4	Tanah Asli (200 gram) + Gypsum 3%	% x berat tanah
5	Tanah Asli (200 gram) + Gypsum 5%	% x berat tanah
6	Tanah Asli (200 gram) + Semen 3% + Gypsum 1%	% x berat tanah
7	Tanah Asli (200 gram) + Semen 3% + Gypsum 3%	% x berat tanah
8	Tanah Asli (200 gram) + Semen 3 % + Gypsum 5%	% x berat tanah

Sampel yang digunakan untuk setiap pengujian berjumlah dua. Tujuan penetapan jumlah ini adalah untuk memfasilitasi perbandingan antara kedua sampel tersebut. Rincian mengenai jenis pengujian yang akan dilakukan beserta jumlah sampel yang dialokasikan dapat ditinjau pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Jumlah Sampel Tanah Setiap Pengujian

No	Jenis Pengujian	Sampel Tanah	Satuan
1	Pengujian Sifat Fisik Tanah Asli		
	a. Pengujian Analisa Saringan	2	Sampel
	b. Pengujian Atterberg	2	Sampel
	c. Pengujian Berat Jenis	2	Sampel
2	Pengujian Modified Proctor	2	Sampel
3	Pengujian Tekan Bebas		
	a. Tanah Asli	2	Sampel
	b. Pemeraman 1 Hari		
	1) Tanah Asli + Semen 3%	2	Sampel
	2) Tanah Asli + Gypsum 1%	2	Sampel
	3) Tanah Asli + Gypsum 3%	2	Sampel
	4) Tanah Asli + Gypsum 5%	2	Sampel
	5) Tanah Asli + Semen 3% + Gypsum 1%	2	Sampel
	6) Tanah Asli + Semen 3% + Gypsum 3%	2	Sampel
	7) Tanah Asli + Semen 3% + Gypsum 5%	2	Sampel
	c. Pemeraman 3 Hari		
	1) Tanah Asli + Semen 3%	2	Sampel
	2) Tanah Asli + Gypsum 1%	2	Sampel
	3) Tanah Asli + Gypsum 3%	2	Sampel
	4) Tanah Asli + Gypsum 5%	2	Sampel
	5) Tanah Asli + Semen 3% + Gypsum 1%	2	Sampel
	6) Tanah Asli + Semen 3% + Gypsum 3%	2	Sampel

	7) Tanah Asli + Semen 3% + Gypsum 5%	2	Sampel
--	---	---	--------

4.3.4 Pengujian yang Dilakukan

Pengujian yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pengujian analisa saringan (*sieve analysis*) dengan tanah asli,
2. Pengujian *atterberg* dengan tanah asli,
3. Pengujian berat jenis tanah dengan tanah asli,
4. Pengujian pemadatan tanah (*modified proctor test*) dengan tanah asli,
5. Pengujian kuat tekan bebas dengan pemeraman selama 1 hari dan 3 hari dengan campuran semen 3%, gipsium 1%, 3% dan 5%, serta semen 3% + gipsium 1%, 3% dan 5%.

4.3.5 Langkah penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.

1. mencari dan mempelajari literatur dan penelitian yang berkaitan dengan topik penelitian ini,
2. mengumpulkan referensi yang diperlukan dalam penelitian,
3. merumuskan masalah yang akan dilakukan penelitian,
4. menentukan tujuan penelitian,
5. melakukan pengujian seperti yang dijelaskan diatas, dan
6. menyimpulkan hasil dari pengujian.

4.3.6 Tahap Analisis Data dan Pembahasan

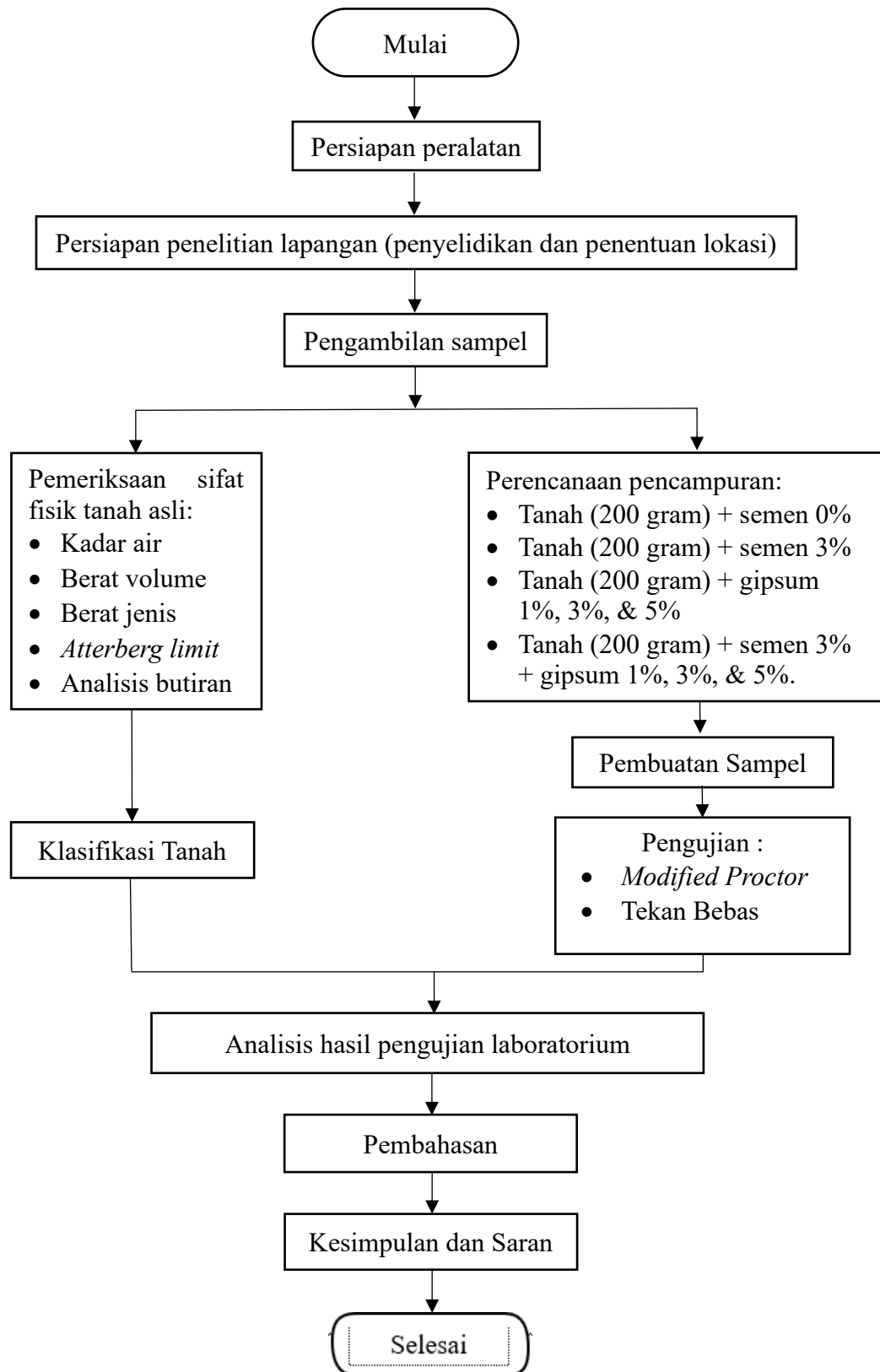
Data-data yang didapat kemudian dianalisis dan diolah untuk dapat diketahui jawaban dari rumusan masalah yang telah direncanakan. Sehingga dapat dihasilkan hasil data yang diharapkan.

4.3.7 Tahap Kesimpulan

Pada tahap kesimpulan dijelaskan hasil yang telah didapat dari data yang telah dianalisis pada tahap analisis data dan pembahasan, pada tahap ini dijelaskan kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

4.4 Bagan Alir Penelitian

Untuk memastikan penelitian yang dilaksanakan terfokus dan menghasilkan output yang optimal, penyusunan bagan alir yang mencerminkan sistematika kerja penelitian yang tepat. Diagram alir yang berkaitan dengan penelitian ini disajikan pada Gambar 4.7 berikut.



Gambar 4.7 FlowChart Penelitian

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan mempresentasikan hasil dari penelitian yang mencakup karakteristik fisik dan mekanik tanah. Uji coba ini dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Data yang dihasilkan dari pelaksanaan pengujian tersebut disajikan di bawah ini.

5.1 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil sifat fisik tanah dan mekanis tanah sebagai berikut.

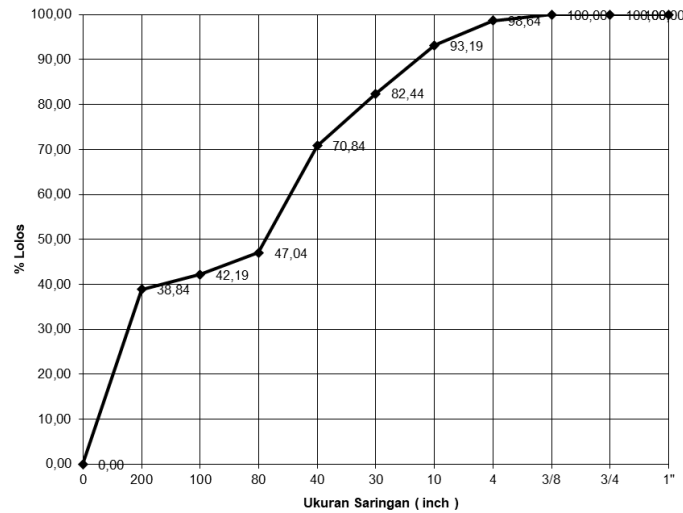
5.1.1 Pengujian Berat Jenis

Berat jenis tanah sering juga disebut *specific gravity*, dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara berat isi butir tanah dengan berat isi air. Nilai daripada berat isi butir tanah adalah perbandingan antara berat butir tanah dengan volumenya. Sedangkan berat isi air adalah perbandingan antara berat air dengan volume airnya, biasanya mendekati nilai 1 gr/cm^3 . Jika terdapat keadaan dimana volume butiran tanah sama dengan volume air, maka dengan demikian berat jenis tanah dapat diambil sebagai perbandingan, diukur pada suhu tertentu antara berat butir tanah dengan berat air suling. Berdasarkan pengujian diperoleh hasil berat jenis pada sampel I sebesar $1,410 \text{ gram/cm}^3$ dan sampel II sebesar 1,414. Maka diperoleh berat jenis spesifik massa tanah (Gs) sebesar 1,412.

5.1.2 Pengujian Analisis Granuler

Pengujian ini terdiri dari pengujian analisis butiran. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan persentase ukuran butiran yang tertahan saringan no.200 serta mengetahui gradasi agregat kasar dan agregat halus dengan 2 sampel. Hasil

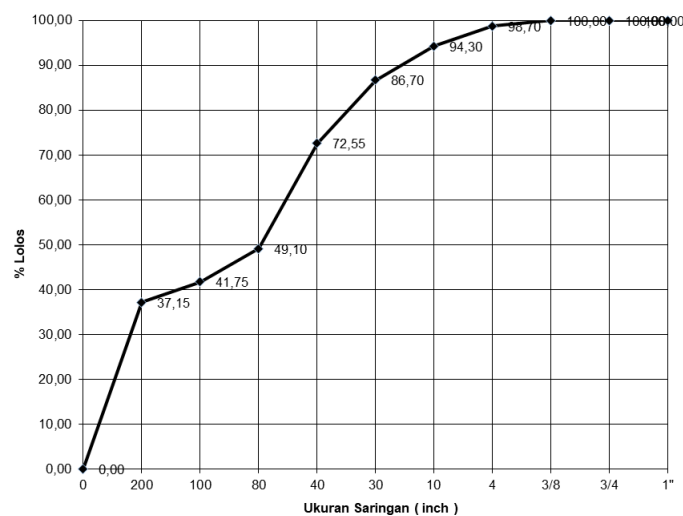
pengujian sampel I dan II analisis saringan dapat dilihat pada gambar grafik 5.1 sampai 5.3 berikut.



Gambar 5. 1 Grafik Hasil Pengujian Analisis Granuler Sampel 1

Komposisi :

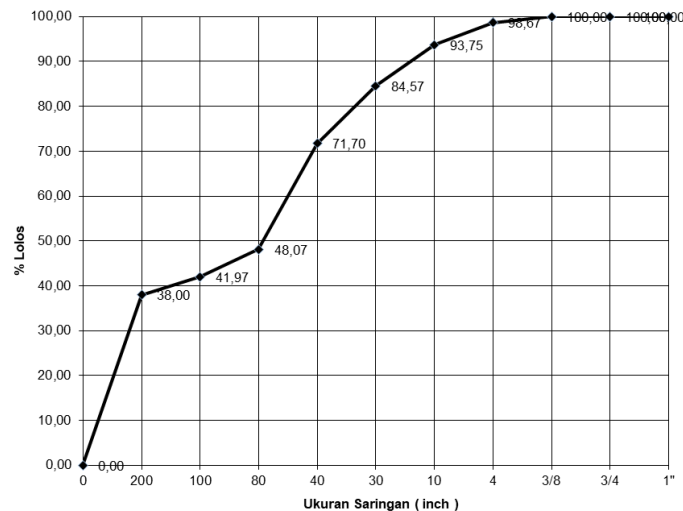
1. Gravel = $100\% - 98,64\%$
= 1,36%
2. Pasir = $98,64\% - 38,84\%$
= 59,80%
3. Butiran Halus = 38,84%



Gambar 5. 2 Grafik Hasil Pengujian Analisis Granuler Sampel 2

Komposisi :

1. Gravel = $100\% - 98,70\%$
= $1,30\%$
2. Pasir = $98,70\% - 37,15\%$
= $61,55\%$
3. Butiran Halus = $37,15\%$



Gambar 5.3 Grafik Hasil Pengujian Analisis Granuler Gabungan

Komposisi :

1. Gravel = $100\% - 98,67\%$
= $1,33\%$
2. Pasir = $98,67\% - 38,00\%$
= $60,67\%$
3. Butiran Halus = $38,00\%$

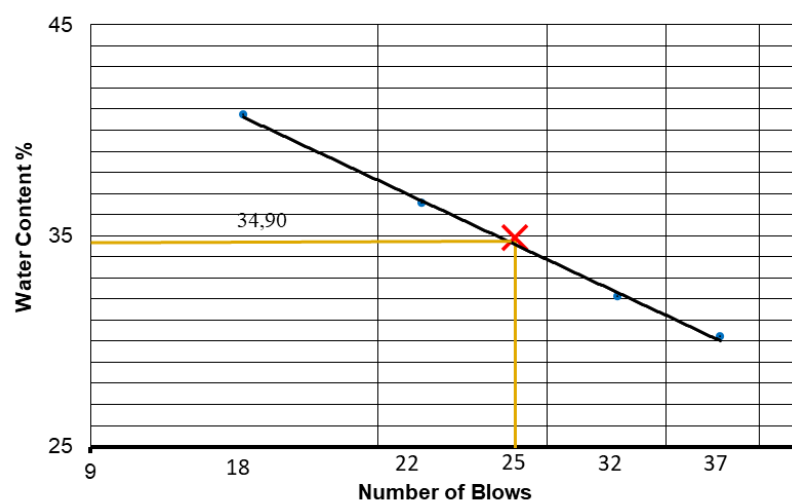
Berdasarkan data gabungan dari analisis granuler yang disajikan dalam 5.3, ditemukan bahwa proporsi tanah yang diklasifikasikan sebagai kerikil (ukuran butiran lolos saringan no.200) adalah $1,33\%$. Selanjutnya, proporsi yang diklasifikasikan sebagai pasir adalah $60,67\%$, dan proporsi yang diklasifikasikan sebagai butiran halus adalah $38,00\%$.

