STUDI KOMPARASI PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI DAN ZEOLIT TERHADAP KUAT GESER TANAH LEMPUNG EKSPANSIF BERDASARKAN UJI DIRECT SHEAR

SKRIPSI

Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Ujian Skripsi
Program Studi Teknik Sipil
Pada Fakultas Teknik
Universitas IBA

Oleh :
SEPTI ANGGRAINI
22310001

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS IBA PALEMBANG
2026

STUDI KOMPARASI PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI DAN ZEOLIT TERHADAP KUAT GESER TANAH LEMPUNG EKSPANSIF BERDASARKAN UJI DIRECT SHEAR

SKRIPSI

Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Ujian Skripsi
Program Studi Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas IBA

Palembang, Juli 2026

Mengetahui,	Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik	Ketua Program Studi
	Teknik Sipil
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS IBA	
Dr. Ir. Hardayani Haruno, M.T	Robi Sahbar, S.T., M.T
(NIDN. 99 009944 92)	(NIDN. 02 030173 02)

Dipindai dengan CamScanner

STUDI KOMPARASI PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI DAN ZEOLIT TERHADAP KUAT GESER TANAH LEMPUNG EKSPANSIF BERDASARKAN UJI DIRECT SHEAR

SKRIPSI

Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Ujian Skripsi
Program Studi Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas IBA

Telah diperiksa dan disetujui Oleh :

Pembimbing I	Pembimbing II
Universitas IBA	Universitas IBA
Dr. Ir. Ramadhani, S.T.,M.T.,IPM	Elsa Wisma Sumanti, S.T.,M.T
(NIDN. 02 241072 01)	(NIDN. 20 7036901)

Dipindai dengan CamScanner

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama	**: Septi Anggraini**
NPM	**: 22310001**
Program Studi	**: Teknik Sipil**
Judul Skripsi	**: Studi Komparasi Penggunaan Abu Sekam Padi dan Zeolit Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung Ekspansif Berdasarkan Uji *Direct Shear***

Telah berhasil dipertahankan dihadap Dewan Penguji dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas IBA Palembang.

DEWAN PENGUJI :

1. **Ir. Septa, S.T.,M.T., IPU, Asean Eng.** (.....)
   NIDN. 02 060969 01
2. **Robi Sahban, S.T., M.T** (.....)
   NIDN. 02 030173 02
3. **Amelia Rajela., S.T., M.T** (.....)
   NIDN. 00 220774 01

Ditetapkan : Palembang

Tanggal : Juli 2026

Dipindai dengan CamScanner

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Septi Anggraini

NPM : 22310001

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Studi Komparasi Penggunaan Abu Sekam Padi dan Zeolit Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung Ekspansif Berdasarkan Uji *Direct Shear*

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

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak ada paksaan dari siapa pun dan oleh siapa pun.

Palembang, Juli 2026

Yang membuat pernyataan,



(Septi Anggraini)

Dipindai dengan CamScanner

ABSTRAK

STUDI KOMPARASI PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI DAN ZEOLIT TERHADAP KUAT GESER TANAH LEMPUNG EKSPANSIF BERDASARKAN UJI DIRECT SHEAR

Ramadhani*, Eka Wisnu*, Septi Anggraini**

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

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

Tanah lempung ekspansif merupakan salah satu jenis tanah bermasalah dalam bidang konstruksi karena mempunyai karakteristik kembang dan susut yang tinggi akibat perubahan kadar air. Kondisi tersebut dapat menyebabkan perubahan volume, retak, penurunan daya dukung, serta berkurangnya kestabilan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan abu sekam padi dan zeolit terhadap parameter kuat geser tanah lempung ekspansif serta menentukan variasi campuran yang memberikan kinerja paling baik. Penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium menggunakan sampel tanah lempung ekspansif yang diambil dari kawasan Jakabaring, lingkungan permukiman Kampus Politeknik Pariwisata, Kota Palembang. Variasi benda uji terdiri atas tanah asli, tanah dengan 7% abu sekam padi + 5% zeolit, tanah dengan 10% abu sekam padi + 5% zeolit, dan tanah dengan 30% abu sekam padi + 5% zeolit. Parameter kuat geser ditentukan melalui pengujian *Direct Shear*, meliputi kohesi dan sudut geser dalam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah asli mempunyai kohesi sebesar 0,0101 kg/cm² dan sudut geser dalam 0,77°. Campuran 7% abu sekam padi + 5% zeolit menghasilkan kohesi 0,0020 kg/cm² dan sudut geser dalam 1,99°. Campuran 10% abu sekam padi + 5% zeolit menghasilkan kohesi 0,0094 kg/cm² dan sudut geser dalam 2,74°, sedangkan campuran 30% abu sekam padi + 5% zeolit menghasilkan kohesi 0,0092 kg/cm² dan sudut geser dalam 2,96°. Berdasarkan kedua parameter tersebut, campuran 30% abu sekam padi + 5% zeolit merupakan variasi yang paling

efektif karena menghasilkan sudut geser dalam tertinggi dan nilai kohesi yang masih relatif tinggi.

Kata Kunci : tanah lempung ekspansif; abu sekam padi; zeolit; *Direct Shear*; kuat geser tanah

ABSTRACT

COMPARATIVE STUDY OF RICE HUSK ASH AND ZEOLITE UTILIZATION ON THE SHEAR STRENGTH OF EXPANSIVE CLAY BASED ON THE DIRECT SHEAR TEST

Ramadhani, Eka Wisnu*, Septi Anggraini*

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

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

Expansive clay is one of the problematic soils in civil engineering because of its high swelling and shrinkage characteristics caused by changes in water content. Such behavior may lead to volume changes, cracking, loss of bearing capacity, and reduced soil stability. This study aims to analyze the effect of rice husk ash and zeolite on the shear strength parameters of expansive clay and to determine the mixture that provides the best performance. An experimental laboratory method was applied using expansive clay samples collected from the Jakabaring area, around the Politeknik Pariwisata campus settlement, Palembang City. The tested mixtures consisted of natural soil, soil mixed with 7% rice husk ash + 5% zeolite, soil mixed with 10% rice husk ash + 5% zeolite, and soil mixed with 30% rice husk ash + 5% zeolite. The shear strength parameters were determined using the Direct Shear Test, including cohesion and internal friction angle. The results showed that natural soil had a cohesion value of 0.0101 kg/cm² and an internal friction angle of 0.77°. The mixture of 7% rice husk ash + 5% zeolite produced a cohesion value of 0.0020 kg/cm² and an internal friction angle of 1.99°. The mixture of 10% rice husk ash + 5% zeolite produced a cohesion value of 0.0094 kg/cm² and an internal friction angle of 2.74°, while the mixture of 30% rice husk ash + 5% zeolite produced a cohesion value of 0.0092 kg/cm² and an internal friction angle of 2.96°.

Based on both parameters, the 30% rice husk ash + 5% zeolite mixture was considered the most effective variation because it produced the highest internal friction angle while maintaining a relatively high cohesion value.

Keywords : expansive clay; rice husk ash; zeolite; Direct Shear Test; shear strength.

MOTTO

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۝ إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

Fa inna ma'al-'usri yusrā. Inna ma'al-'usri yusrā.

"Karena sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan."

وَأَنْ لَيْسَ لِلْإِنْسَانِ إِلَّا مَا سَعَىٰ

"Dan bahwa manusia hanya memperoleh apa yang telah diusahakannya."

Al-Qur'an, Surah An-Najm.

"I survived deadlines, overthinking, and endless revisions."

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT atas segala limpahan nikmat,

Rahmat serta Kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **"STUDI KOMPARASI PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI DAN ZEOLIT TERHADAP KUAT GESER TANAH LEMPUNG EKSPNASIF BERDASARKAN UJI DIRECT SHEAR".** Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan, pengetahuan, serta dukungan dari banyak pihak yang selama ini membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Dengan hati yang tulus penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas segala nikmat dan rahmat serta karunia pertolongan-Nya selama penulis menyusun skripsi.
2. Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi contoh sekaligus panutan bagi penulis.
3. Kedua orang tuaku, Ayah dan Ibu. Beliau memang tidak pernah merasakan Pendidikan hingga bangku perkuliahan, namun mereka dapat mendidik, mendoakan, memberikan semangat, materi dan doa yang selalu menyertai penulis selama ini.
4. Kepada adik perempuan ku, yang selalu mendukung penulis, Terima kasih sudah menjadi adik yang bisa di banggakan.
5. Untuk diriku sendiri. Terima kasih karena telah mampu bertahan hingga sejauh ini. Terima kasih telah terus memilih untuk berjuang, menghargai setiap proses, dan tetap merayakan setiap langkah kecil yang telah dilalui hingga akhirnya sampai di titik ini. Meskipun ada saat-saat ketika rasa putus asa datang karena usaha yang dilakukan belum membuahkan hasil

sesuai harapan, terima kasih karena tetap menjadi pribadi yang tidak menyerah, terus bangkit, dan selalu percaya bahwa setiap perjuangan akan menemukan waktunya untuk berbuah hasil.

6. Seseorang yang tak kalah pentingnya bagi penulis, M. RENDI IRWANSYAH. Terima kasih telah menjadi sumber materi dan dukungan untuk penulis, terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidup penulis. Berkontribusi banyak dalam penulisan karya ini, baik dari tenaga maupun waktu yang luas untuk penulis. Terima kasih telah mendukung, menghibur, mendengarkan keluh kesah, memberikan semangat untuk pantang menyerah dan segala hal baik yang diberikan kepada penulis selama ini.
7. Rekan – rekan mahasiswa dari Program Studi Teknik Sipil atas dukungan dan kerja samanya selama menempuh Pendidikan serta penyelesaian skripsi ini.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah Subhanahu Wata'ala yang telah memberikan rahmat, hidayah serta inayah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat beserta salam penulis kirimkan untuk junjungan alam yakni Nabi Muhammad Shollallahu'Alaihi Wasallam yang telah membawa umat manusia dari alam jahiliyah menuju alam yang penuh cahaya keimanan dan ilmu pengetahuan.

Skripsi ini dengan judul **"STUDI KOMPARASI PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI DAN ZEOLIT TERHADAP KUAT GESER TANAH LEMPUNG EKSPANSIF BERDASARKAN UJI DIRECT SHEAR".** Merupakan hasil karya ilmiah yang ditulis untuk diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperolah gelar Sarjana Teknik Sipil (S.T) Pada Program Studi Teknik Sipil Universitas IBA Palembang.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan dan petunjuk serta bantuan yang bermanfaat dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Dr. Ir. Hardayani Haruno, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas IBA Palembang.
2. Bapak H. Robi Sahbar S.T.,M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas IBA Palembang.
3. Ibu Dr. Ir. Ramadhani, S.T.,M.T.,IPM dan Bapak Eka Wisnu Sumantri, S.T.,M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, serta bimbingan selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Seluruh dosen dan staf pengajar di lingkungan Program Studi Teknik Sipil Universitas IBA atas ilmu dan pengajaran yang telah diberikan.
5. Ayah dan Ibu tercinta, dan tak lupa dengan adikku, dengan kalian yang telah memberikan doa, motivasi, serta dukungan moral dan material yang tak ternilai harganya.

6. Rekan - rekan seperjuangan di Teknik Sipil Universitas IBA Palembang yang senantiasa memberikan dukungan dan kerja sama selama perkuliahan dan proses penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi isi maupun penyajiannya. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa mendatang.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, khususnya dalam pengembangan ilmu di bidang teknik sipil.

Palembang, Juli 2026

Septi Anggraini

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL..... i

HALAMAN PENGESAHAN..... iii

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT..... iv

ABSTRAK.....vi

ABTRACT.....vii

MOTTO.....x

PERSEMBAHAN.....xi

KATA PENGANTAR.....xii

DAFTAR ISI..... xv

DAFTAR GAMBAR.....xx

DAFTAR TABEL.....xxv

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang..... 1

1.2 Rumusan Masalah..... 3

1.3 Ruang Lingkup Penelitian..... 4

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian..... 4

1.5 Sistematika Penulisan..... 5

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....7

2.1 Penelitian Terdahulu.....7

2.2 Pengertian Tanah.....9

2.3 Jenis – Jenis Tanah.....10

3.4 Tanah Lempung.....13

2.4.1 Tekstur Tanah Lempung.....14

2.5 Tanah Lempung Ekspansif.....15

2.6 Penelitian Tanah Lempung Ekspansif Metode Direct Shear.....16

2.7 Alat Penelitian dan Kegunaan Alat.....16

2.8 Bahan Campuran Untuk Pengujian.....18

2.9 Pengujian Karakteristik Tanah.....20

2.9.1 Pengujian Kadar Air.....20

2.9.2 Pengujian Analisa Saringan.....21

2.9.3 Pengujian Berat Jenis.....22

2.9.4 Pengujian Batas Atterbag.....22

2.9.5 Pengujian Direct Shear.....23

2.10 Variasi Campuran Penelitian.....25

2.11 Pembuatan Benda Uji.....25

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....29

3.1 Umum.....29

3.2 Lokasi Penelitian.....30

3.3 Waktu Penelitian.....31

3.4 Metodologi Penelitian.....33

3.5 Proses Pengambilan Sampel Tanah Lempung Ekspansif.....34

3.6 Persiapan Sampel Penelitian.....36

37 Pengujian Analisa Saringan.....37

3.7.1 Alat dan Bahan.....37

3.7.2 Langkah – Langkah Pengujian Analisa Saringan.....37

3.8 Pengujian Kadar Air.....40

3.8.1 Alat dan Bahan.....40

38.2 Langkah – Langkah Pengujian Kadar Air.....40

3.9 Pengujian Berat Jenis.....43

3.9.1 Alat dan Bahan.....43

3.9.2 Langkah – Langkah Pengujian Berat Jenis.....43

310 Pengujian Batas Atterbag.....47

3.10.1 Alat dan Bahan.....47

3.10.2 Langkah – Langkah Pengujian Batas Atterbag.....47

3.11 Proses Pengujian Proctor Standar.....52

3.11.1 Alat dan Bahan.....53

3.11.2 Langkah – Langkah Pengujian Proctor Standar.....53

3.12 Proses Pembuatan Sampel Direct Shear.....56

3.12.1 Alat dan Bahan.....56

3.12.2 Langkah – Langkah Pembuatan Sampel Direct Shear.....56

3.13 Proses Pengujian Direct Shear.....62

3.13.1 Langkah – Langkah Pengujian Direct Shear.....63

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....70

4.1 Analisa Data.....70

4.2 Hasil Pengujian Sifat Fisis Tanah.....70

4.2.1 Hasil Analisa Saringan.....70

4.2.2 Hasil Pengujian Kadar Air.....73

4.2.3 Pengujian Berat Jenis.....76

4.2.4 Pengujian Berat Isi.....77

4.2.5 Pengujian Batas Atterbag.....79

4.3 Hasil Pengujian Direct Shear Test Tanah Asli.....81

4.4 Hasil Pengujian Direct Shear Test Tanah + 7% Abs + 5% Zeo.....83

4.5 Hasil Pengujian Direct Shear Test Tanah + 10% Abs + 5% Zeo.....85

4.6 Hasil Pengujian Direct Shear Test Tanah + 30% Abs + 5% Zeo.....87

4.7 Pengaruh Abu Sekam Padi dan Zeolit Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung.....89

4.8 Hasil Grafik Pada Perbandingan Campuran Pada Kohesi.....90

4.9 Hasil Grafik Pada Perbandingan Campuran Sudut Geser Dalam.....91

4.10 Komposisi Abu Sekam Padi dan Zeolit Yang mampu meningkatkan nilai sudut geser dalam variasi campuran.....93

4.11 Hasil Keseluruhan Pengujian.....94

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....97

5.1 Kesimpulan.....97

5.2 Saran.....98

DAFTAR PUSTAKA.....99

Lampiran.....100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh Tanah Lempung Ekspansif.....11

Gambar 2.2 Contoh Tanah Humus.....12

Gambar 2.3 Contoh Tanah Podsol.....12

Gambar 2.4 Contoh Tanah Gambut.....13

Gambar 2.5 Contoh Tanah Vulkanik.....13

Gambar 2.6 Tampak Retakan Tanah Lempung di Lokasi.....16

Gambar 2.7 Zeolie.....19

Gambar 2.8 Abu Sekam Padi.....20

Gambar 3. 1 Lokasi Pengambilan Sampel Tanah.....30

Gambar 3.2 Lokasi Pengambilan Sampel Tanah.....31

Gambar 3.3 Proses Pembersihan Lahan 34

Gambar 3.4 Proses Penggalian Tanah.....35

Gambar 3.5 Proses Pengambilan Tanah Asli Tidak Terganggu 35

Gambar 3.6 Proses Memasukkan Sampel Tanah.....36

Gambar 3.7 Proses Penjemuran Tanah.....36

Gambar 3.8 Proses Pengeringan Tanah.....37

Gambar 3.9 Proses Penjemuran Sampel Tanah.....38

Gambar 3.10 Proses Oven Tanah.....38

Gambar 3.11 Proses Penyaringan Tanah Saringan No. 200.....39

Gambar 3.12 Proses Penyaringan Tanah Saringan No. 04.....39

Gambar 3.13 Memasukkan Sampel ke dalam Cawan.....40

Gambar 3.14 Memasukkan Sampel ke Oven.....41

Gambar 3.15 Menimbang Sampel.....41

Gambar 3.16 Menimbang Sampel Tanpa Cawan.....42

Gambar 3.17 Hasil Sampel Setelah di Uji.....42

Gambar 3.18 Tanah Lolos Saringan No. 200.....43

Gambar 3.19 Menimbang Piknometer Kosong.....44

Gambar 3.20 Menimbang Piknometer + Tanah Kering.....44

Gambar 3.21 Memasukkan Air ke Campuran Tanah.....45

Gambar 3.22 Cek Suhu Pada Sampel.....45

Gambar 3.23 Mengeringkan Piknometer.....46

Gambar 3.24 Menimbang Sampel.....46

Gambar 3.25 Tanah Sampel Batas Cair.....48

Gambar 3.26 Mencampur Tanah Sampai Homogen.....48

Gambar 3.27 Sampel di alat Casagrande.....49

Gambar 3.28 Tampak alur Sampel.....49

Gambar 3.29 Menimbang Sampel Batas Cair.....50

Gambar 3.30 Memasukkan Sampel Batas Cair ke Oven.....50

Gambar 3.31 Membuat Sampel Indeks Plastisitas.....51

Gambar 3.32 Sampel Setelah di Oven.....52

Gambar 3.33 Sampel Tanah Lempung Ekspansif lolos saringan No. 04.....53

Gambar 3.34 Mencampur tanah dan air.....54

Gambar 3.35 Proses Penumbukan.....54

Gambar 3.36 Sampel siap di Oven.....55

Gambar 3.37 Mencampur Sampel.....57

Gambar 3.38 Proses Penumbukan Sampel.....57

Gambar 3.39 Proses Mencetak Sampel.....58

Gambar 3.40 Proses Pencampuran Semua Bahan.....58

Gambar 3.41 Proses Penumbukan Sampel.....59

Gambar 3.42 Proses Mencetak Sampel.....59

Gambar 3.43 Proses Pencampuran Semua Bahan.....60

Gambar 3.44 Proses Penumbukan Sampel.....60

Gambar 3.45 Proses Mencetak Sampel.....61

Gambar 3.46 Proses Pencampuran Semua Bahan.....61

Gambar 3.47 Proses Penumbukan Sampel.....62

Gambar 3.48 Pengukuran dan Penimbangan Sampel.....63

Gambar 3.49 Proses Pengujian Direct Shear.....64

Gambar 3.50 Pengukuran dan Penimbangan Sampel.....65

Gambar 3.51 Proses Pengujian Direct Shear.....66

Gambar 352 Pengukuran dan Penimbangan Sampel.....67

Gambar 3.53 Proses Pengujian Direct Shear.....67

Gambar 3.54 Pengukuran dan Penimbangan Sampel.....68

Gambar 3.55 Proses Pengujian Direct Shear.....69

Gambar 4.1 Hasil Pengujian Direct Shear Pada Tanah Asli.....82

Gambar 4.2 Hasil Pengujian Direct Shear Pada Tanah + 7% Abs + 5% Zeo 84

Gambar 4.3 Hasil Pengujian Direct Shear Pada Tanah Asli+ 10% Abs + 5% Zeo.....86

Gambar 4.4 Hasil Pengujian Direct Shear Pada Tanah Asli+ 30% Abs + 5% Zeo.....88

Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Zeolit dan Abs Terhadap Sudut Kohesi.....90

Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Zeolit dan Abs Terhadap Sudut Geser Dalam.....91

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah.....14

Tabel 2.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS.....28

Tabel 3.1 Hasil Pengujian Kadar Air.....42

Tabel 3.2 Hasil Pengujian Berat Jenis.....47

Tabel 3.3 Hasil Pengujian Batas Cair.....51

Tabel 3.4 Hasil Pengujian Indeks Plastisis.....52

Tabel 3.5 Rencana Presentase Campuran Sampel.....55

Tabel 41 Hasil Pengujian Analisis Saringan.....73

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kadar Air.....75

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Berat Jenis.....77

Tabel 4.4 Pengujian Berat Isi.....79

Tabel 4.5 Pengujian Atterbag.....79

Tabel 4.6 Hasil Jenis Pengujian Tanah 80

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Direct Shear Tanah Asli.....81

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Tanah + 7% Abs + 5% Zeo.....83

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Tanah + 10% Abs + 5% Zeo.....84

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Tanah + 30% Abs + 5% Zeo.....87

Tabel 4.11 Penggunaan Zeolit dan Abu Sekam Padi.....89

Tabel 4.12 Hasil Kohesi dari Seluruh Campuran.....90

Tabel 4.13 Hasil Sudut Geser Dalam dari Seluruh Campuran.....91

Tabel 4.14 Hasil Keseluruhan Pengujian.....94

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah lempung merupakan jenis tanah yang terbentuk dari partikel mineral tertentu yang akan menunjukkan sifat plastis ketika bercampur dengan air. Tanah lempung juga mengandung mineral lain yang tidak termasuk kelompok mineral lempung, seperti kuarsa, feldspar, dan mika, yang tidak memberikan sifat plastis pada tanah (Braja M.Das;1988).

