

**ANALISIS PENGARUH SUBSTITUSI KAPUR DAN ZEOLIT
TERHADAP PRILAKU KUAT GESER TANAH LEMPUNG EKSPANSIF
BERDASARKAN UJI *DIRECT SHEAR***



SKRIPSI

Dibuat Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Kelulusan
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas IBA

Disusun Oleh :

Annisa Azzakkiyah

22310008

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS IBA**

2026

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS PENGARUH SUBSTITUSI KAPUR DAN ZEOLIT
TERHADAP PERILAKU KUAT GESER TANAH LEMPUNG EKSPANSIF
BERDASARKAN UJI *DIRECT SHEAR***



Ilmu dan Teknologi Sipil dan Teknik Sipil

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik

Volume 184

**Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik**



Dr. Ir. Haryono Haryono, S.T.

(NIDN. 01 345 14)

Palembang, Agustus 2018

Menyetujui,

Ketua program studi Teknik sipil



H. Rabi Sahhar, S.T., M.T.

(NIDN. 01 01017362)

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS PENGARUH SUBSTITUSI KAPUR DAN
ZEOLIT TERHADAP PERILAKU KUAT GESER TANAH LEMPUNG
EKSPANSIF BERDASARKAN UJI *DIRECT SHEAR***



Dikawatirkan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Kelulusan

Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik

Universitas IBA

Telah di periksa dan disetujui Oleh:

Pembimbing I

Universitas IBA Palembang

Dr. Ir. Hj. Harnadhandi, S.T., M.T., I.P.M.

(NIDN. 30 24187301)

Pembimbing II

Universitas IBA Palembang

Eka Wina Sumatri S.T., M.T.

(NIDN. 30 7030001)

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Annisa Arzakkiyah

Npm : 22310008

Program Studi : Teknik Sipil

Judul skripsi : Pengaruh Substitusi Kapur dan Zeolit Terhadap Prilaku Kuat Geser Tanah Lempung Ekspansif Berdasarkan Uji *Direct Shear*

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan penguji dandi terima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas IIA.

DEWAN PENGUJI :

1 . H. Robi Sahber, S.T, M.T.

NIDN : 02 01017302


(.....)

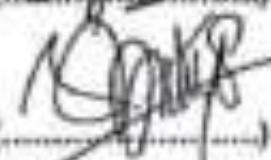
2 . Amelia Rajela, S.T, M.T.

NIDN : 00 22077401


(.....)

3 . Eri Parliani, S.T, M.T

NIDN : 02 3107780


(.....)

Di tetapkan : Palembang

Tanggal : Agustus 2026

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIATISME

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Annisa Azzakkiyah

Npm : 22310008

Program Studi : Teknik Sipil

Judul skripsi : Pengaruh Substitusi Kapur dan Zeolit Terhadap Perilaku Kuat Geser Tanah Lempung Ekspansif Berdasarkan Uji *Dreec Shear*

Dengan ini menyatakan hasil penulisan Skripsi yang saya buat ini merupakan karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila kemudian hari ternyata penulis skripsi ini merupakan plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggung jawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib di Universitas IIA.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan penuh kesadaran dan tidak ada paksaan dari siapapun dan oleh siapapun

Palembang, 18 Juli 2026

Yang membuat pernyataan,



Annisa Azzakkiyah

(Npm. 22310008)

ABSTRAK

ANALISIS PENGARUH SUBSTITUSI KAPUR DAN ZEOLIT TERHADAP PERILAKU KUAT GESER TANAH LEMPUNG EKSPANSIF BERDASARKAN UJI *DIRECT SHEAR*

Ramadhani*, Eka Wisnu Sumantri*, Annisa Azzakkiyah**

**) Dosen Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas IBA*

****) Mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas IBA*

Tanah lempung ekspansif sering menimbulkan permasalahan dalam bidang geoteknik karena memiliki sifat kembang susut yang tinggi, indeks plastisitas tinggi, serta kuat geser yang rendah. Sifat ini dapat menyebabkan ketidakstabilan pada tanah dasar yang berpotensi merusak konstruksi di atasnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh substitusi kapur dan zeolit terhadap perilaku kuat geser tanah lempung ekspansif. Sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari kawasan Jakabaring, sekitar pemukiman kampus Poltekpar Palembang. Pengujian laboratorium yang dilakukan meliputi pengujian sifat fisik (karakteristik tanah), pemadatan standar (*Proctor*), serta pengujian kuat geser menggunakan metode *Direct Shear Test*. Variasi campuran bahan stabilitas yang digunakan adalah Tanah Asli, 5% Kapur + 5% Zeolit, 10% Kapur + 5% Zeolit, dan 21% Kapur + 5% Zeolit. Hasil pengujian karakteristik menunjukkan tanah asli terklasifikasi sebagai jenis *Organic Clays* (OH) berdasarkan sistem USCS, dengan kadar air optimum (*OMC*) sebesar 17,63% dan berat isi kering maksimum (*MDD*) sebesar 1,48 g/cm³. Berdasarkan hasil uji *direct shear*, tanah asli memiliki nilai kohesi (*c*) sebesar 0,0113 kg/cm² dan sudut geser dalam (ϕ) sebesar 1,04°. Penambahan kapur dan zeolit menunjukkan tren penurunan nilai kohesi, namun secara signifikan

meningkatkan nilai sudut geser dalam seiring bertambahnya persentase campuran. Pada campuran 5% Kapur + 5% Zeolit diperoleh nilai $c = 0,0081 \text{ kg/cm}^2$ dan $\phi = 2,67^\circ$; pada campuran 10% Kapur + 5% Zeolit diperoleh $c = 0,0073 \text{ kg/cm}^2$ dan $\phi = 3,33^\circ$; serta pada campuran tertinggi 21% Kapur + 5% Zeolit diperoleh $c = 0,0069 \text{ kg/cm}^2$ dan $\phi = 4,31^\circ$. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kombinasi campuran Tanah + 10% Kapur + 5% Zeolit merupakan komposisi yang paling optimum untuk meningkatkan perilaku kuat geser tanah lempung ekspansif di lokasi tersebut karena mampu memberikan keseimbangan parameter kuat geser yang paling baik.

Kata Kunci: Tanah Lempung Ekspansif, Kapur, Zeolit, Kuat Geser, *Direct Shear Test*.

ABSTRACT

Analysis of the Effect of Lime and Zeolite Substitution on the Shear Strength Behavior of Expansive Clay Soil Based on the Direct Shear Test

Ramadhani*, Eka Wisnu Sumantri**, Annisa Azzakkiyah**

**) Faculty Member, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, IBA University*

****) Student, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, IBA University*

Expansive clay soils often cause significant problems in geotechnical engineering due to their high shrink-swell potential, high plasticity index, and low shear strength. These characteristics can lead to subgrade instability, which potentially damages the overlying engineering structures. This study aims to analyze the effect of lime and zeolite substitution on the shear strength behavior of expansive clay soil. The soil samples used in this research were collected from the Jakabaring area, near the Poltekpar Palembang campus. The laboratory testing program included physical properties (soil characteristics), standard compaction (Proctor), and shear strength determination using the Direct Shear Test method. The variations of stabilizing agent mixtures evaluated were Native Soil, 5% Lime + 5% Zeolite, 10% Lime + 5% Zeolite, and 21% Lime + 5% Zeolite. The physical properties testing classified the native soil as Organic Clays (OH) according to the USCS system, with an Optimum Moisture Content (OMC) of 17.63% and a Maximum Dry Density (MDD) of 1.48 g/cm³. Based on the direct shear test results, the native soil exhibited a cohesion value (c) of 0.0113 kg/cm² and an internal friction angle (ϕ) of 1.04°. The substitution of lime and zeolite led to a decreasing trend in cohesion values; however, it significantly increased the internal friction angle as the percentage of the mixture increased. The mixture of 5% Lime + 5% Zeolite yielded $c = 0.0081$ kg/cm² and $\phi = 2.67^\circ$; the 10% Lime + 5% Zeolite mixture yielded $c = 0.0073$ kg/cm² and $\phi = 3.33^\circ$; while the highest variation of 21% Lime + 5% Zeolite achieved $c = 0.0069$ kg/cm² and $\phi = 4.31^\circ$. This study concludes that the combination of Soil + 10% Lime + 5% Zeolite

represents the most optimum composition to improve the shear strength behavior of expansive clay at the study site, as it provides the most effective balance of shear strength parameters.

Keywords: *Expansive Clay Soil, Lime, Zeolite, Shear Strength, Direct Shear Test.*

MOTTO

“ Aku membahayakan nyawa ibuku untuk lahir kedunia, jadi tidak mungkin aku di dunia tidak ada artinya”

“Terang datang gelapnya berlalu, basuh takut kepal

Kekuatan menyatu di dalam syahdu nada nada indah

Menenangkan jiwa ini terang”

(Rebellion rose, Menang)

“Be bold, be original, be invincible”

“Jadilah berani, jadilah orisinal (Diri sendiri), jadilah tak terkalahkan.”

(Penulis)

HALAMAN PERSEMBAHAN

"Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan."
(QS. Al-Insyirah: 5)

Sebuah perjuangan panjang yang akhirnya berbuah manis. Karya ini saya persembahkan teruntuk:

1. **Allah SWT**, yang memegang setiap urusan dan memberikan kemudahan di saat-saat tersulit. Lembaran skripsi ini adalah bukti nyata dari kebesaran-Mu yang selalu menuntun langkah kaki saya.
2. **Untuk Diriku Sendiri**, terima kasih banyak karena telah memilih untuk tidak menyerah dan telah membuktikan bahwa kamu jauh lebih kuat dari semua ketakutanmu. Bahagia selalu diriku, penuh cemas yang berhasil kamu lewati, kamu sangat layak untuk mendapatkan kebahagiaan.
3. Sembah Sujud dan Dedikasi Khusus Teruntuk **Almarhumah Ibuku**, malaikat tak bersayapku yang kini telah tenang di keabadian. Skripsi dan gelar sarjana ini dengan air mata dan rasa rindu saya persembahkan sepenuhnya untukmu. Untuk menyaksikan hari bahagia ini saya percaya doa-doa tulus yang pernah kamu tanamkan semasa hidup selalu mengalir menjadi penerang yang menerangi jalan saya hingga ke titik ini. Keberhasilan ini adalah buah dari air mata, kasih sayang, dan didikan luar biasa yang kamu berikan. Semoga pencapaian kecil ini bisa membuat kamu tersenyum bangga di haribaan Allah SWT. (Tenang di surga ya, ma. Adek selalu sayang mama)
4. **Saudari Perempuan Tercinta, Okky veronica Chintya Pratiwi, S.T,M.T dan Suami**. Lembaran skripsi ini dengan penuh rasa hormat dan cinta saya persembahkan untukmu. Terima kasih yang tak terhingga atas segala kebaikan, pengorbanan, serta dukungan finansial. Semoga keberhasilan kecil ini dapat menjadi awal untuk membalas segala ketulusan dan budi baikmu yang tak ternilai harganya.

5. Kepada Dosen Pembimbing Utama dan Pembimbing Pendamping, **Ibu Dr.Ir.Hj.Ramadhani, S.T.,M.T.IPM.** dan **Bapak Eka Wisnu Sumantri, S.T.,M.T.** . Terima kasih telah memberikan arahan yang begitu berharga, memotivasi serta selalu mengarahkan saya hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
6. Teruntuk Kedua Keponakan Tersayang, **Muhammad Umar Latif Ihkamudin Al-Amin dan Muhammad Nuh Ihkamudin Al-Ghaita**, Karya sederhana dan gelar baru ini persembahkan juga untuk kalian, sebagai harapan anak-anak yang saleh, cerdas, dan kebanggaan keluarga.
7. Kepada Kekasih, **Kgs. Muhammad Dewanta Pratama** terima kasih telah menjadi bagian paling indah sekaligus paling menguatkan dalam perjalanan Panjang ini, kamu hadir membawa keyakinan bahwa aku bisa menyelesaikannya. Terima kasih atas waktu yang kamu korbankan, telinga yang selalu siap mendengar keluh kesahku yang membosankan, dan senyuman yang selalu berhasil memulihkan lelahku **Tolong hiduplah lebih lama** bersama ku. Terima kasih juga sudah bertahan bersamaku melewati semua badai tugas akhir ini hingga kita bisa merayakan hari bahagia ini bersama.
8. **Pemadam Kebakaran Kota Palembang**, Terimakasih atas bantuan dan tenaga para bapak- bapak yang telah menyempatkan membantu penulis terjebak keusahan di lapangan.
9. **SCKA 22 MPA**, Terima kasih atas semua kerja sama. Setiap momen yang kita lalui di ruang kuliah adalah proses pendewasaan yang sangat berharga bagi saya.
10. **Rekan Rekan Kelas Sipil Angkatan 2022**, Semoga wisuda ini menjadi gerbang awal kesuksesan kita masing-masing, dan semoga ikatan silaturahmi kita tetap terjaga ke mana pun arah masa depan membawa kita pergi.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "**Analisis Pengaruh Substitusi Kapur dan Zeolit terhadap Perilaku Kuat Geser Tanah Lempung Ekspansif Berdasarkan Uji Direct Shear**". Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar **Sarjana Teknik (S.T.)** pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas IBA. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, dukungan, dan doa dari berbagai pihak, skripsi ini tidak dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya.
2. Ibu Dr. Lily Rahmawati Harahap, SE., MM Rektor Universitas IBA.
3. Ibu Dr. Ir Hardayani Haruno, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas IBA.
4. Bapak H. Robi Sahbar, S.T, M.T., Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas IBA.
5. Ibu Dr. Ir. Hj Ramadhani, S.T, M.T, IPM, dan Bapak Eka Wisnu Sumantri, S.T, M.T. Selaku dosen pembimbing I dan dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan, bimbingan, saran, dan motivasi selama proses penyusunan skripsi ini.
6. Bapak H. Robi Sahbar, S.T, M,T selaku dewan penguji
7. Ibu Amelia Rajela, S.T, M.T selaku dewan pengguji
8. Ibu Sari Farlianti, S.T, M.T selaku dewan pengguji
9. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Sipil Universitas IBA yang telah memberikan ilmu, bantuan, dan pelayanan selama masa perkuliahan.

10. Teman-teman mahasiswa Teknik Sipil yang telah memberikan dukungan, semangat, dan kerja sama selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi.
11. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Semoga skripsi ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang geoteknik dan stabilisasi tanah. penulis juga berharap hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak peneliti selanjutnya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan karya ilmiah ini di masa mendatang.

Palembang, Juli 2026

Penulis,

Annisa Azzakkiyah

(Npm. 22310008)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIATISME	v
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
MOTTO	viii
HALAMAN PERSEMBAHAN	xi
KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Maksud dan tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Uji <i>Direct Shear</i>	5
2.2 Pengertian Tanah	6
2.3 Tanah Lempung Ekspansif	7
2.4 Stabilisasi Tanah	9
2.5 Kuat Geser Tanah	12
2.6 Alat Penelitian dan Fungsinya	12
2.7 Bahan Penelitian dan Fungsinya.....	17
2.8 Variasi Campuran Penelitian	19
2.9 Pengujian Karakteristik Tanah	19

BAB III METODOLOGI PENELITIAN 29

3.1 Umum 29	
3.2 Lokasi Penelitian	31
3.3 Waktu Penelitian	31
3.4 Flow chart	32
3.5 Pengambilan Sampel Tanah	33
3.6 Persiapan Sampel Penelitian	34
3.7. Pengujian Analisis Saringan	35
3.8 Hasil Pengujian Kadar Air	36
3.9 Pengujian Berat Jenis	40
3.10 Pengujian Batas Atterberg	48
3.11 Pengujian Direct Shear	52
3.12.1 <i>Direct Shear</i>	61
HASIL DAN PEMBAHASAN	64
4.1 Umum	64
4.1.1 Hasil Pengujian Karakteristik Tanah Asli	64
4.2 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Standar (PTS) 70	
4.3 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Standar (PTS)	72
4.4 Pengaruh Kapur dan Zeolit Terhadap Kuat Geser Tanah lempung Ekspansif	77
KESIMPULAN DAN SARAN	83
5.1 Kesimpulan	83
5.2 Saran	84
DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN.....	1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 tanah berbutir kasar, tanah berbutir halus.....	6
Gambar 2.2 tanah lempung ekspansif.....	7
Gambar 2.3 kapur tohor.....	10
Gambar 2.4 zeolit sebagai bahan campuran.....	10
Gambar 2.5 air.....	12
Gambar 3.1 (lokasi pengambilan sampel tanah lempung ekspansif).....	29
Gambar 3.2 (alat yang di gunakan dalam penelitian).....	32
Gambar 3.3 (bahan penelitian).....	32
Gambar 3.2 (pengambilan sampel tanah).....	34
Gambar 3.3 (persiapan sampel tanah).....	35
Gambar 3.6 analisa saringan 50 dan 04.....	38
Gambar 3.8 Tanah asli lempung ekspansif.....	39
Gambar 3.9 berat cawan kosong.....	40
Gambar 3.10 memasukan sampel tanah ke dalam cawan.....	41
Gambar 3.11 berat tanah basah.....	41
Gambar 3.12 memasukan sampel ke dalam oven.....	42
Gambar 3.13 suhu oven 105°C – 110°C dan lama pengerjaan ± 24 jam	42
Gambar 3.14 berat tanah kering setelah di oven105°C – 110°C dan lama pengerjaan ± 24 jam.....	43
Gambar 3.17 tmbang piknometer kosong.....	45
Gambar 3.18 mengisi sampel dan menimbang piknometer berisi sampel.....	46

Gambar 3.19 mengisi air ke piknometer.....	47
Gambar 3.20 mengaduk dan mendiam kan sampel selama 1 jam.....	47
Gambar 3.17 suhu air di dalampikno sebesar 33°C.....	48
Gambar 3.21 mengisi air di piknometer dan menimbang	49
Gambar 3.22 berat jenis.....	50
Gambar 3.23 alat pengujian atterbag	52
Gambar 3.24 sampel tanah Batas Atterberg.....	53
Gambar 3.25 Proses pencampuran tanah dan air.....	53
Gambar 3.26 Tanah di masukan ke alat casgrandle	53
Gambar 3.27 Membuat alur di sampel.....	54
Gambar 3.28 Perbedaan hasil setelah dan sebelum di ketuk.....	55
Gambar 3. 29 Menimbang sampel dan memasukan oven selama 24 jam.....	55
Gambar 3.30 Memnggulung sampel di atas pelat kaca.....	56
Gambar 3.31 Menimbang sebelum dan sesudah di masukan oven.....	56
Gambar 3.34 pengujian proctor sederhana (PTS).....	65
Gambar 3.32 Mengukur volume sampel sebelum di lakukan pengujian derec shear.....	66
Gambar 3.33 Uji derec sher.....	67
Gambar 3.34 Memberi beban normal pada pengujian direct shear.....	68
Gambar 3.35 Memberi beban normal pada pengujian direct shear.....	69

Gambar 3.6 Cara kerja alat direct shear.....	69
Gambar 3.7 Hasil benda Uji setelah di uji direct shear.....	70
Gambar 3.36 dokumentasi pengujian direct shear.....	75
Gambar 4.1 Grafik Analisa saringan.....	62
Gambar 4. 3 Grafik batas Atterberg.....	66
Gambar 4.4 Grafik pemadatan tanah standar.....	70
Gambar 4.5 Hasil Pengujian Direct Shear Pada Tanah Asli.....	71
Gambar 4.6 grafik kapur dan zeolite terhadap kohesi.....	72
Gambar 4. 7 grafik Perolehan kohesi pada campuran.....	73

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 hubungan suhu BJ (berat jenis) Air.....	51
Table 3.2 rencana pengujian	66
Table 4.1 (tabel hasil Analisa saringan).....	73
Tabel 4.2 (Tabel pengujian kadar air lempung ekspansif).....	75
Tabel 4. 3 pengujian batas Atterberg.....	78
Table 4.5 sifat fisistanah dan Klasifikasi Tanah.....	79
Table 4.5 sifat fisistanah dan Klasifikasi Tanah.....	80
Tabel 4.6 Hasil Keseluruhan Pengujian.....	74
Table 4.7 table perolehan nilai kohesi pada campuran.....	81
Table 4.8 table perolehan nilai sudut geser pada campuran.....	82

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan bagian penting dalam suatu pekerjaan konstruksi karena berfungsi sebagai media pendukung pondasi maupun struktur bangunan. Dalam bidang teknik sipil, kondisi tanah sangat menentukan keberhasilan suatu konstruksi. Tanah yang memiliki karakteristik baik akan mampu mendukung beban konstruksi secara aman dan stabil, sedangkan tanah dengan karakteristik buruk dapat menyebabkan berbagai masalah seperti penurunan pondasi, retak pada bangunan, kerusakan jalan, hingga kegagalan struktur. Oleh karena itu, diperlukan investigasi dan analisis terhadap sifat-sifat tanah sebelum suatu konstruksi dilaksanakan. Salah satu jenis tanah yang sering menimbulkan permasalahan dalam bidang geoteknik adalah tanah lempung ekspansif. Tanah lempung ekspansif merupakan tanah yang memiliki sifat mengembang ketika menyerap air dan menyusut ketika kehilangan kadar air.