5.1.3 Pengujian Batas-Batas Atterberg

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan batas-batas konsistensi dengan mempertimbangkan kadar air yang terkandung dalam tanah asli tersebut.

1. Batas Cair, LL $= \frac{30,32+32,09+36,55+40,73}{4}$
 $= 34,90\%$
2. Batas Plastis, PL $= \frac{28,66+32,07}{2}$
 $= 30,37\%$
3. Indeks Plastis, PI $= 34,90\% - 30,37\%$
 $= 4,53\%$

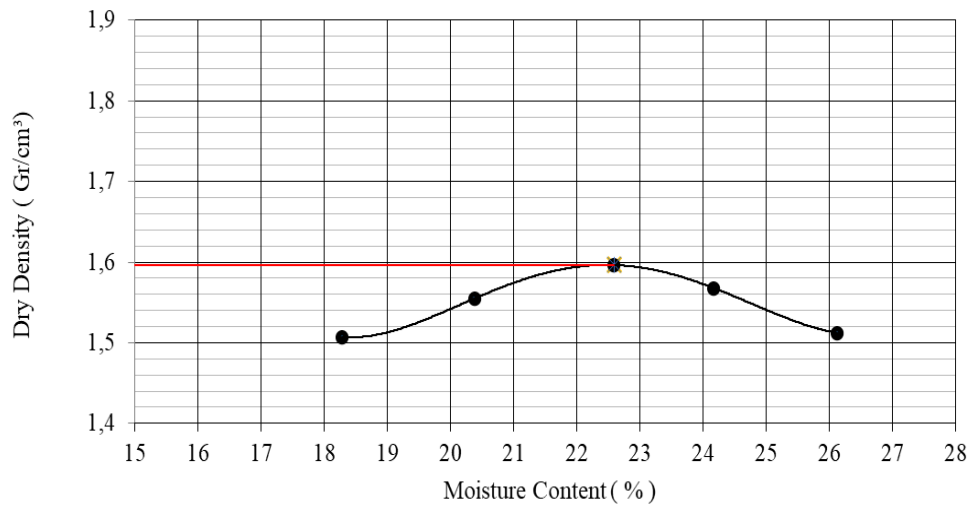
Diperoleh grafik perbandingan antara kadar air dengan jumlah pukulan yang dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut



Gambar 5. 4 Grafik Perbandingan Kadar Air dan Jumlah Pukulan

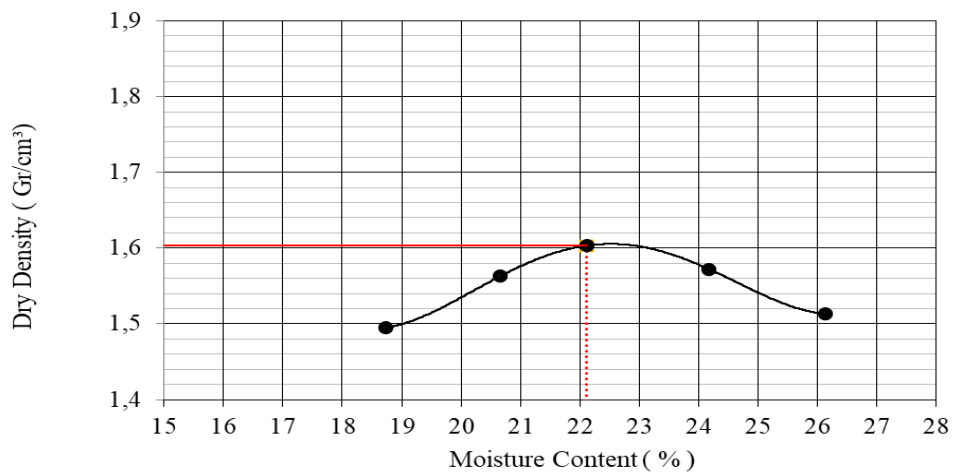
5.2 Pengujian Pemadatan Tanah

Penelitian ini dirancang untuk mengidentifikasi nilai kepadatan kering maksimum (*maximum dry density*/MDD) serta kadar air optimal (*optimum moisture content*, OMC). Hasil data dari pengujian kepadatan tanah untuk sampel I dan II disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 5.5 dan 5.6.



Gambar 5. 5 Grafik Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Sampel 1

Berdasarkan Gambar 5.5 diatas diperoleh nilai kadar air optimum (OMC) sebesar 22,59 % dan nilai kepadatan maksimum (MDD) sebesar 1,593 gr/cm³.



Gambar 5. 6 Grafik Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Sampel 2

Berdasarkan Gambar 5.6 diatas diperoleh nilai kadar air optimum (OMC) sebesar 22,36 % dan nilai kepadatan maksimum (MDD) sebesar 1,603 gr/cm³.

Dari kedua grafik diatas didapatkan gabungan nilai kadar air optimum (OMC) dan nilai kepadatan maksimum (MDD) untuk sampel tanah dari Kebumen adalah 1,558 gram/cm³ dan 22,46%.

5.3 Pengujian Kuat Tekan Bebas

Pengujian kuat tekan bebas bertujuan untuk menentukan besarnya sudut geser dalam (ϕ), kohesi (C_u) dan kuat tekan bebas (q_u). Pengujian kuat tekan bebas pada penelitian Tugas Akhir ini terdiri dari pengujian kuat tekan bebas tanah asli dan pengujian kuat tekan bebas tanah asli dengan menggunakan bahan tambah stabilisasi yaitu semen & gipsum. Bahan tambah semen dengan presentase sebesar 3% serta gipsum dengan presentase sebesar 1%, 3%, dan 5% terhadap berat sampel uji, serta dengan lama pemeraman masing masing 1 hari dan 3 hari.

5.3.1 Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli

Berikut merupakan contoh hasil perhitungan dari pengujian kuat tekan bebas tanah asli sampel 1 sebagai berikut.

$$\text{LRC} = 0,506 \text{ kg/div}$$

$$\text{Luas AO} = 10,636 \text{ cm}^2$$

$$\text{Tinggi Lo} = 7,13 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Total deformation } \Delta L &= \frac{280}{1000} \\ &= 0,28 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pembacaan load dial} = 20$$

$$\begin{aligned} \text{Total load, P} &= 20 \times 0,506 \\ &= 10,12 \text{ kg} \end{aligned}$$

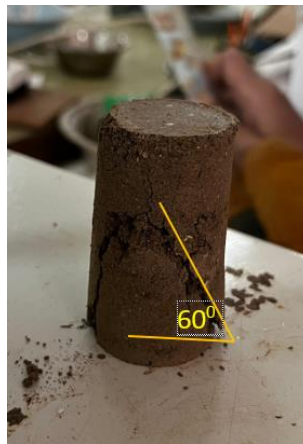
$$\begin{aligned} \text{Regangan, } \epsilon &= \frac{\Delta L}{L_o} \\ &= \frac{0,28}{7,13} \\ &= 3,927 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas terkoreksi, A} &= \frac{A_o}{1-\epsilon} \\ &= \frac{10,636}{1-0,944} \\ &= 9,624 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan, } \sigma &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{10,12}{9,624} \\ &= 0,951 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Pada pembacaan dial 280 terbaca dial beban 20 dengan beban 10,12 kg. Tegangan, $q_u = \sigma = \frac{P}{A} = 0,951 \text{ kg/cm}^2$, setelah sampel mencapai beban maksimumnya, sampel akan mengalami keruntuhan atau retak, maka dilakukan pengukuran sudut pada retakan yang ada pada sampel tanah tersebut.

Dari hasil pembacaan beban maksimum dan sudut keruntuhan dapat dihitung kohesi (C_u) dan sudut geser dalam (ϕ). Dari hasil pengujian didapatkan $\alpha = 60^\circ$, dapat dilihat pada gambar 5.7 berikut.



Gambar 5. 7 Sudut Retakan Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli

$$\begin{aligned} \text{Kohesi } C_u &= \frac{q_u}{2 \times \tan \alpha} \\ &= \frac{0,951}{2 \times \tan 60} \\ &= 0,275 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Berikut contoh perhitungan sudut geser dalam pada tanah asli.

$$\begin{aligned} \text{Sudut geser dalam} &= 2 \times (\alpha - 45^\circ) \\ &= 2 \times (60^\circ - 45^\circ) \\ &= 30^\circ \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas, didapatkan rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan geser tanah asli yang dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut ini.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli

Pengujian Kuat Tekan Bebas	α (°)	q_u (kg/cm ²)	Kohesi, c (kg/cm ²)	Sudut Geser Dalam, ϕ (°)
Sampel 1	60	0,951	0,275	30
Sampel 2	61	0,856	0,237	32
Rata-rata	60,5	0,903	0,256	31

Hasil pengujian kuat tekan geser tanah asli menunjukkan bahwa nilai kuat tekan bebas (q_u), kohesi (C_u) dan sudut geser dalam dari sampel tanah dari TB Enstein Kebumen adalah 0,903 kg/cm² (nilai kuat tekan geser), 0,256 kg/cm² (kohesi) dan 31° (sudut geser dalam).

5.3.2 Pengujian Kuat Tekan Geser Tanah dengan Semen dan Gypsum

Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan geser tanah asli dengan campuran bahan stabilisasi berupa semen dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut ini.

Tabel 5.2 Rekapitulasi Pengujian Kuat Tekan Bebas dengan Semen dan Gypsum

Variasi	Sampel	Pemeraman 1 Hari			Pemeraman 3 Hari		
		q_u	Kohesi, c_u	Sudut Geser Dalam, ϕ	q_u	Kohesi, c_u	Sudut Geser Dalam, ϕ
		kg/cm ²	kg/cm ²	(°)	kg/cm ²	kg/cm ²	(°)
Tanah Asli + Semen 3%	1	1,402	0,373	34	1,354	0,360	38
	2	1,210	0,322	34	1,262	0,342	34
	Rata-rata	1,306	0,347	34	1,308	0,351	36
Tanah Asli + Gypsum 1%	1	1,042	0,301	30	1,065	0,295	32
	2	1,086	0,314	30	1,123	0,337	32
	Rata-rata	1,064	0,307	30	1,094	0,316	32
Tanah Asli +	1	1,100	0,292	34	1,207	0,307	36
	2	1,222	0,353	30	1,267	0,351	32

Gypsum 3%	Rata- rata	1,161	0,322	32	1,237	0,329	34
Tanah	1	1,256	0,320	36	1,348	0,343	36
Asli +	2	1,356	0,376	32	1,412	0,391	32
Gypsum 5%	Rata- rata	1,306	0,347	34	1,380	0,367	34
Tanah	1	1,404	0,358	36	1,492	0,380	36
Asli +	2	1,450	0,402	32	1,552	0,362	40
Semen 3% & Gypsum 1%	Rata- rata	1,427	0,379	34	1,522	0,371	38
Tanah	1	1,971	0,478	36	2,164	0,528	38
Asli +	2	2,025	0,468	36	2,404	0,535	42
Semen 3% & Gypsum 3%	Rata- rata	1,998	0,473	36	2,284	0,532	40
Tanah	1	2,126	0,535	34	2,590	0,550	44
Asli +	2	2,156	0,509	64	2,644	0,616	40
Semen 3% & Gypsum 5%	Rata- rata	2,141	0,522	36	2,617	0,582	42

5.4 Pembahasan

Penelitian yang dilakukan dalam Tugas Akhir ini berfokus pada analisis sifat dan karakteristik sampel tanah asli serta sampel tanah yang telah dimodifikasi dengan penambahan bahan stabilisasi berupa semen dan gipsum. Pengambilan sampel tanah untuk penelitian ini bersumber dari lokasi TB Einstein di Kebumen. Diskusi hasil penelitian dalam Tugas Akhir ini disusun berdasarkan data empiris yang telah diperoleh dan dipresentasikan pada bagian pembahasan sebelumnya.

5.5.1 Tanah Asli

1. Sifat Fisik Tanah Asli

Rekapitulasi dari hasil pengujian yang telah dilakukan untuk menentukan sifat fisik dan karakteristik pada tanah asli dari Kebumen yang dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut ini.

Tabel 5.3 Rekapitulasi Hasil Pengujian Fisik Tanah Asli

No.	Pengujian	Satuan	Hasil
1	Analisis butiran tanah		
	% Lolos saringan #200	%	-
	Kerikil	%	1,33
	Pasir	%	60,68
	Butiran Halus	%	38,00
2	Batas-batas konsistensi		
	Batas cair (LL)	%	34,90
	Batas plastis (PL)	%	30,37
	Indeks plastisitas (PI)	%	4,53
3	Proctor modifed		
	Kadar air optimum (OMC)	%	22,46
	Nilai kepadatan maksimum (MDD)	gram/cm ³	1,558

2. Klasifikasi Tanah Berdasarkan *Unified Soil Classification System* (USCS)

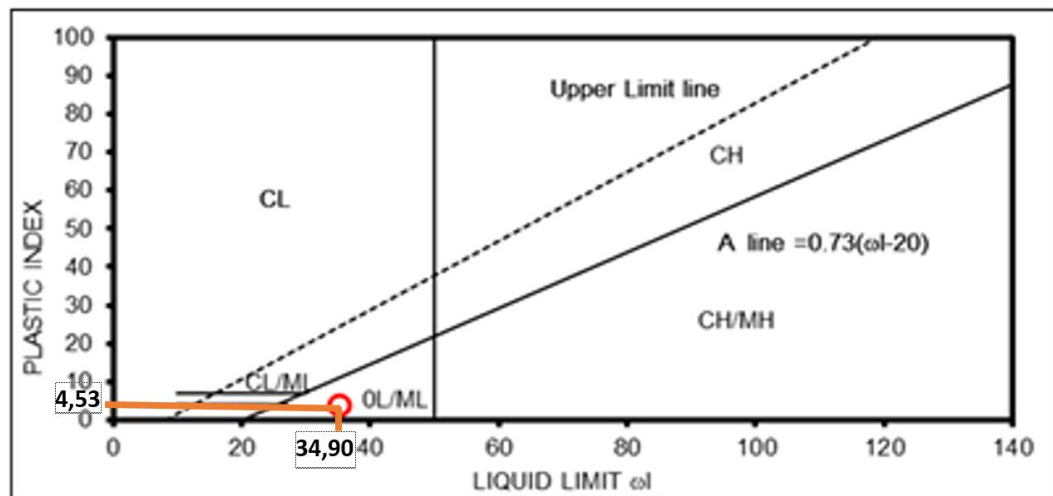
Klasifikasi tanah menurut *Unified Soil Classification System* (USCS) dapat diidentifikasi melalui Tabel 3.1. Berdasarkan kriteria tersebut, 74 klasifikasi tanah dalam *Unified Soil Classification System* (USCS) dapat dicapai melalui tahapan-tahapan berikut.

a. Divisi Utama

Klasifikasi utama tanah ditentukan melalui analisis persentase tanah yang melewati saringan No. 200 serta pengujian batas cair. Hasil pengujian saringan menunjukkan bahwa 38,00% tanah melewati saringan No. 200 (ukuran 0,075 mm), dengan nilai batas cair 34,90%. Berdasarkan kriteria klasifikasi tanah yang mengacu pada proporsi partikel halus kurang dari 5% melewati saringan No. 200 (GW, GP, SW, SP); lebih dari 12% melewati saringan No. 200 (GC, SM, SC); dan antara 5% hingga 12% melewati saringan No. 200 untuk klasifikasi dengan simbol ganda sampel tanah ini tergolong dalam divisi yang sesuai.

b. Jenis Kelompok

Klasifikasi kelompok tanah ditentukan berdasarkan hasil analisis batas cair, batas plastis, serta indeks plastisitas. Melalui serangkaian pengujian batas-batas konsistensi (*Atterberg limits*), teridentifikasi nilai batas cair (LL) sebesar 34,90%, batas plastis (PL) sebesar 30,37%, dan indeks plastisitas (PI) sebesar 4,53%. Penentuan kelas tanah lebih lanjut dapat dicapai dengan memplot nilai batas cair dan indeks plastisitas pada grafik karakteristik tanah serta tabel klasifikasi menggunakan sistem klasifikasi tanah terpadu (*Unified Soil Classification System* - USCS). Hasil dari klasifikasi tanah dengan metode USCS tersaji pada Gambar 5.9 di bawah ini.