Secara umum, tanah lempung dapat dikategorikan berdasarkan proses pembentukannya menjadi dua kelompok, yaitu lempung primer dan lempung sekunder. Lempung primer adalah tanah hasil pelapukan batuan yang masih murni dan umumnya tidak memiliki sifat plastis. Adapun lempung sekunder merupakan tanah hasil pelapukan batuan yang telah bercampur dengan material lain sehingga mempunyai sifat yang lebih plastis.

Dalam proses identifikasi dan klasifikasi tanah, terdapat tiga aspek utama yang perlu diperhatikan, yaitu tekstur, komposisi mineral, dan karakteristik tanah. Tekstur tanah menunjukkan perbandingan ukuran partikel-partikel penyusun tanah yang dipengaruhi oleh besar kecilnya butiran. Komposisi mineral menggambarkan susunan mineral pembentuk tanah, sedangkan karakteristik tanah merupakan sifat khas yang muncul akibat interaksi antar partikel mineral penyusunnya.

Tanah Lempung Ekspansif yang telah banyak dilakukan, tetapi penerapannya pada tanah pasir masih belum banyak diteliti. Maka, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh campuran zeolit dan abu sekam padi terhadap peningkatan kuat geser tanah lempung.

Seiring perkembangan teknologi, material yang digunakan untuk kolom semakin beragam, salah satunya silika berbentuk gel atau cair (Gallagher 2007; Liao 2004). Di sisi lain, abu sekam padi yang kaya akan kandungan pozzolan silika

(SiO_2) berukuran mikro merupakan material yang sangat efektif apabila dicampurkan dengan zeolit. Reaksi antara abu sekam padi (sumber silika) dan zeolit/sumber aluminium (seperti NaOH yang menghasilkan **zeolit sintesis** (alumino-silikat kristalin) melalui metode hidrotermal.

Menurut Hary (Christady Hardiyatmo;1999), tanah lempung umumnya memiliki beberapa karakteristik khas, yaitu :

- Ukuran butir yang sangat halus dengan diameter kurang dari 0,002 mm
- Kemampuan kenaikan air kapiler yang tinggi
- Mempunyai sifat kohesif yang kuat
- Tingkat pengembangan dan penyusutan yang besar
- Mengalami proses konsolidasi yang relatif lambat.

Pemanfaatan zeolit pada proses stabilisasi meliputi peningkatan kekuatan struktur tanah, campuran aspal, serta kestabilan termal dan kimia suatu material. Zeolit mampu menambah kohesi tanah, memperbaiki kestabilan campuran aspal sebagai bahan pengisi (filler), mempertahankan keseimbangan pH, serta berperan sebagai bahan penstabil dalam berbagai proses katalisis. Zeolit sering digunakan dengan proses katalisis karena memiliki pori-pori khusus yang dapat membantu mempercepat reaksi kimia pada proses industri.

Di Indonesia, penyebaran tanah lempung tergolong cukup luas dengan cakupan sekitar 25% dari total wilayah daratan. Karakteristiknya yang lunak serta memiliki kohesi tinggi menjadikan tanah lempung sering dianggap sebagai tanah bermasalah karena dapat menimbulkan penurunan tanah yang tidak merata pada pembangunan jalan, gedung, maupun bendungan. Oleh sebab itu, diperlukan pemahaman yang baik mengenai sifat fisik dan mekanik tanah lempung beserta metode perbaikannya (stabilisasi tanah) agar tanah tersebut layak dan aman digunakan sebagai media konstruksi. Zeolit digunakan untuk menstabilkan tanah dengan meningkatkan nilai kohesi dan sudut geser, sehingga meningkatkan kekuatan mekanis tanah.

Dalam penelitian ini digunakan benda uji berupa tanah pada kondisi alami (tanah asli) serta benda uji hasil stabilisasi yang merupakan campuran tanah lempung dan bahan campuran lainnya. Seluruh benda uji dibuat dalam kondisi tidak terendam.

Pengujian ini akan dilakukan menggunakan metode *Direct Shear* Seluruh rangkaian penelitian dilaksanakan di Laboratorium BAT Fakultas Teknik Universitas IBA Palembang. Pengujian *Direct Shear* digunakan sebagai salah satu metode untuk menganalisis dan mengetahui karakteristik kuat geser pada tanah. Pada pengujian ini, sampel tanah terlebih dahulu diberikan beban normal, kemudian diberi gaya geser secara horizontal sampai terjadi keruntuhan atau perpindahan pada tanah.

Dari hasil uji *direct shear* diperoleh nilai kuat geser tanah berupa:

- Kohesi (c)
- Sudut geser dalam (ϕ)

Metode ini banyak diterapkan dalam bidang geoteknik untuk mengevaluasi stabilitas tanah pada berbagai konstruksi, seperti lereng, pondasi, jalan, serta dinding penahan tanah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, untuk memberi gambaran yang jelas mengenai studi yang dilakukan dan data yang diperlukan, maka dibuatlah rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa besar pengaruh penambahan abu sekam padi dan zeolit terhadap kuat geser tanah lempung ekspansif berdasarkan uji *direct shear*?
2. Berapa besar pengaruh penambahan abu sekam padi dan zeolit terhadap sudut geser dalam tanah lempung ekspansif berdasarkan uji *direct shear*?
3. Berdasarkan hasil yang didapat campuran mana yang menghasilkan stabilisasi tanah yang lebih baik?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Agar pembahasan dan penyusunan tugas akhir tersusun dan tidak menyimpang dari pokok permasalahan, Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tanah yang digunakan adalah tanah lempung ekspansif diambil dari lokasi Jakabaring di permukiman Kampus Politeknik Pariwisata Kota Palembang, Sumatera Selatan.
2. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan pengaruh penambahan bahan abu sekam padi dan zeolit terhadap kuat geser tanah berdasarkan uji *direct shear.*
3. Penelitian ini membandingkan nilai kuat geser tanah lempung ekspansif setelah distabilisasi menggunakan abu sekam padi dan zeolit berdasarkan hasil uji *direct shear,* dengan komposisi :
   - 7% Abu Sekam Padi + 5% Zeolit
   - 10% Abu Sekam Padi + 5% Zeolit
   - 30% Abu Sekam Padi + 5% Zeolit
4. Penelitian ini dibatasi pada penentuan bahan yang lebih efektif dalam meningkatkan kuat geser tanah lempung ekspansif berdasarkan hasil pengujian *direct shear* antara abu sekam padi dan zeolit.
5. Penelitian dilakukan di laboratorium BAT Universitas IBA Palembang.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka terdapat beberapa hal tujuan dan manfaat yang perlu dicapai pada studi ini yaitu sebagai berikut :

1. Menentukan pengaruh dengan penambahan bahan abu sekam padi dan zeolit terhadap kuat geser tanah lempung berdasarkan uji *direct shear.*
2. Mendapatkan hasil perbandingan nilai kuat geser tanah lempung ekspansif setelah distabilitasi menggunakan bahan abu sekam padi dan zeolit dengan uji *direct shear.*

3. Menentukan bahan mana yang lebih efektif antara abu sekam padi dan zeolit bertujuan meningkatkan kuat geser tanah lempung ekspansif berdasarkan hasil pengujian *direct shear.*

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri atas beberapa bab yang disusun secara sistematis. yang meliputi beberapa elemen mulai dari judul, isi, daftar pustaka hingga lampiran dan dokumen pendukung guna menjelaskan tentang apa, mengapa, dan bagaimana tugas akhir akan dilakukan.

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini dituliskan latar belakang yang melandaskan dibahasnya masalah pada kegiatan tugas akhir. Selain itu, bab ini juga berisikan tentang ruang lingkup pembahasan dari kegiatan tugas akhir uji *direct shear* serta tentang tujuan dan manfaat yang akan diuraikan dalam tugas akhir ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab kedua ini merupakan landasan teori mengenai tugas akhir meliputi referensi yang dapat dijadikan pedoman untuk kegiatan tugas akhir Penelitian penggunaan abu sekam padi dan zeolit terhadap kuat geser tanah lempung ekspansif berdasarkan uji *direct shear* mengenai teori-teori yang berhubungan dengan tugas akhir yang akan dikaji.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab III berisi metode penelitian yang digunakan dalam pelaksanaan tugas akhir. Pada bab ini dijelaskan bagan alir penelitian, uraian data, metode yang diterapkan dalam pengolahan dan analisis data yang diperoleh, serta batasan-batasan dan asumsi yang digunakan selama penelitian.

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi hasil dan pembahasan dari pengujian *direct shear* yang telah didapat selama pengujian yang telah dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini membahas mengenai kesimpulan dari hasil Penelitian penggunaan abu sekam padi dan zeolit terhadap kuat geser tanah lempung ekspansif berdasarkan uji *direct shear* yang telah dibahas pada bab sebelumnya. Dan juga akan diberikan saran-saran yang dapat dijadikan solusi untuk menunjang hasil penelitian tugas akhir.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai stabilisasi tanah lempung ekspansif menggunakan bahan tambah alami maupun limbah pertanian telah banyak dilakukan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa material yang mengandung silika dan bersifat pozzolan mampu meningkatkan sifat mekanis tanah, khususnya kuat geser. Adapun beberapa penelitian terdahulu yang mendukung penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Rizhal Adiyanwar Shidiq, Iwan Ristanto, dan Hendramawat Aski Safarizki (2024)

Shidiq et al (2024) melakukan penelitian mengenai **stabilisasi tanah lempung menggunakan abu sekam padi terhadap nilai kuat geser tanah**. Tanah yang diteliti diklasifikasikan sebagai tanah lempung plastisitas tinggi (CH). Variasi campuran abu sekam padi yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi mampu menurunkan kadar air, batas cair, dan indeks plastisitas tanah. Selain itu, hasil pengujian *Direct Shear Test* menunjukkan peningkatan kuat geser tanah seiring bertambahnya kadar abu sekam padi. Nilai kuat geser tertinggi diperoleh pada campuran 20% abu sekam padi sebesar 0,583 kg/cm², sedangkan tanah asli hanya sebesar 0,394 kg/cm². Penelitian ini membuktikan bahwa abu sekam padi efektif digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah lempung.

2. M. Kelvin Ermawan (2023)

Kelvin (2023) meneliti pengaruh **campuran kapur dan abu sekam padi terhadap kuat geser tanah menggunakan metode *Direct Shear***. Variasi campuran yang digunakan adalah 15%, 20%, dan 25%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi dan kapur mampu meningkatkan

parameter kuat geser tanah secara signifikan. Pada campuran optimum 25%, diperoleh nilai kohesi sebesar 1,149 kg/cm² dan sudut geser dalam sebesar 45,205°, meningkat dibandingkan tanah tanpa campuran yang memiliki kohesi sebesar 0,097 kg/cm² dan sudut geser dalam sebesar 11,906°. Hasil tersebut menunjukkan bahwa material pozzolan seperti abu sekam padi memiliki kontribusi besar terhadap peningkatan kekuatan geser tanah.

3. Nurul Indah Dwi Handayani (2019)

Handayani (2019) melakukan penelitian mengenai **pemanfaatan campuran kapur dan abu sabut kelapa sebagai bahan stabilisasi terhadap kuat geser tanah lempung** di Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen. Berdasarkan hasil pengujian awal, tanah memiliki nilai indeks plastisitas sebesar 36% yang menunjukkan karakteristik tanah lempung plastisitas tinggi. Penelitian dilakukan dengan penambahan kapur 5% dan abu sabut kelapa sebesar 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi bahan stabilisasi tersebut mampu memperbaiki sifat fisis tanah serta meningkatkan parameter kuat geser tanah. Penelitian ini memperlihatkan bahwa bahan limbah organik yang mengandung silika dapat digunakan sebagai alternatif stabilisasi tanah lempung ekspansif.

4. V. M. K. Putri, A. I. Candra, dan A. Ridwan (2020)

Putri et al (2020) meneliti **pengaruh penambahan abu kayu dan abu bambu terhadap kepadatan tanah lempung**. Penelitian dilakukan menggunakan variasi campuran 0%, 4%, 8%, dan 12%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa abu kayu dan abu bambu yang memiliki sifat pozzolan mampu memperbaiki karakteristik tanah lempung. Nilai batas cair dan indeks plastisitas mengalami penurunan, sedangkan kepadatan kering maksimum meningkat. Pada campuran optimum 12%, diperoleh nilai batas cair sebesar 41,00% dan indeks plastisitas sebesar 12,57%. Peningkatan kepadatan ini menunjukkan adanya perbaikan struktur tanah yang berpotensi meningkatkan kuat geser tanah.

5. Firman A. Due Rego, Meeti, dan Olan Jujun Sanggaria (2026)

Rego et al (2026) melakukan penelitian mengenai **pengaruh penambahan limbah beton terhadap kekuatan tanah lempung**. Variasi campuran limbah beton yang digunakan adalah 0%, 8%, 16%, dan 24%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan bebas tanah meningkat secara konsisten dengan bertambahnya kadar limbah beton. Nilai kuat tekan bebas meningkat dari 0,088 kg/cm² pada tanah asli menjadi 0,168 kg/cm² pada campuran 24%. Penelitian ini menunjukkan bahwa material yang mengandung unsur semen dan silika dapat meningkatkan ikatan antarpartikel tanah sehingga memperbaiki kekuatan mekanis tanah.

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, sebagian besar penelitian berfokus pada penggunaan **abu sekam padi** atau bahan pozzolan lainnya sebagai stabilisator tanah lempung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa material tersebut mampu meningkatkan parameter kuat geser tanah melalui mekanisme reaksi pozzolan dan pengisian rongga antarpartikel tanah.

Namun demikian, masih terbatas penelitian yang secara langsung **membandingkan efektivitas abu sekam padi dan zeolit pada tanah lempung ekspansif menggunakan pengujian *Direct Shear***. Zeolit memiliki kandungan silika dan alumina yang tinggi serta kemampuan pertukaran ion yang baik sehingga berpotensi meningkatkan kuat geser tanah. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk membandingkan pengaruh kedua material tersebut terhadap parameter kuat geser tanah lempung ekspansif berupa kohesi (c) dan sudut geser dalam (φ) berdasarkan hasil pengujian Direct Shear Test. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menentukan material stabilisasi yang lebih efektif untuk meningkatkan stabilitas tanah lempung ekspansif.

2.2 Pengertian Tanah

Tanah merupakan sumber daya alam yang memberikan banyak keuntungan bagi manusia. Selain kemampuan memenuhi kebutuhan sosial, tanah juga memiliki nilai ekonomi yang terus meningkat seiring waktu, sehingga berperan dalam

kesejahteraan masyarakat. Pengelolaan tanah yang baik, sesuai dengan lokasi geografisnya, memungkinkan pemanfaatan yang maksimal. Secara umum, teori lokasi menyatakan bahwa nilai properti cenderung berkurang seiring bertambahnya jarak dari pusat kegiatan. Observasi ini didukung oleh penelitian (Sudaryono;2003) mengenai dampak lokasi, densitas penduduk, dan kepadatan bangunan terhadap nilai tanah, yang menunjukkan bahwa kepadatan bangunan di suatu wilayah berdampak positif pada nilai-nilai tersebut.

Tanah dapat dikelompokkan menjadi kerikil, pasir, lanau, lempung, dan lumpur dipakai untuk menjelaskan ukuran partikel menurut batas ukuran butir yang telah ditetapkan. Namun beberapa istilah yang sama juga merujuk pada sifat-sifat khusus tanah. Misalnya, lempung biasanya menunjukkan tanah yang memiliki sifat plastis dan kohesif, Sementara itu, pasir merupakan tanah yang bersifat tidak kohesif dan tidak plastis. Pada kenyataannya, tanah jarang terdiri dari satu ukuran partikel saja sering kali merupakan campuran beberapa ukuran. Tanah yang disebut lempung belum tentu hanya tersusun dari partikel lempung, melainkan bisa bercampur dengan butir-butir pasir atau lanau, dan mungkin mengandung bahan organik. Ukuran partikel tanah sangat bervariasi, dari lebih besar dari 100 mm hingga kurang dari 0,001 mm.

2.3 Jenis-Jenis Tanah

Inilah berbagai jenis tanah yang terdapat di Indonesia:

a) Tanah Lempung

Tanah lempung *(clay)* terdiri dari partikel berukuran sangat halus, yakni kurang dari 0,002 mm, dan didominasi partikel mikroskopis. Tanah ini memiliki tingkat kohesi tinggi serta bersifat kedap air. Ketika kering, lempung mengeras membentuk gumpalan, sedangkan saat basah menjadi sangat lengket.



Gambar 2.1 Contoh Tanah Lempung Ekspansif

b) Tanah Humus

Tanah humus terbentuk akibat tingginya curah hujan serta suhu lingkungan yang rendah. Tanah ini tergolong kurang subur karena kandungan haranya sedikit dan memiliki tekstur pasir yang kasar.



Gambar 2.2 Contoh Tanah Humus

c) Tanah Podsol

Sesuai dengan cirinya, tanah podsol memiliki warna merah hingga kuning sebagai tanda rendahnya tingkat kesuburan akibat proses pencucian. Tanah ini memiliki pH rendah serta kaya unsur Al dan Fe karena terbentuk di wilayah dengan curah hujan tinggi dan perubahan suhu yang minim. Teksturnya berlempung dan

mudah menyerap air. Tanah dengan sifat tersebut umum digunakan untuk area persawahan dan tersebar di banyak wilayah Indonesia.



Gambar 2.3 Contoh Tanah Podsol

d) Tanah Gambut

Tanah gambut berasal dari tumpukan sisa tanaman yang membusuk dan membentuk lapisan tanah. Jenis tanah ini kurang subur dan memiliki daya dukung yang rendah sehingga memerlukan perlakuan khusus agar dapat menopang beban seperti tanah lainnya.