Sifat tersebut dipengaruhi oleh kandungan mineral lempung aktif, terutama *montmorillonite*, yang memiliki kemampuan menyerap air sangat tinggi. Ketika musim hujan, tanah akan mengalami pengembangan volume akibat peningkatan kadar air, sedangkan pada musim kemarau tanah mengalami penyusutan dan retak-retak permukaan. Perubahan volume yang terjadi secara terus-menerus menyebabkan ketidakstabilan tanah sehingga dapat merusak konstruksi di atasnya. Permasalahan tanah lempung ekspansif banyak dijumpai pada konstruksi jalan raya, pondasi bangunan, bendungan, saluran irigasi, maupun lapangan terbang. Tanah jenis ini umumnya memiliki daya dukung rendah, permeabilitas kecil, indeks plastisitas tinggi, serta kuat geser yang rendah. Kondisi tersebut menyebabkan tanah lempung ekspansif tidak memenuhi syarat sebagai tanah dasar konstruksi apabila tidak dilakukan perbaikan terlebih dahulu. Rendahnya kuat geser tanah dapat mengakibatkan ketidakstabilan lereng, penurunan pondasi, dan kegagalan struktur akibat

Ketidak mampuan tanah menahan beban yang bekerja. Metode stabilisasi dapat dilakukan secara mekanis maupun kimiawi. Stabilisasi secara kimiawi dilakukan dengan menambahkan bahan tertentu ke dalam tanah untuk meningkatkan daya dukung dan kuat geser tanah serta mengurangi plastisitas dan potensi pengembangan tanah. menjadi lebih stabil dan meningkatkan ikatan antar butir tanah sehingga kuat geser tanah meningkat. Selain itu, penggunaan kapur juga mampu menurunkan indeks plastisitas, mengurangi kadar air, serta mengurangi sifat mengembang dan menyusut pada tanah lempung ekspansif. Selain kapur, zeolit juga dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam stabilisasi tanah.

Penggunaan zeolit dalam campuran stabilisasi diharapkan mampu meningkatkan efektivitas kapur dalam memperbaiki karakteristik tanah lempung ekspansif. Kombinasi kapur dan zeolit diperkirakan dapat memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap perilaku mekanik tanah dibandingkan penggunaan bahan tunggal (Tangdialla, L. T. 2024). Reaksi kimia antara kapur, zeolit, dan partikel tanah diharapkan dapat meningkatkan nilai kohesi dan sudut geser dalam tanah sehingga kuat geser tanah menjadi lebih besar. Dengan meningkatnya kuat geser tanah, maka stabilitas tanah sebagai tanah dasar konstruksi juga akan meningkat. Dalam bidang geoteknik, kuat geser tanah merupakan parameter penting yang digunakan untuk menentukan kemampuan tanah dalam menahan gaya geser sebelum mengalami keruntuhan. Parameter kuat geser sangat berpengaruh terhadap stabilitas pondasi, lereng, dinding penahan tanah, maupun konstruksi lainnya. Salah satu metode laboratorium yang umum digunakan untuk menentukan parameter kuat geser tanah adalah uji *direct shear*. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan. Dari hasil pengujian diperoleh parameter kohesi dan sudut geser dalam tanah. Penambahan zeolit diharapkan membantu meningkatkan kepadatan dan stabilitas struktur tanah. Namun demikian, penelitian mengenai kombinasi substitusi kapur dan zeolit terhadap perilaku kuat geser tanah lempung ekspansif masih perlu diteliti untuk memperoleh komposisi optimum

yang memberikan hasil terbaik. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan dengan judul “**Analisis Pengaruh Substitusi Kapur dan Zeolit Terhadap Perilaku Kuat Geser Tanah Lempung Ekspansif Berdasarkan Uji *Direct Shear***”. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan jawaban mengenai pengaruh penambahan kapur dan zeolit terhadap peningkatan kuat geser tanah lempung ekspansif .

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh substitusi kapur dan zeolit terhadap nilai kohesi dan nilai sudut geser pada tanah lempung ekspansif?
2. Bagaimana perubahan penurunan nilai kohesi dan kenaikan sudut geser dalam akibat penambahan kapur dan zeolit?
3. Bagaimana substitusi kapur dan zeolit yang menghasilkan nilai sudut geser geser *maximum* berdasarkan uji *direct shear*?

1.3 Maksud dan tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh substitusi kapur dan zeolit terhadap nilai kohesi dan nilai sudut geser pada tanah lempung ekspansif
2. Mengetahui perubahan penurunan nilai kohesi dan kenaikan sudut geser dalam akibat penambahan kapur dan zeolit?
3. Mengetahui substitusi kapur dan zeolit yang menghasilkan nilai sudut geser geser *maximum* berdasarkan uji *direct shear*

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah, maka penelitian ini dibatasi pada:

1. Tanah yang digunakan adalah tanah lempung ekspansif diambil dari lokasi Jakabaring pemukiman kampus Poltekpar Palembang

2. Bahan stabilisasi yang digunakan berupa kapur dan zeolit.
3. Pengujian dilakukan di laboratorium Universitas IBA Palembang, dan Universitas Tridianti Palembang.
4. Pengujian kuat geser menggunakan metode *direct shear test* (SO-525DSE)
5. Parameter yang dianalisis meliputi kohesi, sudut geser dalam, dan kuat geser tanah.

1.5 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi teori mengenai tanah lempung ekspansif, stabilisasi tanah, kapur, zeolit, kuat geser tanah, serta uji *direct shear*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi metode penelitian, alat dan bahan, prosedur penelitian, dan analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi hasil pengujian laboratorium dan pembahasan pengaruh substitusi kapur dan zeolit terhadap kuat geser tanah.

BAB V PENUTUP

Berisi kesimpulan dan saran dari hasil penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Uji *Direct Shear*

Uji *Direct Shear* atau uji geser langsung merupakan salah satu metode pengujian laboratorium dalam bidang mekanika tanah yang digunakan untuk menentukan parameter kuat geser tanah. Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) yang menjadi parameter utama dalam analisis stabilitas tanah. Pada pengujian ini, sampel tanah ditempatkan dalam kotak geser yang terdiri atas dua bagian. Sampel kemudian diberi beban normal secara vertikal dan gaya geser secara horizontal hingga terjadi keruntuhan pada bidang geser tertentu. Besarnya tegangan geser maksimum yang terjadi saat keruntuhan digunakan untuk menentukan kuat geser tanah. Uji *Direct Shear* banyak digunakan dalam bidang geoteknik karena metode pengujiannya relatif sederhana, mudah dilakukan, serta mampu memberikan hasil yang cukup baik terutama untuk tanah granular seperti pasir dan kerikil. Kekuatan tanah terhadap gaya geser sangat penting dalam perencanaan konstruksi sipil, seperti pondasi, dinding penahan tanah, jalan raya, bendungan, dan stabilitas lereng.

Kuat geser tanah merupakan kemampuan tanah untuk menahan tegangan geser yang bekerja tanpa mengalami keruntuhan. Prinsip kerja uji *Direct Shear* dilakukan dengan memberikan beban normal pada sampel tanah, kemudian sampel digeser secara horizontal dengan kecepatan tertentu sampai mengalami keruntuhan. Pengujian dilakukan menggunakan alat *shear box* yang terdiri dari dua bagian, yaitu bagian atas dan bagian bawah. Saat pengujian berlangsung, salah satu bagian kotak akan bergerak secara horizontal sehingga terbentuk bidang geser pada sampel tanah. Besarnya gaya horizontal yang menyebabkan keruntuhan dicatat sebagai gaya geser maksimum. Nilai tersebut kemudian digunakan untuk menghitung tegangan geser.

2.2 Pengertian Tanah

Tanah merupakan material alami hasil pelapukan batuan yang terdiri atas campuran mineral, bahan organik, air, dan udara. Dalam teknik sipil, tanah berfungsi sebagai media pendukung pondasi dan struktur konstruksi sehingga karakteristik tanah harus diketahui sebelum pelaksanaan pembangunan. Menurut Karl Terzaghi, tanah adalah kumpulan mineral, bahan organik, air, dan udara yang terbentuk secara alami dan memiliki rongga-rongga di antara partikel penyusunnya. Tanah terdiri atas tiga fase utama yaitu fase padat, fase cair, dan fase gas. Fase padat terdiri dari partikel mineral dan bahan organik, fase cair berupa air yang mengisi pori-pori tanah, sedangkan fase gas berupa udara yang berada di dalam rongga tanah. Dalam ilmu geoteknik, tanah dipelajari berdasarkan sifat fisik dan sifat mekaniknya.



Gambar 2.1 tanah berbutir kasar, tanah berbutir halus.
(Sumber dokumentasi di laboratorium Mekanikah Tanah)

Sifat fisik tanah meliputi ukuran butiran, kadar air, berat jenis, batas Atterberg, dan distribusi partikel tanah. Sedangkan sifat mekanik tanah meliputi kuat geser, daya dukung tanah, kompresibilitas, konsolidasi, dan permeabilitas tanah. Sifat-sifat tersebut sangat mempengaruhi perilaku tanah terhadap beban konstruksi. Menurut Das (1995), tanah merupakan kumpulan partikel mineral yang tidak tersementasi secara permanen dan terbentuk akibat proses pelapukan fisik maupun kimiawi batuan induk. Sifat tanah sangat dipengaruhi oleh ukuran butiran, kadar

air, struktur tanah, serta kandungan mineral di dalamnya. Secara umum tanah dibedakan menjadi dua yaitu tanah berbutir kasar, tanah berbutir halus.

2.3 Tanah Lempung Ekspansif

Tanah lempung ekspansif merupakan tanah lempung yang mengalami perubahan volume cukup besar akibat perubahan kadar air.



(a) Tanah lempung ekspansif asli belum melewati tahap pengeringan dan Analisa saringan



(b) Tanah lempung ekspansif yang telah melewati pengeringan dan lolos analisa saringan

Gambar 2.2 tanah lempung ekspansif
(Sumber dokumentasi di laboratorium Mekanikah Tanah)

Tanah ini umumnya mengandung mineral *montmorillonite* yang sangat aktif terhadap air. Ketika kadar air meningkat, tanah mengalami pengembangan akibat masuknya molekul air ke dalam lapisan mineral lempung. Sebaliknya, ketika kadar air menurun tanah mengalami penyusutan dan retak-retak permukaan. Sifat tersebut terjadi karena tanah lempung ekspansif mengandung mineral aktif, terutama mineral *montmorillonite*, yang memiliki daya serap air sangat tinggi. Ketika kadar air meningkat, air akan masuk ke dalam rongga antar partikel mineral sehingga volume tanah bertambah. Sebaliknya, ketika kadar air menurun akibat penguapan atau musim kemarau, tanah akan mengalami penyusutan dan menimbulkan retakan pada permukaan tanah.

Tanah lempung termasuk dalam kelompok tanah berbutir halus yang memiliki ukuran partikel sangat kecil dan bersifat kohesif. Tanah berbutir kasar umumnya memiliki daya dukung yang baik dan permeabilitas tinggi, sedangkan tanah berbutir halus memiliki plastisitas lebih besar dan permeabilitas rendah. Tanah lempung termasuk dalam kelompok tanah berbutir halus yang memiliki sifat kohesif dan sangat dipengaruhi oleh kadar air. Dalam sistem klasifikasi tanah, salah satu metode yang umum digunakan adalah *Unified Soil Classification System* (USCS). Sistem ini mengelompokkan tanah berdasarkan distribusi ukuran butiran dan sifat plastisitas tanah. Selain itu terdapat juga sistem klasifikasi AASHTO yang sering digunakan dalam pekerjaan jalan raya (Bowles, J. E. (1991)). Karena peranan tanah yang sangat penting, maka diperlukan penyelidikan tanah untuk mengetahui karakteristik serta kemampuan tanah dalam mendukung beban konstruksi.

Karakteristik tanah lempung ekspansif:

1. Indeks plastisitas tinggi
2. Potensi pengembangan besar
3. Daya dukung rendah
4. Kuat geser rendah
5. Permeabilitas rendah
6. Sensitif terhadap perubahan kadar air

Tanah lempung ekspansif dapat menyebabkan:

- Retak pada dinding bangunan
- Penurunan pondasi
- Kerusakan jalan
- Pergerakan struktur
- Ketidakstabilan lereng

2.4 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah usaha memperbaiki sifat fisik dan mekanik tanah agar memenuhi persyaratan konstruksi.

Tujuan stabilisasi tanah:

7. Meningkatkan daya dukung tanah
8. Meningkatkan kuat geser tanah
9. Mengurangi plastisitas tanah
10. Mengurangi potensi pengembangan
11. Mengurangi permeabilitas

Metode stabilisasi:

1. Stabilisasi mekanis
2. Stabilisasi kimiawi

Penelitian ini menggunakan stabilisasi kimiawi dengan bahan kapur dan zeolit.

2.2 Kapur Sebagai Bahan Stabilisasi

Kapur merupakan bahan yang banyak digunakan untuk stabilisasi tanah lempung. Kapur bekerja melalui proses pertukaran *ion*, *flokulasi dan aglomerasi*, *reaksi pozzolanic*



Gambar 2.3 Kapur Tohor
(Sumber dokumentasi di laboratorium Mekanikah Tanah)

Reaksi tersebut menyebabkan struktur tanah menjadi lebih padat dan stabil.

Keuntungan penggunaan kapur:

1. Menurunkan plastisitas
2. Mengurangi potensi pengembangan
3. Meningkatkan kuat geser
4. Meningkatkan daya dukung tanah

Jenis kapur yang digunakan: Kapur tohor (CaO)

2.3 Zeolit Sebagai Bahan Stabilisasi

Zeolit merupakan mineral aluminosilikat berpori yang memiliki kemampuan menyerap air dan kapasitas tukar *ion* tinggi.



Gambar 2 .4 Zeolit sebagai bahan campuran
(Sumber dokumentasi di laboratorium Mekanikah Tanah)

Karakteristik zeolit:

1. Memiliki porositas tinggi
2. Mampu menyerap air
3. Bersifat ramah lingkungan
4. Memiliki struktur kristal stabil

Manfaat zeolit dalam stabilisasi

tanah:

1. Mengurangi kadar air tanah
2. Meningkatkan kepadatan tanah
3. Memperbaiki struktur tanah
4. Meningkatkan kuat geser tanah

Penggunaan zeolit bersama kapur diharapkan mampu meningkatkan efektivitas stabilisasi tanah lempung ekspansif.

2.6 Air

Peran air dalam mekanika tanah khususnya pada campuran tanah lempung, zeolit, dan kapur untuk mencapai nilai *shear strength* (kuat geser/"*derece sher*") yang optimal sangatlah krusial. Air bertindak sebagai katalisator fisik maupun kimia.



Gambar 2.5 Air
(Sumber dokumentasi di laboratorium Mekanikah Tanah)

Kadar Air *Optimum* (OMC - *Optimum Moisture Content*): Air berfungsi sebagai pelumas yang tipis di sekeliling partikel. Hal ini memudahkan partikel bergeser, saling mengunci, dan merapat saat ditumbuk (memaksimalkan berat volume kering tanah)

2.5 Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah adalah kemampuan tanah dalam menahan gaya geser sebelum mengalami keruntuhan.

Faktor yang mempengaruhi kuat geser:

1. Jenis tanah
2. Kadar air
3. Kepadatan tanah
4. Tegangan normal
5. Struktur tanah

2.6 Alat Penelitian dan Fungsinya

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan alat-alat laboratorium mekanika tanah yang digunakan untuk membantu proses pengujian karakteristik tanah serta pengujian kuat geser tanah. Setiap alat memiliki fungsi tertentu sesuai dengan tahapan penelitian yang dilakukan. Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Timbangan digital

Timbangan digital digunakan untuk menimbang berat sampel tanah, kapur, zeolit, dan benda uji dengan tingkat ketelitian yang tinggi. Alat ini sangat penting dalam penelitian karena setiap pengujian laboratorium memerlukan data berat yang akurat agar hasil perhitungan dapat dilakukan dengan benar. Timbangan digital juga digunakan dalam pengujian kadar air, pengujian berat jenis, dan penentuan komposisi campuran tanah dengan bahan stabilisasi.

2. OvenL aboratorium

Oven digunakan untuk mengeringkan sampel tanah pada suhu tertentu, yaitu sekitar 105°C–110°C selama ± 24 jam. Proses pengeringan bertujuan untuk menghilangkan kandungan air dalam tanah sehingga diperoleh berat tanah kering oven. Data tersebut digunakan dalam perhitungan kadar air tanah. Selain itu, oven juga membantu menjaga konsistensi kondisi sampel sebelum dilakukan pengujian lainnya.