Gambar 5.8 Grafik Karakteristik Tanah Asli Berdasarkan Metode USCS

Berdasarkan ilustrasi pada Gambar 5.8, diperoleh nilai batas cair sebesar 34,90% dan indeks plastisitas sebesar 4,53%. Dengan demikian, sampel tanah ini dapat diklasifikasikan ke dalam kategori ML atau OL. Klasifikasi lebih lanjut mengenai jenis tanah ini, sesuai dengan *unified soil classification system* (USCS) beserta simbol kelompok tanahnya, disajikan dalam Gambar 5.9 dan Gambar 5.10.

Dvisi Utama	Simbol Kelompok	Nama Jenis	Kriteria laboratorium
Tanah berbutir kasar 50% atau lebih bertahan saringan no.200 (0,075 mm)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3
		GP	Tidak memenuhi kriteria untuk GW
	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir-lempung	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$
		GC	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$
	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3
		SP	Tidak memenuhi kriteria untuk SW
	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$
		SC	Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$
	CL	Clay of Low Plasticity	Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol
		CH	Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol

Gambar 5.9 Klasifikasi Tanah Asli Berdasarkan Metode USCS

Klasifikasi Tanah	
Simbol Kelompok	Nama Kelompok ^a
GW	Kerikil ^E bergradasi baik
GP	Kerikil ^E bergradasi jelek
GM	Kerikil ^{E, F, G} lanauan
GC	Kerikil ^{E, F, G} lempungan
SW	Pasir ^F bergradasi baik
SP	Pasir ^F bergradasi jelek
SM	Pasir ^{F, G, J} lanauan
SC	Pasir ^{F, G, J} lempungan
CL	Lempung ^{K, L, M} rendah
ML	Lanau ^{K, L, M}
OL	Lempung ^{K, L, M, N} organik
CH	Lanau ^{K, L, M, O} organik
	Lempung ^{K, L, M} tinggi
MH	Lanau ^{K, L, M} elastis
OH	Lempung ^{K, L, M, P} organik
	Lempung ^{K, L, M, O} organik
PT	Gambut

Gambar 5.10 Simbol Kelompok Metode USCS

Berdasarkan tinjauan klasifikasi tanah menurut *unified soil classification system* (USCS) yang telah diuraikan, dapat disimpulkan bahwa sampel tanah yang berasal dari Kebumen tergolong dalam klasifikasi tanah berdasarkan proporsi partikel halus. Klasifikasi ini mencakup tanah dengan kurang dari 5% melewati saringan nomor 200 (GW, GP, SW, SP), serta tanah dengan lebih dari 12% melewati saringan nomor 200 (GC, SM, SC). Untuk sampel dengan 5%-12% partikel melewati saringan nomor.200, klasifikasi ini berada pada batasan yang memerlukan simbol ganda. Sampel tersebut termasuk dalam kelompok SM, yang didefinisikan sebagai pasir berlanau atau campuran antara pasir dan lanau.

3. Klasifikasi Tanah Berdasarkan *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO)
 - a. Berdasarkan hasil pengujian analisis saringan, klasifikasi umum yang diperoleh menunjukkan bahwa 38,00% tanah lolos melalui saringan No. 200 (0,075 mm). Dengan demikian, sampel tanah ini dapat dikategorikan sebagai lanau, mengingat lebih dari 35% material lolos dari saringan No. 200.

- b. Pengelompokan klasifikasi material ditentukan berdasarkan persentase tanah yang melewati saringan No. 200, batas cair, indeks plastisitas, dan indeks kelompok, yang dapat diimplementasikan melalui tahapan-tahapan berikut.
- i) Dalam analisis pengujian analisis saringan, didapati bahwa 38,00% massa tanah berhasil melewati ayakan nomor 200.
 - ii) Dalam evaluasi properti konsistensi tanah (*Atterberg limit*), hasil menunjukkan batas cair sebesar 34,90%, batas plastis sebesar 30,37%, dan indeks plastisitas sebesar 4,53%. Klasifikasi tanah berdasarkan analisis ini mengindikasikan posisi dalam Grup A-4..
 - iii) Nilai Indeks Kelompok (GI) dihitung berdasarkan Persamaan 3.1 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 GI &= (F-35) [0,2 + 0,005 (LL-40)] + 0,01 (F-15) (PL-10) \\
 &= (37,08 - 35) [0,2 + 0,005 (35,23 - 40)] + 0,01 (37,08 - 15) \\
 &\quad (31,31 - 10) \\
 &= 5,06 \%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, sampel tanah tersebut telah memenuhi kriteria yang ditetapkan untuk klasifikasi dalam kelompok A-4. Kriteria ini mencakup proporsi partikel yang lolos saringan No. 200 minimal sebesar 36%, batas cair maksimum sebesar 40%, indeks plastisitas maksimum sebesar 10%, dan indeks kelompok maksimum sebesar 8%.

- c. Berdasarkan hasil klasifikasi kelompok, jenis material utama yang teridentifikasi menunjukkan bahwa sampel tanah termasuk dalam kategori material pokok tanah pasir berlanau.
- d. Berdasarkan data penelitian jenis tanah lanau-lempung, evaluasi menyeluruh terhadap sampel tanah yang dianalisis menunjukkan bahwa tanah tersebut dikategorikan sebagai berfasilitas sedang hingga buruk sebagai tanah dasar..

Hasil klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut ini.

Klasifikasi umum	Material Granuler ($<35\%$ lolos saringan No.200)							Tanah-tanah lanau-lempung ($>35\%$ lolos saringan No. 200)			
Klasifikasi Kelompok	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5/A-7-6
Analisis Saringan (%lolos)											
2,00 mm (no.10)	50 maks							-	-	-	-
0,425 mm (no. 40)	30 maks	50 maks	51 min					-	-	-	-
0,075 mm (no.200)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min
Sifat fraksi lolos saringan no. 40											
Batas Cair (LL)	-	-	-	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks plastis (PI)	6 maks		Np	10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indeks kelompok (G)	0		0	0		4 maks		8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang pokok pada umumnya	Pecahan batu, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik							Sedang sampai buruk			

Gambar 5.11 Hasil Klasifikasi Tanah Asli Berdasarkan AASHTO

Klasifikasi tanah menggunakan metode AASHTO menunjukkan bahwa sampel tanah termasuk dalam kelompok A-4, yang mengindikasikan jenis tanah berlanau dengan kualitas tanah dasar yang sedang hingga rendah. Kesimpulannya, berdasarkan sistem USCS, tanah asli dari Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen, Provinsi Jawa Tengah dapat digolongkan sebagai tanah pasir berlanau dengan klasifikasi SM, dan menurut sistem AASHTO, tanah tersebut masuk dalam kelompok A-4..

5.5.2 Pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*)

Penelitian mengenai kekuatan tekan bebas ini dirancang untuk menentukan tingkat kekuatan geser tanah asli, serta tanah yang telah dimodifikasi dengan penambahan bahan atau campuran yang divariasikan bersama semen & gipsum, dengan periode pengujian pada 1 hari dan 3 hari. Prosedur pengujian ini dilaksanakan pada kondisi tanah yang memiliki kadar air optimal. Beban aksial diterapkan pada uji secara bertahap, dengan durasi waktu yang telah ditetapkan, hingga uji menunjukkan tanda-tanda keretakan atau kegagalan struktural.

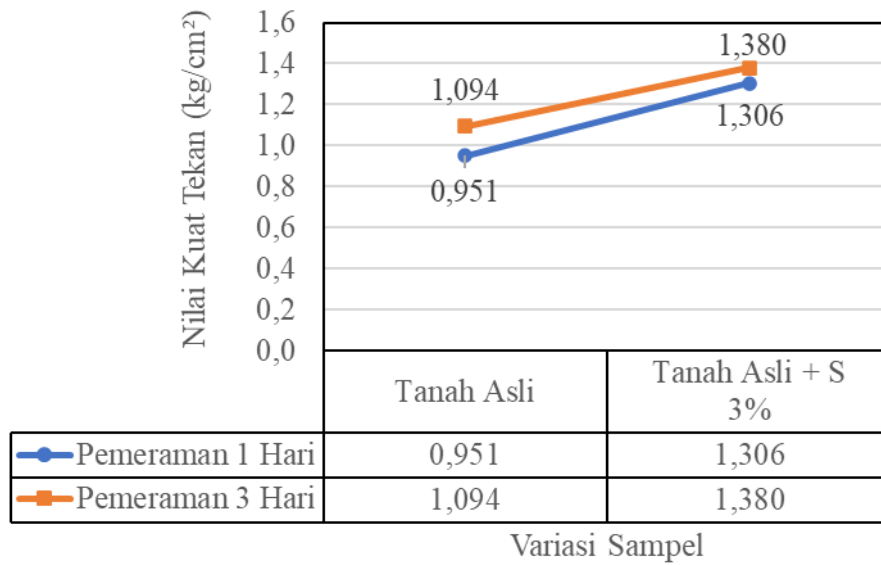
1. Analisis Kuat Tekan Bebas (q_u)

Perbandingan nilai kuat tekan bebas tanah pada pengujian kuat tekan bebas dalam menggunakan bahan tambah atau campuran semen & gipsum dengan lama pemeraman 1 hari dan 3 hari dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut ini.

Tabel 5.4 Rekapitulasi Nilai Kuat Tekan Bebas

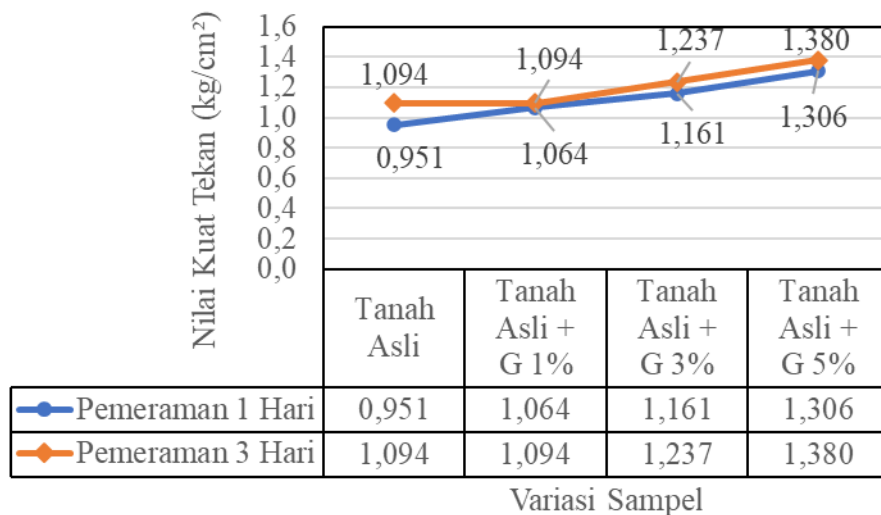
Keterangan	Nilai Kuat Tekan Bebas (kg/cm ²)	
	1	3
Pemeraman (hari)	1	3
Tanah + Semen 0%	0,951	1,094
Tanah + Semen 3%	1,306	1,380
Tanah + Gypsum 1%	1,064	1,094
Tanah + Gypsum 3%	1,161	1,237
Tanah + Gypsum 5%	1,306	1,380
Tanah + Semen 3% & gypsum 1%	1,427	1,522
Tanah + semen 3% & gypsum 3%	1,998	2,284
Tanah + semen 3% & gypsum 5%	2,141	2,617

Nilai kekuatan tekan tanah asli dalam kondisi asli adalah 1,094 kg/cm² setelah periode pemeraman selama 3 hari. Kekuatan ini menunjukkan peningkatan setelah tanah asli dicampur dengan bahan tambahan berupa semen dan gipsum. Nilai tertinggi untuk kekuatan geser tanah terjadi pada variasi campuran 3% semen dan 5% gipsum, dengan periode pemeraman 3 hari, di mana kekuatan tekan bebas (q_u) mencapai 2,617 kg/cm². Perbandingan hasil pengujian kekuatan tekan bebas, serta grafiknya terhadap lama pemeraman, dapat diamati pada Gambar 5.12 sampai Gambar 5.14.



Gambar 5.12 Grafik Nilai Kuat Tekan Variasi S 3%

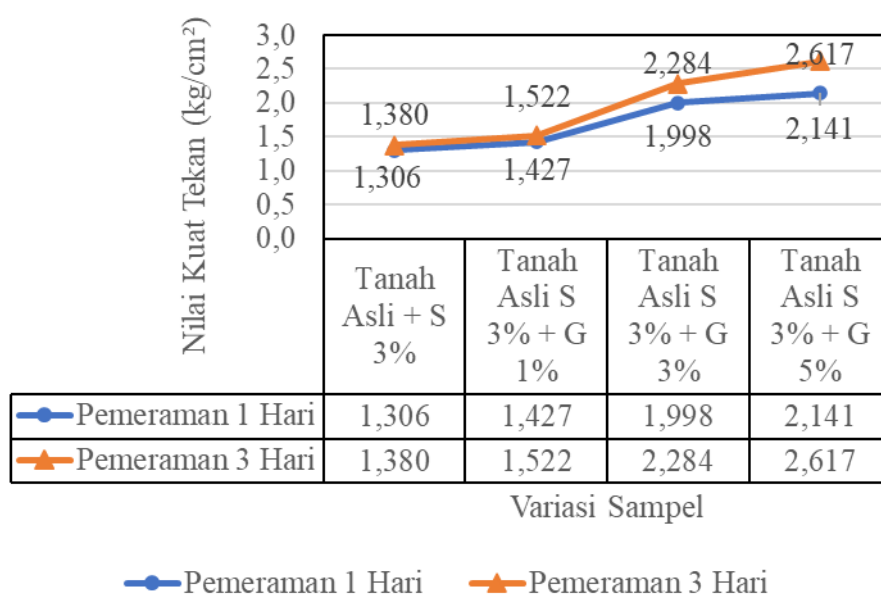
Berdasarkan Gambar 5.12 terlihat bahwa bahan tambah semen 3% dapat meningkatkan nilai kuat tekan sebesar 26,08% dari tanah asli dengan pemeraman selama 3 hari. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Asmat (2009) dimana penambahan kadar semen dari 10% menjadi 14% mengalami kenaikan nilai kuat tekan sebesar 12,14% dengan pemeraman selama 2 hari.



—●— Pemeraman 1 Hari —◆— Pemeraman 3 Hari

Gambar 5.13 Nilai Kuat Tekan Variasi G 1%, 3%, & 5%

Berdasarkan Gambar 5.13 terlihat bahwa bahan tambah gipsum dapat meningkatkan nilai kuat tekan bebas dimana nilai tertinggi terdapat pada pencampuran gipsum 5% dengan peningkatan nilai kuat tekan sebesar 37,23% dari tanah asli dengan pemeraman selama 1 hari. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Ladangkasiang dkk, 2020) dimana penambahan gipsum 5% meningkatkan nilai kuat tekan sebesar 15% dari tanah asli.



