

III. METODE PENELITIAN

A. Sampel Tanah

Sampel tanah yang diuji menggunakan material tanah lempung yang disubstitusi dengan material pasir. Sampel tanah yang digunakan dari desa Belimbing sari kec. Jabung, Lampung Timur dengan titik koordinat $105^{\circ} 39' 10.74''T$ dan $5^{\circ} 31' 44.26''S$. Sedangkan pasir yang digunakan sebagai bahan substitusi pada penelitian ini yaitu pasir dari daerah Gunung Sugih.

B. Cara Pengambilan Sampel Tanah

1. Pengambilan sampel tanah menggunakan tabung besi. Terlebih dahulu membersihkan dan mengupas permukaan tanah lalu tabung ditekan perlahan-lahan sampai kedalaman kira-kira 50 cm, kemudian diangkat ke permukaan sehingga terisi penuh oleh tanah dan ditutup dengan plastik agar terjaga kadar air aslinya. Sampel yang sudah diambil ini selanjutnya digunakan sebagai sampel untuk pengujian awal, dimana sampel ini disebut tanah tidak terganggu.
2. Pengambilan sampel untuk tanah terganggu, dilakukan dengan cara penggalian dengan menggunakan cangkul kemudian dimasukkan ke dalam karung.

C. Pelaksanaan Pengujian

Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian sifat fisik, pengujian pemadatan sebelum proses pencetakan benda uji, pengujian triaksial dan pengujian kuat geser langsung pada tanah lempung. Tahap pengujian tersebut dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Dilakukan 3 kali percobaan pada masing-masing pengujian dan campuran. Hal ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan data.

1. Pengujian Sifat Fisik Tanah

Pengujian-pengujian yang dilakukan antara lain:

a. Kadar air (*Moisture Content*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar air suatu sampel tanah, yaitu perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat butir kering tanah tersebut yang dinyatakan dalam persen. Pengujian berdasarkan ASTM D 2216-98.

Perhitungan:

$$\blacksquare \text{ Berat air (} W_w) = W_{cs} - W_{ds}$$

$$\blacksquare \text{ Berat tanah kering (} W_s) = W_{ds} - W_c$$

$$\blacksquare \text{ Kadar air (} w) = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

Dimana:

W_c = Berat cawan yang akan digunakan

W_{cs} = Berat benda uji + cawan

W_{ds} = Berat cawan yang berisi tanah yang sudah di oven.

Perbedaan kadar air diantara ketiga sampel tersebut maksimum sebesar 5% dengan nilai rata-rata.

b. Berat Volume (*Unit Weight*)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat volume tanah basah dalam keadaan asli (*undisturbed sample*), yaitu perbandingan antara berat tanah dengan volume tanah. Pengujian berdasarkan ASTM D 2167.

Perhitungan:

- 1) Berat ring (W_c).
- 2) Volume ring bagian dalam (V).
- 3) Berat ring dan tanah (W_{cs}).
- 4) Berat tanah (W) = $W_{cs} - W_c$.
- 5) Berat Volume (γ). $\gamma = \frac{W}{V}$ (gr/cm³ atau t/m³)

c. Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Percobaan ini dilakukan untuk menentukan kepadatan massa butiran atau partikel tanah yaitu perbandingan antara berat butiran tanah dan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu. Pengujian berdasarkan ASTM D 854-02.

Perhitungan :

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$$

Dimana : G_s = Berat jenis

W_1 = Berat picnometer (gram)

W_2 = Berat picnometer dan tanah kering (gram).

W_3 = Berat picnometer, tanah dan air (gram)

W_4 = Berat picnometer dan air bersih (gram)

d. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada batas antara keadaan plastis dan keadaan cair. Pengujian berdasarkan ASTM D 4318-00.