3. **Alat Batas Atterberg**

Alat batas Atterberg digunakan untuk menentukan sifat plastisitas tanah, yaitu batas cair (*Liquid Limit*), batas plastis (*Plastic Limit*), dan indeks plastisitas (*Plasticity Index*). Pengujian ini penting untuk mengetahui tingkat plastisitas tanah lempung ekspansif yang digunakan dalam penelitian. Nilai plastisitas tanah sangat berpengaruh terhadap perilaku pengembangan dan penyusutan tanah.

4. **Piknometer**

Piknometer digunakan untuk menentukan berat jenis (*specific gravity*) butiran tanah. Pengujian berat jenis bertujuan untuk mengetahui perbandingan berat partikel tanah terhadap berat air. Nilai berat jenis tanah sangat diperlukan dalam analisis sifat fisik tanah serta perhitungan parameter tanah lainnya.

5. **Skrup Besi**

Skrup besi digunakan untuk membantu proses pengambilan, pencampuran, dan perataan sampel tanah. Alat ini juga digunakan saat memasukkan tanah ke dalam cetakan benda uji maupun saat membersihkan sisa tanah pada alat pengujian. Penggunaan skrup besi mempermudah pekerjaan laboratorium agar sampel dapat tercampur secara merata.

6. **Palu Karet**

Palu karet digunakan untuk menghancurkan gumpalan tanah setelah proses pengeringan tanpa merusak ukuran butiran asli tanah. Penggunaan palu karet dipilih karena sifatnya yang lebih lunak dibandingkan palu besi sehingga tidak menyebabkan kerusakan pada partikel tanah yang dapat mempengaruhi hasil pengujian.

7. **Saringan Nomor 200**

Saringan nomor 200 digunakan untuk memisahkan partikel tanah berukuran halus sesuai standar pengujian mekanika tanah. Penggunaan saringan ini bertujuan untuk memperoleh sampel tanah yang lolos ukuran tertentu sehingga dapat digunakan pada pengujian karakteristik tanah dan pengujian batas Atterberg.

8. **Saringan Nomor 04 (4,75mm)**

Saringan nomor 4 digunakan untuk memisahkan butiran tanah kasar dari tanah halus. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran tanah dan membantu proses klasifikasi tanah berdasarkan ukuran partikel. berat partikel tanah terhadap berat air. Nilai berat jenis tanah sangat diperlukan dalam analisis sifat fisik tanah serta perhitungan parameter tanah lainnya.

9. **Skrap Besi**

Skrap besi digunakan untuk membantu proses pengambilan, pencampuran, dan perataan sampel tanah. Alat ini juga digunakan saat memasukkan tanah ke dalam cetakan benda uji maupun saat membersihkan sisa tanah pada alat pengujian. Penggunaan skrap besi mempermudah pekerjaan laboratorium agar sampel dapat tercampur secara merata.

10. **Palu Karet**

Palu karet digunakan untuk menghancurkan gumpalan tanah setelah proses pengeringan tanpa merusak ukuran butiran asli tanah. Penggunaan palu karet dipilih karena sifatnya yang lebih lunak dibandingkan palu besi sehingga tidak menyebabkan kerusakan pada partikel tanah yang dapat mempengaruhi hasil pengujian.

11. **Saringan Nomor 200**

Saringan nomor 200 digunakan untuk memisahkan partikel tanah berukuran halus sesuai standar pengujian mekanika tanah. Penggunaan saringan ini bertujuan untuk memperoleh sampel tanah yang lolos ukuran tertentu sehingga dapat digunakan pada pengujian karakteristik tanah dan pengujian batas Atterberg.

12. Saringan Nomor 04 (4,75mm)

Saringan nomor 4 digunakan untuk memisahkan butiran tanah kasar dari tanah halus. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran tanah dan membantu proses klasifikasi tanah berdasarkan ukuran partikel

13. Sarung Tangan

Sarung tangan digunakan sebagai alat pelindung diri selama proses penelitian di laboratorium. Sarung tangan berfungsi melindungi tangan dari kontak langsung dengan tanah, kapur, dan bahan kimia lainnya yang dapat menyebabkan iritasi pada kulit.

14. Cawan Kadar Air

Cawan kadar air digunakan sebagai wadah sampel tanah pada pengujian kadar air. Sampel tanah basah dimasukkan ke dalam cawan, kemudian ditimbang sebelum dan sesudah proses pengeringan oven untuk menentukan kadar air tanah.

15. Cetakan Benda Uji

Cetakan benda uji digunakan untuk membentuk sampel tanah sesuai ukuran standar pengujian direct shear. Cetakan ini membantu menghasilkan benda uji yang seragam sehingga hasil pengujian dapat lebih akurat dan konsisten.

16. Loyang Ukuran 20×20 cm

Loyang digunakan sebagai tempat pencampuran tanah dengan bahan stabilisasi seperti kapur dan zeolit. Selain itu, loyang juga digunakan untuk proses penjemuran dan pengeringan sampel tanah sebelum dilakukan pengujian laboratorium.

17. Cangkul

Cangkul digunakan pada saat pengambilan sampel tanah di lapangan. Alat ini membantu proses penggalian tanah hingga kedalaman tertentu untuk memperoleh sampel tanah lempung ekspansif yang akan digunakan dalam penelitian.

18. **Masker**

Masker digunakan sebagai alat pelindung diri untuk melindungi sistem pernapasan dari debu tanah, debu kapur, dan partikel halus lainnya selama proses pencampuran dan pengujian laboratorium.

19. **Plastik Tinwal 200ml**

Plastik tinwal digunakan sebagai wadah penyimpanan sampel tanah maupun bahan campuran penelitian. Selain itu, plastik ini membantu menjaga kondisi sampel agar tidak terkontaminasi oleh lingkungan luar.

20. **Alat Uji Direct Shear**

Alat direct shear digunakan untuk mengukur parameter kuat geser tanah, yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Pengujian dilakukan dengan memberikan beban normal dan gaya geser pada benda uji hingga terjadi keruntuhan. Hasil pengujian digunakan untuk mengetahui kemampuan tanah dalam menahan gaya geser.

21. **Karung**

Karung digunakan sebagai tempat penyimpanan dan pengangkutan sampel tanah dari lokasi pengambilan menuju laboratorium. Penggunaan karung memudahkan proses transportasi sampel dalam jumlah besar.

22. **Pipa Paralon 4 Inch**

Pipa paralon digunakan untuk mengambil sampel tanah asli di lapangan agar struktur dan kadar air alami tanah tetap terjaga. Penggunaan pipa ini membantu memperoleh sampel tanah yang relatif tidak terganggu (*undisturbed sample*).

23. **Proctor**

Alat ini digunakan untuk mensimulasikan energi pemadatan ringan di lapangan. Ada juga versi "*Modified Proctor*" yang menggunakan penumbuk lebih berat (4,54 kg) dengan tinggi jatuh lebih tinggi (45,7 cm) untuk mensimulasikan energi pemadatan yang lebih berat.

24. *Mold*

Mold (cetakan) dalam uji pemadatan tanah di laboratorium adalah untuk menyediakan wadah dengan volume yang pasti dan konstan saat sampel tanah dipadatkan menggunakan palu penumbuk standar.

25. Gelas ukur

Digunakan untuk menakar jumlah air yang akan dicampurkan ke dalam sampel tanah kering sebelum ditumbuk. Hal ini penting untuk mendapatkan variasi kadar air yang akurat (300 mL)

26. Dongkrak

Berfungsi untuk mendorong atau mengeluarkan sampel tanah yang sudah padat dari dalam silinder *mold* tanpa merusak struktur mekanis tanah tersebut. Setelah dikeluarkan berbentuk tabung padat sempurna, sampel tanah baru bisa diuji lebih lanjut

27. Jangka sorong

alat ukur presisi yang digunakan untuk mengukur diameter luar, diameter dalam, kedalaman lubang, dan celah suatu benda dengan tingkat ketelitian tinggi

28. Ember

wadah penting untuk mencampur bahan seperti tanah, kapur dan zeolite

2.7 Bahan Penelitian dan Fungsinya

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari bahan utama dan bahan tambahan yang digunakan dalam proses stabilisasi tanah lempung ekspansif. Adapun bahan penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Tanah Lempung Ekspansif

Tanah lempung ekspansif merupakan bahan utama dalam penelitian ini. Tanah ini digunakan sebagai objek penelitian untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanik tanah sebelum dan sesudah distabilisasi. Tanah lempung ekspansif memiliki sifat mudah mengembang ketika terkena air dan menyusut saat kehilangan kadar air sehingga sering menimbulkan masalah pada konstruksi.

2. Kapur Tohor (CaO)

Kapur tohor digunakan sebagai bahan stabilisasi kimiawi untuk memperbaiki sifat tanah lempung ekspansif. Kapur bekerja melalui proses pertukaran *ion*, *flokulasi*, *aglomerasi*, dan reaksi *pozzolanik* yang dapat meningkatkan kuat geser tanah serta mengurangi plastisitas dan potensi pengembangan tanah. Penambahan kapur juga membantu meningkatkan daya dukung tanah.

3. Zeolit

Zeolit digunakan sebagai bahan tambahan stabilisasi karena memiliki kemampuan menyerap air dan kapasitas tukar *ion* yang tinggi. Zeolit membantu memperbaiki struktur tanah, mengurangi kadar air berlebih, meningkatkan kepadatan tanah, dan meningkatkan kuat geser tanah. Penggunaan zeolit bersama kapur diharapkan memberikan hasil stabilisasi yang lebih optimal.

4. Air

Air digunakan dalam proses pencampuran tanah dengan kapur dan zeolit agar campuran menjadi homogen. Selain itu, air juga digunakan untuk mengatur kadar air optimum pada pembuatan benda uji sehingga proses pemadatan dapat dilakukan dengan baik.

2.8 Variasi Campuran Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan beberapa variasi campuran kapur dan zeolit untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kuat geser tanah lempung ekspansif.

variasi campuran:

5. Tanah asli (0% kapur + 0% zeolit)
6. Tanah + 5% kapur + 5% zeolit
7. Tanah + 15% kapur + 10% zeolit
8. Tanah + 21% kapur + 5% zeolit
9. Nilai maximum sudut geser (21% kapur + 5% zeolit)

2.9 Pengujian Karakteristik Tanah

Pengujian karakteristik tanah dilakukan untuk mengetahui sifat fisik tanah asli sebelum distabilisasi. Pengujian yang dilakukan meliputi:

2.10. .1 Analisis Saringan

Pengujian analisis saringan dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran tanah.

1. Berat Tertahan

$$W_t = W_i$$

Keterangan:

W_t = Berat tertahan pada saringan (kg atau gram)

W_i = Berat material yang tertahan pada masing-masing saringan

2. Persentase Berat Tertahan

$$\%T = \frac{W_t \times 100\%}{W}$$

Keterangan:

= Persentase berat tertahan (%)

W_t = Berat tertahan pada saringan (kg atau gram)

W = Berat total sampel (kg atau gram)

3. Persentase Berat Tertahan Kumulatif

$$\%TK = \sum \%T$$

Keterangan:

= Persentase tertahan kumulatif (%)

4. Persentase Berat Lolos

$$\%L = 100\% - \%TK$$

Keterangan:

= Persentase lolos (%)

2.10.2 Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air bertujuan untuk mengetahui kandungan air dalam tanah.

$$\text{Rumus kadar air (w)} = \frac{(W_2 - W_3) ; (W_3 - W_1)}{(W_3 - W_1)} \times 100\%$$

Keterangan:

- W_1 = Berat cawan kosong
- W_2 = Berat cawan + tanah basah
- W_3 = Berat cawan + tanah kering oven

2.10.2 Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis dilakukan untuk mengetahui perbandingan berat butiran tanah terhadap berat air.

Rumus Kadar air

$$BJ = \frac{100 \times (b - a) \times BJ1 \times BJ2}{(100 \times t1) \times [BJ1 \times (d - a)] - (BJ2 \times (c - B))}$$

Keterangan :

- a = Berat kosong piknometer
- b = Berat piknometer berisi tanah
- t1 = Suhu air
- BJ1= Tabel hubungan suhu
- c = Berat air penuh di piknometer
- d = Berat air bersih di dalam Piknometer
- t2 = Suhu air di dalam piknometer
- BJ2 =Tabel hubungan suhu

2.10.3 Pengujian Batas Atterberg

Pengujian batas Atterberg meliputi:

1. Batas cair (*Liquid Limit*)
2. Batas plastis (*Plastic Limit*)
3. Indeks plastisitas (*Plasticity Index*)

Rumus indeks plastisitas:

$$PI = LL - PL$$

Keterangan:

- PIPI = indeks plastisitas
- LLLL = batas cair
- PLPL = batas plastis

2.11. Pengujian *Direct Shear*

Pengujian *direct shear* dilakukan untuk mengetahui parameter kuat geser tanah. Pada pengujian ini benda uji diberikan tegangan normal tertentu kemudian diberi gaya geser hingga mengalami keruntuhan. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban normal pada benda uji, kemudian sampel digeser secara mendatar sampai mengalami keruntuhan. Hasil yang diperoleh dapat digunakan untuk menilai ketahanan tanah terhadap gaya geser dan menjadi dasar dalam perencanaan berbagai konstruksi geoteknik, seperti pondasi, lereng, dan dinding penahan tanah.

Rumus Pengujian *Direct Shear* :

- **Tegangan Normal σ**

$$\sigma = \frac{P_n}{A}$$

Keterangan :

σ = Tegangan Normal (kPa atau kg/cm²)

P_n = Beban Normal

A = Luas Penampang Benda Uji

- **Tegangan Geser (T)**

$$T = \frac{P_s}{A}$$

Keterangan :

T = Tegangan Geser

P_8 = Gaya Geser Maksimum Saat Runtuh

A = Luas Penampang Benda Uji

• **Persamaan Kuat Geser Tanah (Mohr-Coulomb)**

$$T = c + \sigma \tan \phi$$

Keterangan :

T = Kuat Geser Tanah

c = Kohesi tanah

σ = Tegangan Normal

Φ = Sudut Geser Dalam

2.12. Pembuatan Benda Uji

Tanah yang telah dicampur dengan kapur dan zeolit sesuai variasi campuran kemudian ditambahkan air sesuai kadar air optimum. Selanjutnya campuran dipadatkan ke dalam cetakan benda uji *direct shear*. Benda uji kemudian diperam (*curing*) selama waktu tertentu agar reaksi antara tanah, kapur, dan zeolit berlangsung dengan baik.

2.13 Teknik Pengumpulan Data

Data dalam penelitian ini diperoleh melalui:

1. Studi literatur
2. Pengamatan laboratorium
3. Hasil pengujian karakteristik tanah
4. Hasil pengujian direct shear

Data yang diperoleh dicatat dan disusun dalam bentuk tabel serta grafik untuk mempermudah analisis.

2.14 Teknik Analisis Data

Data hasil pengujian dianalisis dengan membandingkan nilai kuat geser tanah asli dan tanah yang telah distabilisasi menggunakan kapur dan zeolit.

Analisis dilakukan terhadap:

1. Nilai kohesi tanah
2. Nilai sudut geser dalam
3. Nilai kuat geser maksimum
4. Pengaruh variasi campuran terhadap peningkatan kuat geser tanah

Hasil analisis kemudian digunakan untuk menentukan campuran optimum yang memberikan peningkatan kuat geser terbaik.

2.15. Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai stabilisasi tanah lempung ekspansif menggunakan bahan tambah kapur dan zeolit telah banyak dilakukan. Material tersebut diketahui mampu memperbaiki sifat fisik maupun mekanik tanah, terutama meningkatkan parameter kuat geser berupa kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini dijelaskan sebagai berikut.

1. Panjaitan, Saragi, dan Simbolon (2025)

Panjaitan dkk. melakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan zeolit terhadap kuat geser tanah lempung menggunakan metode Direct Shear Test. Penelitian dilakukan dengan variasi penambahan zeolit sebesar 15%, 20%, 25%, dan 30% pada tanah lempung yang berasal dari Kabupaten Karo, Sumatera Utara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan zeolit mampu meningkatkan kepadatan tanah dan menurunkan kadar air optimum. Selain itu, nilai kuat geser tanah meningkat seiring bertambahnya persentase zeolit yang diberikan. Peneliti

menyimpulkan bahwa zeolit dapat digunakan sebagai bahan stabilisasi yang efektif untuk memperbaiki karakteristik mekanik tanah lempung dan meningkatkan nilai kuat gesernya. Penelitian tersebut memiliki relevansi dengan penelitian ini karena sama-sama menggunakan zeolit sebagai bahan stabilisasi dan menggunakan metode *Direct Shear Test* sebagai dasar evaluasi parameter kuat geser tanah.

2. Nugraha, Srihandayani, dan Putra (2022)

Nugraha dkk. meneliti korelasi kuat tekan bebas dan kuat geser langsung pada tanah lempung ekspansif dengan campuran zeolit. Penelitian dilakukan pada tanah lempung ekspansif dari Kelurahan Bukit Batrem, Dumai, dengan variasi zeolit sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah asli memiliki nilai kohesi sebesar 0,112 kg/cm² dan sudut geser dalam sebesar 29,31°. Setelah penambahan zeolit, terjadi peningkatan kohesi hingga mencapai 0,22 kg/cm² pada campuran optimum 10%. Nilai kuat tekan bebas (q_u) juga meningkat dari 1,5 kg/cm² menjadi 1,9 kg/cm². Penelitian ini menunjukkan bahwa zeolit mampu memperbaiki sifat mekanik tanah ekspansif melalui peningkatan ikatan antar partikel tanah. Hasil penelitian ini menjadi dasar bahwa zeolit berpotensi meningkatkan parameter kuat geser tanah ekspansif sehingga layak dibandingkan dengan bahan stabilisasi lain seperti kapur.

3. Meti, Fitriani, dan Ramba (2023)

Meti dkk. melakukan penelitian berjudul Pengaruh Penambahan Kapur pada Tanah dengan Pengujian *Direct Shear* pada tanah lempung di Perumahan Mutiara Gading 2 Extension, Makassar. Penelitian menggunakan variasi kapur sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15%. Berdasarkan klasifikasi AASHTO, tanah termasuk kelompok A-7-6 dan menurut USCS termasuk tanah lempung anorganik (CL). Hasil *Direct Shear Test* menunjukkan bahwa penambahan kapur mampu meningkatkan kohesi,

sudut geser dalam, dan kuat geser tanah secara signifikan. Peningkatan terbesar terjadi pada variasi 10–15%, dimana kohesi meningkat sebesar 175,66%, sudut geser meningkat 80,81%, dan kuat geser meningkat sebesar 161,89% dibandingkan tanah asli. Penelitian ini membuktikan bahwa kapur merupakan bahan stabilisasi yang efektif untuk meningkatkan kekuatan geser tanah lempung. Penelitian tersebut memiliki keterkaitan langsung dengan penelitian ini karena menggunakan kapur sebagai bahan stabilisasi dan parameter evaluasi yang sama, yaitu kohesi dan sudut geser hasil *Direct Shear Test*.