Gambar 5.14 Grafik Nilai Kuat Tekan Variasi S 3% dan G 1%, 3%, & 5%

Berdasarkan Gambar 5.14 terlihat bahwa bahan tambah semen & gipsum dapat meningkatkan nilai kuat tekan bebas dimana nilai tertinggi terdapat pada pencampuran semen 3% + gipsum 5% dengan peningkatan nilai kuat tekan sebesar 125% dari tanah asli.

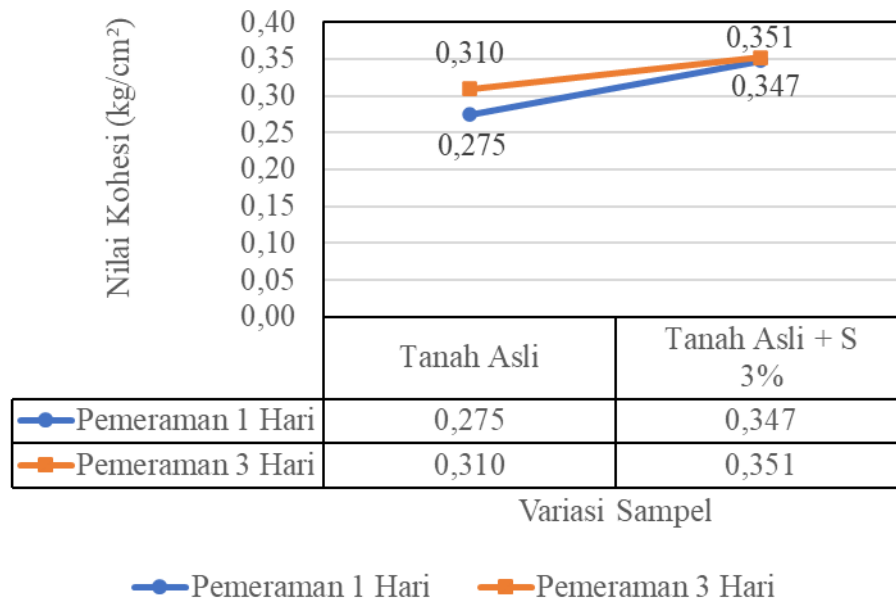
2. Kohesi (Cu)

Perbandingan nilai kohesi (Cu) pada pengujian kuat tekan geser tanah dalam menggunakan bahan tambah atau campuran semen dan gipsum dengan lama pemeraman 1 hari dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut ini.

Tabel 5.5 Rekapitulasi Nilai Kohesi

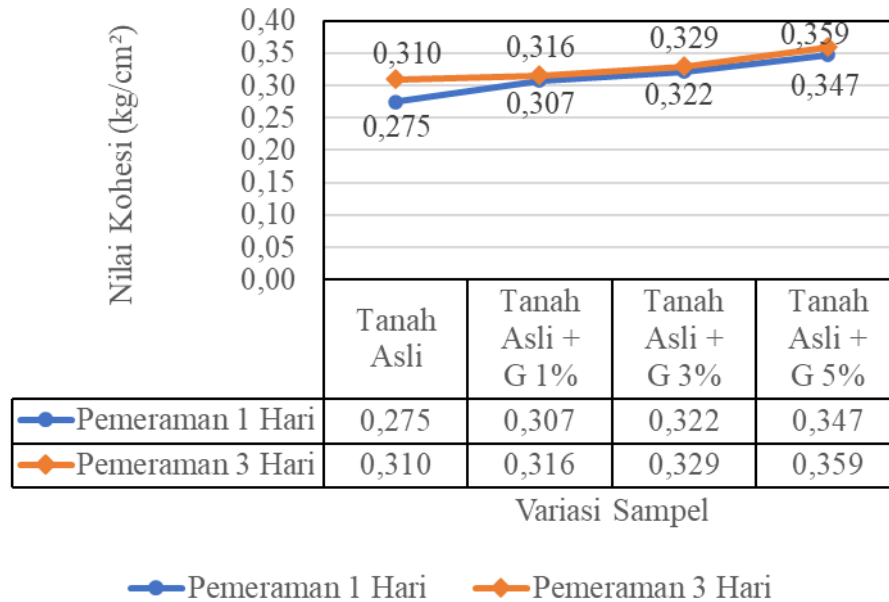
Keterangan	Nilai Kohesi, C_u (kg/cm ²)	
	1	3
Pemeraman (hari)		
Tanah Asli	0,275	0,310
Tanah + Semen 3%	0,347	0,351
Tanah + Gypsum 1%	0,307	0,316
Tanah + Gypsum 3%	0,322	0,329
Tanah + Gypsum 5%	0,347	0,359
Tanah + Semen 3% + gypsum 1%	0,379	0,371
Tanah + semen 3% + gypsum 3%	0,473	0,532
Tanah + semen 3% + gypsum 5%	0,522	0,582

Kohesi tanah asli (C_u) tercatat sebesar 0,310 kg/cm², yang menunjukkan peningkatan pasca penambahan bahan aditif berupa semen dan gypsum. Kohesi (C_u) tertinggi diperoleh pada variasi campuran semen 3% dan gypsum 5% setelah periode pemeraman 3 hari, mencapai 0,582 kg/cm². Hasil pengujian kuat tekan bebas, beserta grafik perbandingan dan pengaruh lama pemeraman, disajikan pada Gambar 5.15 sampai Gambar 5.17.



Gambar 5.15 Grafik Nilai Kohesi Variasi S 3%

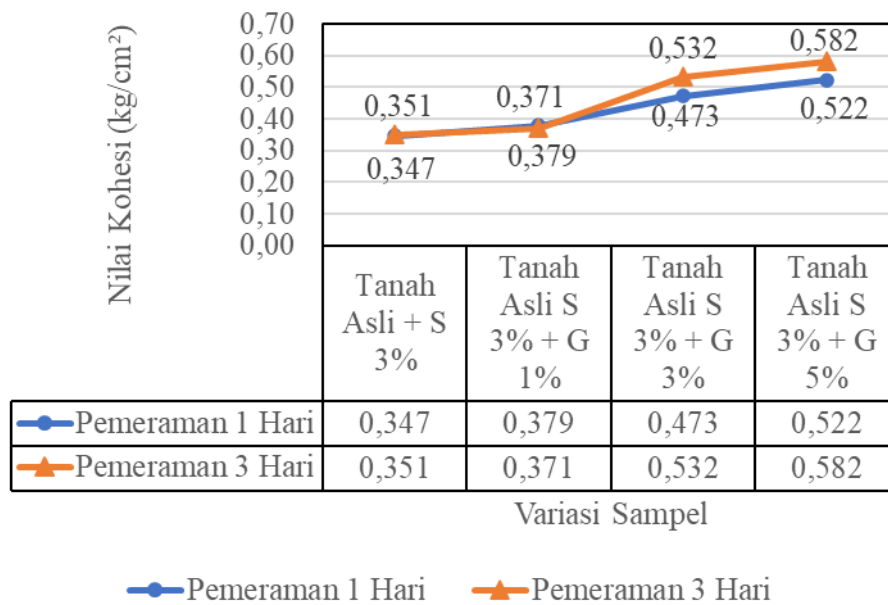
Berdasarkan Gambar 5.15 terlihat bahwa bahan tambah semen 3% dapat meningkatkan nilai kohesi (Cu) sebesar 26,38% dari tanah asli.



Gambar 5.16 Grafik Nilai Kohesi Variasi G 1%, 3%, & 5%

Berdasarkan Gambar 5.16 terlihat bahwa bahan tambah gipsum dapat meningkatkan nilai kuat tekan bebas dimana nilai tertinggi terdapat pada

pencampuran gipsum 5% dengan peningkatan nilai kohesi (Cu) sebesar 26,38% dari tanah asli.



Gambar 5.17 Grafik Nilai Kohesi Variasi S 3% dan G 1%, 3%, & 5%

Berdasarkan Gambar 5.17 terlihat bahwa bahan tambah semen & gipsum dapat meningkatkan nilai kuat tekan bebas dimana nilai tertinggi terdapat pada pencampuran semen 3% + gipsum 5% dengan peningkatan nilai kohesi (Cu) sebesar 90,07% dari tanah asli.

3. Sudut Geser Dalam (ϕ)

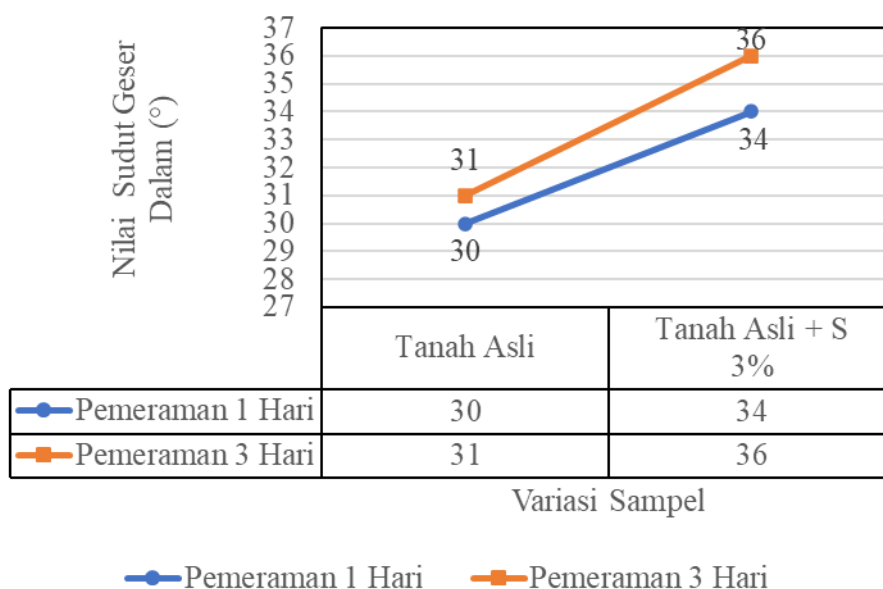
Perbandingan nilai sudut geser dalam (ϕ) pada pengujian kuat tekan geser tanah dalam menggunakan bahan tambah atau semen dan gipsum lama pemeraman 1 hari dan 3 hari dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut ini.

Tabel 5.6 Nilai Sudut Geser Dalam

Keterangan	Nilai Sudut Geser Dalam, ϕ (°)	
	1	3
Pemeraman (hari)		
Tanah Asli	30	31
Tanah + Semen 3%	34	36
Tanah + Gipsum 1%	30	32
Tanah + Gipsum 3%	32	34

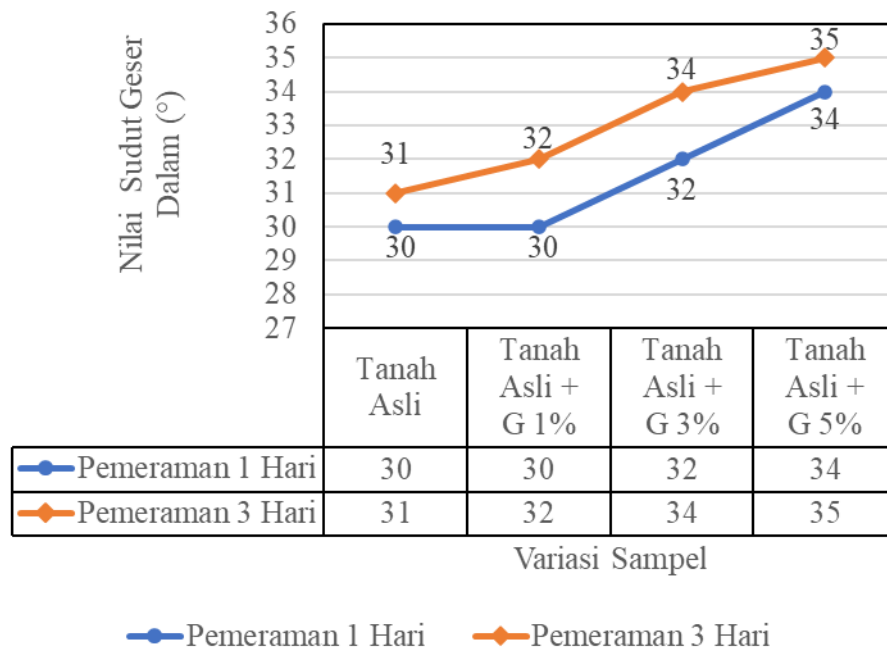
Tanah + Gypsum 5%	34	35
Tanah + Semen 3% & gypsum 1%	34	38
Tanah + semen 3% & gypsum 3%	36	40
Tanah + semen 3% & gypsum 5%	38	42

Berdasarkan pada hasil pengujian kekuatan tekan bebas (*unconfined compression test*), teramati adanya peningkatan pada parameter sudut geser dalam (ϕ). Sudut geser dalam (ϕ) tanah asli awalnya tercatat sebesar 31° , yang kemudian mengalami peningkatan setelah penambahan bahan aditif ke dalam tanah tersebut. Peningkatan terbesar pada sudut geser dalam (ϕ) yang menggunakan semen ditemukan pada kombinasi campuran semen sebesar 3% dan gipsum sebesar 5%, dengan periode pemeraman selama 3 hari, menghasilkan sudut geser dalam (ϕ) sebesar 42° . Grafik perbandingan dan hasil pengujian berdasarkan lama pemeraman dapat dirujuk pada Gambar 5.18 sampai Gambar 5.20.



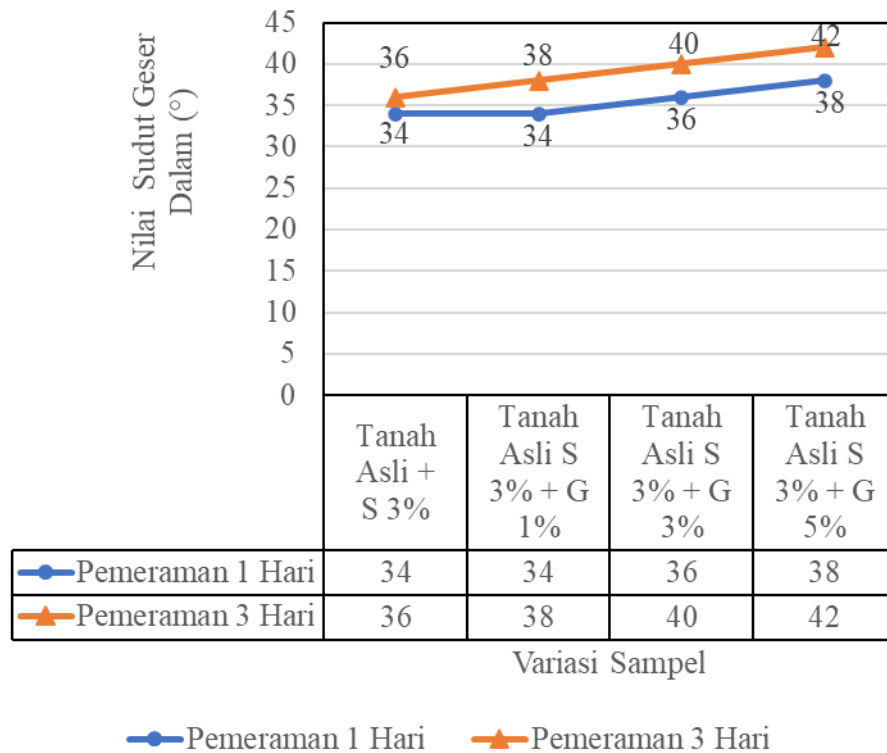
Gambar 5.18 Grafik Nilai Sudut Geser Dalam Variasi S 3%

Berdasarkan Gambar 5.18 terlihat bahwa bahan tambah semen 3% dapat meningkatkan nilai sudut geser dalam sebesar 13,33% dari tanah asli.