Perhitungan :

- 1) Menghitung kadar air (w) masing-masing sampel sesuai dengan jumlah ketukan
- 2) Membuat hubungan antara kadar air dan jumlah ketukan pada grafik semi logaritma, yaitu sumbu x sebagai jumlah pukulan dan sumbu y sebagai kadar air.
- 3) Menarik garis lurus dari keempat titik yang tergambar.
- 4) Menentukan nilai batas cair pada ketukan ke-25 atau $x = \log 25$

e. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Tujuannya adalah untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada keadaan batas antara keadaan plastis dan keadaan semi padat. Pengujian berdasarkan ASTM D 4318-00.

Perhitungan :

- 1) Nilai batas plastik (PL) adalah kadar air rata-rata dari ketiga benda uji
- 2) Indeks Plastisitas (PI) adalah selisih batas cair dan batas plastis tanah yang diuji, dengan rumus:

$$PI = LL - PL$$

f. Analisis Saringan (*Sieve Analysis*)

Tujuan pengujian analisis saringan adalah untuk mengetahui persentasi butiran tanah dan susunan butiran tanah (gradasi) dari suatu jenis tanah yang tertahan di atas saringan No. 200 (\emptyset 0,075 mm). Pengujian berdasarkan ASTM D 422.

Perhitungan :

- 1) Berat masing-masing saringan (W_{ci}).
- 2) Berat masing-masing saringan beserta sampel tanah yang tertahan di atas saringan (W_{bi}).
- 3) Berat tanah yang tertahan (W_{ai}) = $W_{bi} - W_{ci}$.
- 4) Jumlah seluruh berat tanah yang tertahan di atas saringan ($\Sigma W_{ai} \approx W_{tot.}$).
- 5) Persentase berat tanah yang tertahan di atas masing-masing saringan (P_i)

$$P_i = \left(\frac{(W_{bi} - W_{ci})}{W_{total}} \right) \times 100\%$$

6) Persentase berat tanah yang lolos masing-masing saringan (q):

$$qi = 100\% - pi\%$$

$$q(1 + 1) = qi - p(i + 1)$$

Dimana : $i = 1$ (saringan yang dipakai dari saringan dengan diameter maksimum sampai saringan nomor 200).

g. Uji Hidrometer

Tujuan pengujian analisis hidrometer adalah untuk mengetahui persentasi butiran tanah dan susunan butiran tanah (gradasi) dari suatu jenis tanah yang lolos saringan No. 200 (\emptyset 0,075 mm).

Perhitungan:

$$v = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{18\eta} \times D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{30\eta}{(G_s - 1)\gamma_w}} \times \sqrt{\frac{L(cm)}{t(menit)}}$$

Dimana: v = Kecepatan mengendap

γ_s = Berat volume partikel tanah

γ_w = Berat volume air

η = Kekentalan air

D = Diameter partikel tanah

G_s = Berat jenis

K = fungsi dari G_s yang tergantung temperatur uji

t = waktu pengendapan

2. Pengujian Utama

a. Pencampuran Sampel Tanah

Tanah yang telah diketahui karakteristiknya yaitu yang sesuai dengan karakteristik dari tanah lempung akan digunakan dalam pencampuran. Kemudian langkah selanjutnya adalah pelaksanaan pencampuran dari tanah dan pasir. Pada penelitian ini digunakan benda uji dalam 3 variasi campuran yang berbeda yaitu yaitu Sampel A, Sampel B, Sampel C, dan Sampel D yang masing-masing terdiri dari 3 sampel yang bertujuan untuk melihat pengaruh dari jumlah komposisi tanah dan pasir dengan nilai kohesi dan sudut geser dari benda uji.

Pencampuran dan pencetakan dilakukan di laboratorium mekanika tanah fakultas teknik universitas lampung. Untuk kebutuhan bahan tanah lempung dan pasir pada masing-masing campuran dimisalkan satu buah benda uji seberat 2500 gram.

Berikut ini adalah jumlah kebutuhan bahan pada masing-masing campuran.