4. Kadang Bua, Meti, dan Tandialla (2025)

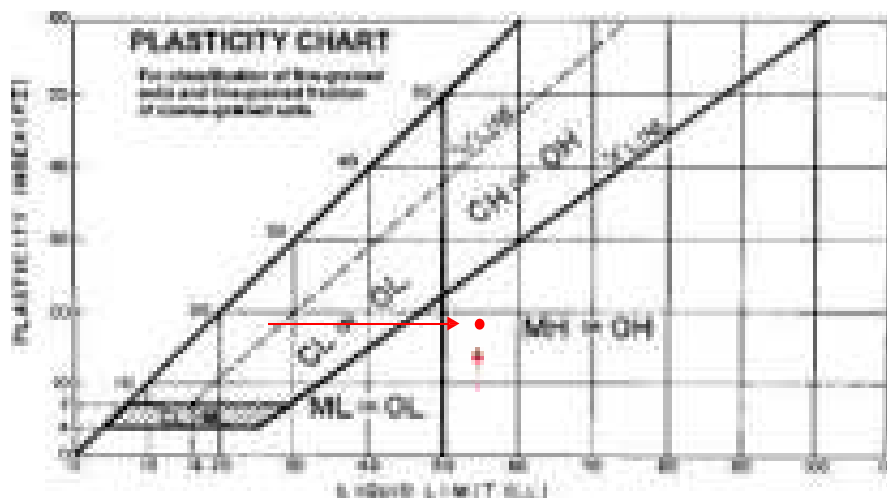
Kadang Bua dkk. melakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan zeolit dan kapur pada tanah lempung terhadap Direct Shear Test. Penelitian menggunakan campuran kapur tetap sebesar 5% dengan variasi zeolit 0%, 5%, 10%, dan 15%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi zeolit dan kapur mampu meningkatkan kohesi dan sudut geser dalam secara konsisten pada setiap penambahan zeolit. Pada titik pengamatan pertama, kohesi meningkat dari 0,091 kg/cm² menjadi 0,159 kg/cm², sedangkan sudut geser meningkat dari 19,307° menjadi 26,691°. Pada titik pengamatan lainnya juga diperoleh kecenderungan peningkatan yang sama. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kombinasi zeolit dan kapur memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan kuat geser tanah lempung.

Penelitian ini sangat relevan karena mengkaji penggunaan kedua bahan yang akan digunakan dalam penelitian, yaitu kapur dan zeolit, serta menggunakan metode *Direct Shear Test* sebagai dasar analisis. Berdasarkan hasil penelitian terdahulu, diketahui bahwa penggunaan zeolit secara tunggal mampu meningkatkan kohesi dan kuat geser tanah lempung ekspansif. Demikian pula penggunaan kapur secara tunggal terbukti dapat memperbaiki sifat fisik dan mekanik tanah sehingga

meningkatkan parameter kuat geser. Selain itu, kombinasi kapur dan zeolit juga menunjukkan hasil yang positif terhadap peningkatan kohesi dan sudut geser dalam.

Namun, sebagian besar penelitian terdahulu berfokus pada **pengaruh satu jenis bahan stabilisasi** atau kombinasi tertentu tanpa melakukan **analisis komparatif secara langsung antara substitusi kapur dan zeolit** terhadap perilaku kuat geser tanah lempung ekspansif. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk membandingkan efektivitas penggunaan kapur dan zeolit dalam meningkatkan parameter kuat geser tanah lempung ekspansif berdasarkan hasil **Direct Shear Test**, sehingga dapat diperoleh material stabilisasi yang lebih efektif dan ekonomis untuk aplikasi mekanika tanah. Dalam sistem klasifikasi ini, hasil dari laboratorium yang digunakan adalah analisis dari ukuran butir dan batas Atterberg. Dari pengujian tersebut, diperoleh informasi sebagai berikut :

1. Persentase yang lolos saringan no.200 > 50%, dengan angka lolos mencapai 53,20%
2. Batas Cair (LL) > 50%, yaitu sebesar 54,72%
3. Batas Plastis (PL) > 30%, yaitu sebesar 37,50%
4. Indeks Plastisitas (PI) sebesar 17,22%



Gambar 4. 4 Bagan plastisitas (Sumber : ASTM D2487)

Divisi Utama			Subdivisi Kelompok	Nama Unsur
TANAH BERBUTIR KASAR Lebih dari setengah materialnya lebih kasar dari saringan no.200	KERIKIL Lebih dari setengah fraksi Maraya lebih kasar dari saringan no. 4	Kerikil besar (banyak kerikil)	GW	Kerikil bergradasi baik dan campuran kerikil pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			GP	Kerikil bergradasi buruk dan campuran kerikil pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
		Kerikil dengan butiran halus	GM	Kerikil berlanas, campuran kerikil – pasir – lempur
			GC	Kerikil berlanas, campuran kerikil – pasir – lempur
	PASIR Lebih dari setengah fraksi Maraya lebih kasar dari saringan no.4	Pasir besar (banyak kerikil)	WW	Pasir bergradasi – baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			WP	Pasir bergradasi – buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
		Kerikil dengan butiran halus	SM	Pasir berlanas, campuran pasir – lempur
			SC	Pasir berlanas, campuran pasir – lempung
TANAH BERBUTIR HALUS Lebih dari setengah materialnya lebih halus dari saringan no.200	LAMAE DAN LEMPUNG Lebih dari setengah fraksi Maraya lebih halus dari saringan no. 4	Butiran kasar kurang dari 75	ML	Lempung organik, pasir halus sekali, sedikit butiran, pasir halus berlanas atau berlanas
			CL	Lempung organik dengan plastisitas rendah dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanas, lempung butiran
			OL	Lempung organik dan lempung berlanas organik dengan plastisitas rendah
		Batas nilai lebih dari 40	SH	Lempung organik atau pasir halus plastisitas, atau lempur distensi, lempur yang elastis
			CH	Lempung organik dengan plastisitas tinggi, Lempung gembel
			OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sangat dengan tinggi
			Tanah – tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	

Table 4. 4 Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS

(Sumber : ASTM D2487 – *Unified Soil*)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Metodologi penelitian merupakan langkah-langkah yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian untuk memperoleh data dan hasil penelitian yang sesuai dengan tujuan penelitian. Pada penelitian ini dilakukan pengujian laboratorium untuk menganalisis pengaruh substitusi kapur dan zeolit terhadap perilaku kuat geser tanah lempung ekspansif menggunakan metode *direct shear*. Penelitian dilakukan dengan membandingkan karakteristik tanah asli dan tanah yang telah distabilisasi menggunakan campuran kapur dan zeolit dengan variasi tertentu. Parameter yang di analisis meliputi nilai kuat geser, kohesi, dan sudut geser dalam tanah. Hasil pengujian laboratorium selanjutnya dianalisis untuk mengetahui pengaruh penambahan kapur dan zeolit terhadap peningkatan kuat geser tanah lempung ekspansif.

Dari hasil analisis tersebut dapat ditentukan variasi campuran optimum yang memberikan peningkatan kuat geser paling baik. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai efektivitas penggunaan kapur dan zeolit sebagai bahan stabilisasi tanah lempung ekspansif dalam bidang geoteknik. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen laboratorium. Metode ini dilakukan dengan membandingkan perilaku tanah asli dan tanah yang telah distabilisasi menggunakan variasi campuran kapur dan zeolit melalui pengujian *direct shear*. Data hasil pengujian kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah proses analisis dan pembahasan hasil penelitian. Pengujian dilakukan di laboratorium mekanika tanah dengan tahapan mulai dari pengambilan sampel, persiapan benda uji, pencampuran bahan stabilisasi, proses pemeraman, hingga pengujian geser langsung (*Direct*

Shear Test). Metode *Direct Shear* digunakan untuk mengetahui parameter kuat geser tanah berupa kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ).

3.2 Lokasi Penelitian

1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Universitas IBA Palembang, dan Universitas Tridinanti Palembang.



Sampel tanah lempung ekspansif diambil dari lokasi Jakabaring pemukiman kampus Poltekpar Palembang ,([3°00'30.64"S 104°47'23.44"E](#))

Gambar 3.1 (lokasi pengambilan sampel tanah lempung ekspansif)

3.3 Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahapan yang meliputi:

1. Studi literatur
2. Pengambilan sampel tanah
3. Persiapan alat dan bahan
4. Pengujian karakteristik tanah asli
5. Pembuatan variasi campuran
6. Pengujian *direct shear*
7. Pengolahan data dan analisis hasil
8. Penyusunan laporan penelitian

3.4 Flow chart



3.5 Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada lokasi yang memiliki karakteristik tanah lempung ekspansif. Sampel tanah diambil pada kedalaman 50 cm, kemudian dimasukkan ke dalam pipa agar kadar air alami tanah tetap terjaga selama proses transportasi menuju laboratorium.



(a) Pembersihan lahan, dengan memastikan rumput tercabut dan tidak ada sampah /plastik



(b) Penggalan tanah menggunakan cangkul



(c) pengambilan sampel tanah asli dengan kedalaman 50 cm



(d) pengambilan sampel tanah asli

Gambar 3.2(Pengambilan sampel tanah)

3.6 Persiapan Sampel Penelitian

Sampel tanah yang telah diambil kemudian dikeringkan udara dan di oven lalu dihancurkan menggunakan palu karet secara manual tanpa merusak butiran aslinya.



(a) penjemuran sampel tanah di bawah sinar matahari



(b) metode pengeringan di oven



(c) dihancurkan menggunakan palu karet



(d) memastikan tekstur tidak rusak dari butiran asli

Gambar 3.3 (persiapan sampel tanah)

3.7. Pengujian Analisis Saringan

Analisis saringan merupakan salah satu pengujian penting dalam bidang teknik sipil dan geoteknik yang bertujuan untuk mengetahui distribusi ukuran butir suatu material, baik tanah maupun agregat. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan serangkaian ayakan yang memiliki ukuran bukaan berbeda sehingga dapat diketahui persentase material yang tertahan dan lolos pada setiap saringan. Di antara berbagai ukuran ayakan, saringan No. 04 dan No. 200 memiliki peranan yang sangat penting karena menjadi batas utama dalam klasifikasi material. Saringan No. 04 memiliki ukuran bukaan sebesar 04,75 mm dan digunakan untuk memisahkan agregat kasar dari agregat halus.

Pengujian analisis saringan menunjukkan bahwa sebagian besar butiran tanah lolos saringan No.200 dan analisis saringan No 04 (4,47) sehingga tanah tergolong tanah berbutir halus. Analisa saringan No. 04 (4,75 mm) dan No. 200 (0,075 mm) dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran suatu material, baik tanah maupun agregat. Saringan No. 04 digunakan sebagai batas antara kerikil dan pasir, sehingga dapat diketahui jumlah material yang tergolong kerikil dan pasir dalam sampel. Sementara itu, saringan No. 200 digunakan sebagai batas antara butiran kasar dan butiran halus, seperti lanau dan lempung.

Hasil analisa kedua saringan tersebut sangat penting untuk klasifikasi tanah, penentuan kualitas agregat, serta evaluasi sifat teknik material seperti daya dukung, permeabilitas, dan stabilitas. Dengan mengetahui persentase material yang tertahan dan lolos pada saringan No. 04 dan No. 200, karakteristik material dapat ditentukan secara lebih akurat sehingga sesuai untuk pencampuran kapur dan zeolid. Sebelum di saring tanah keseluruhan berat 90 kg, disaring menggunakan saringan nomor 200 tanah yang lolos sebanyak 2,5 kg dan berat tertanahan 487,5 gram, sedangkan saringan 04 sebanyak 50 kg berat tertahan sebanyak 40 kg, agar mendapatkan ukuran yang optimal untuk pencampuran kapur dan zeolid. Analisa saringan menggunakan saringan no 200 dan no 04 (07,5)



(a) saringan nomor 200 sebanyak 2,5 kg



(b) saringan 04 sebanyak 40kg

Gambar 3.6 analisa saringan 50 dan 04

Oleh karena itu, hasil analisis saringan No. 4 dan No. 200 tidak hanya digunakan sebagai dasar klasifikasi material, tetapi juga sebagai acuan dalam menentukan kelayakan material untuk berbagai keperluan konstruksi sesuai dengan standar yang berlaku, sehingga mutu, keamanan, dan umur layan suatu bangunan atau infrastruktur dapat terjamin.

3.8 Hasil Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui kandungan air alami pada tanah lempung ekspansif asli yang tidak terganggu di dalam pipa

A. Langkah-Langkah Praktik Pengujian

a. Menimbang Cawan Kosong

1. Siapkan cawan yang bersih dan kering.
2. Timbang berat cawan kosong menggunakan timbangan digital.



(a) Cawan 1 (berat kosong 9 g) (b) Cawan 2 (berat kosong 9 g)

Gambar 3.9 berat cawan kosong

3. Catat sebagai: **W1(berat cawan kosong)**

b. Memasukkan Tanah Basah

1. Masukkan sampel tanah basah ke dalam cawan.



Gambar 3.10 memasukan sampel tanah ke dalam cawan

2. Timbang kembali cawan beserta tanah basah.



(a) Cawan 1 (berat tanah basah 44 g) (b) Cawan 2 (berat tanah basah 44 g)

Gambar 3.11 berat tanah basah

3. Catat sebagai: **W2(berat cawan + tanah basah)**

3.8.1 Mengeringkan Tanah

1. Masukkan cawan ke dalam oven.



Gambar 3.12 memasukan sampel ke dalam oven

2. Panaskan pada suhu: 105°C – 110°C dan lama pengerjaan ± 24 jam dengan tujuan pengeringan untuk menghilangkan kandungan air dalam tanah.



Gambar 3.13 suhu oven 105°C – 110°C dan lama pengerjaan ± 24 Jam

3.8.2 Menimbang Tanah Kering

1. Setelah oven selesai, dinginkan cawan
2. Timbang kembali cawan beserta tanah kering.



(a) Cawan 1(berat tanah kering 31 g)



(b) Cawan 2 (berat tanah kering 31 g)

Gambar 3.14 berat tanah kering setelah di oven $105^{\circ}\text{C} - 110^{\circ}\text{C}$ dan lama pengerjaan ± 24 jam

3. Catat sebagai: **W3(berat cawan + tanah kering**

3.9 Pengujian Berat Jenis

- a. Menimbang Piknometer Kosong

1. menimbang piknometer kosong beserta tutupnya.



Gambar 3.17 tmbang piknometer kosong

- Catat massa sebagai **a** (33 g)

2. Menimbang Piknometer Berisi Sampel

Untuk sampel padat:

Isi tanah ke piknometer dengan batas 1/4 lalu di timbang sejumlah sampel kering.



(a) Mengisi sampel



(b) Mengisi sampel ke piknometer



(c) batas tanah 1/4 piknometer



(d) timbang tanah di dalam piknometer (57 gram)

Gambar 3.18 Mengisi sampel dan menimbang piknometer berisi sampel

- Catat berat piknometer berisi tanah **b** (57 g)

Tambahkan air hingga 1/4 piknometer menggunakan pipet



(a) mengisi air ke piknometer dengan menggunakan pipet



(b) mengisi air 1/2 dari batas tanah di piknometer

Gambar 3.19 Mengisi air ke piknometer

Aduk sampel menggunakan pipet lalu diam kan selama 1 jam agar busa yang terperangkap bisa hilang,



(a)aduk sampel menggunakan pipet



(b)diam kan sampel selama 1 jam

Gambar 3.20 mengaduk dan mendiam kan sampel selama 1 jam



Gambar 3.17 suhu air di dalam pikno sebesar 33°C

Setelah di diam kan 1 jam ukur suhu pada sampel,lalu untuk melihat nilai berat jenis air lihat pada table hubungan suhu pada tabel 3.1.

Hasil suhu air pada piknometer 33°C maka jika di lihat ke table hubungan suhu berat jenis air (BJ) 0,995

- Catat suhu air berisi tanah ***t_l*** (33°)
- Catat hubungan table suhu ***BJ*** (0,9995)

3 . Menimbang Piknometer Berisi Air

Isi piknometer dengan air hingga penuh lalu sumbat menggunakan tutup dari piknometer lalu timbang.



(a) Sumbat piknometer menggunakan tutupnya



(b) Timbang piknometer berisi air (98 g)

Gambar 3.21 mengisi air di piknometer dan menimbang

- Catat berat sampel di tambah air ***c*** (**98 g**)

Bersihkan piknometer Pastikan bersih,lalu di isi dengan air sampai penuh kemudian di sumbat menggunakan tutup dari piknometer kemudian timbang dan ukur suhu menggunakan thermometer



(a) Membersihkan dan mengisi air pada piknometer



(b) Menyumbat air di piknometer menggunakan tutup dari piknometer



(c) piknometer berisi air dengan berat (84 gram)



(d) Mengukur suhu menggunakan thermometer suhu yaitu (28° C)

Gambar 3.22 Berat jenis

Setelah mengetahui suhu pada air ,kemudian lihat table hubungan suhu pada table 3.1, hasil dari pegujian di atas dapat diketahui suhu air yaitu 28°C maka jika di lihat dari table huubungan suhu berat jenis yaitu $(BJ_2)0,996$.

- Catat berat piknometer berisi air ***d*** (84 g)
- Catat suhu air pada piknometer ***t₂*** (28°C)
- Catat hubungan table suhu pada bab IV ***BJ₂*** (0,996)

Tabel Hubungan Suhu dengan BJ Air

Suhu (°C)	BJ Air (g/cm ³)
16	0.999
17	0.999
18	0.999
19	0.998
20	0.998
21	0.998
22	0.998
23	0.998
24	0.997
25	0.997
26	0.997
27	0.997
28	0.996
29	0.996
30	0.996
31	0.995
32	0.995
33	0.995
34	0.994
35	0.994
36	0.994
37	0.993
38	0.993
39	0.993
40	0.992
41	0.992
42	0.991

3.10 Pengujian Batas Atterberg



(a) Sampel lolos saringan no 40



(b) Sampel sebelum di saring

Gambar 3.24 sampel tanah Batas Atterberg

a. Pengujian Batas Cair (Liquid Limit)

1. Siapkan tanah sampel lolos saringan No. 40 secukupnya
2. Mencampur tanah dengan air hingga menjadi pasta homogen (sampai tidak terasa butiran kasar)



(a) Mencampur tanah dan air



(b) Tanah yang sudah melewati pengadukan hingga menjadi homogen

Gambar 3.25 Proses pencampuran tanah dan air

3. Masukkan tanah homogen ke dalam mangkuk alat casagrande, lalu ratakan



Gambar 3.26 Tanah di masukan ke alat casagrande

4. Selanjutnya buat alur di bagian tengah sampel menggunakan alat dari set casagrande



(a) Membuat alur menggunakan alat dari set casagrande



(b) Alur yang telah di buat

Gambar 3.27 Membuat alur di sampel

5. Putar alat casagrande sampai sampel merapat kembali, dengan catatan jika sampel kembali rapat di bawah 25 ketukan maka untuk sampel selanjutnya

wajib di tambahkan pasir, dan jika sampel kembali rapat lebih dari 25 ketukan maka sampel selanjutnya wajib ditambahkan air



(a) Sampel sebelum mendapatkan ketukan

(b) Sampel setelah di ketuk

Gambar 3.28 Perbedaan hasil setelah dan sebelum di ketuk

6. ambil sebagian sampel kemudian masukkan ke cawan lalu di timbang kemudian di oven hingga 24 jam, lalu timbang kembali sampel tersebut



(a) ambil sampel
masukan ke cawan
lalu di timbang



(b) Masukan sampel
ke oven



(c) Di oven selama 24 jam

Gambar 3. 29 Menimbang sampel dan memasukan oven selama 24 jam

d. Pengujian Plastisitas (*Plasticity*)

1. Siapkan 2 buah cawan, lalu timbang cawan kosong. Ambil sebagian tanah yang sudah dinyatakan plastis dan homogen.
2. Gulung tanah di atas pelat kaca atau permukaan datar dengan telapak tangan,



Gambar 3.30 Menggulung sampel di atas pelat kaca

3. Kemudian masukkan ke cawan lalu timbang, lalu masukkan ke dalam oven hingga 24 jam. Setelah sampel keluar dari oven, lalu timbang kembali cawan beserta sampelnya



(a) Berat sampel A

(b) Berat sampel B

Gambar 3.31 Menimbang sebelum di masukan ke oven

3.11 Pengujian *Direct Shear*

Analisis kuat geser tanah pada penelitian ini dilakukan berdasarkan hasil pengujian Direct Shear Test dengan menggunakan kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb, yaitu hubungan antara tegangan geser dan tegangan normal yang membentuk garis linier. Dari hasil pengujian diperoleh nilai tegangan geser maksimum pada setiap variasi tegangan normal, kemudian data tersebut diplot dengan grafik untuk menentukan parameter kuat geser tanah berupa kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Nilai kohesi diperoleh dari titik potong garis terhadap sumbu tegangan geser, sedangkan sudut geser dalam diperoleh dari kemiringan garis hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser.