Gambar 2.4 Contoh Tanah Gambut

e) Tanah Vulkanik

Tanah vulkanik berasal dari tumpukan abu gunung berapi. Jenis tanah ini memiliki butiran keras berwarna abu-abu. Kesuburannya sangat tinggi sehingga sering dimanfaatkan untuk kegiatan pertanian.



Gambar 2.5 Contoh Tanah Vulkanik

2.4 Tanah Lempung

Menurut (YE Prasetyo dan Y Zaika;2015), Tanah lempung merupakan partikel mineral dengan struktur dasar silikat yang berukuran kurang dari 4 mikrometer. Lempung tersusun atas butiran halus silika dan/atau aluminium. Ketiga unsur utama silikon, oksigen, dan aluminium merupakan komponen terbesar pembentuk kerak bumi. Pembentukan lempung terjadi melalui proses pelapukan batuan silika akibat pengaruh asam karbonat serta sebagian berasal dari kegiatan sumber panas dari dalam bumi. Ketika dalam kondisi kering, lempung mengeras membentuk gumpalan, sedangkan saat basah menjadi sangat lengket.

Secara umum, tanah lempung dapat di bagi menjadi dua jenis, yaitu lempung primer dan lempung sekunder. Lempung primer ialah lempung murni yang terbentuk dari pelapukan batuan *feldspatik* dan memiliki sifat tidak plastis. Sementara itu, lempung sekunder berasal dari pelapukan batuan *feldspatik* yang telah bercampur dengan berbagai material lain sehingga memiliki tingkat plastisitas yang lebih tinggi.

Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah *Unified Soil Clasiffication System (USCS)*

Jenis tanah	Prefiks (Kode)	Sub Kelompok	Sufiks (Satuan)
Kerikil	G	Gradasi Baik	W
Pasir	S	Gradasi Buruk	P
Lanau	M	Berlanau	M
Lempung Organik Gambut	C O PT	Berlempung LL<50% LL>50%	C L H

2.4.1 Tekstur Tanah Lempung

Dalam teknik sipil, tanah diklasifikasikan berdasarkan distribusi ukuran partikel (analisis ukuran partikel) dan plastisitas (batas Atterberg) untuk menentukan daya dukungnya. Sistem Klasifikasi Tanah Terpadu (USCS) membaginya menjadi tiga klasifikasi utama: tanah kasar (kerikil, pasir), tanah halus (lanau, lempung), dan tanah organik. Sebaliknya, sistem *American Association of Highway and Transportation Officials (AASHTO)*, yang lebih banyak digunakan untuk perencanaan jalan raya, mengklasifikasikan tanah dari A-1 hingga A-7 berdasarkan persentase partikel yang melewati saringan dan indeks plastisitasnya.

Di seputar partikel lempung ada lapisan air (H_2O) yang memicu gaya elektro-kimia sehingga tanah lempung memiliki sifat plastis. Gaya elektro-kimia tersebut juga mengakibatkan partikel lempung bermuatan buruk, sehingga dapat menarik dan mengikat kation di sekitarnya. Saat bercampur dengan air, molekul air mudah terionisasi lalu terikat pada partikel lempung serta lapisan ganda air. Kondisi ini membuat air sulit mengalir keluar, sehingga tanah lempung memiliki sifat suatu mineral yang rendah atau bersifat kedap air.

2.5 Tanah Lempung Ekspansif

Tanah lempung ekspansif merupakan tanah yang mempunyai kemampuan kembang susut yang tinggi akibat adanya penyusutan atau retak. Perubahan kadar air ini dipengaruhi oleh perubahan musim, Pada hal tersebut dapat menyebabkan tanah menjadi tidak stabil.

Lereng yang terdiri dari tanah lempung cenderung mudah mengalami retakan sehingga sering menyebabkan kondisi lereng menjadi tidak stabil. Air permukaan dapat masuk melalui retakan tersebut dan membuat tanah lempung menjadi lebih lunak. Maka dari itu, Perlu diterapkan sistem drainase yang baik untuk aliran air permukaan tidak mengarah ke lereng. Upaya menjaga kestabilan lereng juga dapat dilakukan dengan menanam vegetasi yang sesuai, seperti rumput dengan akar yang menyebar untuk membantu menahan erosi pada permukaan tanah. Selain itu, pepohonan sebaiknya ditanam di luar area jalan dengan jarak minimal 15 meter dari jalan beraspal.

Peralihan antara musim hujan dan musim kemarau menyebabkan terjadinya siklus basah dan kering pada tanah. Kondisi ini membuat bagian tanah di dekat permukaan mengalami kekeringan sehingga muncul retakan-retakan akibat proses dedikasi atau pengeringan. Ketika curah air meningkat, air akan mengalir ke dalam celah retakan tersebut dan menyebabkan tanah mengembang. Sebaliknya, pada saat kondisi kering, tanah akan mengalami penyusutan. Penyusutan volume tanah dapat menyebabkan munculnya daya tarik pada permukaan tanah dasar yang kemudian memengaruhi konstruksi perkerasan di atasnya. Jika kekuatan perkerasan tidak mampu menahan gaya tarik dari tanah ekspansif, maka akan terbentuk retakan-retakan kecil. Retakan tersebut terjadi karena regangan tanah telah melampaui batas kemampuan tanah, sehingga seiring waktu retakan pada permukaan akan semakin besar dan terbuka.



Gambar 2.6 Tampak Retakan Tanah Lempung Ekspansif di Lokasi

2.6 Penelitian Tanah Lempung Ekspansif Metode Direct Shear

Kuat geser tanah (*soil shear strength*) yaitu memiliki kemampuan maksimum tanah dalam menahan perubahan bentuk pada kondisi tekanan dan kadar air tertentu. Menurut (Dun et al. ;1980), tanah akan berada dalam kondisi aman apabila kekuatan tanah lebih besar dibandingkan tegangan yang bekerja. Sebaliknya, jika tegangan yang bekerja melebihi kekuatan tanah, maka keruntuhan akan terjadi pada bidang yang ditinjau. Pada saat pengujian kuat geser langsung berlangsung, nilai regangan dan pembacaan dial dicatat selama proses pengujian.

2.7 Alat Penelitian dan Kegunaan Alat

Pengujian alat merupakan tahap yang sangat penting dalam pembuatan suatu alat, karena melalui pengujian dapat diketahui kinerja alat tersebut, apakah mampu berfungsi dan beroperasi sesuai tujuan yang diharapkan. Selain itu, hasil pengujian juga dapat menunjukkan kelebihan serta kekurangan dari alat yang telah dibuat.

1. Oven

   Oven digunakan untuk mengeringkan sampel tanah pada suhu 110°C selama kurang lebih 24 jam agar kadar air dalam tanah berkurang dan diperoleh kondisi tanah yang kering secara optimal sebelum dilakukan pengujian. Pengeringan dilakukan agar kadar air pada tanah dapat menyusut.

2. Loyang Tipis Ukuran 20x20 cm

   Loyang berfungsi sebagai wadah atau alas untuk menempatkan sampel tanah di dalam oven selama proses pengeringan, sehingga tanah dapat dipanaskan secara merata.

3. Sarung Tangan Oven dan Sarung Tangan Biasa

   Sarung tangan oven berfungsi untuk melindungi tangan dari suhu panas saat mengambil atau memindahkan loyang dari dalam oven, sedangkan sarung tangan biasa digunakan agar tangan tetap bersih dan terhindar dari kotoran saat menangani sampel tanah.

4. Timbangan Digital

   Timbangan digital berfungsi untuk mengukur berat sampel tanah dan bahan pengujian lainnya secara akurat guna memperoleh data yang diperlukan dalam pengujian tanah di laboratorium.

5. Alat Batas *Atterbag*

   Alat batas *Atterberg* berfungsi untuk menentukan nilai batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitas tanah guna mengetahui karakteristik serta tingkat plastisitas tanah pada pengujian laboratorium.

6. Palu Karet

   Alat penghalus tanah berfungsi untuk menghancurkan dan menghaluskan gumpalan tanah agar diperoleh ukuran butiran yang lebih seragam sebelum dilakukan pengujian di laboratorium.

7. Saringan Nomor 200

   Saringan nomor 200 berfungsi untuk memisahkan butiran halus tanah dari butiran yang lebih kasar sehingga dapat diketahui distribusi ukuran partikel tanah pada pengujian laboratorium. Penggunaan saringan ini dapat memperoleh sampel tanah yang turun sangat halus.

8. Saringan Nomor 4 (4,75mm)

   Saringan nomor 4 digunakan untuk memisahkan butiran tanah kasar ke butiran halus. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ukuran butiran tanah yang lolos.

9. Cawan kadar air

   Cawan digunakan sebagai wadah sampel tanah pada pengujian kadar air. Sampel tanah basah dimasukkan ke dalam cawan. Kemudian ditimbang sebelum dan sesudah berisi sampel.

10. 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.

11. Jangka Sorong

    Jangka sorong merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur dimensi suatu benda dengan tingkat ketelitian yang lebih tinggi dibandingkan penggaris. Alat ini memiliki ketelitian hingga **0,02 mm**, **0,05 mm**, atau **0,1 mm**, tergantung jenisnya.

2.8 Bahan Campuran Untuk Pengujian

- **Zeolit**

  Zeolit pertama kali ditemukan oleh ***Freihher Axel Cronstedt*** berasal dari Swedia, pada tahun 1756. Zeolit ini memiliki kemampuan untuk menyerap dan melepaskan molekul air secara berulang. Zeolit memiliki kemampuan penukaran ion, dan penyaringan molekul yang dimilikinya. zeolit merupakan salah satu bahan yang sering dimanfaatkan. dalam stabilisasi tanah, terutama untuk memperbaiki kondisi tanah yang memiliki kualitas rendah atau belum memenuhi persyaratan teknis. Dengan demikian, tanah yang telah distabilisasi menggunakan zeolit menjadi lebih layak sebagai lapisan pendukung konstruksi.

Beberapa manfaat penggunaan zeolit sebagai bahan campuran stabilisasi tanah meliputi:

a) Meningkatkan dan memperbaiki kualitas mineral yang terkandung dalam tanah.
b) Memperkuat dan memperbaiki kualitas mineral yang terkandung dalam tanah.
c) Meningkatkan ketahanan terhadap gaya geser yang dapat terjadi pada lereng.



Gambar 2.7 Zeolit

- **Abu Sekam Padi**

Abu sekam padi merupakan limbah yang dihasilkan dari pembakar kulit padi yang mengandung kuat kadar silika yang terbilang sangat tinggi. Abu sekam padi ini dibakar dengan suhu sampai 800˚C, dengan tampilan warna abu keputih-putihan. Abu sekam padi biasanya dapat ditambahkan ke dalam adukan beton sebagai penopang kekuatan tekan dan kepadatan. Kandungan siliknya aktif dengan kandungan kalsium hidroksida pada campuran semen yang mengeras, dan berhasil membentuk ikatan tambahan yang menguatkan.



Gambar 2.8 Abu Sekam Padi

2.9 Pengujian Karakteristik Tanah

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kadar air yang terkandung dalam sifat-sifat tanah fisik tanah asli sebelum distabilisasi. Pengujian yang akan dilakukan meliputi :

2.9.1 Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui jumlah air yang terkandung di dalam tanah. Melalui pengujian ini, dapat ditentukan persentase kandungan air pada sampel tanah sehingga berat basah dan berat kering dari sampel yang diuji dapat diketahui, menggunakan pers. 1.

$$W = \frac{\mathrm{W2} - \mathrm{W3}}{\mathrm{W2} - \mathrm{W1}}\ x\ 100\% \qquad \text{..... pers. 1}$$

Keterangan :

W = Kadar Air

W1 = Berat Cawan Kosong

W2 = Berat Cawan + Sampel Tanah Basah

W3 = Berat Cawan + Sampel Tanah Kering

2.9.2 Pengujian Analisa Saringan

Pengujian analisa saringan (Ansar) dilakukan untuk mengetahui berapa banyak sampel tanah yang tertinggal dan yang lolos dari proses penyaringan tersebut, Maka dari itu dapat terlihat hasil yang lolos dari pengujian tersebut. Melalui pengujian ini, dapat ditentukan persentase tanah yang lolos dan tertahan, maka dapat diketahui, menggunakan pers. 2.

Presentase Berat Tertahan

$$\%\ Tertahan\ = \frac{\mathrm{Wt}}{W}\ x\ 100\ \%$$ pers.2

Keterangan :

Wt = Berat tanah yang tertahan pada saringan (gram)

W = Berat total sampel (gram)

Presentase Tertahan Kumulatif

% Tertahan Kumulatif = ∑ (% Tertahan pada Setiap Saringan) pers.3

Presentase Lolos Saringan

$$\%\ Lolos = \frac{\mathrm{WL}}{\mathrm{W}}\ x\ 100\%$$ pers.4

Keterangan :

WL = Berat tanah yang lolos dari suatu saringan (gram)

W = Berat total sampel (gram)

2.9.3 Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis dilaksanakan untuk menentukan nilai perbandingan berat butiran tanah terhadap berat air. Melalui pengujian ini dapat mengetahui nilai perbandingan berat butiran tanah pada berat air.

$$Gs = \frac{W2-W1}{(W4-W1)-(W3-W2)} \quad \text{..... pers.5}$$

Keterangan =

G_s = Berat jenis butiran tanah

W_1 = Berat piknometer kosong (gram)

W_2= Berat piknometer + tanah kering (gram)

W_3 = Berat piknometer + tanah kering + air (gram)

W_4 = Berat piknometer + air penuh (gram)

2.9.4 Pengujian Batas Atterbag

Pengujian batas Atterbag meliputi

1. Batas Cair *(Liquid Limit)*
2. Batas Plastis *(Plastic Limit)*
3. Indeks Plastisitas *(Plasticity Indeks)*

Batas Cair (Liquid Limit)

$$LL = W_{(N=25)} \quad \text{.....pers.6}$$

Keterangan :

LL = Batas Cair

W = Kadar air pada 25 pukulan

Batas Plastis (Plastic Limit)

$$PL = \frac{W_1 + W_2 + W_3 + \cdots W_n}{n} \quad \text{..... pers.7}$$

Keterangan :

PL = Batas Plastis (%)

$W_1 + W_2 + W_3 + \cdots W_n$ = Kadar Air Tiap Pengujian

n = Nilai Jumlah Pengujian

Indeks Plastisitas

$$PI = LL - PL \quad \text{..... pers.8}$$

Keterangan :

PI = Indeks Plastisitas (%)

LL = Batas Cair (%)

PL = Batas Plastis (%)

2.9.5 Pengujian *Direct Shear*

Pengujian *Direct Shear* (Geser Langsung) merupakan metode pengujian di laboratorium yang digunakan bertujuan memperoleh nilai parameter kuat geser tanah, yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ).

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.

Tegangan Normal σ

$$\sigma = \frac{P_n}{\mathrm{A}} \quad \text{..... pers.9}$$

Keterangan :

σ = Tegangan Normal (kPa atau kg/cm2)

P_n = Beban Normal

A = Luas Penampang Benda Uji

Tegangan Geser (T)

$$T = \frac{P_8}{\mathrm{A}} \quad \text{..... pers.10}$$

Keterangan :

T = Tegangan Geser

P_8 = Gaya Geser Maksimum Saat Runtuh

A = Luas Penampang Benda Uji

Persamaan Kuat Geser Tanah (Mohr-Coulomb)

$$T = c + \sigma \tan \phi \quad \text{..... pers.11}$$

Keterangan :

T = Kuat Geser Tanah

c = Kohesi tanah

σ = Tegangan Normal

Φ = Sudut Geser Dalam

2.10 Variasi Campuran Penelitian

Dalam penelitian ini, tanah lempung ekspansif diberi campuran menggunakan **abu sekam padi** dan **zeolit** menggunakan beberapa variasi komposisi campuran. Proses pencampuran dilakukan secara menyeluruh agar menghasilkan campuran yang homogen sebelum dilakukan serangkaian pengujian di laboratorium. Variasi kadar bahan tambahan tersebut bertujuan untuk menganalisis pengaruh masing-masing material terhadap perubahan dan peningkatan nilai kuat geser tanah yang diperoleh dari hasil pengujian ***Direct Shear***.

Berikut beberapa Variasi Campuran yang akan digunakan :

1. Tanah Asli (0% Abu Sekam Padi + 0% Zeolit)
2. Tanah + 5% Zeolit + 7% Abu Sekam Padi
3. Tanah + 5% Zeolit + 10% Abu Sekam Padi
4. Tanah + 5% Zeolit + 30% Abu Sekam Padi

2.11 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji merupakan tahapan penting dalam penelitian geoteknik karena sangat memengaruhi tingkat ketelitian dan keandalan data hasil pengujian. Tahap ini bertujuan untuk menghasilkan sampel tanah yang memiliki kondisi yang seragam, baik dari ukuran butiran, kadar air, maupun penyebaran

bahan campuran, sehingga hasil pengujian dapat menggambarkan kondisi tanah yang sebenarnya. Oleh sebab itu, seluruh proses pembuatan benda uji harus dilaksanakan dengan teliti dan mengikuti prosedur yang telah ditetapkan.

Tahap awal pembuatan benda uji dimulai dengan mempersiapkan sampel tanah lempung ekspansif yang diperoleh dari lokasi penelitian. Tanah tersebut dilakukan proses pengeringan terlebih dahulu untuk menurunkan kandungan air alami yang terkandung di dalamnya sehingga lebih mudah diolah. Setelah proses pengeringan selesai, tanah dihancurkan secara perlahan guna memecah gumpalan yang terbentuk tanpa mengubah ukuran butiran aslinya. Selanjutnya, tanah disaring sesuai standar pengujian yang berlaku agar diperoleh material dengan ukuran butiran yang lebih seragam serta terbebas dari material yang tidak diperlukan.

Setelah tanah siap digunakan, dilakukan penimbangan sesuai kebutuhan masing-masing benda uji. Bahan stabilisasi berupa abu sekam padi dan zeolit juga ditimbang berdasarkan variasi campuran yang telah ditentukan. Variasi tersebut digunakan untuk mengevaluasi pengaruh masing-masing bahan terhadap perubahan sifat tanah, terutama terhadap nilai kuat geser. Seluruh bahan kemudian dicampurkan secara bertahap dan diaduk hingga merata untuk memastikan tidak terjadi penggumpalan serta agar setiap bagian tanah memperoleh komposisi campuran yang sama.

Tahap selanjutnya adalah penambahan air ke dalam campuran tanah dan bahan stabilisasi. Air diberikan secara bertahap sesuai kadar yang telah direncanakan, kemudian campuran diaduk hingga mencapai kondisi yang homogen. Keseragaman campuran menjadi faktor yang sangat penting karena berpengaruh langsung terhadap hasil pengujian. Campuran yang tidak homogen dapat menimbulkan perbedaan karakteristik pada setiap bagian sampel sehingga hasil pengujian kurang mencerminkan kondisi yang sebenarnya.

Setelah campuran homogen, material dimasukkan ke dalam cetakan sesuai ukuran yang diperlukan untuk pengujian *Direct Shear*. Pengisian dilakukan secara

bertahap dan setiap lapisan dipadatkan agar tingkat kepadatan benda uji merata. Pemadatan harus dilakukan dengan teliti agar tidak terjadi terbentuknya rongga udara yang dapat memengaruhi perilaku tanah selama pengujian berlangsung.

Benda uji yang telah terbentuk kemudian diratakan permukaannya dan dikeluarkan dari cetakan dengan hati-hati agar tidak mengalami kerusakan. Selanjutnya, sampel dapat disimpan atau diperam selama periode tertentu sesuai kebutuhan penelitian. Pemeraman dilakukan untuk memberikan waktu terjadinya interaksi antara tanah dengan bahan stabilisasi sehingga efek penambahan abu sekam padi dan zeolit dapat berkembang secara optimal sebelum pengujian dilaksanakan.