Gambar 5.19 Grafik Nilai Sudut Geser Dalam Variasi G 1%, 3%, & 5%

Berdasarkan Gambar 5.19 terlihat bahwa bahan tambah gipsum dapat meningkatkan nilai kuat tekan bebas dimana nilai tertinggi terdapat pada pencampuran gipsum 5% dengan peningkatan nilai sudut geser dalam sebesar 12,5% dari tanah asli.



Gambar 5.20 Grafik Nilai Sudut Geser Variasi S 3% dan G 1%,3%,&5%

Berdasarkan Gambar 5.20 terlihat bahwa bahan tambah semen & gipsum dapat meningkatkan nilai kuat tekan bebas dimana nilai tertinggi terdapat pada pencampuran semen 3% + gipsum 5% dengan peningkatan nilai sudut geser dalam sebesar 22,22% dari tanah asli.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium dan analisis data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Berdasarkan klasifikasi tanah menurut *unified soil classification system* (USCS) yang telah dipaparkan, sampel tanah dari Kebumen dapat dikategorikan berdasarkan proporsi partikel halus. Tanahnya diklasifikasikan sebagai kelompok SM, yakni pasir berlanau atau campuran pasir-lanau. Berpedoman pada metode AASHTO, sampel tanah tersebut tergolong dalam kelompok A-4, yang ditandai dengan karakteristik lanau dan memiliki kualitas tanah dasar yang sedang hingga buruk.
2. Hasil pengujian kuat tekan bebas tanah asli menunjukkan bahwa nilai kuat tekan bebas (q_u), kohesi (C_u) dan sudut geser dalam dari sampel tanah dari TB Enstein Kebumen adalah $0,903 \text{ kg/cm}^2$ (nilai kuat tekan geser), $0,256 \text{ kg/cm}^2$ (kohesi) dan 31° (sudut geser dalam).
3. Penambahan semen 3% serta lama pemeraman 3 hari pada stabilisasi tanah meningkatkan nilai kuat tekan bebas dengan nilai kuat tekan sebesar $1,308 \text{ kg/cm}^2$, nilai kohesi (C_u) sebesar $0,351 \text{ kg/cm}^2$, nilai sudut geser dalam (ϕ) 36° .
4. Penambahan gipsum 5% serta pemeraman selama 3 hari pada stabilisasi tanah menjadi variasi sampel tanah + gipsum dengan nilai tertinggi dalam meningkatkan nilai kuat tekan dengan kuat tekan $1,380 \text{ kg/cm}^2$, nilai kohesi (C_u) sebesar $0,359 \text{ kg/cm}^2$, nilai sudut geser dalam (ϕ) 35° .
5. Penambahan semen 3% & gipsum 5% serta lama pemeraman 3 hari pada stabilisasi tanah menjadi variasi sampel tanah + semen + gipsum dengan nilai peningkatan tertinggi dengan nilai kuat tekan sebesar $2,617 \text{ kg/cm}^2$, nilai kohesi (C_u) sebesar $0,582 \text{ kg/cm}^2$, nilai sudut geser dalam (ϕ) 42° .

6.2 Saran

Kajian yang telah dilaksanakan belum sempurna. Oleh karena itu, beberapa rekomendasi diusulkan untuk stabilisasi di masa mendatang. Rekomendasi yang dapat diajukan adalah sebagai berikut:

1. Riset berikutnya dapat melakukan proporsi campuran semen serta gipsum yang lebih besar guna mengidentifikasi batas optimal dari campuran bahan aditif tersebut.
2. Studi lanjutan dapat melakukan pengujian CBR dan *swelling* untuk mengukur potensi maksimal dari sampel tanah yang dianalisis.
3. Penelitian selanjutnya dapat mengaplikasikan durasi pemeraman (*curing*) yang lebih panjang demi menentukan performa maksimal dari material aditif yang ditambahkan pada tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO, 1974, “*Standar for Highway Material, National Press Building*”
- Alfi, M. (2021). Pengaruh Penambahan Limbah Gypsum dan Nilai Parameter Kuat Geser pada Tanah Lempung (*The Effect Of Addition Of Gypsum Waste and Bagasse Ash on BR Value and Shear Strength Parameter Value in Clay*)
- Asmat. 2009. “*Studi Analisis Stabilisasi Tanah Dengan Semen (Soil Cement) Pada Proyek Jalan Outer Ring Road (Studi Kasus Pada Sta 0+400 dan Sta 25+650)*”, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan.
- ASTM D1883 67. *Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of laboratory-Compacted Soils*
- Hangge, E. E., Bella, R. A., & Ullu, M. C. (2021). Pemanfaatan Fly Ash Untuk Stabilisasi Tanah Dasar Lempung Ekspansif. *Jurnal Teknik Sipil*, 10(1), 89–102.
- Hardiyatmo. (2010). “*Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan*”, Gajah Mada
- Hardiyatmo. (2012). “*Mekanika Tanah I*”. Edisi. Ke-6. Yogyakarta: Gajah Mada
- Hardiyatmo. (2016). “*Perancangan Perkerasan Jalan Dan Penyelidikan Tanah*”.
- Hardiyatmo. (2002). “*Teknik Pondasi I edisi kedua*”, Penerbit Universitas Gadjah
- Hisyam, E. S., dan Wibawa, A., 2015. *Pengaruh Penambahan Limbah Gypsum Terhadap Nilai Kuat Geser Tanah Lempung*. *Jurnal Teknik*, 3(2). Universitas Bangka Belitung. Kepulauan Bangka Belitung.
- Kasus, S., Cibitung, J. T., & Sta, C. (2024). Timbunan Jalan Dengan Perkuatan Geotekstil dan *Prefabricated Vertial Drain (Slope Stabillity and Settlement*

Analisis Of Embankments Reinforced With Geotextiles and Prefabicated Vertical Drain Laboratory-Compacted Soils). Gajah Mada, Yogyakarta.

Saing, Z. (2017). Vertical deformation of lime treated base (LTB) model of laterite soil using numerical analysis. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 8(5), 758–764.

SNI 1732-1989-F, Standar Nasional Indonesia, Tata Cara Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen.

USCS (*Unified Soil Classification System*), Soil Classification System used in Engineering and Geology.

Utami, R. A. A. (2020). Soil Stabilization Using Cutback Sand and Soil Stabilization Using Cutback Sand.

Wesley. 1977. “*Mekanika Tanah Cetakan VI*”, Badan Penerbit Pekerjaan Umum.

LAMPIRAN



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584
PENGUJIAN BERAT JENIS TANAH
ASTM D 2166

Proyek Lokasi Dikerjakan Tanggal Sampel	: Tugas Akhir : Kecamatan Kebumen : Muhammad Albeart Enstein : 18 September 2024 : Tanah Timbunan dari TB Enstein, Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen
---	---

No. Picknometer			1	2
Berat Picknometer + Tanah	(W1)	Gr	68,06	70,2
Berat Picknometer	(W2)	Gr	37,92	41,46
Berat Tanah	$WT = (W1 - W2)$	Gr	15,71	15,63
Suhu		°C	28	28
Koreksi Suhu (K)	T	Gr	0,998	0,998
Picknometer + Air + Tanah	(W3)	Gr	155,56	159,66
Picknometer + Air dalam °C	(W4)	Gr	136,54	141,95
$W1 - (W2 + W4)$	(W5)	Gr	166,68	170,69
Volume Tanah	$W6 = (W5 - W3) / T$	Gr	11,142	11,052
Berat Jenis	$WT/W6$		1,41	1,414
Rata-rata			1,412	

Mengetahui
Kepala Lab Mekanika Tanah

Dr. Haninya Kusuma Arti, S. T., M. T.

Yogyakarta, 19 September 2025

Peneliti

Muhammad Albeart Enstein



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

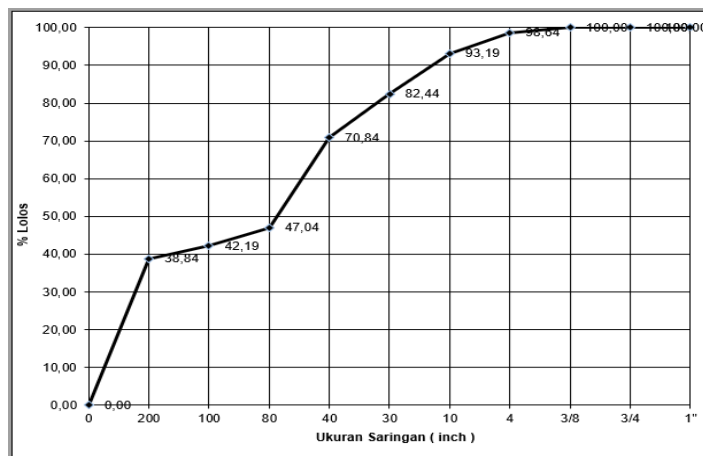
PENGUJIAN ANALISIS SARINGAN SAMPEL 1

ASTM D 2166

Proyek	: Tugas Akhir
Lokasi	: Kecamatan Kebumen
Dikerjakan	: Muhammad Albeart Enstein
Tanggal	: 18 September 2024
Sampel	: Tanah Timbunan dari TB Enstein, Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen

Berat Sampel 200 gram

UKURAN AYAKAN		BERAT MASING² AYAKAN			
		TERTAHAN (gram)	KUMULATIF (gram)	(%)	LOLOS (%)
mm	inch				
50,8	1"	-	-	-	100
19,1	3/4"	-	-	-	100
9,5	3/8"	-	-	-	100
4,75	No. 4	2,7	2,7	1,35	98,65
2,38	No. 10	10,9	13,6	6,8	93,2
0,65	No. 30	21,5	35,1	17,55	82,45
0,42	No. 40	23,2	58,3	29,15	70,85
0,3	No. 60	35,4	93,7	46,85	53,15
0,25	No. 80	12,2	105,9	52,95	47,05
0,15	No. 100	9,7	115,6	57,8	42,2
0,075	No. 200	6,7	122,3	61,15	38,85
PAN					100



Mengetahui
Kepala Lab Mekanika Tanah

Dr. Haninya Kusuma Arti, S. T., M. T.

Yogyakarta, 19 September 2025

Peneliti

Muhammad Albeart Enstein



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

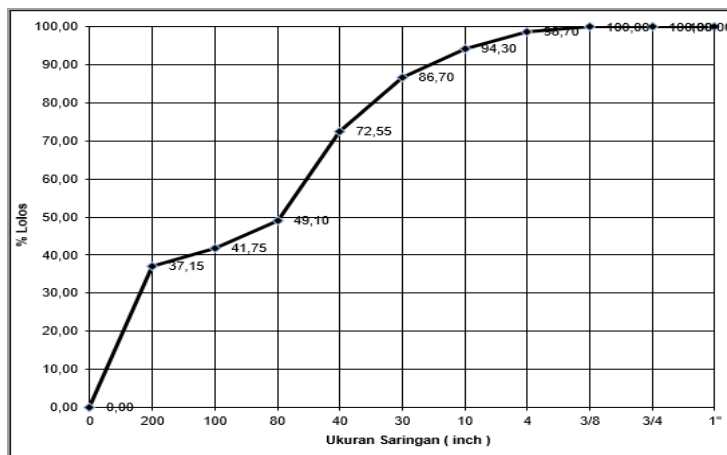
PENGUJIAN ANALISIS SARINGAN SAMPEL 2

ASTM D 2166

Proyek	: Tugas Akhir
Lokasi	: Kecamatan Kebumen
Dikerjakan	: Muhammad Albeart Einstein
Tanggal	: 18 September 2024
Sampel	: Tanah Timbunan dari TB Einstein, Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen

Berat Sampel 200 gram

UKURAN AYAKAN		BERAT MASING² AYAKAN			
		TERTAHAN	KUMULATIF		LOLOS
mm	inch	(gram)	(gram)	(%)	(%)
50,8	1"	-	-	-	100
19,1	3/4"	-	-	-	100
9,5	3/8"	-	-	-	100
4,75	No. 4	2,6	2,6	1,3	98,7
2,38	No. 10	8,8	11,4	5,7	94,3
0,65	No. 30	15,2	26,6	13,3	86,7
0,42	No. 40	28,3	54,9	27,45	72,55
0,3	No. 60	30,6	85,5	42,75	57,25
0,25	No. 80	16,3	101,8	50,9	49,1
0,15	No. 100	14,7	116,5	58,25	41,75
0,075	No. 200	9,2	125,7	62,85	37,15
PAN					100



Mengetahui
Kepala Lab Mekanika Tanah

Dr. Hanin Kusuma Arti, S. T., M. T.

Yogyakarta, 19 September 2025

Peneliti

Muhammad Albeart Einstein



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN ANALISIS SARINGAN SAMPEL 1 & 2

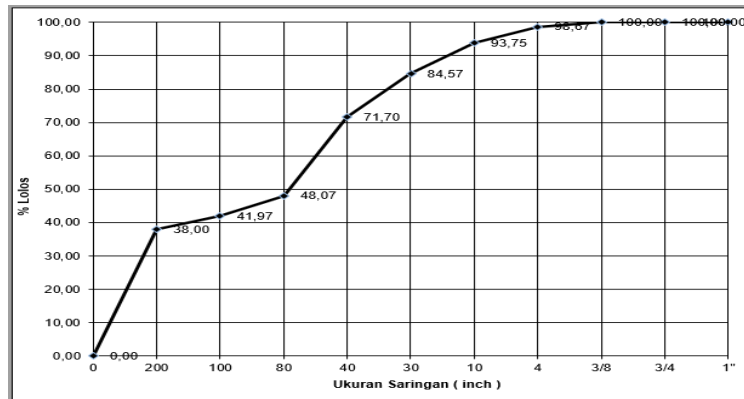
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Kecamatan Kebumen
 Dikerjakan : Muhammad Albeart Enstein
 Tanggal : 18 September 2024
 Sampel : Tanah Timbunan dari TB Enstein, Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen

UKURAN		BERAT MASING² AYAKAN			
AYAKAN		TERTAHAN	KUMULATIF		LOLOS
mm	inch	(gram)	(gram)	(%)	(%)
50,8	1"	-	-	-	100
19,1	¾"	-	-	-	100
9,5	03-Aug	-	-	-	100
4,75	No. 4	2,7	2,7	1,33	98,67
2,38	No. 10	9,9	12,5	6,26	93,75
0,65	No. 30	18,4	30,9	15,43	84,57
0,42	No. 40	25,8	56,6	28,31	71,70
0,3	No. 60	33	89,6	44,81	55,2
0,25	No. 80	14,3	103,9	51,93	48,07
0,15	No. 100	12,2	116,1	58,03	41,97
0,075	No. 200	8	124	62,01	38
PAN					100

KOMPOSISI :

1. KERIKIL	1,33%
2. PASIR	60,67%
3. BUTIRAN HALUS	38,00%



Mengetahui
 Kepala Lab Mekanika Tanah

Dr. Haninya Kusuma Arti, S. T., M. T.