1. Sampel tanah disiapkan sesuai ukuran shear box dan dipasang pada alat *Direct Shear Digital*.
2. Batu berpori (*porous stone*), kertas saring, dan pelat penekan dipasang pada bagian atas dan bawah sampel untuk memastikan distribusi beban merata.
3. Beban normal diberikan pada sampel sesuai variasi pembebanan yang telah ditentukan.
4. Setelah beban normal tercapai, alat dioperasikan sehingga bagian bawah *shear box* bergeser secara horizontal dengan kecepatan konstan hingga sampel mengalami keruntuhan.
5. Selama proses pengujian, data gaya geser, perpindahan horizontal, dan perpindahan vertikal direkam secara otomatis oleh sistem digital.
6. Pengujian diulangi untuk setiap variasi beban normal yang telah ditetapkan.
7. Data hasil pengujian diolah dengan menghitung tegangan geser maksimum pada masing-masing beban normal, kemudian dibuat grafik hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser.
8. Parameter kuat geser tanah, yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ), ditentukan berdasarkan kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb menggunakan persamaan

a. Pengujian *Proctor* Standar (PTS)



(a) Persiapan alat dan bahan



(b) Masukkan tanah, kapur zeolite kedalam ember pengaduk



(c) Aduk perlahan menggunakan skraf



(d) masukan air ke dalam gelas ukur



(e) Ukur air sebanyak 300 mL



(f) masukan air 300 mL
kedalam campuran tanah
yang telah tercampur kapur
dan zeolite



(g) Masukan tanah yang sudah di
campur ke dalam mold



(h) Masukan tanah sampai
batas $\frac{3}{4}$ mold



(i) Tumbuk menggunakan proctor dengan pola yang telah ditentukan sebanyak 25 kali untuk tiap penambahan sampel



(j) Isi Kembali tanah ke mold sampai setengah



(k) Tumbuk menggunakan proctor dengan pola yang telah ditentukan sebanyak 25 kali untuk tiap penambahan sampel



(l) Isi tanah ke mold hingga penuh



(m) Lepas kepala mold setelah dipukul yang ke 3 kali, lalu ratakan sisa tanah berlebihan dari batas kepala mold



(n) Mold kosong(4545 g)



(o) Timbang tanah + mold
(2510 g)



(p) Keluarkan tanah ke dalam wadah



(q) Cetak tanah menggunakan cetakan, cetakan di beri oli agar tidak susah untuk melepaskan, kemudian tanah di padatkan menggunakan palu karet agar mendapatkan hasil yang padat



(r) Rapihkan hasil cetakan



(s) Timbang tanah + ring



(t) Cetakan + tanah (186 g)



(u) Keluarkan sampel tanah dari cetakan



(v) Timbang sampel yang sudah di cetak (116 g)

Gambar 3. Pengujian *Proctor* standar (PTS)

Berdasarkan uji pengujian tes *proctor* standar (PTS) berikut table rencana variasi campuran yaitu pada table 3.2

Table 3.2 Tabel rencana variasi campuran

No	Sampel	Tanah (%)	Kapur (%)	Zeolite (%)
1	Tanah asli	100%	0%	0%
2	Tanah asli	90%	5%	5%
3	Tanah asli	85%	10%	5%
4	Tanah asli	74%	21%	5%

b. Menghitung volume sampel

Sebelum dilakukan pengujian **Direct Shear Test**, benda uji terlebih dahulu diukur dimensi dan beratnya. Diameter dan tinggi benda uji diukur menggunakan **jangka sorong (vernier caliper)** dengan ketelitian sesuai spesifikasi alat, sedangkan berat benda uji ditentukan menggunakan timbangan digital. Volume benda uji dihitung berdasarkan hasil pengukuran diameter dan tinggi dengan menggunakan rumus volume silinder sebagai berikut:



(a) Berat sampel (1060 g)

(b) Diameter sampel
(6,40 mm)

(c)Tinggi sampel
(2,11mm)

Gambar 3.32 Mengukur volume sampel sebelum di lakukan pengujian *direct shear*

Data dimensi, volume, dan berat isi yang diperoleh (160g), diameter sampel (6,40mm) dan tinggi sampel (2,11mm) digunakan sebagai data awal sebelum pelaksanaan pengujian kuat geser menggunakan alat **Direct Shear Digital**.

3.12.1 *Direct Shear*

Pengujian *Direct Shear* dilakukan untuk menentukan kuat geser tanah dengan memberikan beban normal dan gaya geser pada benda uji. Sampel tanah yang telah dipersiapkan ditempatkan ke dalam *shear box*, kemudian permukaannya diratakan dan alat dirakit sesuai prosedur. Setelah itu, beban normal dipasang sesuai variasi beban yang telah ditentukan dan didiamkan beberapa saat agar beban bekerja secara merata pada sampel. Selanjutnya, mesin *Direct Shear* dioperasikan dengan menggerakkan bagian bawah *shear box* secara *horizontal* pada kecepatan konstan. Selama proses penggeseran, nilai gaya geser dan perpindahan *horizontal* diamati serta dicatat secara berkala hingga sampel mengalami keruntuhan atau mencapai batas perpindahan yang ditentukan. Pengujian diulangi untuk setiap variasi beban normal. Data hasil pengujian kemudian dianalisis untuk menentukan hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser sehingga diperoleh parameter kuat geser tanah, yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ).

a) Cara Kerja Pengujian *Direct Shear*

1. Siapkan alat *Direct Shear*, benda uji tanah, serta seluruh perlengkapan pengujian lalu pasang sampel tanah ke dalam *shear box*, kemudian Rakit *shear box* dan pasang pada alat *Direct Shear* dengan benar.



Gambar 3.33 Persiapan benda Uji direct shear

2. Berikan beban normal sesuai dengan variasi beban 1(3,32 kg) beban 2 (6,64 kg). Atur kecepatan pergeseran pada alat sesuai dengan standar atau ketentuan praktikum.



Gambar 3.34 Memberi beban normal pada pengujian *direct shear*.

Beban 1 (3,32) kg beban 2 (6,64)kg.

3. Jalankan alat sehingga bagian bawah *shear box* bergerak secara *horizontal* dan memberikan gaya geser pada sampel.



Gambar 3. Cara kerja alat direct shear

4. Amati dan catat nilai gaya geser serta perpindahan horizontal selama pengujian hingga sampel mengalami keruntuhan atau mencapai perpindahan maksimum.
5. Hentikan alat setelah pengujian selesai, kemudian lepaskan sampel dari *shear box*.



Sampel 1 tanah asli



Sampel 2 21% kapur 5%zeolite



sampel 3 10%kapur 5%zeolite



Sampel 4 5% kapur 5%zeolite

Gambar 3.35 Hasil benda Uji setelah di uji *direct shear*

6. Ulangi pengujian untuk setiap variasi beban normal yang digunakan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Pada bab ini dibahas hasil pengujian laboratorium terhadap tanah lempung ekspansif yang telah distabilisasi menggunakan campuran kapur dan zeolit. Pengujian dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan bahan stabilisasi terhadap parameter kuat geser tanah berdasarkan metode *Direct Shear*.

Pengujian dilakukan terhadap tanah asli dan beberapa variasi campuran tanah dengan kapur dan zeolit. Parameter yang dianalisis meliputi:

- nilai kuat geser tanah,
- nilai kohesi (c),
- sudut geser dalam (ϕ),
- serta perubahan perilaku tanah akibat penambahan bahan stabilisasi.

Hasil pengujian kemudian dibandingkan untuk mengetahui campuran optimum yang menghasilkan peningkatan kuat geser terbaik.

4.1.1 Hasil Pengujian Karakteristik Tanah Asli

Pengujian karakteristik tanah dilakukan untuk mengetahui sifat fisik tanah sebelum dilakukan stabilisasi. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian kadar air, berat jenis (*specific gravity*), berat isi (*unit weight*), analisa saringan, dan batas-batas *Atterberg* (batas cair, batas plastis, indeks plastisitas). Hasil pengujian ini akan

A. Analisis saringan

Hasil dari pengujian analisis butiran menunjukkan bahwa **3,68%** dari tanah yang lolos saringan no.200 dengan ukuran maksimum butiran sebesar 5 mm.

- **Diketahui Data Pengujian**

- Berat total sampel = 90 kg
- Saringan No. 04 (4,75 mm): Berat lolos = 50 kg, Berat tertahan = 40 kg
- Saringan No. 200 (0,075 mm): Berat lolos = 2,5 kg

1. Analisis Saringan No. 04 (4,75 mm)

Rumus Berat Tertahan:

Berat Tertahan = Berat Total - Berat Lolos

$$= 90 - 50$$

$$= 40 \text{ kg}$$

Rumus Persentase Lolos:

$$\% \text{ Lolos} = \frac{\text{Berat Lolos}}{\text{Berat Total}} \times 100\%$$

$$= \frac{50}{90} \times 100\%$$

$$= 55,56\%$$

Rumus Persentase Tertahan:

$$\% \text{ Tertahan} = \frac{\text{Berat Tertahan}}{\text{Berat Total}} \times 100\%$$

$$= \frac{40}{90} \times 100\%$$

$$= 44,44\%$$

2. Analisis Saringan No. 200 (0,075 mm)

Rumus Persentase Lolos:

$$\% \text{ Lolos} = \frac{\text{Berat Lolos}}{\text{Berat Total}} \times 100\%$$

$$= \frac{2,5}{90} \times 100\%$$

$$= 2,78\%$$

Rumus Persentase Tertahan:

$$\% \text{ Tertahan} = 100\% - \% \text{ Lolos}$$

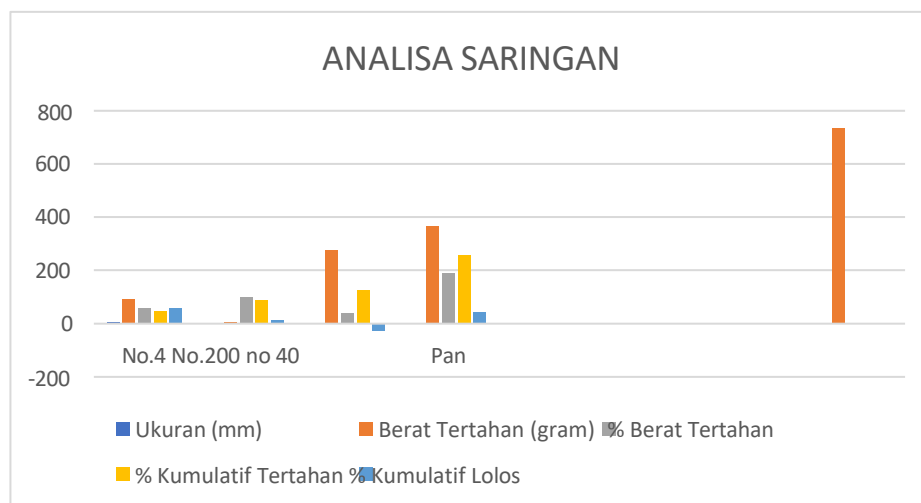
$$= 100\% - 2,78\%$$

$$= 97,22\%$$

Rumus Berat Tertahan:

$$\text{Berat Tertahan} = 97,22\% \times 90 \text{ kg}$$

$$= 87,5 \text{ kg}$$



Gambar 4.1 Grafik Analisa saringan

Table 4.1 Tabel hasil Analisa saringan

Ukuran (ASTM)	Ukuran (mm)	Berat Tertahan (gram)	% Berat Tertahan	% Kumulatif Tertahan	% Kumulatif Lolos
No.4	4,75	90	55,56	44,44	55,56
No.200	0,075	3	97,22	87,50	12,50
no 40	-	275	37,38	124,88	-24,88
Pan	0	368	190,16	256,82	43,18
	Total	736			

Dari hasil analisis saringan dengan berat total sampel 90 kg, pada saringan No. 4 (4,75 mm) diperoleh berat lolos 50 kg dan berat tertahan 40 kg, dengan persentase lolos 55,56% dan persentase tertahan 44,44%. Pada saringan No. 200 (0,075 mm) diperoleh berat lolos 2,5 kg atau 2,78% dari berat total sampel, sedangkan berat tertahan sebesar 87,5 kg atau 97,22%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa material didominasi oleh butiran kasar dan hanya mengandung sedikit butiran halus yang lolos saringan No. 200.

B. Kadar air

Pada pengujian kadar air tanah gambut di laboratorium ini didapatkan hasil rata-rata sebesar 97,09%. Hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran.

Semakin besar nilai kadar air:

1. tanah semakin basah,
2. plastisitas meningkat,
3. dan kuat geser tanah biasanya menurun.

Tanah lempung ekspansif umumnya memiliki kadar air tinggi karena mampu menyerap air dalam jumlah besar.

Tabel 4.2 Pengujian Kadar Air Tanah Lempung Ekspansif

No.	Nomor Cawan		C3	C4
1.	Berat Cawan (W1)	(gr)	10,00	9,00
2.	Berat Cawan + Tanah Basah (W1)	(gr)	47,00	46,00
3.	Berat Cawan + Tanah Kering (W2)	(gr)	32,00	32,00
4.	Berat Air = (2) – (3)	(gr)	15,00	14,00
5.	Berat Tanah Kering = (3) – (1)	(gr)	20,40	23,00
6.	Kadar Air (w) = (4)/(5) x 100%	%	73,53	60,87
7.	Rata-Rata Kadar Air	%	67,20	

C. Berat jenis

Pengujian ini diperoleh hasil rata-rata sebesar 1,63 yang artinya tanah yang menjadi contoh benda uji merupakan tanah jenis lempung organik. Hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran. Pengujian berat jenis dilakukan untuk mengetahui perbandingan berat butiran tanah terhadap berat air

$$BJ = \frac{100 \times (57 - 33) \times 0,995 \times 0,996}{(100 \times 33) \times [0,995 \times (84 - 33)] - (0,996 \times (98 - 57))}$$

Pembilang	Penyebut 1	Penyebut 2
$BJ = 57 - 33 = 24$	$BJ = 84 - 33 = 51$	$BJ = 98 - 57$
$= 100 \times 24 = 2.400$	$0,996 - 51 = 50,745$	$0,996 \times 41$
$2.388 \times 0,996$	$(100 \times 33) \times 50,745$	$= 40,836$
$= 2378,44$	$3.300 \times 50,745$	
	$= 167458,5$	

Sehingga

$$167458,5 - 40,836 = 167417,664$$

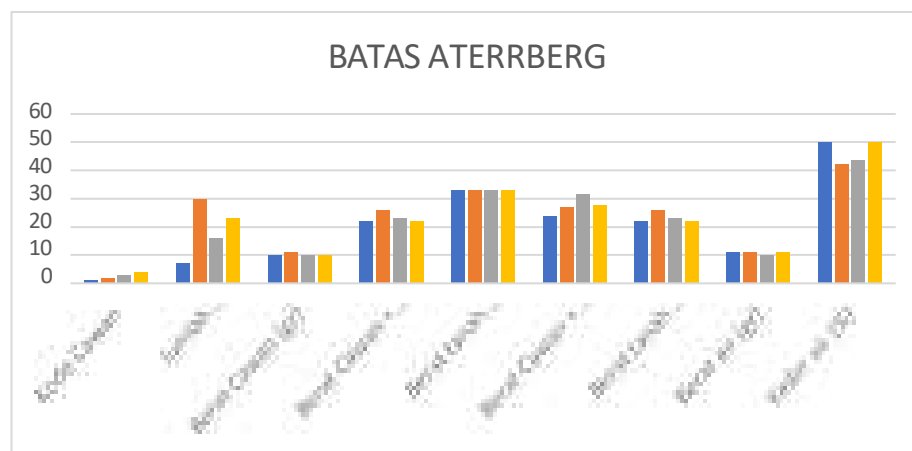
$$BJ = \frac{2378,664}{167417,664}$$

$$\frac{2378,664}{167417,664}$$

$$= 0,01421.$$

D. Batas Atterberg

Hasil pengujian ini diperoleh nilai batas cair (LL) yaitu 39,68% hasil grafik dapat dilihat pada gambar 4. dan batas plastis (PL) sebesar 72,73% hasil dapat dilihat pada lampiran, kemudian diperoleh nilai indeks plastis (IP) 112,41%. Pada hasil ini nilai indeks plastis menunjukkan bahwa jenis tanah ini memiliki pengembangan dengan tingkat sedang sampai tinggi, klasifikasi tanah berdasarkan USCS. Hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran.