Tahap terakhir adalah melakukan pemeriksaan terhadap kondisi fisik benda uji untuk memastikan bahwa ukuran, bentuk, dan tingkat kepadatannya telah memenuhi persyaratan yang ditentukan. Benda uji yang memenuhi kriteria kemudian digunakan dalam pengujian laboratorium, seperti *Direct Shear,* guna memperoleh data mengenai nilai kohesi, sudut geser dalam, dan kuat geser tanah. Melalui proses pembuatan benda uji yang dilakukan secara sistematis dan sesuai prosedur, hasil pengujian yang diperoleh diharapkan mampu memberikan gambaran yang akurat mengenai pengaruh abu sekam padi dan zeolit terhadap peningkatan kuat geser tanah lempung ekspansif.

Tabel 2.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS

Divisi Utama			Simbol Kelompok	Nama Umum
TANAH BERBUTIR KASAR Lebih dari setengah materialnya lebih kasar dari saringan no.200	KERIKIL Lebih dari setengah fraksi kasarnya lebih kasar dari saringan no. 4	Kerikil bersih (hanya 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 bahan halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil – pasir – lanau
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil – pasir - lanau
	PASIR Lebih dari setengah fraksi kasarnya lebih kasar dari saringan no.4	Pasir bersih (hanya kerikil)	SW	Pasir bergradasi – baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			SP	Pasir bergradasi – buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
		Kerikil dengan bahan halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir – Lanau
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir – lempung
TANAH BERBUTIR HALUS Lebih dari setengah materialnya lebih halus dari saringan no 200	LANAU DAN LEMPUNG	Batas cair kurang dari 50	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung
			CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus
			OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah
		Batas cair lebih dari 50	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae , lanau yang elastis
			CH	Lempung anorganik denga plastisitas tinggi. Lempung gemuk
			OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi
Tanah – tanah dengan kandungan organik sangat tinggi			PT	Peat (gambut), muck dan tanah – tanah lain dengan kandungan organik tinggi.

(Sumber : Shirley, 1994)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.3 Umum

Secara umum, metodologi penelitian merupakan suatu prosedur atau pendekatan ilmiah yang digunakan untuk memperoleh data yang diperlukan dalam suatu penelitian. Di dalam metodologi penelitian dijelaskan berbagai metode ilmiah, tahapan pelaksanaannya, jenis-jenis metode yang dapat digunakan, serta batasan-batasan yang perlu diperhatikan dalam penerapan metode ilmiah tersebut. Sementara itu, penelitian adalah suatu kegiatan yang bertujuan memperoleh pengetahuan melalui pengumpulan fakta dan bukti empiris dengan menggunakan prosedur ilmiah yang sistematis, kritis, dan terkontrol.

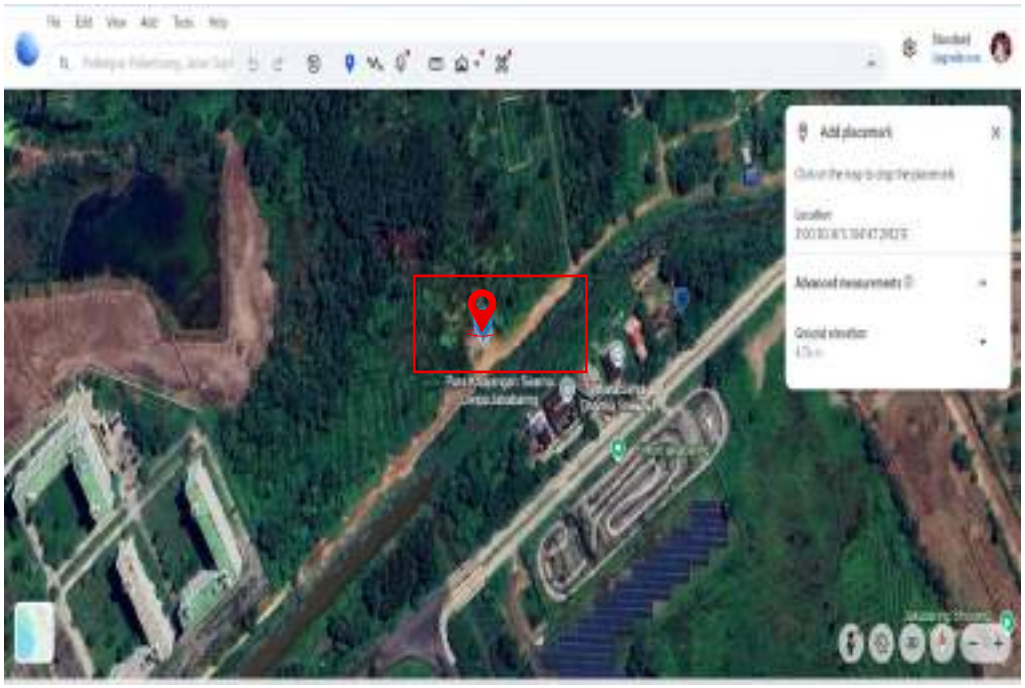
Dari hasil penelitian dapat ditentukan variasi campuran yang dapat memberikan peningkatan kuat geser paling baik. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi terhadap penggunaan abu sekam padi dan zeolit sebagai bahan stabilisasi pada tanah lempung ekspansif. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pada laboratorium. Metode ini bertujuan untuk uji banding tanah asli dan tanah yang telah distabilisasi menggunakan varian campuran abu sekam padi dan zeolit yang akan dilakukan melalui pengujian *direct shear.* Dari data hasil daripada pengujian ini akan disajikan ke dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah proses analisis dan pembahasan hasil penelitian. Pengujian ini akan dilaksanakan di laboratorium mekanika tanah Universitas Iba Palembang dengan tahapan yang dimulai dari pengambilan sampel, persiapan benda uji, pencampuran bahan stabilisasi, proses pengeringan (penjemuran dan oven), hingga pengujian kuat geser tanah *(Direct Shear).* Metode *direct shear* digunakan untuk mengetahui parameter kuat geser tanah yang berupa kohesi (c).

Pelaksanaan pengujian ini dilakukan di BAT Fakultas Teknik Universitas Iba Palembang. Objek Penelitian ini adalah tanah lempung ekspansif dengan kuat geser tanah yang menggunakan bahan campuran zeolit dan abu sekam padi, dengan berbagai macam variasi campuran.

Beberapa macam variasi yang akan dilakukan yakni ASP 7%, ASP 10%, ASP 30%, Proses pembakaran abu sekam padi dilakukan pada suhu terkontrol yakni suhu mencapai 800˚C hingga menghasilkan abu sekam padi yang berwarna abu-abu putih.

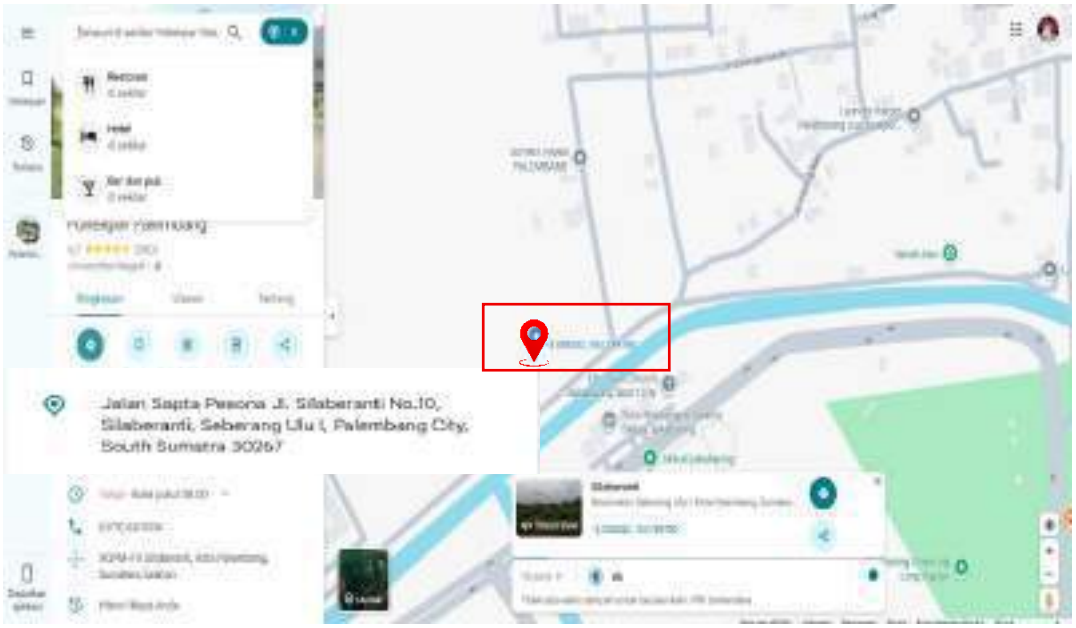
3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium BAT Universitas Iba Palembang. Sampel tanah lempung ekspansif diambil dari lokasi Jakabaring di area pemukiman kampus Politeknik Pariwisata , Kota Palembang, Sumatera Selatan.



Gambar 3.1 (Lokasi Pengambilan Sampel Tanah Lempung Ekspansif) Di Jakabaring poltekpar Palembang

Sumber : Google Earth



Gambar 3.2 (Lokasi Titik Pengambilan Sampel Tanah Lempung Ekspansif) Di Jakabaring Poltekpar Palembang

Sumber : Google Maps

3.3 Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan hingga penyusunan laporan akhir penelitian. Setiap tahapan dikerjakan secara sistematis dan berurutan sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan untuk memastikan tujuan penelitian dapat tercapai secara optimal. Kegiatan penelitian ini berlangsung mulai bulan Mei 2026 sampai dengan bulan Juni 2026 yang dilaksanakan di Laboratorium BAT Universitas Iba Palembang, serta pada lokasi pengambilan sampel yang telah ditentukan sebelumnya. Berikut beberapa tahapan yang akan dilakukan pada penelitian ini yaitu :

1. Studi Literatur

   Studi Literatur yakni membantu merumuskan kerangka pemikiran dan arah yang jelas pada pengujian ini.
2. Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel ini dilakukan sebagai keperluan bahan utama dari pengujian ini.

3. Persiapan Alat dan Bahan

   Mempersiapkan alat dan bahan merupakan suatu hal yang penting dari bagian pengujian ini

4. Pengujian Karakteristik Tanah Asli

   Pengujian Karakteristik ini ialah serangkaian investigasi lapangan dan laboratorium untuk mengetahui sifat fisik, mekanik, dan daya dukung pada tanah.

5. Pembuatan Variasi Campuran

   Pada pengujian ini terdapat beberapa jenis presentase (%) campuran bahan dari abu sekam padi dan zeolit.

6. Pengujian *Direct Shear*

   Pengujian ini dilakukan untuk menentukan parameter kuat geser tanah, yaitu kohesi dan kuat geser dalam.

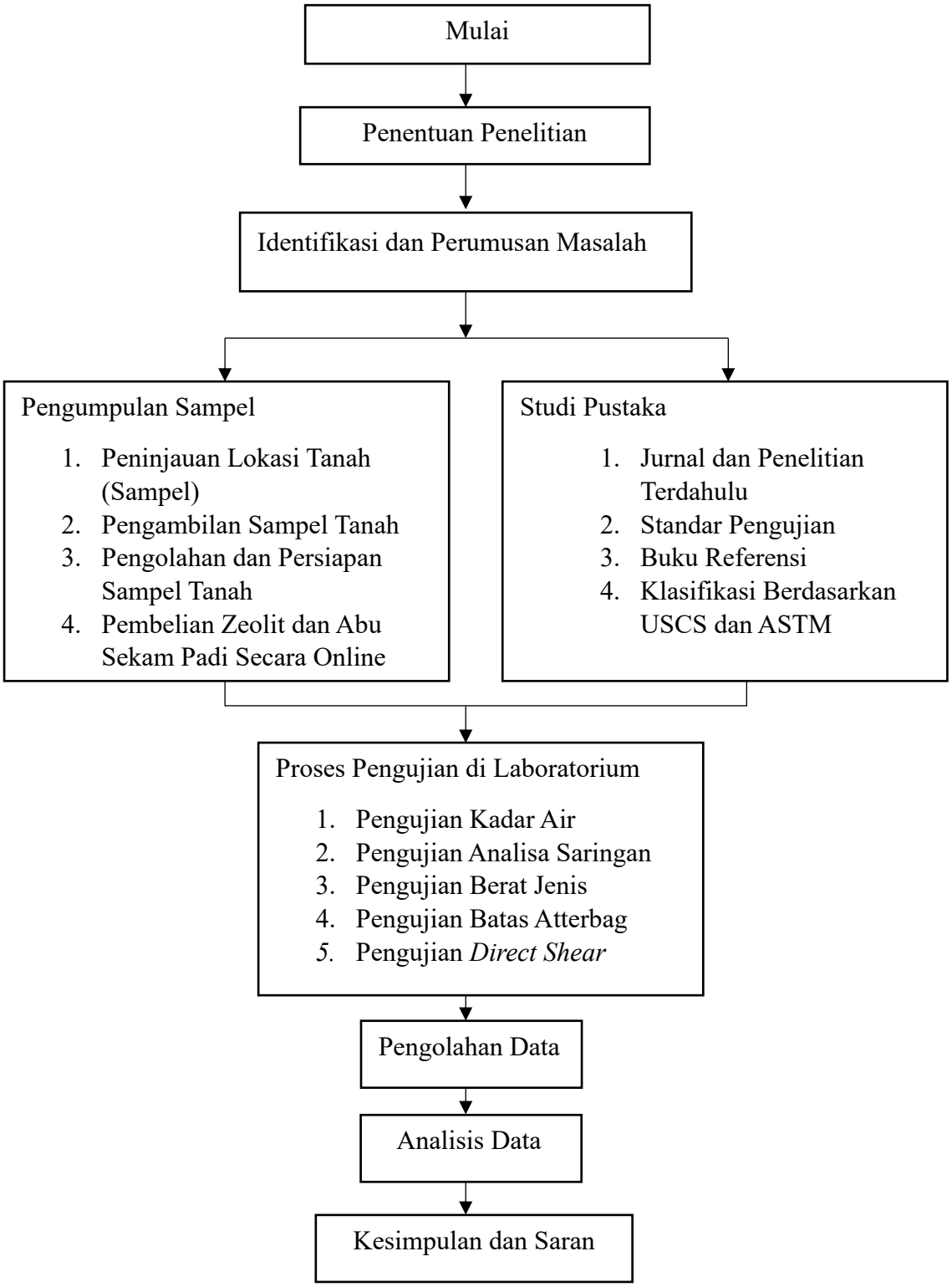
7. Pengolahan Data dan Analisis Hasil

   Proses pengolahan data bertujuan untuk mengumpulkan, menyusun, dan menginterpretasikan data mentah menjadi informasi yang valid

8. Penyusunan Laporan Penelitian.

   Proses sistematis dalam mendokumentasikan setiap tahapan penelitian. Langkah utamanya meliputi perumusan masalah, tinjauan pustaka, pengumpulan dan analisis data, serta penarikan kesimpulan.

3.4 Metodologi Penelitian



Gambar 3.3 Bagan Tahapan Penelitian

3.5 Proses Pengambilan Sampel Tanah Lempung Ekspansif

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.

1. **Proses Pembersihan Lahan**

   Tahapan awal dari pengambilan sampel ini dilakukan pembersihan lahan terlebih dahulu agar sampel terbebas dari sampah dan rumput di sekitar.



Gambar 3.4 Proses Pembersihan Lahan

2. **Proses Penggalian Tanah Menggunakan Cangkul**

   Proses penggalian ini dilakukan sampai dengan kedalaman 50 cm – 100 cm sampai sampel tanah sudah tidak terganggu lagi rumput atau sampah yang biasa disebut dengan tanah asli tidak terganggu.



Gambar 3.5 Proses Penggalian Tanah

3. Proses Pengambilan Sampel Tanah Asli Tidak Terganggu

Proses pengambilan sampel tanah asli ini di gali sampai mencapai kedalaman 50 cm. Tanah asli tidak terganggu merupakan sampel tanah yang diambil dari lokasi penelitian dengan mempertahankan struktur dan kondisi alaminya, sehingga sifat mekanik tanah yang diperoleh dari hasil pengujian dapat merepresentasikan kondisi tanah di lapangan..



Gambar 3.6 Proses Pengambilan Tanah Asli Tidak Terganggu

4. Proses Mengisi dan Memadatkan Tanah ke dalam Pipa

Tanah asli diambil menggunakan pipa PVC berdiameter 4 inci dengan tujuan mempertahankan struktur, kadar air, dan kondisi alami tanah selama proses pengambilan hingga pengujian di laboratorium. Penggunaan pipa tersebut juga memudahkan proses transportasi sampel serta menghasilkan sampel yang representatif terhadap kondisi tanah di lapangan.



Gambar 3.7 Proses Memasukkan 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.

1. Penjemuran Sampel Tanah di Bawah Sinar Matahari



Gambar 3.8 Proses Penjemuran Sampel Tanah

2. Proses Pengeringan Tanah di dalam Oven



Gambar 3.9 Proses Pengovenan Tanah

3.7 Pengujian Analisis Saringan

Pengujian analisis saringan menunjukkan bahwa sebagian besar butiran tanah lolos saringan No. 200 dan analisis saringan No. 4 (4,75) sehingga tanah tergolong tanah berbutir halus.

3.7.1 Alat dan Bahan

- Timbangan Digital
- Oven
- Loyang
- Skrap Besi
- Tanah Kering Lempung Ekspansif

3.7.2 Langkah-Langkah Pengujian Analisis Saringan

1. Langkah pertama jemur tanah lempung di bawah terik sinar matahari selama 12 jam



Gambar 3.10 Proses Penjemuran Tanah

2. Setelah proses penjemuran tanah, selanjutnya tanah dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam dengan suhu 120˚



Gambar 3.11 Proses Oven Tanah

3. Selanjutnya jika seluruh tanah sudah selesai di oven, maka dilakukan pengayakan tanah menggunakan saring No.200 sebanyak 10 kg



Gambar 3.12 Proses Penyaringan Tanah Saringan No.200

4. Setelah pengayakan menggunakan saringan No.200 selesai maka dilanjutkan dengan pengayakan menggunakan saringan No. 04 (4,75). Pengayakan di lakukan sampai tanah sampel terkumpul sebanyak 90 kg.



Gambar 3.13 Proses Penyaringan Tanah Saringan No. 04

3.8 Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui kandungan air alami pada berat jenis tanah yang akan diuji.