Yogyakarta, 19 September 2025

Peneliti

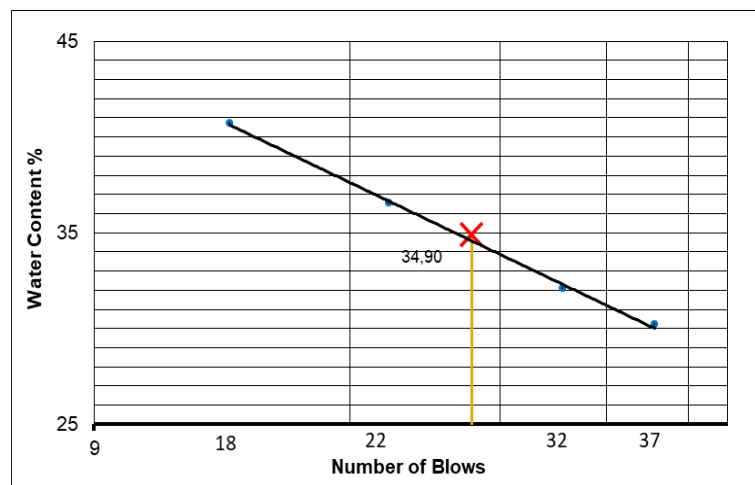
Muhammad Albeart Enstein



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584
PENGUJIAN BATAS CAIR & PLASTIS
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Kecamatan Kebumen
 Dikerjakan : Muhammad Albeart Einstein
 Tanggal : 18 September 2024
 Sampel : Tanah Timbunan dari TB Einstein, Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen

DESKRIPSI	BATAS CAIR				BATAS PLASTIS	
No. Cawan	1	2	3	4	5	6
Berat Cawan	9,5	9,77	9,7	9,94	9,44	9,66
Berat Cawan + Tanah Basah	30,31	28,21	29,5	30,36	30,09	30,62
Berat Cawan + Tanah Kering	25,48	23,73	24,2	24,45	25,49	25,53
Berat Air	4,83	4,48	5,3	5,91	4,6	5,09
Berat Tanah Kering	15,98	13,96	14,5	14,51	16,05	15,87
Kadar Air	30,23	32,09	36,55	40,73	28,66	32,07
Jumlah Pukulan (N)	37	32	22	18		
Kadar Air Rata-rata	34,9				30,37	



Mengetahui
Kepala Lab Mekanika Tanah

Dr. Haninya Kusuma Arti, S. T., M. T.

Yogyakarta, 19 September 2025
Peneliti

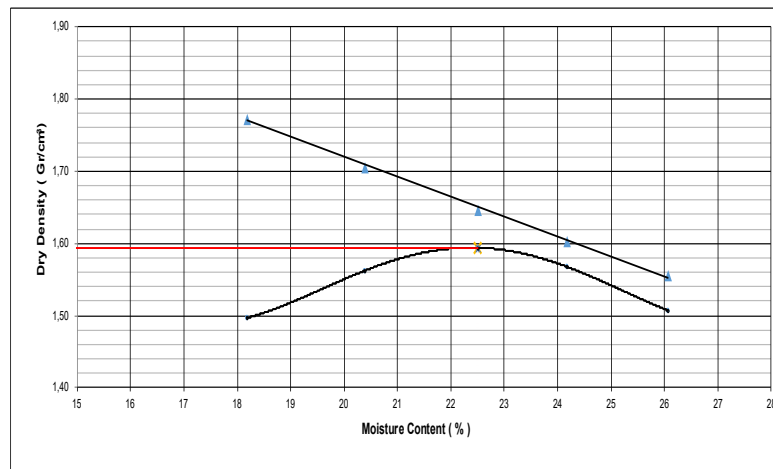
Muhammad Albeart Einstein



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584
PENGUJIAN MODIFIED PROCTOR SAMPEL 1
ASTMD 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Kecamatan Kebumen
 Dikerjakan : Muhammad Albeart Enstein
 Tanggal : 18 September 2024
 Sampel : Tanah Timbunan dari TB Enstein, Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen

Nomor Sampel	1	2	3	4	5
Berat tanah basah + cetakan (gr)	10171	10367	10524	10532	10443
Berat cetakan (gr)	6463	6474	6454	6483	6476
Berat tanah basah (gr)	3708	3893	4070	4049	3967
Volume cetakan (cm ³)	2079,7	2079,7	2079,7	2079,7	2079,7
Berat volume tanah basah (gr/cm ³)	1,783	1,872	1,957	1,947	1,907
Berat volume tanah kering (gr/cm ³)	1,507	1,555	1,596	1,568	1,512
KADAR AIR					
No. Sampel	1	2	3	4	5
Tanah basah + cetakan (gr)	31,93	32,04	30,43	32,97	29,85
Tanah kering + cetakan (gr)	29,32	29,16	27,59	29,48	26,78
Berat air (gr)	2,61	2,88	2,84	3,49	3,07
Berat cetakan (gr)	15,05	15,03	15,02	15,04	15,03
Berat tanah basah (gr)	14,27	14,13	12,57	14,44	11,75
Kadar air	18,29	20,38	22,59	24,17	26,13



Mengetahui
Kepala Lab Mekanika Tanah

Dr. Haninya Kusuma Arti, S. T., M. T.

Yogyakarta, 19 September 2025
Peneliti

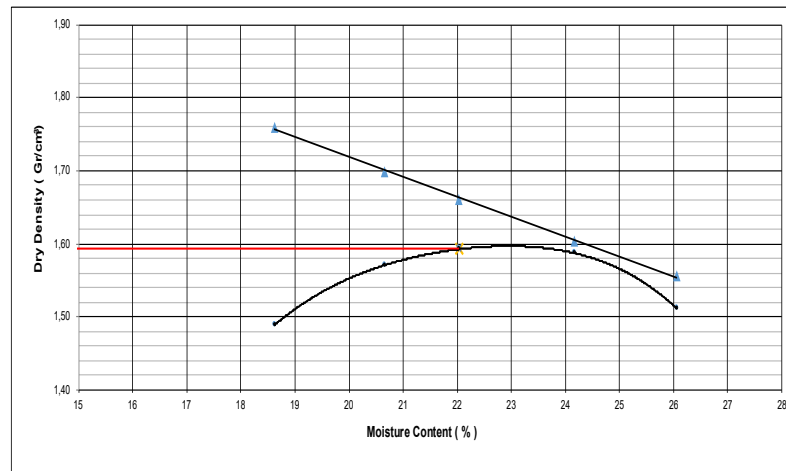
Muhammad Albeart Enstein



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584
PENGUJIAN PENGUJIAN *MODIFIED PROCTOR* SAMPEL 2
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Kecamatan Kebumen
 Dikerjakan : Muhammad Albeart Enstein
 Tanggal : 18 September 2024
 Sampel : Tanah Timbunan dari TB Enstein, Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen

Nomor Sampel	1	2	3	4	5
Berat tanah basah + cetakan (gr)	10154	10395	10526	10543	10446
Berat cetakan (gr)	6463	6474	6454	6483	6476
Berat tanah basah (gr)	3691	3921	4072	4060	3970
Volume cetakan (cm ³)	2079,7	2079,7	2079,7	2079,7	2079,7
Berat volume tanah basah (gr/cm ³)	1,775	1,885	1,958	1,952	1,909
Berat volume tanah kering (gr/cm ³)	1,495	1,563	1,603	1,572	1,513
KADAR AIR					
No. Sampel	1	2	3	4	5
Tanah basah + cetakan (gr)	32,23	32,44	30,37	32,97	29,85
Tanah kering + cetakan (gr)	29,52	29,46	27,59	29,48	26,78
Berat air (gr)	2,71	2,98	2,78	3,49	3,07
Berat cetakan (gr)	15,05	15,03	15,02	15,04	15,03
Berat tanah basah (gr)	14,47	14,43	12,57	14,44	11,75
Kadar air	18,73	20,65	22,12	24,17	26,13



Mengetahui
Kepala Lab Mekanika Tanah

Dr. Hanin Kusuma Arti, S. T., M. T.

Yogyakarta, 19 September 2025

Peneliti

Muhammad Albeart Enstein

 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584 PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (UNCONFINED COMPRESSION TEST) ASTM D 2166			
Proyek Lokasi Dikerjakan Tanggal Sampel	: Tugas Akhir : Kecamatan Kebumen : Muhammad Albeart Enstein : 18 September 2024 : Tanah Timbunan dari TB Enstein, Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen		

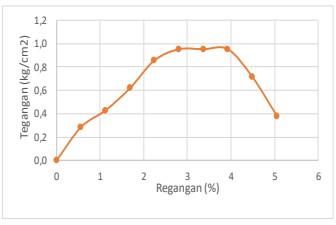
KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	8,90	8,30
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	22,48	21,20
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	20,28	19,15
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (gr)	13,58	12,90
Berat tanah kering $W_s = W_3 - W_1$ (gr)	11,38	10,85
Berat air, $W_w = W_2 - W_3$ (gr)	2,20	2,05
Kadar air, $w = (W_w / W_s) \times 100\%$	19,332	18,894
Kadar air rata - rata, w (%)	19,113	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	133,23
Diameter sampel tanah, D (cm)	3,68
Tinggi awal sampel tanah, L_0 (cm)	7,13
Luas penampang sampel tanah, A_0 (cm ²)	10,636
Volume awal sampel tanah V_0 (cm ³)	75,84
Berat isi tanah basah (gr/cm ³)	1,757
Berat isi tanah kering (gr/cm ³)	1,475

vertical dial x 0.01 mm	Pem. Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_0$	Tegangan $\sigma = P / A$	Kalibrasi ring
	(div)	kg	%	(kg/cm ²)	
0	0	0,000	0,000	0,000	0,00
40	6	3,036	0,561	0,285	0,04
80	9	4,554	1,122	0,428	0,08
120	13	6,578	1,683	0,618	0,12
160	18	9,108	2,244	0,856	0,16
200	20	10,120	2,805	0,951	0,20
240	20	10,120	3,366	0,951	0,24
280	20	10,120	3,927	0,951	0,28
320	15	7,590	4,488	0,714	0,32
360	8	4,048	5,049	0,381	



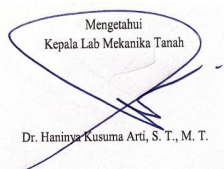
**Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas
Tanah Asli
Pemeraman 1**



**Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan
Tanah Asli
Pemeraman 1 Hari**

Uraian	
q_u (kg/cm ²)	0,951
c_u (kg/cm ²)	0,275
α (°)	60
ϕ (°)	30

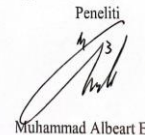
Mengetahui
Kepala Lab Mekanika Tanah



Dr. Hanin Kusuma Arti, S. T., M. T.

Yogyakarta, 19 September 2025

Peneliti



Muhammad Albeart Enstein



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584
PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (UNCONFINED COMPRESSION TEST)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Kecamatan Kebumen
 Dikerjakan : Muhammad Albeart Einstein
 Tanggal : 18 September 2024
 Sampel : Tanah Timbunan dari TB Enstein, Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen

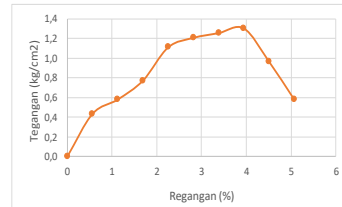
KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	8,90	8,30
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	22,58	21,30
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	20,38	19,20
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (gr)	13,68	13,00
Berat tanah kering $W_s = W_3 - W_1$ (gr)	11,48	10,90
Berat air, $W_w = W_2 - W_3$ (gr)	2,20	2,10
Kadar air, $w = (W_w / W_s) \times 100\%$	19,164	19,266
Kadar air rata - rata, w (%)	19,215	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	130,20
Diameter sampel tanah, D (cm)	3,65
Tinggi awal sampel tanah, L_0 (cm)	7,10
Luas penampang sampel tanah, A_0 (cm ²)	10,463
Volume awal sampel tanah V_0 (cm ³)	74,29
Berat isi tanah basah (gr/cm ³)	1,753
Berat isi tanah kering (gr/cm ³)	1,470

vertical dial x 0.01 mm	Pem. Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_0$ %	Tegangan $\sigma = P / A$ (kg/cm ²)
	(div)	kg	%	(kg/cm ²)
0	0	0,000	0,000	0,000
40	9	4,554	0,563	0,435
80	12	6,072	1,127	0,580
120	16	8,096	1,690	0,774
160	23	11,638	2,254	1,112
200	25	12,650	2,817	1,209
240	26	13,156	3,380	1,257
280	27	13,662	3,944	1,306
320	20	10,120	4,507	0,967
360	12	6,072	5,070	0,580



Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas
 Tanah Asli + Semen 3%
 Pemeraman 1 Hari



Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan
 Tanah Asli + Semen 3%
 Pemeraman 1 Hari

Uraian	
q_u (kg/cm ²)	1,306
c_u (kg/cm ²)	0,347
α (°)	62
ϕ (°)	34

Mengetahui
 Kepala Lab Mekanika Tanah

Dr. Haninya Kusuma Arti, S. T., M. T.

Yogyakarta, 19 September 2025
 Peneliti

Muhammad Albeart Einstein



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584
PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (UNCONFINED COMPRESSION TEST)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Kecamatan Kebumen
 Dikerjakan : Muhammad Albeart Einstein
 Tanggal : 18 September 2024
 Sampel : Tanah Timbunan dari TB Einstein, Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen

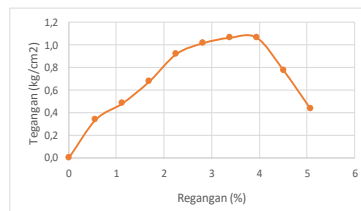
KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	8,90	8,30
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	22,58	21,30
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	20,38	19,20
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (gr)	13,68	13,00
Berat tanah kering $W_s = W_3 - W_1$ (gr)	11,48	10,90
Berat air, $W_w = W_2 - W_3$ (gr)	2,20	2,10
Kadar air, $w = (W_w/W_s) \times 100\%$	19,164	19,266
Kadar air rata - rata, w (%)	19,215	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	130,20
Diameter sampel tanah, D (cm)	3,65
Tinggi awal sampel tanah, L_0 (cm)	7,10
Luas penampang sampel tanah, A_0 (cm ²)	10,463
Volume awal sampel tanah V_0 (cm ³)	74,29
Berat isi tanah basah (gr/cm ³)	1,753
Berat isi tanah kering (gr/cm ³)	1,470

vertical dial x 0.01 mm	Pem. Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L/L_0$ %	Tegangan $\sigma = P/A$ (kg/cm ²)
	(div)	kg		
0	0	0,000	0,000	0,000
40	7	3,542	0,563	0,339
80	10	5,060	1,127	0,484
120	14	7,084	1,690	0,677
160	19	9,614	2,254	0,919
200	21	10,626	2,817	1,016
240	22	11,132	3,380	1,064
280	22	11,132	3,944	1,064
320	16	8,096	4,507	0,774
360	9	4,554	5,070	0,435



Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas
Tanah Asli + Gypsum 1%
Pemeraman 1 Hari



Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan
Tanah Asli + Gypsum 1%
Pemeraman 1 Hari

Uraian	
q_u (kg/cm ²)	1,064
c_u (kg/cm ²)	0,307
α (°)	60
ϕ (°)	30

Mengetahui
Kepala Lab Mekanika Tanah

Dr. Haninya Kusuma Arti, S. T., M. T.