Gambar 4. 3 Grafik batas Atterberg

TABEL 3.4 Hasil Batas Atterbag

Kode Cawan	1	2	3	4
Jumlah Tumbukan (kali)	7	30	16	23
Berat Cawan (gr)	10	11	10	10
Berat Cawan + tanah basah (gr)	22	26	23	22
Berat tanah basah (gr)	33	33	33	33
Berat Cawan + tanah kering (gr)	24	27,2	31,7	27,9
Berat tanah kering (gr)	22	26	23	22
Berat air (gr)	11	11	10	11
Kadar air (%)	50,00	42,31	43,48	50,00

Batas Cair (LL)	39,68
Batas Plastis (PL)	-72,73
Indeks Plastisitas (IP)	112,41

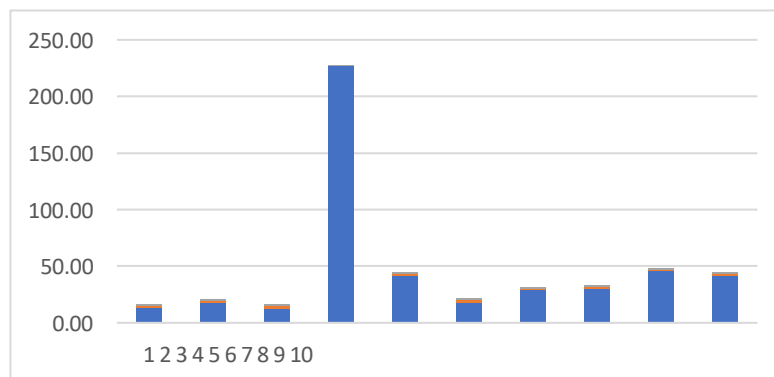
Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, akan ditampilkan ringkasan hasil pengujian sifat fisis dan klasifikasi tanah yang dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.5 Sifat Fisistana dan Klasifikasi Tanah

No	Jenis Pengujian	Hasil pengujian
1	Kadar air	67,20%
2	Berat jenis (Gs)	1,73%
3	Batas cair (LL)	39,65%
4	Batas plastisitas (PL)	72,73%
5	Indeks plastis(IP)	112,41%
6	Tanah lolos saringan No.200(< 00,075)	36,8%
7	Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS	Lempung Organik (OH)

4.2 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Standar (PTS)

Pengujian pemadatan tanah standar (Proctor Standar) dilakukan untuk menentukan kadar air *optimum* (*Optimum Moisture Content/OMC*) dan berat isi kering maksimum (*Maximum Dry Density/MDD*). Nilai yang diperoleh tersebut digunakan sebagai acuan dalam menentukan kondisi pemadatan yang paling optimum agar tanah mencapai kepadatan maksimum. Pada pengujian pemadatan tanah standar ini, jumlah pukulan untuk setiap lapisan ditetapkan sebanyak 25 kali dengan jumlah 3 lapisan, lalu diperoleh hubungan antara kadar air optimum (ω_{opt}) yang mencapai 17,63% dan berat kering maksimum ($\gamma_{dry maks}$) sebesar 1,48gr/cm³.



Gambar 4.4 Grafik pemadatan proctor standa

TABEL 4.6 PEMADATAN TANAH STANDAR (PTS)

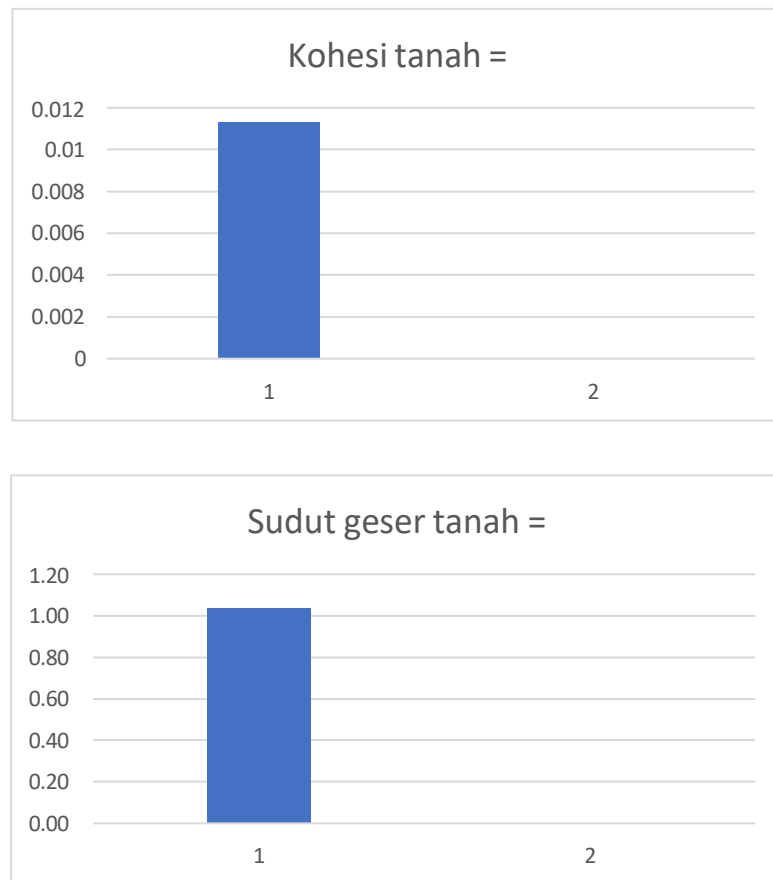
Jumlah air	mL	100		200		300		400		500	
Berat mold + tanah	gram	6355		6500		6670		6740		6750	
Berat mold	gram	4545		4545		4545		4545		4545	
Berat tanah basah	gram	1810		1955		2125		2195		2205	
Volume mold	cm3	943,8		940,2		939,2		941,2		937,9	
Kepadatan tanah basah	gr/cm3	1,918		2,079		2,263		2,332		2,351	
Nomor Cawan		A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2	G1	G2
Berat cawan + tanah basah	gram	27	30	36	25	27	23	28	24	28	29
Berat cawan + tanah kering	gram	25	27	34	25	22	21	24	21	23	24
Berat air	gram	2	3	2	34	5	2	4	3	5	5
Berat cawan	gram	10	10	8,2	10	10	10	10	9,4	10,2	10,5
Berat Tanah kering	gram	15	17	16	15	12	11	14	10	11	12
Kadar air	%	13,33	17,65	12,50	226,67	41,67	18,18	28,57	30,00	45,45	41,67
Kepadatan kering	gr/cm3	1,69	1,63	1,85	0,64	1,60	1,91	1,81	1,79	1,62	1,66
ZAV	gr/cm3	1,74	1,62	1,77	0,37	1,17	1,61	1,38	1,35	1,12	1,17

4.4 Tabel Hasil Pengujian *Direct Shear* tanah asli

Gaya Normal		P1 = 3,32 kg			P2 = 6,64 kg			P1 = 13,28 kg		
Tegangan Normal		0,1 kg/cm ²			0,2 kg/cm ²			0,4 kg/cm ²		
Waktu (detik)	Pergeseran (mm)	Dial	Gaya Geser	Teg. Geser	Dial	Gaya Geser	Teg. Geser	Dial	Gaya Geser	Teg. Geser
15	0,25	0,4	0,4	0,012	0,52	0,52	0,016	0,76	0,76	0,024
30	0,5	0,46	0,46	0,014	0,51	0,51	0,016	0,65	0,65	0,020
45	0,75	0,42	0,42	0,013	0,46	0,46	0,014	0,76	0,76	0,024
60	1	0,51	0,51	0,016	0,42	0,42	0,013	0,6	0,6	0,019
75	1,25	0,4	0,4	0,012	0,32	0,32	0,010	0,34	0,34	0,011
90	1,5							0,2	0,2	0,006

Tanah lempung ekspansif yang di ambil dari Jakabaring Kawasan poltekpar Palembang dalam keadaan tidak terpengaruh, lalu di uji menggunakan Pengujian *Direct Shear* dilakukan untuk mengetahui parameter kuat geser tanah berupa kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ).

Pada tanah asli menghasilkan gradien sehingga dicari dengan persamaan sehingga menghasilkan nilai sudut geser dalam sebesar 1,04 dan nilai kohesi sebesar 0,0113kg/cm². Hasil ini akan dibandingkan dengan hasil pengujian beberapa variasi campuran yang mencakup Kapur dan Zeolit.

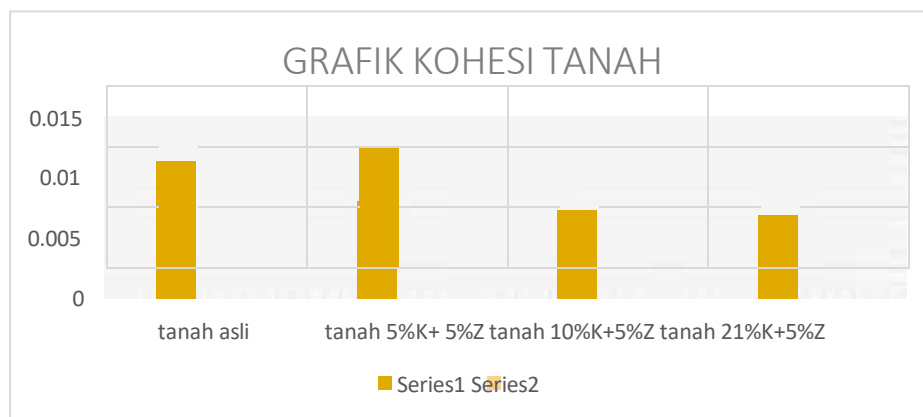


Gambar 4.6 Grafik Perolehan kohesi dan sudut geser tanah asli

Tabel 4.8 Perolehan nilai kohesi dan sudut geser

No	Variasi Campuran	Kohesi (kh/cm ²)	Sudut Geser Dalam (Derajat)
1.	Tanah asli (0% kapur + 0% zeolit)	0,0113	1,04
2	Tanah + 5% kapur + 5% zeolit	0,0081	2,67
3	Tanah + 10% kapur + 5% zeolit	0,0073	3,33
4	(Tanah + 21% kapur + 5% zeolit)	0,0069	4,31

Pada gambar 4.7 merupakan hasil dari penambahan Kapur dan Zeolit memberikan pengaruh yang berbeda terhadap nilai kohesi tanah. Tanah asli memiliki nilai kohesi tertinggi, yaitu 0,0113kg/cm². Setelah dilakukan penambahan campuran Tanah + 5% kapur + 5% zeolit, nilai kohesi menurun menjadi 0,0081kg/cm². Nilai kohesi kembali menurun pada campuran Tanah + 10% kapur + 5% zeolit menjadi 0,0073 kg/cm². Pada campuran, nilai kohesi (Tanah + 21% kapur + 5% zeolit) sedikit meningkat menjadi 0,0053 kg/cm².

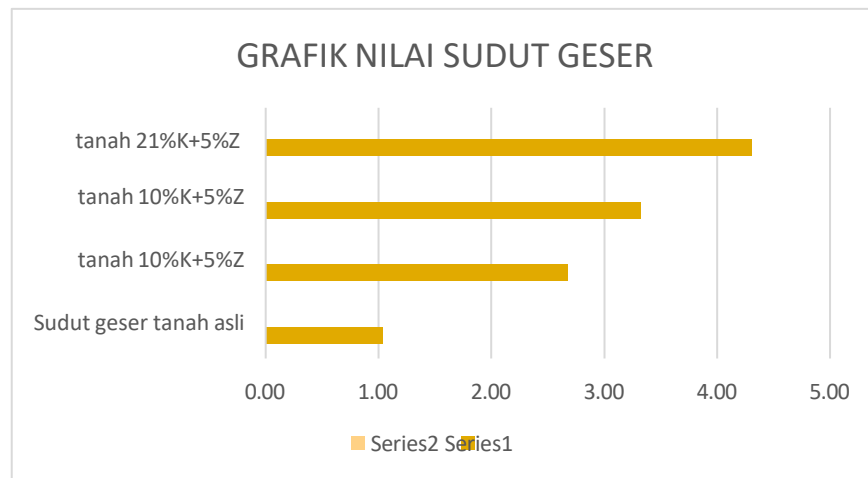


Gambar 4.7 Grafik Perolehan kohesi pada campuran

Tabel 4.9 Perolehan Nilai Kohesi Pada Campuran

tanah asli	=	0,0113	kg/cm ²
tanah 5%K+ 5%Z	=	0,0081	kg/cm ²
tanah 10%K+5%Z	=	0,0073	kg/cm ²
tanah 21%K+5%Z	=	0,0069	kg/cm ²

Sedangkan nilai kohesi terkecil diperoleh pada campuran Tanah + 5% kapur + 5% zeolite. Sementara itu, variasi campuran Tanah + 21% kapur + 5% zeolit) memiliki nilai terendah yaitu 0,0069 kg/cm².



Gambar 4.8 Grafik perolehan nilai sudut geser pada campuran

Tabel 4.10 Perolehan nilai sudut geser tanah

Sudut geser tanah asli	=	1,04	derajat
tanah 10%K+5%Z	=	2,67	derajat
tanah 10%K+5%Z	=	3,33	derajat
tanah 21%K+5%Z	=	4,31	derajat

4.4 Pengaruh Kapur dan Zeolit Terhadap Kuat Geser Tanah lempung Ekspansif

Dalam pengujian ini, material yang digunakan adalah kapur dan Zeolit.

Dengan Tanah asli (0% kapur + 0% zeolit), Tanah + 5% kapur + 5% zeolite, Tanah + 10% kapur + 5% zeolite, Tanah + 21% kapur + 5% zeolite demikian, jumlah total variasi yang diuji mencapai 4 variasi, dengan jumlah total sampel sebanyak 8. Berdasarkan hasil pengujian *Direct Shear Test* dan pengolahan data, ditemukan bahwa terdapat perubahan pada parameter sudut geser tanah serta nilai kohesi pada tanah yang telah dicampurkan dengan Kapur dan Zeolit pada kadar tertentu. Peningkatan sudut geser dalam menunjukkan bahwa susunan butiran tanah menjadi lebih padat sehingga gaya gesek antarbutiran meningkat. Sebaliknya, penurunan kohesi mengindikasikan bahwa ikatan alami antar partikel tanah berkurang setelah ditambahkan bahan

stabilisasi. Kondisi ini menunjukkan bahwa sifat kuat geser tanah Lempung Ekspansif berubah, dari yang semula lebih dipengaruhi oleh kohesi menjadi lebih dipengaruhi oleh gaya gesek antar butiran.

Tabel 4.11 Kuat Geser tanah langsung (Variasi campuran 5% kapur dan 5% zeolit)

Gaya Normal		P1 = 3,32 kg			P2 = 6,64 kg			P1 = 13,28 kg		
Tegangan Normal		0,1 kg/cm ²			0,2 kg/cm ²			0,4 kg/cm ²		
Waktu (detik)	Pergeseran (mm)	Dial	Gaya Geser	Teg. Geser	Dial	Gaya Geser	Teg. Geser	Dial	Gaya Geser	Teg. Geser
15	0,25	0,21	0,21	0,007	0,15	0,15	0,005	0,62	0,62	0,021
30	0,5	0,32	0,32	0,011	0,51	0,51	0,017	0,54	0,54	0,018
45	0,75	0,25	0,25	0,009	0,55	0,55	0,019	0,84	0,84	0,029
60	1	0,51	0,51	0,017	0,78	0,78	0,027	0,6	0,6	0,020
75	1,25	0,67	0,67	0,023	0,89	0,89	0,030	0,55	0,55	0,019
90	1,5	0,21	0,21	0,007	0,62	0,62	0,021	0,56	0,56	0,019
105	1,75	0,12	0,12	0,004	0,6	0,6	0,020	0,7	0,7	0,024
120	2				0,67	0,67	0,023	0,54	0,54	0,018
135	2,25				0,5	0,5	0,017	0,56	0,56	0,019

Tabel 4.12 Kuat Geser tanah langsung (Variasi campuran 10% kapur dan 5% zeolit)

Gaya Normal		P1 = 3,32 kg			P2 = 6,64 kg			P1 = 13,28 kg		
Tegangan Normal		0,1 kg/cm ²			0,2 kg/cm ²			0,4 kg/cm ²		
Waktu (detik)	Pergeseran (mm)	Dial	Gaya Geser	Teg. Geser	Dial	Gaya Geser	Teg. Geser	Dial	Gaya Geser	Teg. Geser
15	0,25	0,27	0,27	0,008	0,55	0,55	0,017	0,88	0,88	0,027
30	0,5	0,42	0,42	0,013	0,65	0,65	0,020	0,98	0,98	0,030
45	0,75	0,34	0,34	0,011	0,68	0,68	0,021	1,01	1,01	0,031
60	1	0,4	0,4	0,012	0,92	0,92	0,028	0,81	0,81	0,025
75	1,25	0,41	0,41	0,013	0,78	0,78	0,024	0,78	0,78	0,024
90	1,5				0,84	0,84	0,026	0,54	0,54	0,017
105	1,75				0,43	0,43	0,013	0,32	0,32	0,010

Tabel 4.13 Kuat Geser tanah langsung (Variasi campuran 10% kapur dan 5% zeolit)

Gaya Normal		P1 = 3,32 kg			P2 = 6,64 kg			P1 = 13,28 kg		
Tegangan Normal		0,1 kg/cm ²			0,2 kg/cm ²			0,4 kg/cm ²		
Waktu (detik)	Pergeseran (mm)	Dial	Gaya Geser	Teg. Geser	Dial	Gaya Geser	Teg. Geser	Dial	Gaya Geser	Teg. Geser
15	0,25	0,49	0,49	0,015	0,64	0,64	0,020	0,87	0,87	0,027
30	0,5	0,54	0,54	0,017	0,78	0,78	0,024	0,98	0,98	0,030
45	0,75	0,49	0,49	0,015	0,79	0,79	0,024	1,34	1,34	0,041
60	1	0,5	0,5	0,015	0,87	0,87	0,027	1,56	1,56	0,048
75	1,25	0,49	0,49	0,015	0,54	0,54	0,017	1,32	1,32	0,041
90	1,5				0,32	0,32	0,010	0,34	0,34	0,011
105	1,75							0,45	0,45	0,014

Tabel 4. 14 Rekapitulasi nilai kohesi dan sudut geser

Sampel	Kohesi (kg/cm²)	Sudut Geser Tanah (derajat)
Tanah Asli	0,0113	1,04
5%Kapur + 5% Zeolit	0,0081	2,67
10%Kapur + 5% Zeolit	0,0073	3,33
21%Kapur + 5% Zeolit	0,0069	4,31

Apabila dibandingkan dengan tanah asli, seluruh variasi campuran mengalami penurunan nilai kohesi. Nilai kohesi terbesar tetap dimiliki oleh tanah asli, secara ilmiah, kondisi tersebut menunjukkan bahwa penambahan zeolit hingga kadar tertentu mampu memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan hubungan antar butiran. Namun, apabila jumlah zeolit terlalu tinggi, peningkatan gaya gesek tidak lagi diikuti oleh kemampuan tanah mempertahankan kohesi. Oleh karena itu, diperlukan komposisi yang mampu memberikan keseimbangan antara kedua parameter kuat geser tersebut. Berdasarkan seluruh hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa komposisi Tanah + 10% kapur + 5% zeolit merupakan komposisi yang paling untuk meningkatkan kuat geser tanah lempung ekspansif di Jakabaring Kawasan Poltekpar Palembang.