3.8.1 Alat dan Bahan

- **Alat Pengujian Kadar Air**

1. Cawan Kadar Air
2. Timbangan Digital
3. Oven
4. Skrap Besi
5. Grooving Tool
6. Sarung Tangan
7. Pipa 4 Inch
8. Tanah Lempung Ekspansif Asli Tidak Terganggu

3.8.2 Langkah-Langkah Pengujian Kadar Air

1. Siapkan cawan yang sudah dibersihkan dan sudah dipastikan kering, Lalu timbang masing-masing berat cawan kosong menggunakan timbangan digital untuk mengetahui berat cawan tanpa sampel
2. Kemudian ambil tanah sampel yang ada di dalam pipa (tanah tidak terganggu) sebanyak 4 buah cawan , lalu masukkan sampel tanah asli ke dalam cawan sebanyak ¾, Selanjutnya di timbang



Gambar 3.14 Memasukkan Sampel ke dalam Cawan

3. Lalu 4 sampel tersebut masukkan ke oven selama 24 jam pada suhu 120˚



Gambar 3.15 Memasukkan Sampel ke Oven

4. Kemudian jika sudah 24 jam, keluarkan dari oven menggunakan sarung tangan, Lalu timbang 4 sampel beserta cawan



Gambar 3.16 Menimbang Sampel

5. Kemudian keluarkan sampel dari cawan lalu timbang sampel tanpa cawan.



Gambar 3.17 Menimbang Sampel Tanpa Cawan

6. Simpan sampel dan bungkus dengan plastik yang sudah di siapkan, dan di beri nomor sesuai dengan nomor cawan



Gambar 3.18 Hasil Sampel Setelah di Uji

Tabel 3.1 Hasil Pengujian Kadar Air

No.	No. Cawan	Berat Cawan Kosong (gram)	Berat Cawan + Tanah Basah (gram)	Berat Cawan + Tanah Kering (gram)	Berat Tanah Kering Tanpa Cawan (gram)
1	1	11	67	39	29
2	2	10	53	46	37
3	3	9	59	38	28
4	4	10	58	46	35

3.9 Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis bertujuan untuk menentukan perbandingan berat butiran tanah terhadap volume atau berat air pada kondisi tertentu :

3.9.1 Alat dan Bahan

- Tanah Lempung Ekspansif Lolos Saringan No. 200
- Piknometer
- Timbangan Digital
- Pipet Tetes
- Termometer (tes suhu air)
- Air Mineral
- Kain Lap

3.9.2 Langkah-Langkah Pengujian Berat Jenis

1. Ambil sampel tanah yang telah selesai di oven dengan suhu 120˚ dan telah lolos saringan No. 200



Gambar 3.19 Tanah Lolos Saringan No. 200

2. Siapkan piknometer kosong, kemudian timbang piknometer kosong tersebut dan catat sebagai W1



Gambar 3.20 Menimbang Piknometer Kosong

3. Selanjutnya masukkan tanah kering ke dalam piknometer sampai mencapai angka 16 pada piknometer, Kemudian timbang piknometer yang berisi tanah kering sebagai W2



Gambar 3.21 Menimbang Piknometer + Tanah Kering

4. Langkah selanjutnya isi air ke dalam piknometer campurkan ke dalam tanah kering, banyaknya air sampai mencapai 50 ml. Timbang dan catat sebagai W3 nya



Gambar 3.22 Memasukkan Air ke Campuran Tanah

5. Kemudian ukur suhu air di dalam piknometer, suhu didapat pada air tersebut yaitu 25˚



Gambar 3.23 Cek Suhu Pada Sampel

6. Lalu isi kembali air ke dalam piknometer sampai terisi penuh hingga mencapai tanda batas kalibrasi
7. Keringkan bagian luar piknometer hingga kering.



Gambar 3.24 Mengeringkan Piknometer

8. Selanjutnya timbang kembali piknometer yang terisi tanah dan air penuh, lalu catat sebagai W4 nya



Gambar 3.25 Menimbang Sampel

Tabel 3.2 Hasil Pengujian Berat Jenis

Berat Piknometer Kosong (W1) (gram)	Berat Piknometer + Tanah Kering (W2) (gram)	Berat Piknometer + Air (50 ml) + Tanah Kering (W2) (gram)	Suhu Air (derajat)	Berat Piknometer + Air (Penuh) + Tanah Kering (W4) (gram)
28	55	75	25˚	95

3.10 Pengujian *Atterbag*

Pengujian *Atterbag* adalah salah satu metode pengujian di laboratorium yang bertujuan untuk menentukan batas konsistensi tanah berbutir halus, khususnya tanah lempung. Metode ini diperkenalkan oleh seorang ahli tanah berkebangsaan Swedia bernama Albert *Atterberg*. Hasil dari pengujian ini digunakan untuk mengevaluasi perubahan perilaku tanah akibat variasi kadar air, serta sebagai dasar dalam klasifikasi tanah dan analisis karakteristik geotekniknya.

3.10.1 Alat dan Bahan

- 50 gram sampel tanah lolos saringan No.40
- Satu set *electric liquid limit*
- Skrap pisau perata
- Air
- Grooving Tool
- Plat Kaca
- Cawan 4 buah
- Timbangan Digital
- Pipet Tetes
- Sarung Tangan
- Oven

3.10.2 Langkah – Langkah Pengujian Atterbag

A. Pengujian Batas Cair (Liquid Limit)

1. Siapkan tanah sampel lolos saringan No. 40 (0,425 mm), secukupnya



Gambar 3.26 Tanah Sampel Batas Cair

2. Mencampur tanah dengan air hingga menjadi pasta homogen (sampai tidak terasa butiran kasar)



Gambar 3.27 Mencampur Tanah Sampai Homogen

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



Gambar 3.28 Sampel di alat Casagrande

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



Gambar 3.29 Tampak alur Sampel

5. Engkol 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
6. Lalu ambil sebagian sampel kemudian masukkan ke cawan lalu di timbang



3.30 Menimbang Sampel Batas Cair

7. Selanjutnya oven hingga 24 jam, lalu timbang kembali sampel tersebut



Gambar 3.31 Memasukkan Sampel Batas Cair ke Oven

Tabel 3.3 Hasil Pengujian Batas Cair

No. Cawan	Berat Cawan	Jumlah Ketukan	Berat Cawan + Sampel Basah (gram)	Berat Cawan + Sampel Kering (gram)
1	10	7	22	18
2	11	30	26	22
3	9	16	23	19
4	9	23	22	18

B. Pengujian Indeks Plastisitas (Plasticity Index)

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



Gambar 3.32 Membuat Sampel Indeks Plastisitas

4. Kemudian masukkan ke cawan lalu timbang, lalu masukkan ke dalam oven hingga 24 jam



Gambar 3.33 Sampel Setelah di Oven

5. Setelah sampel keluar dari oven, lalu timbang cawan beserta sampelnya

Tabel 3.4 Hasil Pengujian Indeks Plastisitas (Plasticity Index)

No. Cawan	Berat Cawan Kosong	Berat Cawan + Sampel Basah (gram)	Berat Cawan + Sampel Kering (gram)
I	10	13	12
II	10	13	12

3.11 Proses Pengujian Proctor Standar

Pengujian Proctor Standar bertujuan untuk mengetahui hubungan antara kadar air dan berat isi kering tanah sehingga dapat diperoleh nilai kadar air optimum (*Optimum Moisture Content/OMC*) serta berat isi kering maksimum (*Maximum Dry Density/MDD*). Kedua parameter tersebut dijadikan acuan dalam proses pemadatan tanah karena menunjukkan kondisi pemadatan yang paling optimal untuk mencapai tingkat kepadatan maksimum. Pengujian ini dilakukan sebanyak 10 sampel dengan kadar air 100 ml, 200 ml, 300 ml, 400 ml, 500 ml.

3.11.1 Alat dan Bahan

- Cawan kosong 10 buah
- Timbangan digital
- Gelas ukur
- Mold
- Grooving tool
- Besi Proctor
- Wadah kecil
- Tanah 2.000 gram (5 sampel)
- Air 1.400 ml

3.11.1 Langkah – Langkah Pengujian Proctor Standar

1. Siapkan tanah lempung ekspansif yang sudah disaring menggunakan saringan No.4 sebanyak 2.000 gram



Gambar 3.34 Sampel Tanah Lempung Ekspansif lolos saringan No. 04

2. Siapkan 5 sampel tanah, lalu masukkan tanah ke dalam masing-masing wadah, lalu isi air pada sampel A (100 ml) sampel B (100 ml), Sampel A (200 ml) sampel B (200 ml), sampel A (300 ml) sampel B (300 ml), sampel A (400 ml) sampel B (400 ml), sampel A (500 ml) sampel B (500 ml).

3. Masukkan tanah ke dalam wadah, lalu masukkan 100 ml air, lalu aduk sampai rata





Gambar 3.35 Mencampur tanah dan air

4. Kemudian masukkan sampel tanah ke dalam mold sebanyak ¾ dengan 25 kali tumbukan, selanjutnya di isi kembali sampai setengah mold lalu ditumbuk kembali sebanyak 25 kali, kemudian isi kembali tanah sampai memenuhi mold lalu ditumbuk kembali sebanyak 25 kali





Gambar 3.36 Proses Penumbukan

5. Timbang tanah beserta mold untuk mengetahui berat mold + tanah
6. Selanjutnya ambil sampel tanah tersebut, lalu masukkan ke cawan sebagai sampel A (100 ml) dan B (100 ml).



Gambar 3.37 Sampel siap di Oven

7. Tahapan selanjutnya untuk memenuhi 10 sampel, langkah nya sama hanya tetapi yang membedakan hanya tambahan air saja (100 ml, 200 ml, 300 ml, 400 ml, 500 ml).
8. Kemudian oven semua 10 sampel tersebut selama 24 jam, kemudian timbang untuk mengetahui berat tanah kering nya.

Setelah dilakukan pengujian proctor standar maka dapat diketahui tingkat kepadatan pada sampel A 300 ml dan B 300 ml mengalami kepadatan kering naik dan turun sehingga memiliki kepadatan yang seimbang, hal ini dapat disimpulkan bahwa untuk pengujian *direct shear* bisa menggunakan air sejumlah 300 ml.

Tabel 3.5 Rencana Presentase Campuran Sampel

No.	Tanah Asli (gram)	Zeolit (%)	Abu Sekam Padi	Jumlah Sampel
1	100%	0%	0%	2
2	88%	5%	7%	2
3	85%	5%	10%	2
4	65%	5%	30%	2

3.12 Proses Pembuatan Sampel *Direct Shear*

Pembuatan sampel untuk pengujian *Direct Shear* merupakan salah satu tahapan penting yang dilakukan sebelum pelaksanaan pengujian kuat geser tanah. Sampel penelitian disiapkan dari tanah lempung ekspansif dengan penambahan abu sekam padi dan zeolit pada variasi tertentu. Setiap campuran dihomogenkan terlebih dahulu, kemudian dimasukkan ke dalam kotak geser (*shear box*) dengan tingkat kepadatan yang seragam agar kondisi setiap benda uji tetap konsisten. Setelah proses pembuatan selesai, sampel siap digunakan dalam pengujian *Direct Shear* untuk menentukan nilai kohesi (c), sudut geser dalam (φ), serta kuat geser tanah.

3.12.1 Alat dan Bahan

- Penumbuk Proctor
- Mold
- Wadah kecil

- Timbangan digital
- Palu karet
- Ring pencetak
- Skrap besi
- Gelas ukur
- Tanah lempung ekspansif
- Abu sekam padi
- Zeolit

3.12.1 Langkah – Langkah Pembuatan Sampel *Direct Shear*

A. Pembuatan Sampel Tanah Asli

- Siapkan tanah asli sebanyak 2.000 gram, lalu tambahkan air sebanyak 300 ml





Gambar 3.38 Mencampur Sampel

- Lalu aduk tanah dan air sampai merata menyeluruh
- Masukkan tanah ke dalam mold sebanyak ¾ lalu tumbuk sebanyak 25 kali, setelah itu isi kembali sampai setengah mold lalu sebanyak 25 kali, selanjutnya isi sampai penuh dan tumbuk kembali sebanyak 25 kali



Gambar 3.39 Proses Penumbukan Sampel

- Lalu keluarkan sampel tanah dari mold, lalu cetak menggunakan ring pencetak
- Kemudian cetak sampel tanah menggunakan alat ring pencetak, buat sebanyak 2 sampel yang akan di uji direct shear





Gambar 3.40 Proses Mencetak Sampel

B. Pembuatan Sampel Tanah + Abu Sekam Padi 7% + Zeolit 5%

- Siapkan tanah asli sebanyak 1.730 gram, abu sekam padi 170 gram, zeolit 100 gram, lalu tambahkan air sebanyak 300 ml
- Masukkan seluruh campuran ke dalam wadah, lalu aduk hingga campuran merata seluruh



Gambar 3.41 Proses Pencampuran Semua Bahan

- Masukkan campuran ke dalam mold sebanyak ¾ lalu tumbuk sebanyak 25 kali, setelah itu isi kembali sampai setengah mold lalu sebanyak 25 kali, selanjutnya isi sampai penuh dan tumbuk kembali sebanyak 25 kali



Gambar 3.42 Proses Penumbukan Sampel

- Lalu keluarkan sampel tanah dari mold, lalu cetak menggunakan ring pencetak



Gambar 3.43 Proses Mencetak Sampel

C. Pembuatan Sampel Tanah + Abu Sekam Padi 10% + Zeolit 5%

- Siapkan tanah asli sebanyak 1.700 gram, abu sekam padi 200 gram, zeolit 100 gram, lalu tambahkan air sebanyak 300 ml
- Masukkan seluruh campuran ke dalam wadah, lalu aduk hingga campuran merata seluruh



Gambar 3.44 Proses Pencampuran Semua Bahan

- Masukkan campuran ke dalam mold sebanyak ¾ lalu tumbuk sebanyak 25 kali, setelah itu isi kembali sampai setengah mold lalu sebanyak 25 kali, selanjutnya isi sampai penuh dan tumbuk kembali sebanyak 25 kali



Gambar 3.45 Proses Penumbukan Sampel

- Lalu keluarkan sampel tanah dari mold, lalu cetak menggunakan ring pencetak



Gambar 3.46 Proses Mencetak Sampel

D. Pembuatan Sampel Tanah + Abu Sekam Padi 30% + Zeolit 5%

- Siapkan tanah asli sebanyak 1.300 gram, abu sekam padi 600 gram, zeolit 100 gram, lalu tambahkan air sebanyak 300 ml
- Masukkan seluruh campuran ke dalam wadah, lalu aduk hingga campuran merata seluruh



Gambar 3.47 Proses Pencampuran Semua Bahan

- Masukkan campuran ke dalam mold sebanyak ¾ lalu tumbuk sebanyak 25 kali, setelah itu isi kembali sampai setengah mold lalu sebanyak 25 kali, selanjutnya isi sampai penuh dan tumbuk kembali sebanyak 25 kali



Gambar 3.48 Proses Penumbukan Sampel

- Lalu keluarkan sampel tanah dari mold, lalu cetak menggunakan ring pencetak

3.13 Proses Pengujian *Direct Shear*

Pengujian *Direct Shear* bertujuan untuk mengetahui karakteristik kuat geser tanah melalui penentuan nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (φ). Kedua parameter tersebut merupakan komponen utama dalam analisis kekuatan tanah karena mencerminkan kemampuan tanah dalam menahan gaya geser yang bekerja. Pada penelitian ini, pengujian dilakukan terhadap tanah lempung ekspansif yang telah distabilisasi menggunakan abu sekam padi dan zeolit dengan variasi campuran yang telah ditentukan. Setiap benda uji yang telah dipersiapkan selanjutnya diuji menggunakan alat *Direct Shear* dengan pemberian beban normal tertentu hingga mencapai kondisi keruntuhan. Hasil pengujian kemudian digunakan sebagai dasar dalam menganalisis pengaruh bahan stabilisasi terhadap peningkatan kuat geser tanah serta menentukan variasi campuran yang memberikan hasil paling optimal.

3.13.1 Langkah – Langkah Pengujian *Direct Shear*

A. Pengujian *Direct Shear* Tanah Asli

1. Siapkan 2 sampel yang sudah di buat
2. Timbang berat sampel, diameter sampel, dan tinggi diameter sampel









Gambar 3.49 Pengukuran dan Penimbangan Sampel

3. Taruh beban ke 1 (3,32 kg) , kemudian beban ke 2 (6,64 kg) pada alat *direct shear*, putar setir *direct shear* searah jarum jam, lihat *timer* dengan hitungan detik 15,30,40,65,75,90,105 sambil perhatikan angka kuat geser pada layar, dan jika setir sudah terasa keras maka perputaran dihentikan dan sampel dinyatakan sudah retak



Gambar 3.50 Proses Pengujian *Direct Shear*

4. Lalu catat hasil kuat geser tanah sebagai data
5. Kemudian tambahkan beban 2 untuk sampel kedua, langkah nya sama seperti pengujian beban 1

B. Pengujian *Direct Shear* Tanah + 7% Abu Sekam Padi dan 5% Zeolite

1. Siapkan 2 sampel yang sudah di buat
2. Timbang berat sampel, diameter sampel, dan tinggi diameter sampel



Gambar 3.51 Pengukuran dan Penimbangan Sampel

3. Taruh ke 1 (3,32 kg) , kemudian beban ke 2 (6,64 kg) putar setir *direct shear* searah jarum jam, lihat *timer* dengan hitungan detik 15,30,40,65,75,90,105 sambil perhatikan angka kuat geser pada layar, dan jika setir sudah terasa keras maka perputaran dihentikan dan sampel dinyatakan sudah retak



Gambar 3.52 Proses Pengujian Direct Shear

4. Lalu catat hasil kuat geser tanah sebagai data
5. Kemudian tambahkan beban 2 untuk sampel kedua, langkah nya sama seperti pengujian beban 1

C. Pengujian *Direct Shear* Tanah + 10% Abu Sekam Padi dan 5% Zeolite

1. Siapkan 2 sampel yang sudah di buat
2. Timbang berat sampel, diameter sampel, dan tinggi diameter sampel








Gambar 3.53 Pengukuran dan Penimbangan Sampel

3. Taruh beban ke 1 (3,32 kg) , kemudian beban ke 2 (6,64 kg), putar setir *direct shear* searah jarum jam, lihat *timer* dengan hitungan detik 15,30,40,65,75,90,105 sambil perhatikan angka kuat geser pada layar, dan jika setir sudah terasa keras maka perputaran dihentikan dan sampel dinyatakan sudah retak



Gambar 3.54 Proses Pengujian *Direct Shear*

4. Lalu catat hasil kuat geser tanah sebagai data
5. Kemudian tambahkan beban 2 untuk sampel kedua, langkah nya sama seperti pengujian beban 1

D. Pengujian *Direct Shear* Tanah + 30% Abu Sekam Padi dan 5% Zeolite

1. Siapkan 2 sampel yang sudah di buat
2. Timbang berat sampel, diameter sampel, dan tinggi diameter sampel



Gambar 3.55 Pengukuran dan Penimbangan Sampel

3. Taruh beban 1 pada alat *direct shear,* putar setir *direct shear* searah jarum jam, lihat *timer* dengan hitungan detik 15,30,40,65,75,90,105 sambil perhatikan angka kuat geser pada layar, dan jika setir sudah terasa keras maka perputaran dihentikan dan sampel dinyatakan sudah retak



Gambar 3.56 Proses Pengujian *Direct Shear*

4. Lalu catat hasil kuat geser tanah sebagai data
5. Kemudian tambahkan beban 2 untuk sampel kedua, langkah nya sama seperti pengujian beban 1

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

Analisis data dilakukan terhadap seluruh hasil pengujian laboratorium untuk mengetahui karakteristik dan klasifikasi tanah yang diteliti. Data pengujian sifat fisik tanah digunakan sebagai dasar identifikasi tanah, sedangkan hasil pengujian *direct shear* dianalisis untuk memperoleh parameter kuat geser berupa kohesi (c) dan sudut geser dalam (φ).

Nilai tegangan geser maksimum pada setiap variasi beban normal digunakan untuk membuat grafik hubungan antara tegangan normal (σ) dan tegangan geser (τ), sehingga diperoleh nilai kohesi dan sudut geser dalam berdasarkan kriteria *Mohr-Coulomb*. Kemudian, hasil pengujian dibandingkan pada teori dan penelitian terdahulu untuk mengevaluasi pengaruh bahan campuran terhadap kuat geser tanah.

4.2 Hasil Pengujian Sifat Fisis Tanah

Pengujian sifat fisik tanah dilaksanakan untuk mengidentifikasi sifat-sifat dasar tanah yang menjadi objek penelitian. Pengujian tersebut mencakup kadar air, berat jenis, analisis saringan, serta batas Atterberg yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan klasifikasi dan karakteristik perilaku tanah.

4.2.1 Hasil Analisa Saringan

Analisa saringan dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran tanah yang diteliti. Data yang diperoleh dari pengujian ini digunakan sebagai acuan dalam menentukan gradasi serta mengklasifikasikan jenis tanah.

Dari sampel tanah yang telah di siapkan, maka berikut hasil masing-masing yang lolos dari beberapa jenis saringan.