Yogyakarta, 19 September 2025
Peneliti

Muhammad Albeart Einstein



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584
PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (UNCONFINED COMPRESSION TEST)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Kecamatan Kebumen
 Dikerjakan : Muhammad Albeart Einstein
 Tanggal : 18 September 2024
 Sampel : Tanah Timbunan dari TB Enstein, Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen

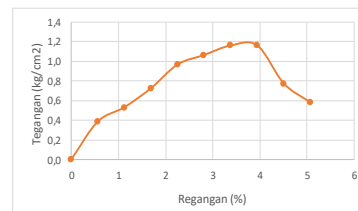
KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	8,90	8,30
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	22,58	21,30
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	20,38	19,20
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (gr)	13,68	13,00
Berat tanah kering $W_s = W_3 - W_1$ (gr)	11,48	10,90
Berat air, $W_w = W_2 - W_3$ (gr)	2,20	2,10
Kadar air, $w = (W_w / W_s) \times 100\%$	19,164	19,266
Kadar air rata - rata, w (%)	19,215	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	130,20
Diameter sampel tanah, D (cm)	3,65
Tinggi awal sampel tanah, L_0 (cm)	7,10
Luas penampang sampel tanah, A_0 (cm ²)	10,463
Volume awal sampel tanah V_0 (cm ³)	74,29
Berat isi tanah basah (gr/cm ³)	1,753
Berat isi tanah kering (gr/cm ³)	1,470

vertical dial x 0.01 mm	Pem. Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_0$	Tegangan $\sigma = P / A$
	(div)	kg	%	(kg/cm ²)
0	0	0,000	0,000	0,000
40	8	4,048	0,563	0,387
80	11	5,566	1,127	0,532
120	15	7,590	1,690	0,725
160	20	10,120	2,254	0,967
200	22	11,132	2,817	1,064
240	24	12,144	3,380	1,161
280	24	12,144	3,944	1,161
320	16	8,096	4,507	0,774
360	12	6,072	5,070	0,580



Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas
Tanah Asli + Gypsum 3%
Pemeraman 1 Hari



Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan
Tanah Asli + Gypsum 3%
Pemeraman 1 Hari

Uraian	
q_u (kg/cm ²)	1,161
c_u (kg/cm ²)	0,322
α (°)	61
ϕ (°)	32

Mengetahui
 Kepala Lab Mekanika Tanah

Dr. Haninya Kusuma Arti, S. T., M. T.

Yogyakarta, 19 September 2025

Peneliti

Muhammad Albeart Einstein

 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584 PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (UNCONFINED COMPRESSION TEST) ASTM D 2166	
Proyek Lokasi Dikerjakan Tanggal Sampel	: Tugas Akhir : Kecamatan Kebumen : Muhammad Albeart Enstein : 18 September 2024 : Tanah Timbunan dari TB Enstein, Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen

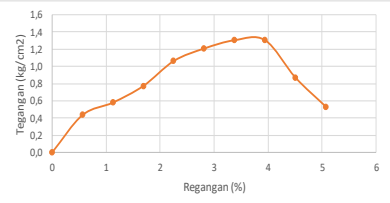
KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	8,90	8,30
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	22,58	21,30
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	20,38	19,20
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (gr)	13,68	13,00
Berat tanah kering $W_s = W_3 - W_1$ (gr)	11,48	10,90
Berat air, $W_w = W_2 - W_3$ (gr)	2,20	2,10
Kadar air, $w = (W_w/W_s) \times 100\%$	19,164	19,266
Kadar air rata - rata, w (%)	19,215	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	130,20
Diameter sampel tanah, D (cm)	3,65
Tinggi awal sampel tanah, L_0 (cm)	7,10
Luas penampang sampel tanah, A_0 (cm ²)	10,463
Volume awal sampel tanah V_0 (cm ³)	74,29
Berat isi tanah basah (gr/cm ³)	1,753
Berat isi tanah kering (gr/cm ³)	1,470

vertical dial x 0.01 mm	Pem. Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_0$ %	Tegangan $\sigma = P/A$ (kg/cm ²)
	(div)	kg	%	
0	0	0,000	0,000	0,000
40	9	4,554	0,563	0,435
80	12	6,072	1,127	0,580
120	16	8,096	1,690	0,774
160	22	11,132	2,254	1,064
200	25	12,650	2,817	1,209
240	27	13,662	3,380	1,306
280	27	13,662	3,944	1,306
320	18	9,108	4,507	0,870
360	11	5,566	5,070	0,532

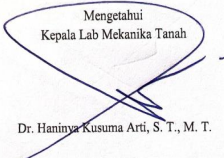


Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas
 Tanah Asli + Gypsum 5%
 Pemeraman 1 Hari



Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan
 Tanah Asli + Gypsum 5%
 Pemeraman 1 Hari

Uraian	
q_u (kg/cm ²)	1,306
c_u (kg/cm ²)	0,347
α (°)	62
ϕ (°)	34

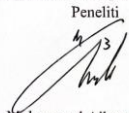


Mengetahui
Kepala Lab Mekanika Tanah

Dr. Hanin Kusuma Arti, S. T., M. T.

Yogyakarta, 19 September 2025

Peneliti



Muhammad Albeart Enstein

 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584 PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (UNCONFINED COMPRESSION TEST) ASTM D 2166	
Proyek Lokasi Dikerjakan Tanggal Sampel	: Tugas Akhir : Kecamatan Kebumen : Muhammad Albeart Einstein : 18 September 2024 : Tanah Timbunan dari TB Einstein, Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen

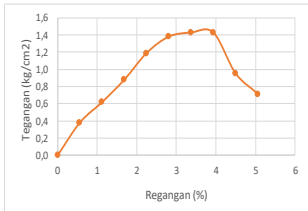
KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	8,90	8,30
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	23,68	21,20
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	21,25	19,44
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (gr)	14,78	12,90
Berat tanah kering $W_s = W_3 - W_1$ (gr)	12,35	11,14
Berat air, $W_w = W_2 - W_3$ (gr)	2,43	1,76
Kadar air, $w = (W_w / W_s) \times 100\%$	19,676	15,799
Kadar air rata - rata, w (%)	17,738	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	133,23
Diameter sampel tanah, D (cm)	3,68
Tinggi awal sampel tanah, L_0 (cm)	7,13
Luas penampang sampel tanah, A_0 (cm ²)	10,636
Volume awal sampel tanah V_0 (cm ³)	75,84
Berat isi tanah basah (gr/cm ³)	1,757
Berat isi tanah kering (gr/cm ³)	1,492

vertical dial x 0.01 mm	Pem. Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_0$ %	Tegangan $\sigma = P / A$ (kg/cm ²)
	(div)	kg	%	(kg/cm ²)
0	0	0,000	0,000	0,000
40	8	4,048	0,561	0,381
80	13	6,578	1,122	0,618
120	18,5	9,361	1,683	0,880
160	25	12,650	2,244	1,189
200	29	14,674	2,805	1,380
240	30	15,180	3,366	1,427
280	30	15,180	3,927	1,427
320	20	10,120	4,488	0,951
360	15	7,590	5,049	0,714



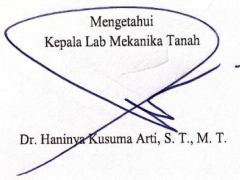
Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas
 Tanah Asli + Semen 3% & Gypsum 1%
 Pemeraman 1 Hari



Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan
 Tanah Asli + Semen 3% & Gypsum 1%
 Pemeraman 1 Hari

Uraian	
q_u (kg/cm ²)	1,427
c_u (kg/cm ²)	0,379
α (°)	62
ϕ (°)	34

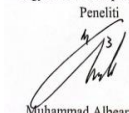
Mengetahui
Kepala Lab Mekanika Tanah



Dr. Hanin Kusuma Arti, S. T., M. T.

Yogyakarta, 19 September 2025

Peneliti



Muhammad Albeart Einstein



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584
PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (UNCONFINED COMPRESSION TEST)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Kecamatan Kebumen
 Dikerjakan : Muhammad Albeart Enstein
 Tanggal : 18 September 2024
 Sampel : Tanah Timbunan dari TB Enstein, Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen

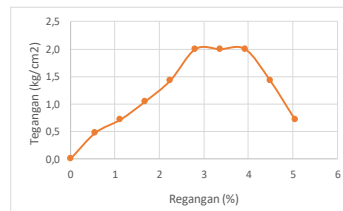
KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	8,90	8,30
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	21,32	21,20
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	19,11	19,04
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (gr)	12,42	12,90
Berat tanah kering $W_s = W_3 - W_1$ (gr)	10,21	10,74
Berat air, $W_w = W_2 - W_3$ (gr)	2,21	2,16
Kadar air, $w = (W_w / W_s) \times 100\%$	21,645	20,112
Kadar air rata - rata, w (%)	20,879	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	133,23
Diameter sampel tanah, D (cm)	3,68
Tinggi awal sampel tanah, L_0 (cm)	7,13
Luas penampang sampel tanah, A_0 (cm ²)	10,636
Volume awal sampel tanah V_0 (cm ³)	75,84
Berat isi tanah basah (gr/cm ³)	1,757
Berat isi tanah kering (gr/cm ³)	1,453

vertical dial x 0.01 mm	Pem. Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_0$	Tegangan $\sigma = P / A$
	(div)	kg	%	(kg/cm ²)
0	0	0,000	0,000	0,000
40	10	5,060	0,561	0,476
80	15	7,590	1,122	0,714
120	22	11,132	1,683	1,047
160	30	15,180	2,244	1,427
200	42	21,252	2,805	1,998
240	42	21,252	3,366	1,998
280	42	21,252	3,927	1,998
320	30	15,180	4,488	1,427
360	15	7,590	5,049	0,714



Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas
Tanah Asli + Semen 3% & Gypsum 3%
Pemecaman 1 Hari



Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan
Tanah Asli + Semen 3% & Gypsum 3%
Pemecaman 1 Hari

Uraian	
q_u (kg/cm ²)	1,998
c_u (kg/cm ²)	0,000
α (°)	63
ϕ (°)	36

Mengetahui
 Kepala Lab Mekanika Tanah

Dr. Hanin Kusuma Arti, S. T., M. T.

Yogyakarta, 19 September 2025

Peneliti

Muhammad Albeart Enstein



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584
PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (UNCONFINED COMPRESSION TEST)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Kecamatan Kebumen
 Dikerjakan : Muhammad Albart Einstein
 Tanggal : 18 September 2024
 Sampel : Tanah Timbunan dari TB Enstein, Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen

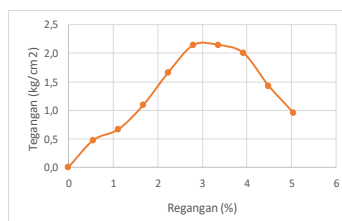
KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	8,90	8,30
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	22,75	21,42
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	20,11	19,04
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (gr)	13,85	13,12
Berat tanah kering $W_s = W_3 - W_1$ (gr)	11,21	10,74
Berat air, $W_w = W_2 - W_3$ (gr)	2,64	2,38
Kadar air, $w = (W_w / W_s) \times 100\%$	23,550	22,160
Kadar air rata - rata, w (%)	22,855	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	133,23
Diameter sampel tanah, D (cm)	3,68
Tinggi awal sampel tanah, L_0 (cm)	7,13
Luas penampang sampel tanah, A_0 (cm ²)	10,636
Volume awal sampel tanah V_0 (cm ³)	75,84
Berat isi tanah basah (gr/cm ³)	1,757
Berat isi tanah kering (gr/cm ³)	1,430

vertical dial x 0.01 mm	Pem. Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_0$	Tegangan $\sigma = P / A$
	(div)	kg	%	(kg/cm ²)
0	0	0,000	0,000	0,000
40	10	5,060	0,561	0,476
80	14	7,084	1,122	0,666
120	23	11,638	1,683	1,094
160	35	17,710	2,244	1,665
200	45	22,770	2,805	2,141
240	45	22,770	3,366	2,141
280	42	21,252	3,927	1,998
320	30	15,180	4,488	1,427
360	20	10,120	5,049	0,951



Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas
Tanah Asli + Semen 3% & Gypsum 5%
Pemeraman 1 Hari



Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan
Tanah Asli + Semen 3% & Gypsum 5%
Pemeraman 1 Hari

Uraian	
q_u (kg/cm ²)	2,141
c_u (kg/cm ²)	0,522
α (°)	64
ϕ (°)	38

Mengetahui
 Kepala Lab Mekanika Tanah

Dr. Haninya Kusuma Arti, S. T., M. T.

Yogyakarta, 19 September 2025

Peneliti

Muhammad Albart Einstein



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584
PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (UNCONFINED COMPRESSION TEST)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Kecamatan Kebumen
 Dikerjakan : Muhammad Albeart Enstein
 Tanggal : 18 September 2024
 Sampel : Tanah Timbunan dari TB Enstein, Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen

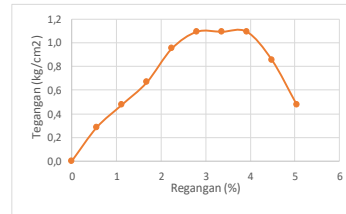
KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	8,90	8,30
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	20,48	21,65
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	18,11	19,04
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (gr)	11,58	13,35
Berat tanah kering $W_s = W_3 - W_1$ (gr)	9,21	10,74
Berat air, $W_w = W_2 - W_3$ (gr)	2,37	2,61
Kadar air, $w = (W_w / W_s) \times 100\%$	25,733	24,302
Kadar air rata - rata, w (%)	25,017	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	133,23
Diameter sampel tanah, D (cm)	3,68
Tinggi awal sampel tanah, L_0 (cm)	7,13
Luas penampang sampel tanah, A_0 (cm ²)	10,636
Volume awal sampel tanah V_0 (cm ³)	75,84
Berat isi tanah basah (gr/cm ³)	1,757
Berat isi tanah kering (gr/cm ³)	1,405

vertical dial x 0.01 mm	Pem. Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_0$	Tegangan $\sigma = P/A$
	(div)	kg	%	(kg/cm ²)
0	0	0,000	0,000	0,000
40	6	3,036	0,561	0,285
80	10	5,060	1,122	0,476
120	14	7,084	1,683	0,666
160	20	10,120	2,244	0,951
200	23	11,638	2,805	1,094
240	23	11,638	3,366	1,094
280	23	11,638	3,927	1,094
320	18	9,108	4,488	0,856
360	10	5,060	5,049	0,476



Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas
Tanah Asli
Pemeraman 3 Hari



Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan
Tanah Asli
Pemeraman 3 Hari

Uraian	
q_u (kg/cm ²)	1,094
c_u (kg/cm ²)	0,310
α (°)	61
ϕ (°)	31

Mengetahui
Kepala Lab Mekanika Tanah

Dr. Haninnya Kusuma Arti, S. T., M. T.

Yogyakarta, 19 September 2025

Peneliti

Muhammad Albeart Enstein



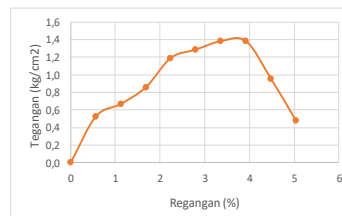
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584
PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (UNCONFINED COMPRESSION TEST)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Kecamatan Kebumen
 Dikerjakan : Muhammad Albart Enstein
 Tanggal : 18 September 2024
 Sampel : Tanah Timbunan dari TB Enstein, Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen

KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	8,90	8,30
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	20,48	21,65
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	18,11	19,04
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (gr)	11,58	13,35
Berat tanah kering $W_s = W_3 - W_1$ (gr)	9,21	10,74
Berat air, $W_w = W_2 - W_3$ (gr)	2,37	2,61
Kadar air, $w = (W_w / W_s) \times 100\%$	25,733	24,302
Kadar air rata - rata, w (%)	25,017	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	133,23
Diameter sampel tanah, D (cm)	3,68
Tinggi awal sampel tanah, L_0 (cm)	7,13
Luas penampang sampel tanah, A_0 (cm ²)	10,636
Volume awal sampel tanah V_0 (cm ³)	75,84
Berat isi tanah basah (gr/cm ³)	1,757
Berat isi tanah kering (gr/cm ³)	1,405

vertical dial x 0.01 mm	Pem. Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_0$	Tegangan $\sigma = P / A$
	(div)	kg	%	(kg/cm ²)
0	0	0,000	0,000	0,000
40	11	5,566	0,561	0,523
80	14	7,084	1,122	0,666
120	18	9,108	1,683	0,856
160	25	12,650	2,244	1,189
200	27	13,662	2,805	1,284
240	29	14,674	3,366	1,380
280	29	14,674	3,927	1,380
320	20	10,120	4,488	0,951
360	10	5,060	5,049	0,476



Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas
Tanah Asli + Semen 3%
Pemeraman 3 Hari

Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan
Tanah Asli + Semen 3%
Pemeraman 3 Hari

Uraian	
q_u (kg/cm ²)	1,380
c_u (kg/cm ²)	0,351
α (°)	63
ϕ (°)	36

Mengetahui
 Kepala Lab Mekanika Tanah

Dr. Hanin Kusuma Arti, S. T., M. T.