Tabel 4.15 Hasil Keseluruhan Pengujian

No	Jenis Pengujian	Parameter	Tanah Asli	5% Kapur + 5% Zeolit	10% Kapur + 5% Zeolit	21% Kapur + 5% Zeolit
1	Analisis Saringan	Lolos No.4 (%)	98,29	-	-	-
	Analisis Saringan	Lolos No.200 (%)	2,50	-	-	-
2	Kadar Air	Kadar Air (%)	67,20	-	-	-
3	Berat Jenis	Gs	1,73	-	-	-
4	Batas Atterberg	LL (%)	39,68	-	-	-
		PL (%)	72,73	-	-	-
		PI (%)	112,41	-	-	-
5	Klasifikasi	USCS	OH	-	-	-
6	Pemadatan	OMC (%)	17,63	-	-	-
		MDD (g/cm ³)	1,48	-	-	-
7	Direct Shear	Kohesi c (kg/cm ²)	0,0113	0,0081	0,0073	0,0069
		Sudut Geser ϕ (°)	1,04	2,67	3,33	4,31
		Kuat Geser Maksimum τ	1,05	2,68	3,33	431

Komposisi ini memberikan keseimbangan terbaik antara nilai kohesi dan sudut geser dalam, sehingga mampu meningkatkan stabilitas tanah secara lebih efektif dibandingkan variasi campuran lainnya. Hasil ini sekaligus menjawab tujuan penelitian mengenai penentuan komposisi *Maximum* Kapur dan Zeolit sebagai bahan stabilisasi tanah lempung ekspansif di Jakabaring Kawasan Poltekpar Palembang.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada Bab IV, dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan penambahan kapur dan zeolit memberikan pengaruh terhadap perilaku kuat geser tanah lempung ekspansif, untuk hasil pengujian *Direct Shear* penambahan bahan stabilisasi menyebabkan peningkatan sudut geser dalam pada campuran (ϕ) **21% kapur dan 5% zeolit** menghasilkan nilai **4,31**
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin besar persentase campuran kapur dan zeolit, nilai sudut geser dalam (ϕ) mengalami peningkatan, sedangkan nilai kohesi(c) cenderung menurun pada campuran **21% kapur dan 5% zeolit** menghasilkan nilai **0,0069**
3. Berdasarkan hasil pengujian *Direct Shear* terhadap variasi campuran kapur dan zeolit. Diketahui bahwa campuran tersebut memberikan pengaruh pada kuat geser melalui peningkatan sudut geser, tidak melalui nilai kohesi.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya disarankan menambahkan variasi campuran persentase agar dapat mengetahui reaksi campuran terhadap mekanika tanah dapat diketahui secara lebih mendalam.
2. Penelitian selanjutnya agar mendapatkan hasil yang optimum selanjutnya dengan sampel yang lebih banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- E., Bella, R., & Manek, A. (2022). *Pengaruh Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Menggunakan Kapur, Fly Ash dan Bottom Ash Terhadap Kapasitas Dukung Tanah*. Jurnal Forum Teknik Sipil (J-ForTekS), 2(2), 34–44.
- Kadang Bua, H. K., Meti., & Tangdialla, L. T. (2024). *Pengaruh Penambahan Zeolit dan Kapur Pada Tanah Lempung Terhadap Direct Shear Test*. Paulus Civil Engineering Journal.
- Hermawan, M. I., Afriani, L., & Iswan. (2015). *Korelasi Kuat Tekan Bebas dengan Kuat Geser Langsung pada Tanah Lempung yang Dicampur dengan Zeolit*. Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain (JRSDD), 3(1), 45–56.
(journal.eng.unila.ac.id)
- Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta: Erlangga.
- Hardiyatmo, H. C. (2012). *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. New York: John Wiley and Sons.
- Craig, R. F. (2004). *Craig's Soil Mechanics*. London: Spon Press.
- Bowles, J. E. (1991). *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.

LAMPIRAN LAMPIRAN

Alat Penelitian



(a) timbangan digital



(b) oven



(c)Alat batas Atterberg



(d) Piknometer



(e)skruf besi



(f) palu karet



(g) saringan no 200



(h) saringan no 4(4,75)



(i) sarung tangan



(j) cawa kadalar air



(k) Cetakan benda uji



(l) Loyang 20 x 20



(m) cangkul

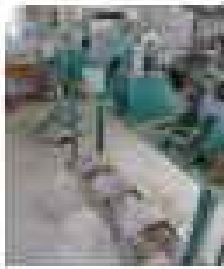


(n) masker



(o) Plastik tinwal 200 ml

LAMPIRAN LAMPIRAN



(p) Alat uji direct shear



(q) Karung



(r) Pipa paralon (4 inci)



(s) Mold



(t) pelat kaca



(u) proctor



(v) Gelas ukur



(x) Ember



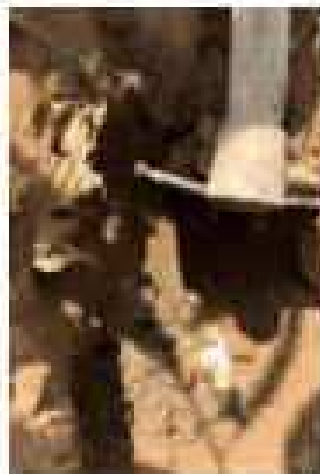
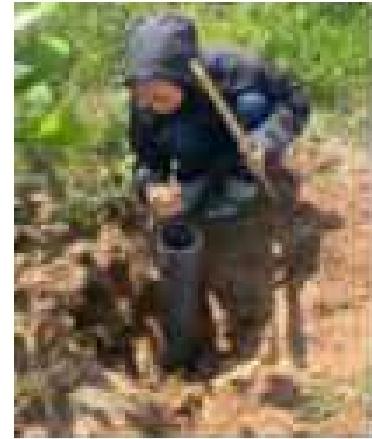
(y) jangka sorong

LAMPIRAN LAMPIRAN

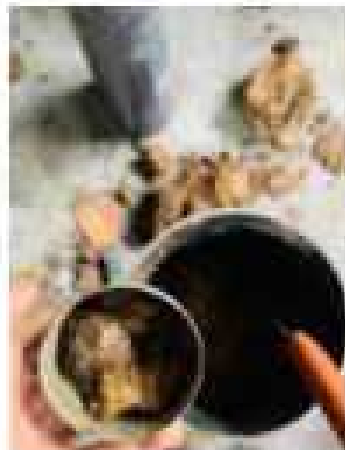
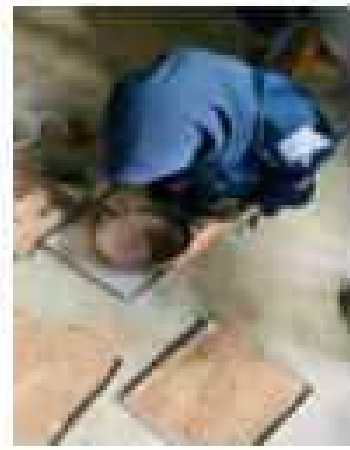
Bahan Penelitian



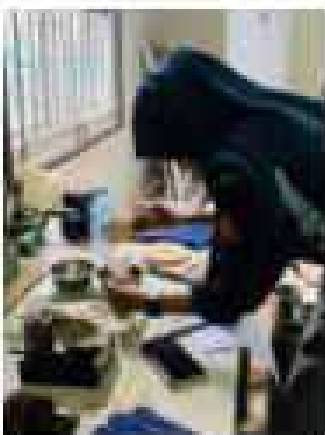
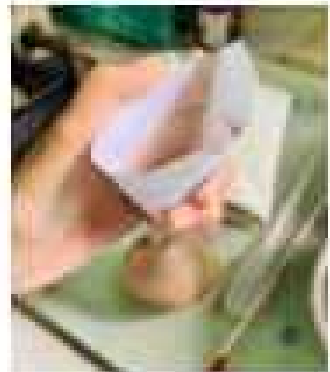
LAMPIRAN LAMPIRAN



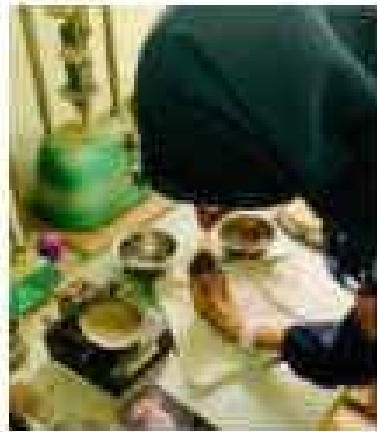
LAMPIRAN LAMPIRAN



LAMPIRAN LAMPIRAN



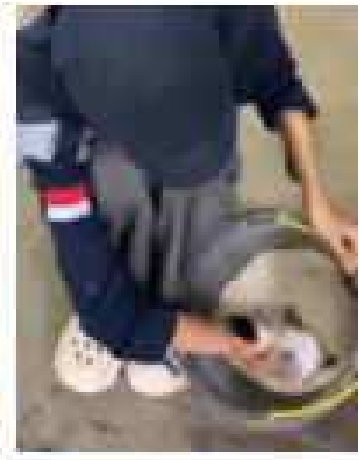
LAMPIRAN LAMPIRAN



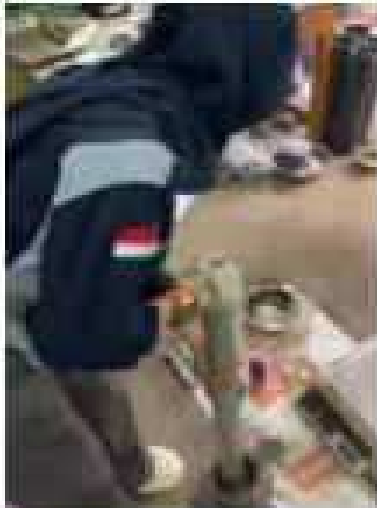
LAMPIRAN LAMPIRAN



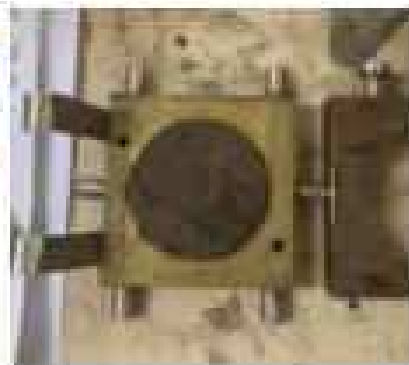
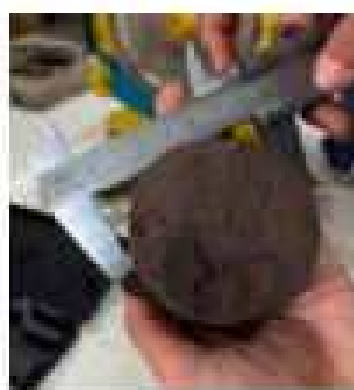
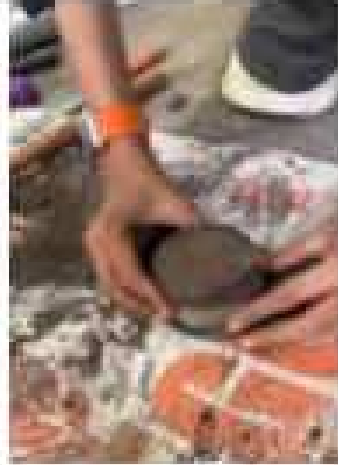
LAMPIRAN LAMPIRAN



LAMPIRAN LAMPIRAN



LAMPIRAN LAMPIRAN



LAMPIRAN LAMPIRAN



LAMPIRAN LAMPIRAN



Sampel 1 tanah asli



Sampel 2 21% kapur 5% zeolite

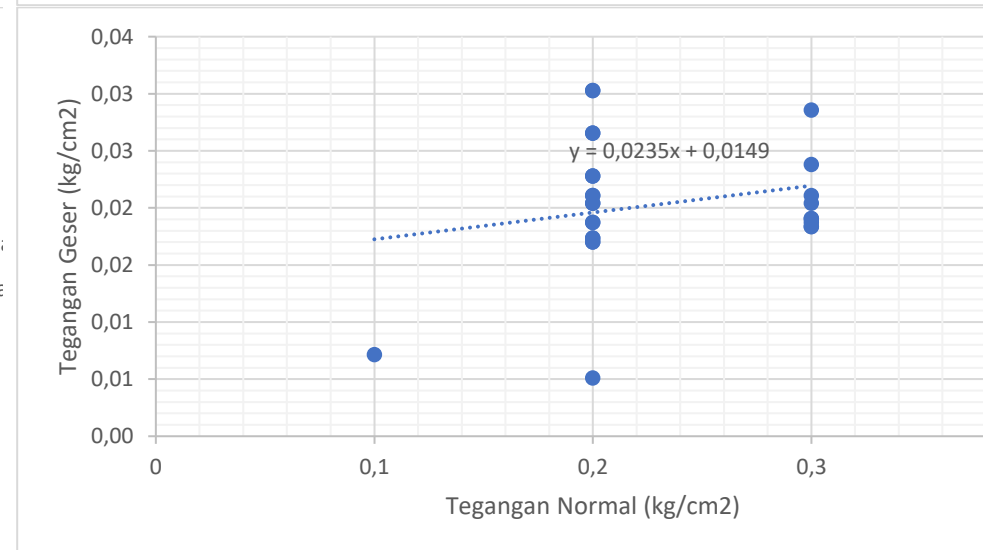
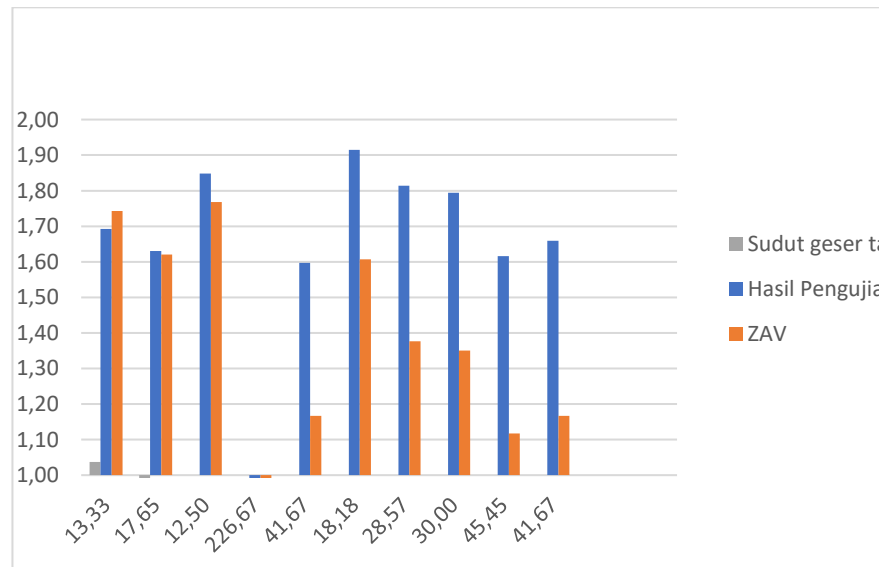
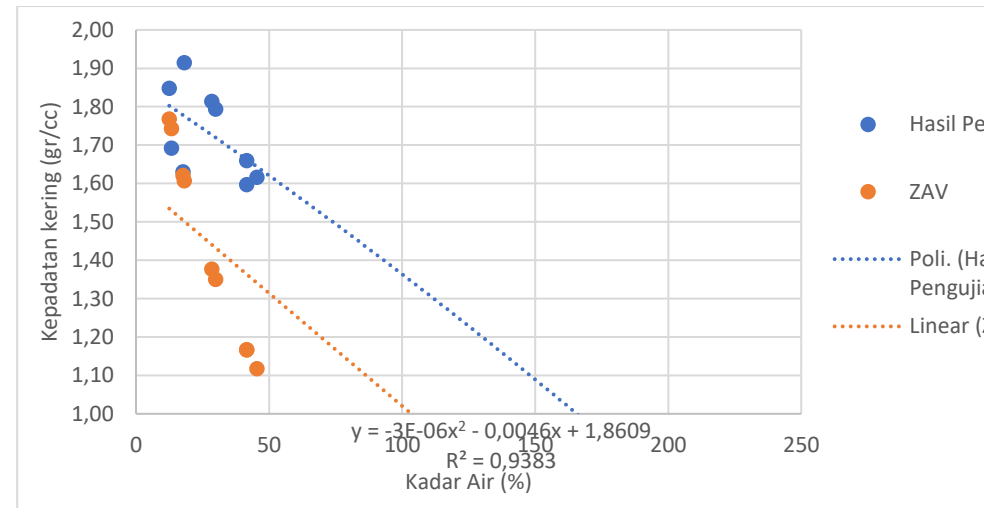
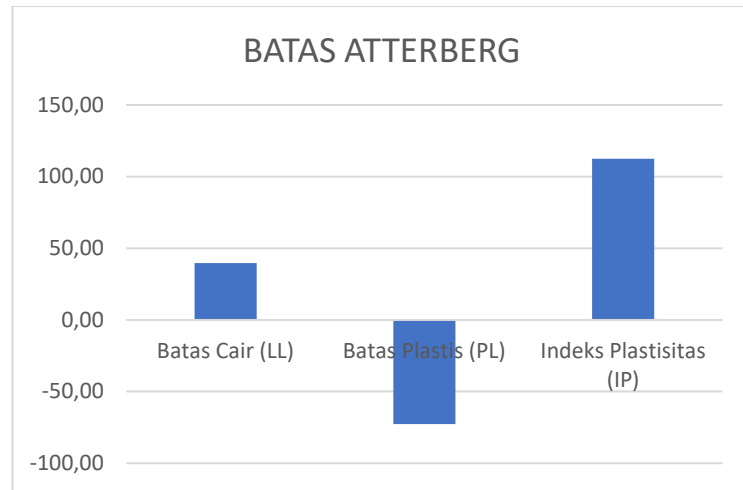