- Total seluruh sampel = 90 kg
- Total saringan No. 04 (4,75 mm) dengan total lolos 50 kg, dan Berat tertahan = 40 kg
- Saringan No. 200 (0,075 mm) dengan total lolos = 2,5 kg
- Saringan No. 40 (0,425 mm) dengan total lolos = 200 gram

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

Untuk mendapatkan nilai kadar air digunakan pers. 2, sebagai berikut:

Berat Total – Berat Lolos
= 90 – 50
= 40 kg

Untuk mendapatkan nilai kadar air digunakan pers. 3, sebagai berikut:

$$\%\ Tertahan\ = \frac{\text{Berat Tanah Tertahan}}{Berat\ Total\ Sampel}\ x\ 100\ \%$$

$$\% = \frac{40}{90} \text{ x } 100\ \%$$

% = 55,56 %

Untuk mendapatkan nilai kadar air digunakan pers.4, sebagai berikut:

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

= 100%-55,56%

% = 44,44%

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

Untuk mendapatkan nilai kadar air digunakan pers. 2, sebagai berikut:

$$\% \, Lolos = \frac{\text{Berat Tanah Lolos}}{Berat\ Total} \; x \; 100 \; \%$$

$$= \frac{2,5}{9} \text{ x } 100 \; \%$$

= 2,78 %

Untuk mendapatkan nilai kadar air digunakan pers. 3, sebagai berikut:

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

= 100 % - 2,78 %

= 97,22 %

Untuk mendapatkan nilai kadar air digunakan pers. 4, sebagai berikut:

Berat Tertahan = 97,22% x 90%

= 87,5 kg

Tabel 4.1 (Hasil Pengujian Analisis Saringan)

Ukuran (ASTM)	Ukuran (mm)	Berat Tertahan (gram)	% Berat Tertahan	% Kumulatif Tertahan	% Presentase 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	128,88	28,88
Pan		368	190,16	256,82	43,18
	Total	736			

Berdasarkan hasil pengamatan pada tabel IV.1 Pengujian Analisis Saringan, bahwa diperoleh berat total seluruh sampel 90 kg, dari pada saringan No. 4 (4,75 mm) didapat berat tanah yang lolos yaitu 50 kg, sedangkan berat tertahan diperoleh 40 kg, hasil presentase lolos yaitu sebanyak 40 kg dengan presentase 55,56% dan presentase tertahan yaitu 44,44%. Kemudian didapat pada hasil saringan No. 200

(0,075)= mm) didapat berat tanah 2,5 kg dari berat sampel yang tertahan sebanyak 87,5 kg dengan presentase 97,22%. Maka dari hasil pengamatan tersebut menunjukkan bahwa sampel lebih dominan ke butiran kasar, sehingga tanah yang mengandung butiran halus sedikit yang lolos dari saringan No. 200 (0,075).

4.2.2 Hasil Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air dapat diketahui kandungan air alami dalam berat jenis tanah yang akan diuji.

Diketahui :

- Total Sampel Tanah Tidak Terganggu Sebanyak = 4 buah tabung
- 4 buah cawan

Untuk mendapatkan nilai kadar air digunakan pers. 1, sebagai berikut:

- Cawan 1

$$W = \frac{W1-W2}{W2-w3}\ x100\% = 100\%$$

Di mana,

W1 = 67 gram

W2 = 39 gram

W3 = 11 gram

- Cawan 2

$$W = \frac{W1-W2}{W2-w3}\text{x}\ 100\% = 19{,}44\%$$

Di mana,

W1 = 53 gram

W2 = 46 gram

W3 = 10 gram

- Cawan 3

$$W = \frac{W1-W2}{W2-w3} \text{x } 100\% = 72{,}41\%$$

Di mana,

W1 = 59 gram
W2 = 38 gram
W3 = 9 gram

- Cawan 4

$$W = \frac{W1-W2}{W2-w3} \text{x } 100\% = 33{,}33\%$$

Di mana,

W1 = 58 gram
W2 = 46 gram
W3 = 10 gram

Rata – rata kadar air :

$$W = \frac{100{,}00+19{,}44+72{,}41+33{,}33}{4}$$

$$W = \frac{225{,}18}{4}$$

$$W = 56{,}30\ \%$$

Dari hasil pengujian didapatkan data sebagaimana terlihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kadar Air

No.	Nomor Cawan		1	2	3	4
1.	Berat Cawan (W3)	(gr)	11,00	10,00	9,00	10,00
2.	Berat Cawan + Tanah Basah (W1)	(gr)	67,00	53,00	59,00	58,00
3.	Berat Cawan + Tanah Kering (W2)	(gr)	39,00	46,00	38,00	46,00
4.	Berat Air (W1-W2)	(gr)	28,00	7,00	21,00	12,00
5.	Berat Tanah Kering (W2-W3)	(gr)	28,00	36,00	29,00	36,00
6.	Kadar Air (w) = (4)/(5) x 100%	%	100,00	19,44	72,41	33,33
7.	Rata-Rata Kadar Air	%	56,30			

Berdasarkan hasil pengamatan pada tabel 4.2 Pengujian Kadar Air, bahwa diperoleh nilai kadar air dari cawan 1 adalah 100,00 % , cawan 2 adalah 19,44 % , cawan 3 adalah 72,41 % , cawan 4 adalah 33,33 % , Kemudian di dapat dari hasil rata-rata dari seluruh kadar air yaitu **56,30 %,** Maka dari hasil pengamatan tersebut menunjukkan bahwa tanah tersebut memiliki kandungan air yang relatif tinggi.

4.2.3 Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis bertujuan untuk memperoleh perbandingan antara berat butiran padat tanah dan berat air dengan volume yang setara. Dari hasil pengujian didapatkan data sebagaimana terlihat pada Tabel 4.3:

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Berat Jenis

Nomor Piknometer	Lambang	Satuan	A
Berat Piknometer+Tanah Kering	W2	gram	55,0
Berat Piknometer	W1	gram	28,0
Berat tanah	Wt = W2 - W1	gram	27,0
Berat Piknometer + air + tanah	W3	gram	95,0
Berat Piknometer + air	W4	gram	79,0
W5	Wt + W4	gram	106,0
Isi tanah	W5 - W3	cm3	11,0
Berat Jenis (Gs)	Wt / (W5-W3)		2,45
Rata-rata berat jenis (Gs)			2,45

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis menggunakan metode piknometer, diperoleh nilai berat jenis tanah (Gs) sebesar 2,45. Nilai ini menunjukkan bahwa berat padat tanah adalah **2,45** dari berat air pada volume yang sama.

4.2.4 Pengujian Berat Isi

Pengujian berat isi dilakukan untuk memperoleh nilai berat tanah per satuan volume, baik pada kondisi alami maupun setelah diberikan perlakuan sesuai kebutuhan penelitian. Hasil pengujian ini digunakan sebagai salah satu parameter dalam mengevaluasi sifat fisik tanah, terutama yang berkaitan dengan tingkat kepadatan dan porositasnya. Dari hasil pengujian didapatkan data sebagaimana terlihat pada Tabel 4.4:

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Berat Isi

No.	Nomor Ring		**1**	**1**
1.	Berat ring kosong (W1)	(gr)	55,00	55,00
2.	Berat ring kosong +tanah basah (W2)	(gr)	150,00	169,00
3.	Berat tanah basah W3 = (W2 – W1)	(gr)	95,00	114,00
4.	Volume ring (V)	(cm3)	61,49	61,49
5.	Berat isi tanah basah (W3/V)	(gr/cm3)	1,54	1,85
6.	Rata-rata berat isi tanah basah	%	1,70	

Hasil pengujian berat isi diperoleh rata-rata 1,70 % , nilai yang menunjukkan struktur tanah yang renggang dan tingkat kepadatan yang kecil, sehingga kemampuan daya dukung tanah terhadap beban menjadi rendah.

4.2.5 Pengujian Batas Atterbag

Pengujian batas Atterbarg dilakukan untuk mengetahui karakteristik konsistensi tanah berbutir halus terhadap perubahan kadar air. Pengujian ini meliputi penentuan batas cair *(Liquid Limit/LL),* batas plastis *(Plastic Limit/PL),* dan indeks plastisitas *(Plasticity Index/PI).* Jenis pengujian tersebut digunakan untuk mengetahui tingkat plastisitas tanah serta perilakunya terhadap perubahan kadar air, sehingga dapat dijadikan dasar dalam mengklasifikasikan jenis tanah dan mengevaluasi sifat-sifat teknisnya.

Tabel 4.5 Tabel pengujian batas plastis

Kode Cawan	**1**	**2**	**3**	**4**
Jumlah Tumbukan (kali)	7	30	16	23
Berat Cawan (gr)	10	11	9	9
Berat Cawan + tanah basah (gr)	22	26	23	22
Berat tanah basah (gr)	12	15	14	13
Berat Cawan + tanah kering (gr)	24	27,2	31,7	27,9
Berat tanah kering (gr)	14	16,2	22,7	18,9
Berat air (gr)	2	1,2	4,9	5,9
Kadar air (%)	14,29	7,41	21,59	31,22
Batas Cair (LL)	**39,68**			
Batas Plastis (PL)	**20,10**			
Indeks Plastisitas (IP)	**19,59**			

Hasil pengujian ini diperoleh nilai batas cair (LL) yaitu 39,68% dan batas plastis (PL) sebesar 20,10% hasil dapat dilihat pada lampiran, kemudian diperoleh nilai indeks plastis (IP) 19,59%. 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.

4.2.6. Data hasil pengujian tanah di laboratorium

Setelah dilakukan pengujian tanah di laboratorium, diperoleh sifat fisis dan klasifikasi tanah sebagaimana disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Tanah

No	Jenis Pengujian Tanah	Hasil Pengujian
1	Kadar Air	56,30 %
2	Berat Jenis (Gs)	2,45
3	Batas Cair (LL)	39,68 %
4	Batas Plastis (PL)	20,10 %
5	Indeks Plastis (IP)	19,59 %
6	Tanah Lolos Saringan No. 200 (< 0,075 mm)	44,44 %
7	Tanah Lolos Saringan No. 4 (4,75 mm)	97,22 %

3.3 Hasil Pengujian Direct Shear Test Tanah Asli

Pengujian **Direct Shear** pada tanah asli bertujuan untuk memperoleh parameter kuat geser awal tanah berupa nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (φ) sebelum proses stabilisasi. Adapun hasil pengujian **Direct Shear** pada tanah asli disajikan pada tabel 4.7.

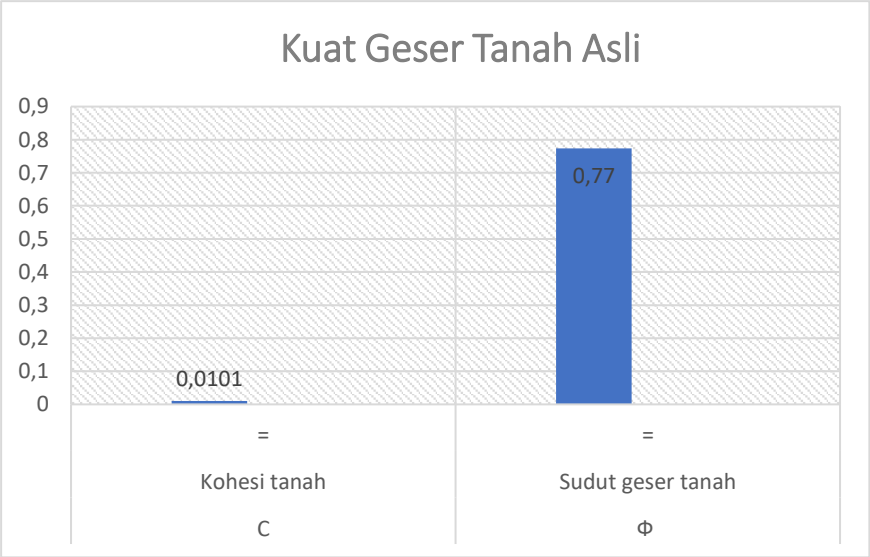
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Direct Shear Test Tanah Asli

Gaya Normal		**P1 = 3,32 kg**			**P2 = 6,64 kg**			**P1 = 13,28 kg**		
Tegangan Nornal		**0,1 kg/cm2**			**0,2 kg/cm2**			**0,4 kg/cm2**		
Waktu (detik)	**Pergeseran (mm)**	**Dial**	**Gaya Geser**	**Teg. Geser**	**Dial**	**Gaya Geser**	**Teg. Geser**	**Dial**	**Gaya Geser**	**Teg. Geser**
15	0,25	0,44	0,44	0,014	0,44	0,44	0,014	0,45	0,45	0,014
30	0,5	0,43	0,43	0,013	0,67	0,67	0,021	0,5	0,5	0,015
45	0,75	0,2	0,2	0,006	0,34	0,34	0,011	0,56	0,56	0,017
60	1	0,32	0,32	0,010	0,53	0,53	0,016	0,61	0,61	0,019
75	1,25	0,28	0,28	0,009	0,55	0,55	0,017	0,65	0,65	0,020
90	1,5	0,26	0,26	0,008	0,52	0,52	0,016	0,85	0,85	0,026
105	1,75				0,46	0,46	0,014	0,67	0,67	0,021

C	Kohesi tanah	=	0,0101	kg/cm2
Φ	Sudut geser tanah	=	0,77	derajat

Berdasarkan hasil pengujian *Direct Shear Test* pada tanah asli yang di sajikan pada tabel 4.7 diperoleh nilai tegangan geser maksimum yang berbeda pada setiap variasi tegangan normal. Nilai tersebut menunjukkan bahwa tanah asli memiliki nilai kohesi yang relatif rendah dengan sudut geser dalam menahan gaya geser masih terbatas sebelum dilakukan penambahan bahan stabilisasi.

Dari hasil perhitungan tersebut, maka didapat hasil grafik dari pengujian pada pengujian tanah asli



Gambar 4.1 Grafik Hasil Pengujian *Direct Shear* Pada Tanah Asli

Berdasarkan grafik **Kuat Geser Tanah Asli** hasil pengujian ***Direct Shear Test***, dapat disimpulkan bahwa tanah asli memiliki **nilai kohesi (C) sebesar 0,0101 kg/cm²** dan **nilai sudut geser dalam (φ) sebesar 0,77°**. Nilai kohesi yang sangat rendah menunjukkan bahwa ikatan antar partikel tanah masih lemah, sedangkan sudut geser dalam yang juga rendah mengindikasikan kemampuan tanah dalam menahan gaya geser akibat gesekan antar butir masih kecil. **Dengan demikian, tanah asli memiliki kuat geser yang rendah sehingga daya dukung dan kestabilannya belum optimal.** Hasil ini menjadi dasar diperlukan upaya stabilisasi tanah melalui penambahan bahan tertentu, seperti abu sekam padi dan zeolit, untuk meningkatkan nilai kohesi, sudut geser dalam, serta kuat geser tanah secara keseluruhan.

3.4 Hasil Pengujian *Direct Shear Test* Tanah + 7% Abu Sekam Padi + 5% Zeolite

Pengujian *Direct Shear Test* pada campuran tanah dengan 7% abu sekam padi dan 5% zeolit dilakukan untuk menganalisis dampak penambahan bahan stabilisasi

terhadap karakteristik kuat geser tanah lempung ekspansif. Pengujian ini bertujuan memperoleh parameter kuat geser berupa nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (φ), yang selanjutnya digunakan untuk mengevaluasi perubahan kemampuan tanah dalam menahan gaya geser setelah proses stabilisasi. Adapun hasil pengujian **Direct Shear** pada tanah asli disajikan pada tabel 4.8

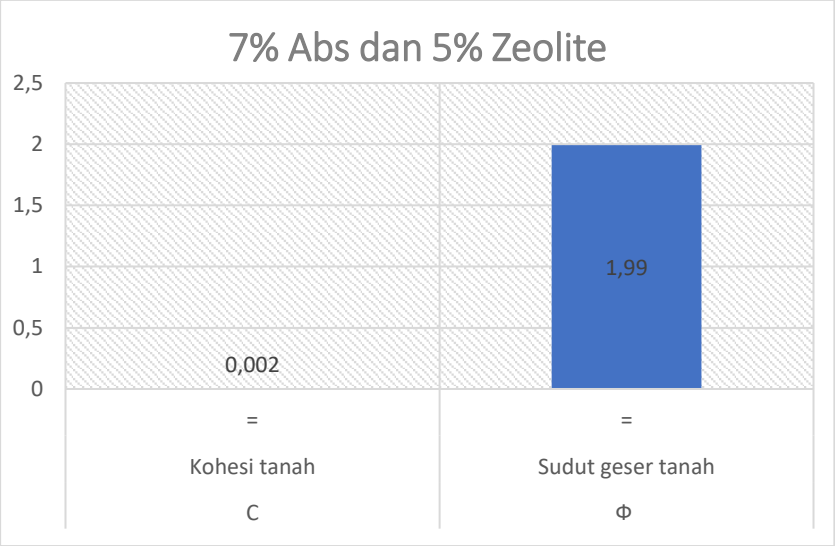
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Tanah + 7% Abu Sekam Padi + 5% Zeolite

Gaya Normal		**P1 = 3,32 kg**			**P2 = 6,64 kg**			**P1 = 13,28 kg**		
Tegangan Normal		**0,1 kg/cm2**			**0,2 kg/cm2**			**0,4 kg/cm2**		
Waktu (detik)	**Pergeseran (mm)**	**Dial**	**Gaya Geser**	**Teg. Geser**	**Dial**	**Gaya Geser**	**Teg. Geser**	**Dial**	**Gaya Geser**	**Teg. Geser**
15	0,25	0,22	0,22	0,007	0,47	0,47	0,014	0,45	0,45	0,014
30	0,5	0,23	0,23	0,007	0,27	0,27	0,008	0,33	0,33	0,010
45	0,75	0,15	0,15	0,005	0,19	0,19	0,006	0,43	0,43	0,013
60	1	0,34	0,34	0,010	0,45	0,45	0,014	0,32	0,32	0,010
75	1,25	0,4	0,4	0,012	0,25	0,25	0,008	0,93	0,93	0,029
90	1,5	0,23	0,23	0,007	0,37	0,37	0,011	1,03	1,03	0,032
105	1,75	0,2	0,2	0,006	0,9	0,9	0,028	0,95	0,95	0,029

C	Kohesi tanah	=	0,002	kg/cm2
Φ	Sudut geser tanah	=	1,99	derajat

Berdasarkan hasil pengujian *Direct Shear Test* pada tanah asli yang di sajikan pada tabel 4.8 diperoleh nilai tegangan geser maksimum yang berbeda pada setiap variasi tegangan normal. Nilai tersebut menunjukkan bahwa tanah + 7% Abu Sekam Padi + 5% Zeolite memiliki nilai kohesi yang relatif rendah dengan sudut geser dalam menahan gaya geser masih terbatas sebelum dilakukan penambahan bahan stabilisasi.

Dari hasil perhitungan tersebut, maka didapat hasil grafik dari pengujian pada campuran Tanah + 7% Abu Sekam Padi + 5% Zeolite



Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengujian 7% Abu Sekam Padi + 5% Zeolite

Berdasarkan grafik **hasil pengujian *Direct Shear Test* pada campuran 7% Abu Sekam Padi + 5% Zeolit**, diperoleh **nilai kohesi (C) sebesar 0,002 kg/cm²** dan **nilai sudut geser dalam (φ) sebesar 1,99°**. Dibandingkan dengan tanah asli, nilai sudut geser dalam mengalami peningkatan, yang menunjukkan adanya peningkatan kemampuan tanah dalam menahan gaya geser akibat gesekan antar partikel. Namun, **nilai kohesi mengalami penurunan sehingga ikatan antar butir tanah menjadi lebih rendah. Kondisi ini mengindikasikan bahwa penambahan 7% abu sekam padi dan 5% zeolit mulai memberikan pengaruh terhadap peningkatan karakteristik kuat geser tanah, terutama melalui peningkatan sudut geser dalam, meskipun kontribusinya terhadap kohesi masih belum optimal.** Oleh karena itu, variasi campuran ini menunjukkan adanya perbaikan sifat mekanik tanah, tetapi belum menghasilkan peningkatan kuat geser yang maksimal sehingga masih diperlukan evaluasi pada variasi campuran lainnya untuk memperoleh komposisi yang lebih efektif.