Tabel 3.1. Jumlah Kebutuhan Bahan Masing- masing Campuran

Benda uji	Berat benda uji (gram)	Kebutuhan tanah lempung (gram)	Kebutuhan pasir (gram)
A	2500	2250	250
B	2500	2000	500
C	2500	1750	750
D	2500	1500	1000

Keterangan :

- A : benda uji dengan campuran yang terdiri dari tanah lempung 90 % dan pasir 10 % .
- B : benda uji dengan campuran yang terdiri dari tanah lempung 80 % dan pasir 20 % .
- C : benda uji dengan campuran yang terdiri dari tanah lempung 70 % dan pasir 30 % .
- D : benda uji dengan campuran yang terdiri dari tanah lempung 60 % dan pasir 40 % .

Adapun metode pelaksanaan dari pencampuran dan pembuatan benda uji untuk masing-masing komposisi campuran :

- a. Setelah dijemur dan dihancurkan tanah lempung di saring dengan saringan no. 4 (4,75 mm) untuk memisahkan antara material kasar dan halus kemudian diambil material yang lolos saringan.
- b. Kemudian mencampur tanah lempung dengan pasir yang lolos saringan no.40 (0,43 mm) sesuai dengan presentase yang di butuhkan tiap variasi campuran agar merata pencampuran di lakukan menggunakan alat *mixer* .

b. Pengujian Pemadatan Tanah Standar (*Standard Compaction Test*)

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan kadar air optimum dengan cara :

- a. Menyiapkan sampel tanah asli seberat 2500 gr
- b. Menyiapkan gelas ukur yang berisi air sebanyak 1000 ml
- c. Mencampur tanah yang telah disubstitusi pasir dengan air sampai didapatkannya kadar air optimum rencana.
- d. Setelah air dicampur dengan sampel tanah diamkan selama ± 24 jam.
- e. Setelah didiamkan atau diperam ± 24 jam masukkan sampel tanah ke dalam mol untuk dilakukannya pemadatan standar.
- f. Pemadatan dilakukan dengan 3 lapisan dimana pada setiap masing-masing lapisan ditumbuk atau dipadatkan sebanyak 25 kali tumbukan.
- g. Setelah ditumbuk dan dipadatkan, menimbang berat mol + tanah lalu ambil beberapa untuk melihat kadar air mula-mula sampel tersebut.

c. Pengujian kuat geser langsung

Tujuan dari percobaan geser langsung adalah untuk menentukan sudut geser (ϕ) dan nilai kohesi (C). Pengujian menggunakan *Direct Shear Apparatus* Tipe 50-520 CV 2-1.



Gambar 3.1. *Direct Shear Apparatus* Tipe 50-520 CV 2-1

- a. Bahan – bahan
 1. Sampel tanah asli yang di ambil melalui tabung.
 2. Air secukupnya.
- b. Alat – alat yang digunakan
 1. Frame alat geser langsung beserta proving ring.
 2. Shear box (sel geser langsung)
 3. Extruder (alat untuk mengeluarkan sampel)
 4. Cincin (cetakan benda uji)
 5. Pisau pemotong
 6. Dial Penggeseran
 7. Stopwatch
- c. Rangkaian Kerja
 1. Mengeluarkan sampel tanah dari tabung, memasukkan cetakan benda uji dengan menekan sampel tanah.

2. Memotong dan meratakan kedua permukaan cetakan dengan pisau pemotong.
3. Mengeluarkan benda uji dari cetakan dengan ekstruder, menimbang benda uji dengan timbangan.
4. Memasukkan benda uji ke dalam cincin geser yang masih terkunci dan menutup kedua cincin geser hingga menjadi satu bagian. Posisi benda uji berada diantara dua batu pori.
5. Meletakkan cincin geser serta sampel tanah pada shear box dan mengatur stang penekan dalam posisi vertical dan tepat menyentuh bidang penekan.
6. Mengatur kecepatan geser pada layer yang telah dikonsolidasikan.
7. Membuka cincin geser dan memberikan beban pertama sebesar 3320 gram dan mengisi shear box dengan air sampai penuh sehingga benda uji terendam. Untuk pengecekan, dilakukan juga pengujian tanpa rendaman.
8. Menekan tombol start/run dan setiap 15 detik sambil membaca dial proving ring sampai pembacaan terjadi penurunan.
9. Menekan tombol stop bila pembacaan proving ring maksimum telah tercapai.
10. Percobaan dihentikan bila pembacaan proving ring maksimum dan mulai menurun dua atau tiga kali pembacaan.