Yogyakarta, 19 September 2025
 Peneliti

Muhammad Albart Enstein



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584
PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (UNCONFINED COMPRESSION TEST)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Kecamatan Kebumen
 Dikerjakan : Muhammad Albeart Enstein
 Tanggal : 18 September 2024
 Sampel : Tanah Timbunan dari TB Enstein, Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen

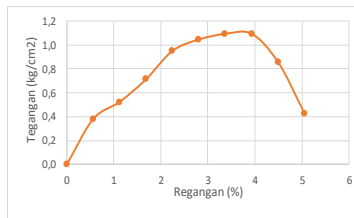
KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	8,90	8,30
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	20,48	21,65
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	18,11	19,04
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (gr)	11,58	13,35
Berat tanah kering $W_k = W_3 - W_1$ (gr)	9,21	10,74
Berat air, $W_w = W_2 - W_3$ (gr)	2,37	2,61
Kadar air, $w = (W_w / W_k) \times 100\%$	25,733	24,302
Kadar air rata - rata, w (%)	25,017	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	133,23
Diameter sampel tanah, D (cm)	3,68
Tinggi awal sampel tanah, L_0 (cm)	7,13
Luas penampang sampel tanah, A_0 (cm ²)	10,636
Volume awal sampel tanah V_0 (cm ³)	75,84
Berat isi tanah basah (gr/cm ³)	1,757
Berat isi tanah kering (gr/cm ³)	1,405

vertical dial x 0.01 mm	Pem. Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_0$	Tegangan $\sigma = P / A$
	(div)	kg	%	(kg/cm ²)
0	0	0,000	0,000	0,000
40	8	4,048	0,561	0,381
80	11	5,566	1,122	0,523
120	15	7,590	1,683	0,714
160	20	10,120	2,244	0,951
200	22	11,132	2,805	1,047
240	23	11,638	3,366	1,094
280	23	11,638	3,927	1,094
320	18	9,108	4,488	0,856
360	9	4,554	5,049	0,428



Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas
Tanah Asli + Gypsum 1%
Pemeraman 3 Hari



Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan
Tanah Asli + Gypsum 1%
Pemeraman 3 Hari

Uraian	
q_u (kg/cm ²)	1,094
c_u (kg/cm ²)	0,316
α (°)	60
ϕ (°)	30

Mengetahui
 Kepala Lab Mekanika Tanah

Dr. Haninya Kusuma Arti, S. T., M. T.

Yogyakarta, 19 September 2025
 Peneliti

Muhammad Albeart Enstein

	LABORATORIUM MEKANIKA TANAH JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584 PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (UNCONFINED COMPRESSION TEST) ASTM D 2166
Proyek : Tugas Akhir Lokasi : Kecamatan Kebumen Dikerjakan : Muhammad Albeart Enstein Tanggal : 18 September 2024 Sampel : Tanah Timbunan dari TB Enstein, Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen	

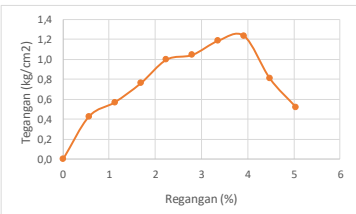
KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	8,90	8,30
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	20,48	21,65
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	18,11	19,04
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (gr)	11,58	13,35
Berat tanah kering $W_s = W_3 - W_1$ (gr)	9,21	10,74
Berat air, $W_w = W_2 - W_3$ (gr)	2,37	2,61
Kadar air, $w = (W_w/W_s) \times 100\%$	25,733	24,302
Kadar air rata - rata, w (%)	25,017	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	133,23
Diameter sampel tanah, D (cm)	3,68
Tinggi awal sampel tanah, L_0 (cm)	7,13
Luas penampang sampel tanah, A_0 (cm ²)	10,636
Volume awal sampel tanah V_0 (cm ³)	75,84
Berat isi tanah basah (gr/cm ³)	1,757
Berat isi tanah kering (gr/cm ³)	1,405

vertical dial x 0.01 mm	Pem. Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_0$	Tegangan $\sigma = P/A$
	(div)	kg	%	(kg/cm ²)
0	0	0,000	0,000	0,000
40	9	4,554	0,561	0,428
80	12	6,072	1,122	0,571
120	16	8,096	1,683	0,761
160	21	10,626	2,244	0,999
200	22	11,132	2,805	1,047
240	25	12,650	3,366	1,189
280	26	13,156	3,927	1,237
320	17	8,602	4,488	0,809
360	11	5,566	5,049	0,523



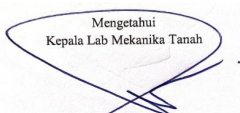
Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas
Tanah Asli + Gypsum 3%
Pemeraman 3 Hari



Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan
Tanah Asli + Gypsum 3%
Pemeraman 3 Hari

Uraian	
q_u (kg/cm ²)	1,237
c_u (kg/cm ²)	0,329
α (°)	62
ϕ (°)	34

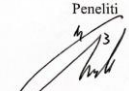
Mengetahui
Kepala Lab Mekanika Tanah



Dr. Hanin Kusuma Arti, S. T., M. T.

Yogyakarta, 19 September 2025

Peneliti



Muhammad Albeart Enstein



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584
PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (UNCONFINED COMPRESSION TEST)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Kecamatan Kebumen
 Dikerjakan : Muhammad Albeart Enstein
 Tanggal : 18 September 2024
 Sampel : Tanah Timbunan dari TB Enstein, Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen

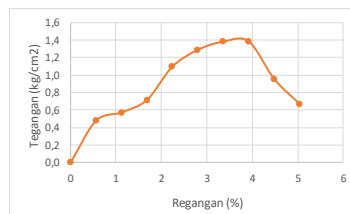
KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	8,90	8,30
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	20,48	21,65
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	18,11	19,04
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (gr)	11,58	13,35
Berat tanah kering, $W_s = W_3 - W_1$ (gr)	9,21	10,74
Berat air, $W_w = W_2 - W_3$ (gr)	2,37	2,61
Kadar air, $w = (W_w / W_s) \times 100\%$	25,733	24,302
Kadar air rata - rata, w (%)	25,017	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	133,23
Diameter sampel tanah, D (cm)	3,68
Tinggi awal sampel tanah, L_0 (cm)	7,13
Luas penampang sampel tanah, A_0 (cm ²)	10,636
Volume awal sampel tanah V_0 (cm ³)	75,84
Berat isi tanah basah (gr/cm ³)	1,757
Berat isi tanah kering (gr/cm ³)	1,405

vertical dial x 0.01 mm	Pem. Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_0$	Tegangan $\sigma = P / A$
	(div)	kg	%	(kg/cm ²)
0	0	0,000	0,000	0,000
40	10	5,060	0,561	0,476
80	12	6,072	1,122	0,571
120	15	7,590	1,683	0,714
160	23	11,638	2,244	1,094
200	27	13,662	2,805	1,284
240	29	14,674	3,366	1,380
280	29	14,674	3,927	1,380
320	20	10,120	4,488	0,951
360	14	7,084	5,049	0,666



Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas
 Tanah Asli + Gypsum 5%
 Pemeraman 3 Hari



Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan
 Tanah Asli + Gypsum 5%
 Pemeraman 3 Hari

Uraian	
q_u (kg/cm ²)	1,380
c_u (kg/cm ²)	0,359
α (°)	63
ϕ (°)	35

Mengetahui
 Kepala Lab Mekanika Tanah

(Signature)

Dr. Haninya Kusuma Arti, S. T., M. T.

Yogyakarta, 19 September 2025
 Peneliti

(Signature)
 Muhammad Albeart Enstein



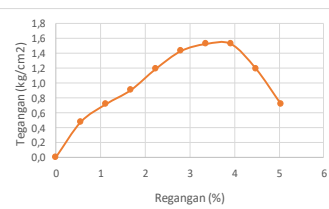
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584
PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (UNCONFINED COMPRESSION TEST)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Kecamatan Kebumen
 Dikerjakan : Muhammad Albeart Enstein
 Tanggal : 18 September 2024
 Sampel : Tanah Timbunan dari TB Enstein, Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen

KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	8,90	8,30
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	23,52	22,78
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	21,11	20,54
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (gr)	14,62	14,48
Berat tanah kering $W_s = W_3 - W_1$ (gr)	12,21	12,24
Berat air, $W_w = W_2 - W_3$ (gr)	2,41	2,24
Kadar air, $w = (W_w / W_s) \times 100\%$	19,738	18,301
Kadar air rata - rata, w (%)	19,019	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	133,23
Diameter sampel tanah, D (cm)	3,68
Tinggi awal sampel tanah, L_0 (cm)	7,13
Luas penampang sampel tanah, A_0 (cm ²)	10,636
Volume awal sampel tanah V_0 (cm ³)	75,84
Berat isi tanah basah (gr/cm ³)	1,757
Berat isi tanah kering (gr/cm ³)	1,476

vertical dial x 0.01 mm	Pem. Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_0$	Tegangan $\sigma = P / A$
	(div)	kg	%	(kg/cm ²)
0	0	0,000	0,000	0,000
40	10	5,060	0,561	0,476
80	15	7,590	1,122	0,714
120	19	9,614	1,683	0,904
160	25	12,650	2,244	1,189
200	30	15,180	2,805	1,427
240	32	16,192	3,366	1,522
280	32	16,192	3,927	1,522
320	25	12,650	4,488	1,189
360	15	7,590	5,049	0,714



Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas
Tanah Asli + Semen 3% & Gypsum 1%
Pemeraman 3 Hari

Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan
Tanah Asli + Semen 3% & Gypsum 1%
Pemeraman 3 Hari

Uraian	
q_u (kg/cm ²)	1,522
c_u (kg/cm ²)	0,371
α (°)	64
ϕ (°)	38

Mengetahui
Kepala Lab Mekanika Tanah

Dr. Haninva Kusuma Arti, S. T., M. T.

Yogyakarta, 19 September 2025
Peneliti

Muhammad Albeart Enstein



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584
PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (UNCONFINED COMPRESSION TEST)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Kecamatan Kebumen
 Dikerjakan : Muhammad Albeart Enstein
 Tanggal : 18 September 2024
 Sampel : Tanah Timbunan dari TB Enstein, Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen

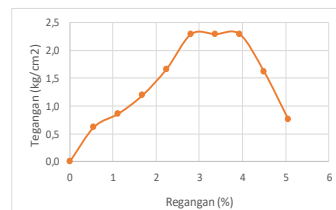
KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	8,90	8,30
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	24,48	23,45
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	22,11	21,04
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (gr)	15,58	15,15
Berat tanah kering $W_s = W_3 - W_1$ (gr)	13,21	12,74
Berat air, $W_w = W_2 - W_3$ (gr)	2,37	2,41
Kadar air, $w = (W_w/W_s) \times 100\%$	17,941	18,917
Kadar air rata - rata, w (%)	18,429	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	133,23
Diameter sampel tanah, D (cm)	3,68
Tinggi awal sampel tanah, L_0 (cm)	7,13
Luas penampang sampel tanah, A_0 (cm ²)	10,636
Volume awal sampel tanah V_0 (cm ³)	75,84
Berat isi tanah basah (gr/cm ³)	1,757
Berat isi tanah kering (gr/cm ³)	1,483

vertical dial x 0.01 mm	Pem. Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_0$	Tegangan $\sigma = P/A$
	(div)	kg	%	(kg/cm ²)
0	0	0,000	0,000	0,000
40	13	6,578	0,561	0,618
80	18	9,108	1,122	0,856
120	25	12,650	1,683	1,189
160	35	17,710	2,244	1,665
200	48	24,288	2,805	2,284
240	48	24,288	3,366	2,284
280	48	24,288	3,927	2,284
320	34	17,204	4,488	1,617
360	16	8,096	5,049	0,761



Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas
 Tanah Asli + Semen 3% & Gypsum 3%
 Pemeraman 3 Hari



Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan
 Tanah Asli + Semen 3% & Gypsum 3%
 Pemeraman 3 Hari

Uraian	
q_u (kg/cm ²)	2,284
c_u (kg/cm ²)	0,532
α (°)	65
ϕ (°)	40

Mengetahui
 Kepala Lab Mekanika Tanah

 Dr. Haninya Kusuma Arti, S. T., M. T.

Yogyakarta, 19 September 2025
 Peneliti

 Muhammad Albeart Enstein



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584
PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (UNCONFINED COMPRESSION TEST)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Kecamatan Kebumen
 Dikerjakan : Muhammad Albeart Einstein
 Tanggal : 18 September 2024
 Sampel : Tanah Timbunan dari TB Enstein, Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen

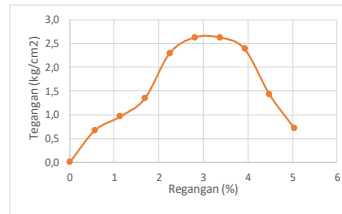
KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	8,90	8,30
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	23,68	22,20
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	21,11	20,04
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (gr)	14,78	13,90
Berat tanah kering $W_s = W_3 - W_1$ (gr)	12,21	11,74
Berat air, $W_w = W_2 - W_3$ (gr)	2,57	2,16
Kadar air, $w = (W_w / W_s) \times 100\%$	21,048	18,399
Kadar air rata - rata, w (%)	19,723	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	133,23
Diameter sampel tanah, D (cm)	3,68
Tinggi awal sampel tanah, L_0 (cm)	7,13
Luas penampang sampel tanah, A_0 (cm ²)	10,636
Volume awal sampel tanah V_0 (cm ³)	75,84
Berat isi tanah basah (gr/cm ³)	1,757
Berat isi tanah kering (gr/cm ³)	1,467

vertical dial x 0.01 mm	Pem. Dial Beban (div)	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi kg	$\epsilon = \Delta L / L_0$ %	Tegangan $\sigma = P / A$ (kg/cm ²)
0	0	0,000	0,000	0,000
40	14	7,084	0,561	0,666
80	20	10,120	1,122	0,951
120	28	14,168	1,683	1,332
160	48	24,288	2,244	2,284
200	55	27,830	2,805	2,617
240	55	27,830	3,366	2,617
280	50	25,300	3,927	2,379
320	30	15,180	4,488	1,427
360	15	7,590	5,049	0,714



Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas
Tanah Asli + Semen 3% & Gypsum 5%
Pemeraman 3 Hari



Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan
Tanah Asli + Semen 3% & Gypsum 5%
Pemeraman 3 Hari

Uraian	
q_u (kg/cm ²)	2,617
c_u (kg/cm ²)	0,582
α (°)	66
ϕ (°)	42

Mengetahui
Kepala Lab Mekanika Tanah

Dr. Hanin Kusuma Arti, S. T., M. T.

Yogyakarta, 19 September 2025

Peneliti

Muhammad Albeart Einstein