sampel 3 10% kapur 5% zeolite

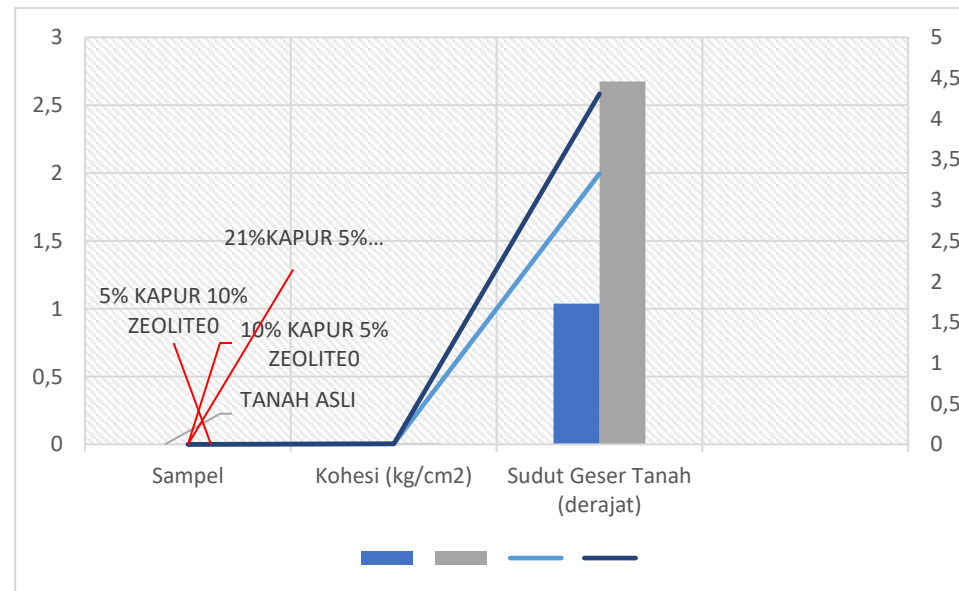
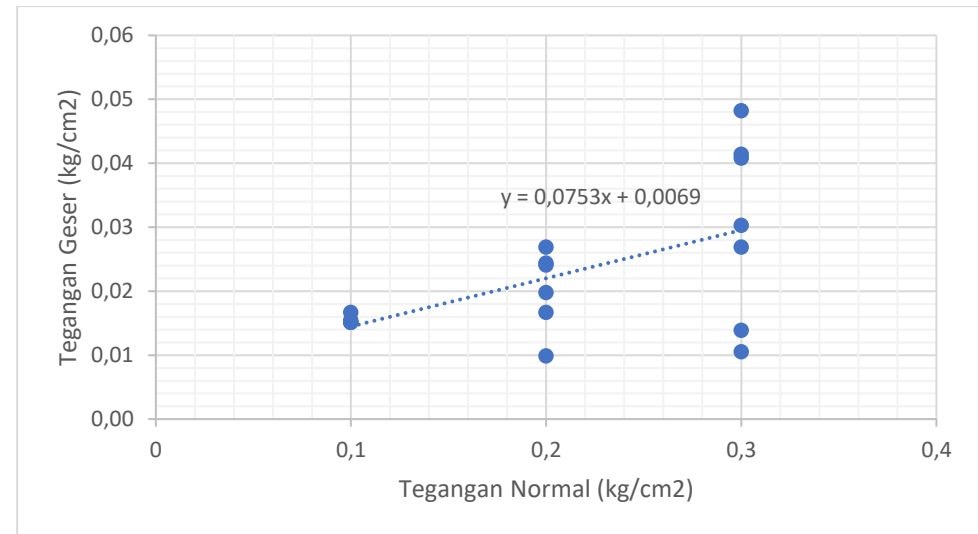
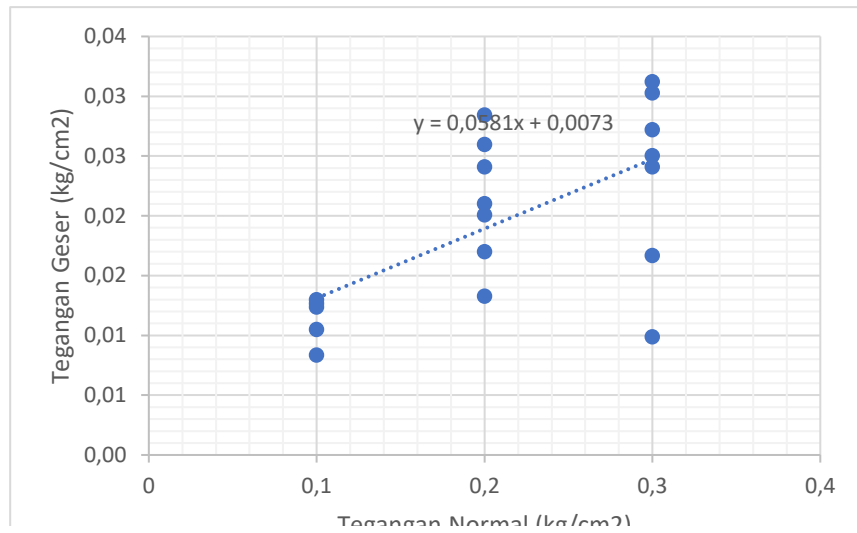


Sampel 4 5% kapur 5% zeolite

LAMPIRAN LAMPIRAN



LAMPIRAN LAMPIRAN



TABEL PENYADATAN TANAH STANDAR (PTS)

Jumlah air	ml	100	200	300	400	500					
Berat mold + tanah	gram	63,55	63,00	66,70	67,00	67,30					
Berat mold	gram	45,45	45,45	45,45	45,45	45,45					
Berat tanah basah	gram	18,10	19,55	21,25	21,95	22,05					
Volume mold	cm3	943,8	940,2	939,2	941,2	937,9					
Kepadatan tanah basah	gram3	1,918	2,079	2,260	2,332	2,351					
Nomor Cincin		A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2	G1	G2
Berat cawan + tanah basah	gram	27	30	36	25	27	23	28	24	28	29
Berat cawan + tanah kering	gram	25	27	34	25	22	21	24	21	23	24
Berat air	gram	2	3	2	34	5	2	4	3	5	5
Berat cawan	gram	10	10	8,2	10	10	10	10	9,4	10,2	10,5
Berat Tanah kering	gram	15	17	16	15	12	11	14	10	11	12
Kadar air	%	13,33	17,65	12,50	226,67	41,67	18,18	28,57	30,00	45,45	41,67
Kepadatan kering	gram3	1,60	1,63	1,85	0,64	1,60	1,39	1,81	1,29	1,83	1,66
ZAV	gram3	1,24	1,62	1,27	0,37	1,17	1,61	1,28	1,25	1,12	1,17

Table 11: Unit Projections Direct Effect (contd. with)

Days Normal		P1 = 1.12 kg		P2 = 1.54 kg		P3 = 1.98 kg	
Temperature Normal		0.1 kg/day		0.2 kg/day		0.4 kg/day	
water (liters)	Projections (mm)	Out	Days down	Trg. down	Out	Days down	Trg. down
15	0.75	0.4	0.4	0.012	0.52	0.52	0.018
20	0.5	0.66	0.66	0.014	0.55	0.55	0.018
45	0.75	0.60	0.42	0.013	0.66	0.46	0.014
60	1	0.51	0.51	0.010	0.42	0.42	0.013
75	1.25	0.4	0.4	0.004	0.32	0.32	0.010
90	1.5						
105	1.75						
120	2						
135	2.25						
150	2.5						
165	2.75						
180	3						
195	3.25						
210	3.5						
225	3.75						
240	4						
255	4.25						
270	4.5						
285	4.75						
300	5						



KARTU ASISTENSI

Nama Mahasiswa : Amisa Azakkiyah
NPM : 22110008
Program Studi : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing I : Dr. Ir. Hj. Ramadhani S.T., MT, IPM

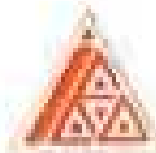
No	Tanggal	Keterangan	Paraf Pembimbing
1.	12/5/2026	- Penarikan panduan penulisan skripsi dan prodi. - Cara penulisan peneliti diketahui di akhir kalimat. - Bab. 1.3. point 1. Kondisi normal - Bab. 1.5. Bahan Masalah diperges lokasi, alat/scrinya.	
2.	18/5/2026	- Bab I ok, teruskan ke Bab II.	
3.	22/5/2026	- Bab I - masukkan rumus 2 kanak + - Bab II : ok tapi pd Bab II masukkan data mentah 3 nya ke Bab II	



KARTI AMINTENSI

Nama Mahasiswa : Amisa Azrakkiyah
NPM : 22310008
Program Studi : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Hj. Ramadhani S.T., M.T., IPM

No	Tanggal	Keterangan	Paraf Pembimbing
4.	25/5/2026	- Bab I → ok - Bab II → Izin gambar menggunakan huruf tulisan merah - Lanjutkan	PS
5.	2 Juli 2026	- Pengujian ditambak pada lahan UTP. - Alat & pengujian dibuat 1 saja, utk tiap 2 pengujian gunakan foto 2 dgn alat uji - Lanjutkan	PS
6.	3 Juli 2026	- Rangkaikan Gbr + Kestoporan + lengas - Hal 60, c(1) cek 1 kg. berat capitan - Ughap, kee - Silakan ikut Ujian	PS



KARTU ASISTENSI

Nama Mahasiswa : Arrian Azakkiyah
NPM : 22310008
Program Studi : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing II : Eka Winda Sumanti, S.T.M.T.

No	Tanggal	Keterangan	Paraf Pembimbing
1.	31/06/2026	Selamatkan bab 2.	
2.	12/06/2026	acc bab 2. (lanjutan)	
3.	24/06/2026	bab 2 & bab 3 OK. (lanjutan bab 4.	
4.	24/06/2026	Selamatkan bab 4. Analisis & Pembahasan. lalu buat bab 5 kesimpulan.	
5.	2/07/2026	Revisi tabel buat power point. OK ✓	

LEMBAR PERBAIKAN

JMLA KEGIATAN : SEMINAR SKRIPSI
 JUDUL SKRIPSI : Analisis Pengaruh Substitusi Kapur & Tegal
 Hrd Perilaku Kinetis Tanah Lempung
 Ekspansif Vektor Uji Direct Shear
 JMLA MAHASISWA : Annisa Azzakkiyah
 NIM : 22310008
 EKSTRAK STUDI : TEKNIK SIPIL

No	HALAMAN	MATERI PERBAIKAN	KETERANGAN
1.		Perbaiki formatasi tabel & gambar.	
2.		Perbaiki tabel komposisi persentase material.	
3.		Kesimpulan sdh ok ✓	
4.		Perbaiki Format: daftar tabel, daftar gambar & daftar isi. ✓	ACC ✓ ok. 13/07/2026 

Palembang, 6 Juli 2026
 Penguji / Penilai


 (Eka W. S.)



LEMBAR PERBAIKAN

JUDUL KEGIATAN

1. SEMINAR SKRIPSI

JUDUL SKRIPSI

2. Analisis Pengaruh substitusi kapur dan
zirkon terhadap perilaku kuat geser tanah liyang

NAMA MAHASISWA

3. ANNISA Azzahra

NPM

4. 2231008

PROGRAM STUDI

5. TEKNIK SIPIL

NO	HALAMAN	MATERI PERBAIKAN	KETERANGAN
1		Perbaikan Nama 'kilon' 'digusabek' - Diagram Skema selubung - Perbaikan dan tulisan kopung - Tumpukan grafik dan tabelaya - Buktikan dan rumah kuat geser rumah, buktikan kuat geser rumah dan rumah liyang	 doc. dc. lapor karya 

Palembang, 6 Juli 2024

Penguji / Pembina


(.....)
Rob. Sany

LEMBAR PERBAIKAN

NAMA KEGIATAN

1. SEMINAR SKRIPSI

JUDUL SKRIPSI

Aplikasi pengontrol otomatis
 Kapur & asolit dan pakuat beton gasir
 tanah lumpur ekspansif kedalaman uji Direct shear
 Amalia Azzahroh

NAMA MAHASISWA

PM

PROGRAM STUDI

TEKNIK SIPIL

ID	HALAMAN	MATERI PERBAIKAN	KETERANGAN
	01/17/24	- Mengapa harus diganti dgn Kapur & asolit ? - Apa yg dimaksud tanah lumpur ekspansif - Apa yg dimaksud tanah lumpur ekspansif - Kesimpulan 1 & 2 harus berupa nilai (kuantitatif), bukan hanya berupa narasi - penomoran tabel hal. masih salah	
	02/9/26	ada studi komprehensif	

Palembang, 6 Juli 2026

Pengajar Pembina



(Amalia Rihda, S.T., M.Eng.)

LEMBAR PERBAIKAN

NAMA KEGIATAN

1. SEMINAR SKRIPSI

JUDUL SKRIPSI

1. Analisa pengaruh substitusi pasir &
sepatu the pondasi tiang pancang
longitudinal segmental foundation of fixed steel

NAMA MAHASISWA

1. Annisa Ansharyati

NPM

1. _____

PROGRAM STUDI

1. TEKNIK SIPIL

NO.	HALAMAN	MATERI PERBAIKAN	KETERANGAN
	15/07-2024	perbaikan per gambar & pendahuluan standar skripsi	
	20/07-2024	ok judul &	

Palembang, 6 Juli 2024

Pengajar / Penilai



(Annisa Ansharyati, NPM)

BUKUT KEPUTUSAN
DEKAM FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS IBA
 Nomor : FTE/2020/0000
 Tentang
PENUNJUKAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS IBA

Dekan Fakultas Teknik Universitas IBA :

- Mempertahankan :**
1. Peraturan mahasiswa Program Studi Teknik Sipil untuk mengikuti Skripsi, pada semester Ganjil/Gesang Tahun Akademik 2020/2021.
 2. Surat Nomor Program Studi Teknik Sipil Universitas IBA Nomor : FSTSI/IA/2020/00001, tanggal 12 Mei 2020, tentang uraian Dosen Pembimbing Skripsi.
- Merekatkan :**
1. Babak guru pembimbing pendahuluan skripsi tersebut pada pengantar dan menerima Dosen Pembimbing skripsi yang relevan dengan bidang kajian skripsi.
 2. Seluruh uraian lebih lanjut akan lebih diperbaiki dari keputusan sebagai pedoman dan landasan selanjutnya.
- Mengingat :**
1. Undang-Undang RI Nomor 2 Tahun 1989,
 2. Peraturan Pemerintah No 80 Tahun 1991,
 3. Statuta Universitas IBA,
 4. Surat Keputusan LAM Teknik No. 00000000000000000000, tanggal 21 Agustus 2020,
 5. Surat Kep. Rektor IBA Nomor: 00000000000000000000, tentang ketentuan umum dan prosedur pendirian Skripsi,
 6. Surat Kep. Pengurus Haluan Kampus IBA, Nomor: 00000000000000000000, tentang pengangkatan Dekan Fakultas Teknik Universitas IBA.

MEMUTUSKAN

- Menetapkan Pertama :**
- Menerima dan mengantar Dosen Pembimbing skripsi dengan urusan sebagaimana tertera.
- Kedua :**
- Maka terdapatnya SK Pembimbing selama 3x semester dan dinyatakan selesai setelah mahasiswa yang diimbing dinyatakan lulus dalam sidang ujian. Jika persyaratan skripsi melebihi batas waktu 3x semester, maka dinyatakan gagal dan SK akan diajukan kembali.
- Ketiga :**
- Dari keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan sampai dengan selanjutnya persyaratan skripsi tersebut dengan ketentuan apabila dikemudian hari terdapat terdapat perubahan dalam keputusan ini, maka akan diperbaiki sebagaimana mestinya.

Disiapkan di
 Ruang Kerja
 Dekan

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS IBA
 Dr. Ir. H. [Nama], MT.
 NIK. 00 00 000

Sembunyi PB

1. Ketua Program Studi
2. Dosen Pembimbing skripsi
3. Asip.

Lampiran

DK Dekan Fakultas Teknik Universitas IBA

Nomor : FTU/2020/0000, Tanggal : 25 Mei 2020

**NAMA DOSEN PEMBIMBING UTAMA (JAN PEMBIMBING KEDUA
PEMULISAN SKRIPSI MAHASISWA PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
SEMESTER GARALUDINAP 2020/2021**

No.	Nama	NPM	Judul Skripsi	Pembimbing Utama	Pembimbing Pendamping
1.	Arisa Azahiyah	22110008	Auditis Pengaruh Substansi Kapur dan Zink Terhadap Perilaku Rasio Gelas Tanah Lempeng Ekspansi Berukuran 1/2 (Dini) Sinar	Dr. H. Rendi Harto, ST., MT., PhD	Eka Wita Sumardi, ST., MT
2.	Abella Putri Masduki	22110004	Auditis Kuantitatif Analisa Laju Lisis Pada Gampang BUK Berasakutan Hubungan Respon, Repetisi, dan Volume di Kala Pembungk Merganahan Program API	Dr. H. Rendi Harto, ST., MT., PhD	Eka Wita Sumardi, ST., MT
3.	Dani Permuda Sari	22110011	Penerapan Pakupaku Lempeng Gampang Merganahan Cladding Pemasaran Tanah Tipe Gravel di Batareja Sumatera Selatan	Eka Wita Sumardi, ST., MT	Anella Pupla, ST., MT
4.	Alya Intiswari	22110003	Penerapan struktur beton bertulang bangunan gedung apartemen-tahan gempa di BUK BUK Kuantitatif (BUK) Provinsi Kalimantan Timur Berdasarkan DOK 2047-2019 dan DOK 1720-2019	H. Septa, ST., MT., IPU Awan Eng	Sel Fekari, ST., MT

No.	Nama	NPM	Judul Skripsi	Pembimbing Utama	Pembimbing Pendamping
1.	Rahayu Azzahra	22100006	Perancangan struktur beton bertulang bangunan gedung Hotel kelas group di Kota Manado (RKH) Provinsi Sulawesi Utara Berkas: 2047-2050 dan 2061-2066	Ir. Supri, ST, MT, PhD Arsitek Eng	Eni Farhan, ST, MT
6.	Dani Andri	22100007	Pengaplikasian jenis tanah lunak pada hasil uji CPT menggunakan Metode Robertson	Dra Weni Sumardi, ST, MT	Andri Rasya, ST, MT
7.	M. Fikri Alamsyah	22100015	Analisa Kinerja Jalan Di Fasilitas Pemadam Selayang Ulu F Kota Palimbang	Ir. Pujiono T, MT	Peter Gubon, ST, MT
8.	Namoli Aprilia Rizki	22100070	Perencanaan Struktur Lantai Bangsal Menggunakan Dinding Puncak Tirus Tipe Rafter	Dra Weni Sumardi, ST, MT	Peter Gubon, ST, MT
9.	Azzahra Azzahyati	22100008	Pengaruh Adhesi Himpitan Samping Terhadap Kinerja Jalan (Metode Kapasitas Jalan Indonesia) Pada Rute Jalan Lintas Sumatera Kawasan Pagar RM 12 dan Terminal Along along Lintas Menggunakan Program API (Application Programming Interface)	Dr. Ir. Ramadhani, ST, MT, PhD	Ir. Pujiono T, MT
10.	Dwi Setiawan	22100100	Perbandingan Performa Kaku dan Perilaku Lantai Secara Statis dan Waktu pada Proyek Perumahan Jalan Tol Trans Sumatera Rute Palimbang Seling STA 48+500 sd. STA 49+525	Ir. Pujiono T, MT	Dr. Ir. Ramadhani, ST, MT, PhD

No.	Nama	NPM	Judul Skripsi	Pembimbing Utama	Pembimbing Pendamping
11.	Syafi Anggoro	21310003	Analisis Kinerja Lalu Lintas Keluar-dari Halte Angkor Wat Kabupaten Tangerang, Regulasi, dan Volume di Simpang Bering Rute Palembang dengan Menggunakan Program APN (Application Programming Interface)	Dr. A. Ramadhani, ST., MT., PM	A. Fajriy T., MT
12.	Hendri Ryan	21310014P	Penerbitan Gedung Asrama 3 Lantai Lantai Pertama Pembangunan, Palembang (arsitektur SMA Terpadu)	A. Syafi, ST., MT., PM Asas Eng	A. Fajriy T., MT
13.	M. Anas Adhianan	20310006	Evaluasi Riset dan Jasa Menggunakan Metode Simulasi Pada Rute Jalan Tanjung Api-Api Kota Palembang	Dr. A. Ramadhani, ST., MT., PM	Raka Satrio, ST., MT

Disetujui di
 Palembang, 2025
 Dengan

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS IBA
 Dr. A. Ramadhani, ST., MT., PM
 NPM. 00201100