4. 5 Hasil Pengujian *Direct Shear Test* Tanah + 10% Abu Sekam Padi + 5% Zeolite

Setelah dilakukan pengujian pada variasi campuran sebelumnya, pengujian *Direct Shear Test* dilanjutkan pada tanah yang telah distabilisasi menggunakan 10% abu sekam padi dan 5% zeolit. Variasi campuran ini bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik kuat geser tanah akibat peningkatan persentase abu sekam padi dengan kadar zeolit yang tetap. Pengujian dilakukan untuk memperoleh keterkaitan antara tegangan normal dan tegangan geser pada saat tanah mengalami keruntuhan, sehingga dapat ditentukan nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (φ). Adapun hasil pengujian ***Direct Shear*** pada tanah asli disajikan pada tabel 4.9

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Tanah + 10% Abu Sekam Padi + 5% Zeolite

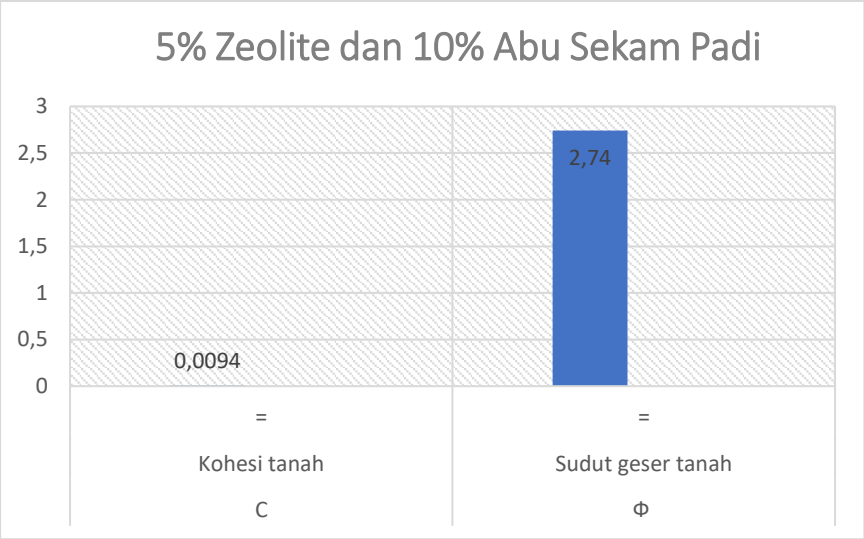
Gaya Normal		**P1 = 3,32 kg**			**P2 = 6,64 kg**			**P1 = 13,28 kg**		
Tegangan Normal		**0,1 kg/cm2**			**0,2 kg/cm2**			**0,4 kg/cm2**		
Waktu (detik)	**Pergeseran (mm)**	**Dial**	**Gaya Geser**	**Teg. Geser**	**Dial**	**Gaya Geser**	**Teg. Geser**	**Dial**	**Gaya Geser**	**Teg. Geser**
15	0,25	0,44	0,44	0,013	0,29	0,29	0,009	0,68	0,68	0,021
30	0,5	0,38	0,38	0,012	0,34	0,34	0,010	0,77	0,77	0,023
45	0,75	0,58	0,58	0,018	0,65	0,65	0,020	0,89	0,89	0,027
60	1	0,52	0,52	0,016	0,53	0,53	0,016	1,23	1,23	0,037
75	1,25	0,67	0,67	0,020	0,75	0,75	0,023	1,12	1,12	0,034
90	1,5	0,55	0,55	0,017	0,7	0,7	0,021	1,2	1,2	0,037
105	1,75	0,63	0,63	0,019	0,54	0,54	0,016	0,54	0,54	0,016
120	2	0,43	0,43	0,013	0,29	0,29	0,009	0,29	0,29	0,009

C	Kohesi tanah	=	0,0094	kg/cm2
Φ	Sudut geser tanah	=	2,74	derajat

Berdasarkan hasil pengujian *Direct Shear Test* pada tanah asli yang di sajikan pada tabel 4.9 diperoleh nilai tegangan geser maksimum yang berbeda pada

setiap variasi tegangan normal. Nilai tersebut menunjukkan bahwa tanah + 10% Abu Sekam Padi + 5% Zeolite memiliki nilai kohesi yang relatif rendah dengan sudut geser dalam menahan gaya geser masih terbatas sebelum dilakukan penambahan bahan stabilisasi.

Dari hasil perhitungan tersebut, maka didapat hasil grafik dari pengujian pada campuran Tanah + 10% Abu Sekam Padi + 5% Zeolite



Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengujian 10% Abu Sekam Padi + 5% Zeolite

Berdasarkan grafik **hasil pengujian *Direct Shear Test* pada campuran 10% Abu Sekam Padi + 5% Zeolit**, diperoleh **nilai kohesi (C) sebesar 0,0094 kg/cm²** dan **nilai sudut geser dalam (φ) sebesar 2,74°**. Dibandingkan dengan campuran 7% Abu Sekam Padi + 5% Zeolit, nilai kohesi mengalami peningkatan dari **0,002 kg/cm² menjadi 0,0094 kg/cm²**, sedangkan sudut geser dalam mengalami peningkatan dari **1,99° menjadi 2,74°**. Peningkatan kedua parameter tersebut menunjukkan **bahwa penambahan abu sekam padi hingga 10% dengan kadar zeolit tetap 5% mampu memperbaiki karakteristik kuat geser tanah**. Meningkatnya nilai kohesi mengindikasikan ikatan antar partikel tanah menjadi lebih baik, sedangkan peningkatan sudut geser dalam menunjukkan bertambahnya kemampuan tanah dalam menahan gaya geser akibat gesekan antar butir. Dengan

demikian, campuran **10% Abu Sekam Padi + 5% Zeolit** memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan campuran sebelumnya dan menunjukkan efektivitas yang lebih tinggi dalam meningkatkan sifat mekanik tanah lempung ekspansif.

4. 6 Hasil Pengujian *Direct Shear Test* Tanah + 30% Abu Sekam Padi + 5% Zeolite

Pengujian *Direct Shear Test* pada campuran tanah dengan 30% abu sekam padi dan 5% zeolit dilakukan untuk mengetahui nilai kuat geser tanah pada variasi campuran dengan persentase abu sekam padi tertinggi dalam penelitian ini. Adapun hasil pengujian ***Direct Shear*** pada tanah asli disajikan pada tabel 4.10

Tabel 4.10 Perhitungan Campuran Tanah + 30 % Abu Sekam Padi + 5 % Zeolit

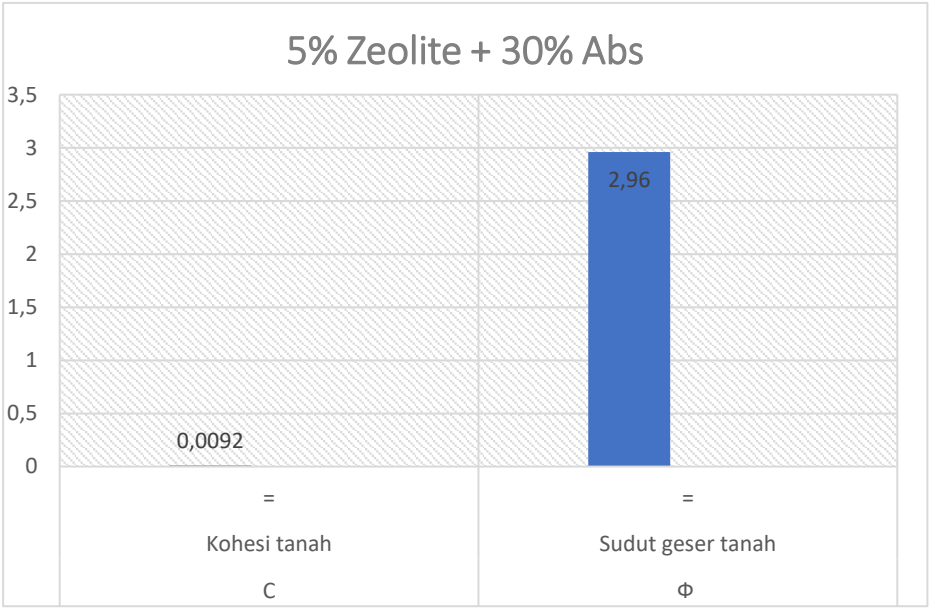
Gaya Normal		**P1 = 3,32 kg**			**P2 = 6,64 kg**			**P1 = 13,28 kg**		
Tegangan Nornal		**0,1 kg/cm2**			**0,2 kg/cm2**			**0,4 kg/cm2**		
Waktu (detik)	**Pergeseran (mm)**	**Dial**	**Gaya Geser**	**Teg. Geser**	**Dial**	**Gaya Geser**	**Teg. Geser**	**Dial**	**Gaya Geser**	**Teg. Geser**
15	0,25	0,39	0,39	0,013	0,54	0,54	0,018	0,35	0,35	0,012
30	0,5	0,4	0,4	0,014	0,35	0,35	0,012	0,59	0,59	0,020
45	0,75	0,41	0,41	0,014	0,63	0,63	0,021	0,67	0,67	0,023
60	1	0,59	0,59	0,020	0,51	0,51	0,017	0,72	0,72	0,024
75	1,25	0,41	0,41	0,014	0,52	0,52	0,018	0,95	0,95	0,032
90	1,5	0,59	0,59	0,020	0,41	0,41	0,014	1,12	1,12	0,038
105	1,75	0,36	0,36	0,012	0,43	0,43	0,015	0,94	0,94	0,032
120	2				0,35	0,35	0,012	0,67	0,67	0,023

C	Kohesi tanah	=	0,0092	kg/cm2
Φ	Sudut geser tanah	=	2,96	derajat

Berdasarkan hasil pengujian *Direct Shear Test* pada tanah asli yang di sajikan pada tabel 4.10 diperoleh nilai tegangan geser maksimum yang berbeda pada setiap variasi tegangan normal. Nilai tersebut menunjukkan bahwa tanah + 7% Abu Sekam Padi + 30% Zeolite memiliki nilai kohesi yang relatif rendah dengan

sudut geser dalam menahan gaya geser masih terbatas sebelum dilakukan penambahan bahan stabilisasi.

Dari hasil perhitungan tersebut, maka didapat hasil grafik dari pengujian pada campuran 30 % Abu Sekam Padi + 5% Zeolit.



Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian 30 % Abu Sekam Padi + 5% Zeolite

Berdasarkan grafik **hasil pengujian Direct Shear Test pada campuran 30% Abu Sekam Padi + 5% Zeolit**, diperoleh **nilai kohesi (C) sebesar 0,0092 kg/cm²** dan **nilai sudut geser dalam (φ) sebesar 2,96°**. Dibandingkan dengan campuran **10% Abu Sekam Padi + 5% Zeolit**, nilai kohesi mengalami sedikit penurunan, yaitu dari **0,0094 kg/cm² menjadi 0,0092 kg/cm²**, sedangkan nilai sudut geser dalam meningkat dari **2,74° menjadi 2,96°**. **Hal ini menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi hingga 30% masih mampu meningkatkan kemampuan tanah dalam menahan gaya geser melalui peningkatan sudut geser dalam**, meskipun peningkatan tersebut tidak lagi diikuti oleh kenaikan nilai kohesi.

4.7 Pengaruh Abu Sekam Padi dan Zeolit Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung

Pada penelitian ini, material yang digunakan sebagai bahan campuran adalah abu sekam padi dan zeolit. Variasi kadar abu sekam padi yang digunakan meliputi **7 %**, **10 %, 30 %** sedangkan kadar zeolit yang diterapkan terdiri atas **5%, 5%, dan 5%**. Kombinasi kedua bahan tersebut menghasilkan **6 variasi campuran** dengan jumlah keseluruhan **8 sampel pengujian**. Berdasarkan hasil ***Direct Shear Test*** serta analisis data yang telah dilakukan, diketahui bahwa penambahan abu sekam padi dan zeolit pada persentase tertentu memberikan pengaruh terhadap perubahan nilai **sudut geser dalam** dan **kohesi** tanah.

Tabel 4.11 Penggunaan Zeolit dan ABS

No.	Variasi Campuran	Kohesi (kg/cm²)	Sudut Geser Dalam (Derajat)
1	Tanah Asli	0,0101	0,77
2	7 % Abu Sekam Padi + 5 % Zeolit	0,002	1,99
3	10 % Abu Sekam Padi + 5 % Zeolit	0,0094	2,74
4	30 % Abu Sekam Padi + 5 % Zeolit	0,0092	2,96

Secara keseluruhan, campuran **30% Abu Sekam Padi + 5% Zeolit** menghasilkan **nilai sudut geser dalam tertinggi** dibandingkan variasi campuran lainnya, sehingga menunjukkan kemampuan yang lebih baik dalam meningkatkan ketahanan tanah terhadap gaya geser akibat gesekan antarpartikel. Namun, karena nilai kohesi sedikit menurun dibandingkan campuran 10% Abu Sekam Padi + 5% Zeolit, dapat disimpulkan **bahwa penambahan abu sekam padi dalam jumlah yang lebih besar belum tentu memberikan peningkatan yang sebanding pada seluruh parameter kuat geser tanah. Oleh karena itu, pemilihan campuran optimum perlu mempertimbangkan peningkatan kedua parameter, yaitu kohesi dan sudut geser dalam, secara bersamaan.**

4.8 Hasil Grafik Pada Perbandingan Campuran Terhadap Kohesi

Dari hasil pada seluruh campuran penambahan abu sekam padi dan zeolit memberikan pengaruh terhadap ikatan antar partikel tanah yang direpresentasikan oleh nilai kohesi. Perubahan nilai kohesi pada setiap variasi campuran selanjutnya dianalisis untuk mengetahui efektivitas bahan stabilisasi dalam memperbaiki karakteristik kuat geser tanah lempung ekspansif. Adapun grafik perbandingan nilai kohesi untuk setiap variasi campuran disajikan pada gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Grafik Pengaruh Zeolit dan ABS Terhadap Nilai Kohesi

Berdasarkan gambar 4.5 terlihat bahwa nilai kohesi mengalami kenaikan dan juga mengalami penurunan seiring bertambahnya persentase zeolit yang di tambahkan pada tanah. Pada sampel tanah asli memiliki nilai kohesi 0,0101, Kemudian campuran 5% Zeolit dan 7% Abu Sekam Padi memiliki nilai kohesi sedikit naik yaitu 0,0020 kg/cm². Pada campuran 5% Zeolit dan 10% Abu Sekam Padi memiliki kenaikan lagi pada nilai kohesi nya yaitu 0,0094 kg/cm². Setelah dilakukan penambahan zeolit sebesar 5% dan 30% Abs nilai kohesi terjadi penurunan dengan nilai kohesi 0,0092. Penurunan nilai kohesi menunjukkan **bahwa penambahan zeolit mengurangi gaya ikat antar partikel tanah. Hal ini terjadi karena butiran zeolit cenderung mengubah susunan partikel tanah sehingga ikatan alami antar butiran menjadi berkurang. Akibatnya, kekuatan tanah yang berasal dari kohesi menjadi semakin kecil.**

Adapun nilai kohesi dari seluruh campuran disajikan pada tabel 4.12

Tabel 4.12 Kohesi dari Seluruh Campuran

No.	Jenis Campuran	Nilai Kohesi
1	Tanah Asli 100%	0,0101
2	Tanah+7% Abs+5% Zeolit	0,0020
3	Tanah+10% Abs+5% Zeolit	0,0094
4	Tanah+30% Abs+5% Zeolit	0,0092

4.9 Hasil Grafik Pada Perbandingan Campuran Terhadap Sudut Geser Dalam

Dari hasil pada seluruh campuran penambahan abu sekam padi dan zeolit memberikan pengaruh terhadap ikatan antar partikel tanah yang direpresentasikan nilai sudut geser dalam. Dari hasil grafik perbandingan nilai sudut geser dalam (φ) disajikan untuk memperlihatkan perubahan karakteristik gesekan antar partikel tanah setelah dilakukan stabilisasi menggunakan abu sekam padi dan zeolit. Penyajian grafik bertujuan untuk memudahkan pengamatan terhadap kecenderungan peningkatan maupun penurunan nilai sudut geser dalam pada setiap variasi campuran dibandingkan dengan tanah asli



Gambar 4. 6 Grafik Pengaruh Zeolit dan ABS Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam

Berdasarkan Gambar 4.6 penambahan abu sekam padi dan zeolit meningkatkan nilai sudut geser dalam (φ) secara bertahap, yaitu dari **0,77°** pada tanah asli menjadi **1,99°** pada campuran **7% Abu Sekam Padi + 5% Zeolit**, **2,74°** pada campuran **10% Abu Sekam Padi + 5% Zeolit**, dan mencapai **2,96°** pada campuran **30% Abu Sekam Padi + 5% Zeolit**. Peningkatan ini menunjukkan bahwa penambahan bahan stabilisasi mampu meningkatkan gaya gesek antar butiran tanah sehingga kemampuan tanah dalam menahan gaya geser menjadi lebih baik.

Di sisi lain, seluruh variasi campuran mengalami penurunan nilai kohesi dibandingkan tanah asli. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme kuat geser tanah berubah dari yang semula lebih dipengaruhi oleh kohesi menjadi lebih dipengaruhi oleh gaya gesek antar partikel. Berdasarkan kedua parameter tersebut, campuran **30% Abu Sekam Padi + 5% Zeolit** merupakan komposisi yang paling optimum karena menghasilkan nilai sudut geser dalam tertinggi (**2,96°**) dengan nilai kohesi yang masih relatif tinggi (**0,0092 kg/cm²**). Dengan demikian, campuran tersebut memberikan keseimbangan terbaik antara gaya ikat antar partikel dan gaya gesek, sehingga menghasilkan peningkatan kuat geser tanah yang paling efektif.

Hasil penelitian ini selanjutnya dibandingkan dengan penelitian terdahulu oleh Firman A. Due Rego, Meeeti, dan Olan Jujun Sanggaria, yang melaporkan bahwa tanah asli memiliki nilai kohesi sebesar **0,088 kg/cm²** sebelum dilakukan stabilisasi menggunakan kapur dan zeolit.

Adapun nilai sudut geser dalam dari seluruh campuran disajikan pada tabel 4.13

Tabel 4.13 Sudut Geser Dalam dari Seluruh Campuran

No.	Jenis Campuran	Nilai Sudut Geser Dalam
1	Tanah Asli 100%	0,77°
2	Tanah + 7% Abu Sekam Padi + 5% Zeolit	1,99°
3	Tanah + 10% Abu Sekam Padi + 5% Zeolit	2,74°
4	Tanah + 30% Abu Sekam Padi + 5% Zeolit	2,96°

4. 10 Komposisi Abu Sekam Padi dan Zeolit yang mampu meningkatkan nilai sudut geser dalam variasi campuran

Penentuan komposisi Abu Sekam Padi dan Zeolit dilakukan berdasarkan hasil pengujian *Direct Shear Test* dengan memperhatikan dua parameter utama kuat geser tanah, yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam (φ). Berdasarkan hasil penelitian, penambahan Abu Sekam Padi dan Zeolit mampu meningkatkan nilai sudut geser dalam pada setiap variasi campuran, sedangkan nilai kohesi cenderung menurun dibandingkan tanah asli. Peningkatan sudut geser dalam menunjukkan bahwa susunan butiran tanah menjadi lebih padat sehingga gaya gesek antar butiran meningkat. Sebaliknya, penurunan kohesi mengindikasikan bahwa ikatan alami antar partikel tanah berkurang setelah ditambahkan bahan stabilisasi. Kondisi ini menunjukkan bahwa sifat kuat geser tanah gambut berubah, dari yang semula lebih dipengaruhi oleh kohesi menjadi lebih dipengaruhi oleh gaya gesek antar butiran.

Berdasarkan hasil penelitian, **campuran 30% Abu Sekam Padi + 5% Zeolit menghasilkan nilai sudut geser dalam tertinggi, yaitu 2,96° namun memiliki nilai kohesi sedang yaitu 0,0092 kg/cm². Meskipun variasi tersebut memiliki kemampuan terbesar dalam meningkatkan gaya gesek antar butiran, nilai kohesi yang netral menunjukkan bahwa ikatan antar partikel tanah menjadi sangat kecil sehingga keseimbangan parameter kuat geser kurang optimal**. Sementara itu, campuran 10% Abu Sekam Padi + 5% Zeolit memberikan nilai kohesi sebesar 0,0094 kg/cm² dan sudut geser dalam sebesar 2,74 °. Walaupun nilai sudut geser dalam sedikit lebih rendah dibandingkan campuran 10% Abu Sekam Padi + 5% Zeolit ,nilai kohesi yang masih relatif tinggi menunjukkan bahwa tanah tetap memiliki kemampuan mengikat antar partikel dengan baik. Kombinasi kedua parameter tersebut menghasilkan peningkatan kuat geser yang lebih seimbang tanah memiliki stabilitas yang lebih baik dalam menahan beban dan gaya geser. 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 30% Abu Sekam Padi dan 5% Zeolit merupakan komposisi yang paling optimal untuk meningkatkan kuat geser tanah lempung ekspansif di Lingkungan kampus Politeknik Pariwisata, Jakabaring, Kota Palembang, Sumatera Selatan.

Komposisi ini memberikan keseimbangan terbaik antara nilai kohesi dan sudut geser dalam, sehingga mampu meningkatkan stabilitas tanah secara lebih efektif dibandingkan variasi campuran lainnya.

4.11 Hasil Keseluruhan Pengujian

Tabel 4.14 Hasil Keseluruhan Pengujian

No.	Jenis Pengujian	Parameter	Tanah Asli	5% Zeolit + 7 % Abu Sekam Padi	5% Zeolit + 10 % Abu Sekam Padi	5% Zeolit + 30 % Abu Sekam Padi
1	Analisa Saringan	Lolos Saringan No. 4 (%)	98,29	-		
	Analisa Saringan	Lolos Saringan No. 200 (%)	2,50	-		
2	Kadar Air	Kadar Air (%)	56,30	-		
3	Berat Jenis	Gs	2,45	-		
4	Battas Atterbag	LL (%)	39,68	-		
		PL (%)	20,10	-		
		PI (%)	19,59	-		
5	Klasifikasi	USCS	OH	-		
6	Pemadatan	OMC (%)	17,63	-		
		MDD (g/cm3)	1,48	-		
7	Direct Shear	Kohesi c (kg/cm2)	0,0101	0,0020	0,0094	0,0092
		Sudut Geser (˚)	0,77	1,99	2,74	2,96

Berdasarkan hasil keseluruhan pengujian, tanah asli memiliki karakteristik dengan persentase lolos saringan No. 4 sebesar 98,29%, lolos saringan No. 200 sebesar 2,50%, kadar air sebesar 91,28%, berat jenis (Gs) sebesar 2,45, batas cair (LL) sebesar 39,68%, batas plastis (PL) sebesar 72,73%, serta indeks plastisitas (PI)

sebesar 112,41%. Berdasarkan sistem klasifikasi USCS, tanah tersebut termasuk ke dalam kelompok OH *(Organic Clay dengan plastisitas tinggi).* Hasil uji pemadatan menunjukkan nilai Optimum *Moisture Content* (OMC) sebesar 17,63% dan *Maximum Dry Density* (MDD) sebesar 1,48 g/cm³.

Pada pengujian *Direct Shear*, nilai kohesi (c) tanah asli sebesar 0,0101 kg/cm², sedangkan pada campuran 5% zeolit + 7% abu sekam padi, 5% zeolit + 10% abu sekam padi, dan 5% zeolit + 30% abu sekam padi berturut-turut sebesar 0,0020 kg/cm², 0,0094 kg/cm², dan 0,0092 kg/cm². Sementara itu, nilai sudut geser dalam (φ) mengalami peningkatan dari 0,77° pada tanah asli menjadi 1,99°, 2,74°, dan 2,96° pada masing-masing variasi campuran.

Secara umum, penambahan 5% zeolit dengan variasi abu sekam padi memberikan pengaruh terhadap parameter kuat geser tanah. Meskipun nilai kohesi mengalami sedikit penurunan dibandingkan tanah asli, nilai sudut geser dalam menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya kadar abu sekam padi. Campuran 5% zeolit + 30% abu sekam padi menghasilkan nilai sudut geser dalam tertinggi (2,96°), sehingga dapat disimpulkan bahwa komposisi tersebut merupakan variasi yang paling efektif dalam meningkatkan komponen gesekan antar butir tanah pada penelitian ini.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian mengenai pengaruh penambahan abu sekam padi dan zeolit terhadap kuat geser tanah lempung ekspansif menggunakan metode ***Direct Shear* Test**. Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Penambahan abu sekam padi dan zeolit memberikan pengaruh terhadap parameter kuat geser tanah, yaitu nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (φ). Berdasarkan hasil pengujian *Direct Shear*, Pada variasi tanah asli kohesi yang di dapat (0,0101 kg/cm2), pada variasi campuran 7% Abu Sekam Padi + 5% Zeolit kohesi yang di dapat sebesar 0,0020 kg/cm2, Pada variasi campuran 10% Abu Sekam Padi + 5% Zeolit kohesi yang di dapat (0,0094), Pada campuran 30% Abu Sekam Padi + 5% Zeolit kohesi yang di dapat (0,0092). Kemudian sudut geser, Pada variasi tanah asli sudut geser yang di dapat (0,77˚), pada variasi campuran 7% Abu Sekam Padi + 5% Zeolit sudut geser yang di dapat (1,99˚), pada variasi campuran 10% Abu Sekam Padi + 5% Zeolit sudut geser yang di dapat (2,74˚), Pada campuran 30% Abu Sekam Padi + 5% Zeolit sudut geser yang di dapat (2,96˚), setiap variasi campuran menunjukkan perubahan karakteristik kuat geser dibandingkan dengan tanah asli. Secara umum, **nilai kohesi yang semakin kecil tidak selalu berarti kondisi tanah menjadi lebih buruk**. Pada tanah yang distabilisasi, penurunan kohesi sering terjadi karena perubahan ikatan alami antar partikel tanah. Namun, apabila penurunan tersebut di imbangi dengan **peningkatan nilai sudut geser dalam (φ)**, maka kuat geser total tanah tetap dapat meningkat.
2. Sementara itu, **semakin besar nilai sudut geser dalam (φ), semakin baik** karena menunjukkan bahwa tanah memiliki tahanan geser akibat gesekan antar butir yang lebih tinggi, sehingga lebih stabil dalam menerima beban. Meskipun

beberapa variasi menunjukkan penurunan nilai kohesi dibandingkan tanah asli, perubahan tersebut masih berada pada kisaran yang relatif kecil. Penurunan kohesi tersebut diimbangi dengan peningkatan nilai sudut geser dalam, sehingga secara keseluruhan kemampuan tanah dalam menahan beban geser tetap mengalami peningkatan.

3. Dengan demikian, kondisi **sudut geser dalam yang tinggi meskipun kohesi lebih rendah tetap dapat dianggap baik**, selama peningkatan nilai φ mampu mengimbangi penurunan kohesi sehingga kuat geser tanah secara keseluruhan menjadi lebih baik. Campuran **5% zeolit + 30% abu sekam padi** memberikan hasil terbaik karena menghasilkan **nilai sudut geser dalam tertinggi sebesar 2,96°** dengan penurunan kohesi yang relatif kecil dibandingkan tanah asli.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya maupun penerapan di lapangan, yaitu sebagai berikut.

1. Penelitian berikutnya juga dapat mengkaji pengaruh waktu pemeraman (*curing time*) terhadap peningkatan kuat geser tanah. Dengan demikian dapat diketahui perkembangan reaksi antara tanah, abu sekam padi, dan zeolit terhadap peningkatan kekuatan tanah.
2. Dalam proses pencampuran material, perlu diperhatikan homogenitas campuran, kadar air, serta proses pemadatan agar seluruh benda uji memiliki kondisi yang seragam sehingga hasil pengujian lebih representatif.

DAFTAR PUSTAKA

Handayani, Nurul Indah Dwi. “Pemanfaatan Campuran Kapur Dan Abu Sabut Kelapa Sebagai Bahan Stabilisasi Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung Kecamatan Sukodono Kabupaten Sragen.” Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2019.

M. Kelvin. “Pengaruh Penambahan Campuran Kapur Dan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Sudut Geser Tanah Pasir Menggunakan Direct Shear.” Universitas Medan Area, 2023.

Putri, Vella Maulina Kris, Agata Iwan Candra, and Ahmad Ridwan. “Pengaruh Penambahan Abu Kayu Dan Abu Bambu Terhadap Kepadatan Tanah Lempung.” *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil* 3, no. 2 (2020): 191. https://doi.org/10.30737/jurmateks.v3i2.1077.

Rego, Firman A Due, Meeti, and Olan Jujun Sanggaria. “Pengaruh Penambahan Limbah Beton Pada Tanah Terhadap Unconfined Compression Test.” *Paulus Civil Engineering Journal (PCEJ)* 8, no. 1 (2026): 1–8.

Shidiq, Rizhal Adiyanwar, Iwan Ristanto, and Hendramawat Aski Safarizki. “Analisis Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Campuran Abu Sekam Padi Terhadap Nilai Kuat Geser Tanah.” *Inisiasi* 13, no. 1 (2024): 39–48.

Pernnado Wijaya Sianturi, Tika Ermita Wulandari. "Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Indeks Plastisitas Pada Tanah Lempung." no. 1 (2025)

Surta Ria N Panjaitan, Yetty Riris Saragi, Astuti Simbolon. "Pengaruh Penambahan Zeolit Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung." (2025)

Ramadhani, "Analisis Karakteristik Marshall dan Penentuan Kadar Aspal Optimum Pada Campuran AC-WC Dengan Substitusi 50% Filler Menggunakan Abu Sekam Padi dan Abu Tempurung Kelapa" (2026)

Sumantri, E. W., & Gofar, N. (2023). *Geotextile layers and sheet piles on embankment deformation of roads over soft soil*. https://doi.org/10.35449/teknika.v10i1.254

Ramadhani "Analisis Pengaruh Komposisi Oksida Abu Sekam Padi dan Serbuk Ban Terhadap Karakteristik Marshall Campuran Aspahlt Concrete-Wearing Course (AC-WC)" (2026)

Haswiyah Tamsing, Hamkah, Hamsyah. "Pengaruh Campuran Abu Sekam Padi dan Fly Ash Terhadap Kualitas Bata Merah Ditinjau dari Nilai Kuat Tekan dan Penyerapan Air." (2025)

Hasir1, Minson Simatupang, Hasmina Tari Mokui, Febriansyah Arsyad, Muh Wonua Bhakti Aslon, Nadya Ayu Pratiwi. "Pengaruh Substitusi Abu Sekam Padi terhadap Kuat Tekan dan Workability Beton Self-Compacting Concrete (SCC) sebagai Upaya Pemanfaatan Limbah Ramah Lingkungan." (2025)

Tarista Yanti Paitaha, Rabiyatul Uzda, Syafruddin Ishak Latuconsina. "Studi Eksperimental Abu Sekam Padi sebagai Bahan Substitusi Semen pada Campuran Beton." (2026)

Andika Dimas Hartanto, Kalfin Candra Andika, Widija Suseno Widjaja, Gabriel Jose Posenti Ghewa**.** "Pengaruh Penggunaan Limbanh Abu Sekam Padi dan Superplasticizer Pada Mortar Terhadap kuat tekan." (2024)

LAMPIRAN – LAMPIRAN






















Tinggi = 2 cm
20 x 20 cm




















2
3
4












50 gram tanah





















PENGUJIAN DIRECT SHEAR















	LABORATORIUM MEKANIKA TANAH	Form no.
	PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL	Issue/Revision
	UNIVERSITAS TRIDINANTI	Revision
	KUAT GESER LANGSUNG	Page 1 of

Pekerjaan : Skripsi
Lokasi contoh :
Kedalaman : 1 m (5%Kapur + 30%ABS)

Dikerjakan Oleh : Septi
Dihitung Oleh : Septi
Diperiksa Oleh : Hendrik Jimmyanto

Diameter: 6,12 cm
Tinggi: 2,08 cm

Luas contoh: 29,40 cm2
Berat contoh: 84,5 gr

Gaya Normal		**P1 = 3,32 kg**			**P2 = 6,64 kg**			**P1 = 13,28 kg**		
Tegangan Nornal		**0,1 kg/cm2**			**0,2 kg/cm2**			**0,4 kg/cm2**		
Waktu (detik)	**Pergeseran (mm)**	**Dial**	**Gaya Geser**	**Teg. Geser**	**Dial**	**Gaya Geser**	**Teg. Geser**	**Dial**	**Gaya Geser**	**Teg. Geser**
15	0,25	0,39	0,39	0,013	0,54	0,54	0,018	0,35	0,35	0,012
30	0,5	0,4	0,4	0,014	0,35	0,35	0,012	0,59	0,59	0,020
45	0,75	0,41	0,41	0,014	0,63	0,63	0,021	0,67	0,67	0,023
60	1	0,59	0,59	0,020	0,51	0,51	0,017	0,72	0,72	0,024
75	1,25	0,41	0,41	0,014	0,52	0,52	0,018	0,95	0,95	0,032
90	1,5	0,59	0,59	0,020	0,41	0,41	0,014	1,12	1,12	0,038
105	1,75	0,36	0,36	0,012	0,43	0,43	0,015	0,94	0,94	0,032
120	2				0,35	0,35	0,012	0,67	0,67	0,023
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									

Dari grafik diperoleh:

C	Kohesi tanah	=	0,0092	kg/cm2
Φ	Sudut geser tanah	=	2,96	derajat

	LABORATORIUM MEKANIKA TANAH	Form no.
	PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL	Issue/Revision
	UNIVERSITAS TRIDINANTI	Revision
	KUAT GESER LANGSUNG	Page 1 of

Pekerjaan : Skripsi
Lokasi contoh :
Kedalaman : 1 m (5%Zeo + 10%ABS)

Dikerjakan Oleh : Septi
Dihitung Oleh : Septi
Diperiksa Oleh : Hendrik Jimmyanto

Diameter: 6,47 cm
Tinggi: 2,06 cm

Luas contoh: 32,86 cm2
Berat contoh: 105,4 gr

Gaya Normal		**P1 = 3,32 kg**			**P2 = 6,64 kg**			**P1 = 13,28 kg**		
Tegangan Nornal		**0,1 kg/cm2**			**0,2 kg/cm2**			**0,4 kg/cm2**		
Waktu (detik)	**Pergeseran (mm)**	**Dial**	**Gaya Geser**	**Teg. Geser**	**Dial**	**Gaya Geser**	**Teg. Geser**	**Dial**	**Gaya Geser**	**Teg. Geser**
15	0,25	0,44	0,44	0,013	0,29	0,29	0,009	0,68	0,68	0,021
30	0,5	0,38	0,38	0,012	0,34	0,34	0,010	0,77	0,77	0,023
45	0,75	0,58	0,58	0,018	0,65	0,65	0,020	0,89	0,89	0,027
60	1	0,52	0,52	0,016	0,53	0,53	0,016	1,23	1,23	0,037
75	1,25	0,67	0,67	0,020	0,75	0,75	0,023	1,12	1,12	0,034
90	1,5	0,55	0,55	0,017	0,7	0,7	0,021	1,2	1,2	0,037
105	1,75	0,63	0,63	0,019	0,54	0,54	0,016	0,54	0,54	0,016
120	2	0,43	0,43	0,013	0,29	0,29	0,009	0,29	0,29	0,009
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									

Dari grafik diperoleh:

C	Kohesi tanah	=	0,0094	kg/cm2
Φ	Sudut geser tanah	=	2,74	derajat

	LABORATORIUM MEKANIKA TANAH	Form no.
	PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL	Issue/Revision
	UNIVERSITAS TRIDINANTI	Revision
	KUAT GESER LANGSUNG	Page 1 of

Pekerjaan : Skripsi
Lokasi contoh :
Kedalaman : 1 m (5%Zeo+ 7%ABS)

Dikerjakan Oleh : Septi
Dihitung Oleh : Septi
Diperiksa Oleh : Hendrik Jimmyanto

Diameter: 6,44 cm
Tinggi: 1,91 cm

Luas contoh: 32,56 cm2
Berat contoh: 95,1 gr

Gaya Normal		**P1 = 3,32 kg**			**P2 = 6,64 kg**			**P1 = 13,28 kg**		
Tegangan Nornal		**0,1 kg/cm2**			**0,2 kg/cm2**			**0,4 kg/cm2**		
Waktu (detik)	**Pergeseran (mm)**	**Dial**	**Gaya Geser**	**Teg. Geser**	**Dial**	**Gaya Geser**	**Teg. Geser**	**Dial**	**Gaya Geser**	**Teg. Geser**
15	0,25	0,22	0,22	0,007	0,47	0,47	0,014	0,45	0,45	0,014
30	0,5	0,23	0,23	0,007	0,27	0,27	0,008	0,33	0,33	0,010
45	0,75	0,15	0,15	0,005	0,19	0,19	0,006	0,43	0,43	0,013
60	1	0,34	0,34	0,010	0,45	0,45	0,014	0,32	0,32	0,010
75	1,25	0,4	0,4	0,012	0,25	0,25	0,008	0,93	0,93	0,029
90	1,5	0,23	0,23	0,007	0,37	0,37	0,011	1,03	1,03	0,032
105	1,75	0,2	0,2	0,006	0,9	0,9	0,028	0,95	0,95	0,029
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									

C	Kohesi tanah	=	0,002	kg/cm2
Φ	Sudut geser tanah	=	1,99	derajat

	LABORATORIUM MEKANIKA TANAH	Form no.
	PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL	Issue/Revision
	UNIVERSITAS TRIDINANTI	Revision
	KUAT GESER LANGSUNG	Page 1 of

Pekerjaan : Skripsi
Lokasi contoh :
Kedalaman : 1 m (Tanah Asli)

Dikerjakan Oleh : Septi
Dihitung Oleh : Septi
Diperiksa Oleh : Hendrik Jimmyanto

Diameter: 6,42 cm
Tinggi: 1,91 cm

Luas contoh: 32,35 cm2
Berat contoh: 101,6 gr

Gaya Normal		**P1 = 3,32 kg**			**P2 = 6,64 kg**			**P1 = 13,28 kg**		
Tegangan Nornal		**0,1 kg/cm2**			**0,2 kg/cm2**			**0,4 kg/cm2**		
Waktu (detik)	**Pergeseran (mm)**	**Dial**	**Gaya Geser**	**Teg. Geser**	**Dial**	**Gaya Geser**	**Teg. Geser**	**Dial**	**Gaya Geser**	**Teg. Geser**
15	0,25	0,44	0,44	0,014	0,44	0,44	0,014	0,45	0,45	0,014
30	0,5	0,43	0,43	0,013	0,67	0,67	0,021	0,5	0,5	0,015
45	0,75	0,2	0,2	0,006	0,34	0,34	0,011	0,56	0,56	0,017
60	1	0,32	0,32	0,010	0,53	0,53	0,016	0,61	0,61	0,019
75	1,25	0,28	0,28	0,009	0,55	0,55	0,017	0,65	0,65	0,020
90	1,5	0,26	0,26	0,008	0,52	0,52	0,016	0,85	0,85	0,026
105	1,75				0,46	0,46	0,014	0,67	0,67	0,021
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									

Dari grafik diperoleh:

C	Kohesi tanah	=	0,0101	kg/cm2
Φ	Sudut geser tanah	=	0,77	derajat

REKAP HASIL

Sampel	Kohesi (kg/cm2)	Sudut Geser Tanah (derajat)
Tanah Asli	0,0101	0,77
5%Zeolit+7%ABS	0,002	1,99
5%Zeolit+10%ABS	0,0094	2,74
5%Zeolit+30%ABS	0,0092	2,96