11. Membersihkan cincin geser dan shear box dari kotoran sampel tanah.
12. Mengulangi langkah kerja 3 sampai 10 untuk melakukan percobaan kedua seberat dua kali beban pertama (6640gram) dan sampel ketiga seberat tiga kali beban pertama (9960gram).

d. Pengujian Triaksial

Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh parameter-parameter kekuatan geser yaitu sudut geser dalam (ϕ), kohesi (c), dan modulus elastisitas sampel (*Modulus Young*) pada kondisi tanpa konsolidasi dan tanpa drainase. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian triaksial *unconsolidated undrained*. Pengujian ini dapat dilakukan dengan cepat dan waktu yang digunakan sangat singkat dibandingkan dengan pengujian triaksial *consolidated undrained* dan pengujian triaksial *consolidated drained* karena tanah tidak diberi kesempatan untuk mengalami proses konsolidasi. Sedangkan pada pengujian triaksial *consolidated undrained* dan pengujian triaksial *consolidated drained*, benda uji dikonsolidasi terlebih dahulu sehingga memakan waktu sehari-hari bahkan berminggu-minggu.

Alat triaksial yang digunakan merupakan model MIS-235-1-03 dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 3.2. *Specification of Triaxial Test Model MIS-235-1-03*

<i>Standards</i>	<i>JGS 0520 / JGS 0521 / JGS 0522 / JGS 0523 / JGS 0524</i>
<i>Vertical loading</i>	<i>Electrically operated</i>
<i>Lateral pressure loading</i>	<i>Air regulator : 0.6 Mpa</i>
<i>Back pressure loading</i>	<i>Air regulator : 0.3 Mpa</i>
<i>Control method</i>	<i>Displacement control : 0.1-1.0 mm/min</i>
<i>Triaxial cell</i>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>One-touch clamp type</i> - <i>Specimen size : $\phi 50 \times H100$ mm</i>
<i>Measurement items</i>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Axial pressure : 2 Kn</i> - <i>Displacement : 30 mm</i> - <i>Lateral pressure : 1 Mpa</i> - <i>Pore pressure : 1 Mpa</i> - <i>Volume change : 50 cc</i>



Gambar 3.2. *Triaxial Test Model MIS-235-1-03*

- a. Bahan-bahan:
 1. Sampel dengan diameter 47 mm, panjang 93 mm sebanyak 3 (tiga) buah untuk satu titik.
 2. Air untuk media penyekapan secukupnya.
- b. Alat-alat yang digunakan:
 1. Alat pembebanan.
 2. Alat pengatur tekanan.
 3. Sel triaksial tekan.
 4. Alat ukur deformasi dan tegangan.
 5. Kain lapisan.
 6. Cetakan sampel
 7. Membrane karet.
 8. Exstruder.
 9. Grease silicon untuk membuat sambungan yang kedap air.
- c. Rangkaian kerja:
 1. Pekerjaan persiapan uji triaksial, dengan urutan:
 - a. Menempatkan bagian dasar sel pada dudukan sel dari alat pembebanan.
 - b. Membersihkan permukaan bantalan plat bagian atas dan bawah. Membersihkan benda uji dan tempatkan benda uji pada pelat bawah.
 - c. Menempatkan pelat atas pada benda uji dan mengatur posisi benda uji sehingga lurus.

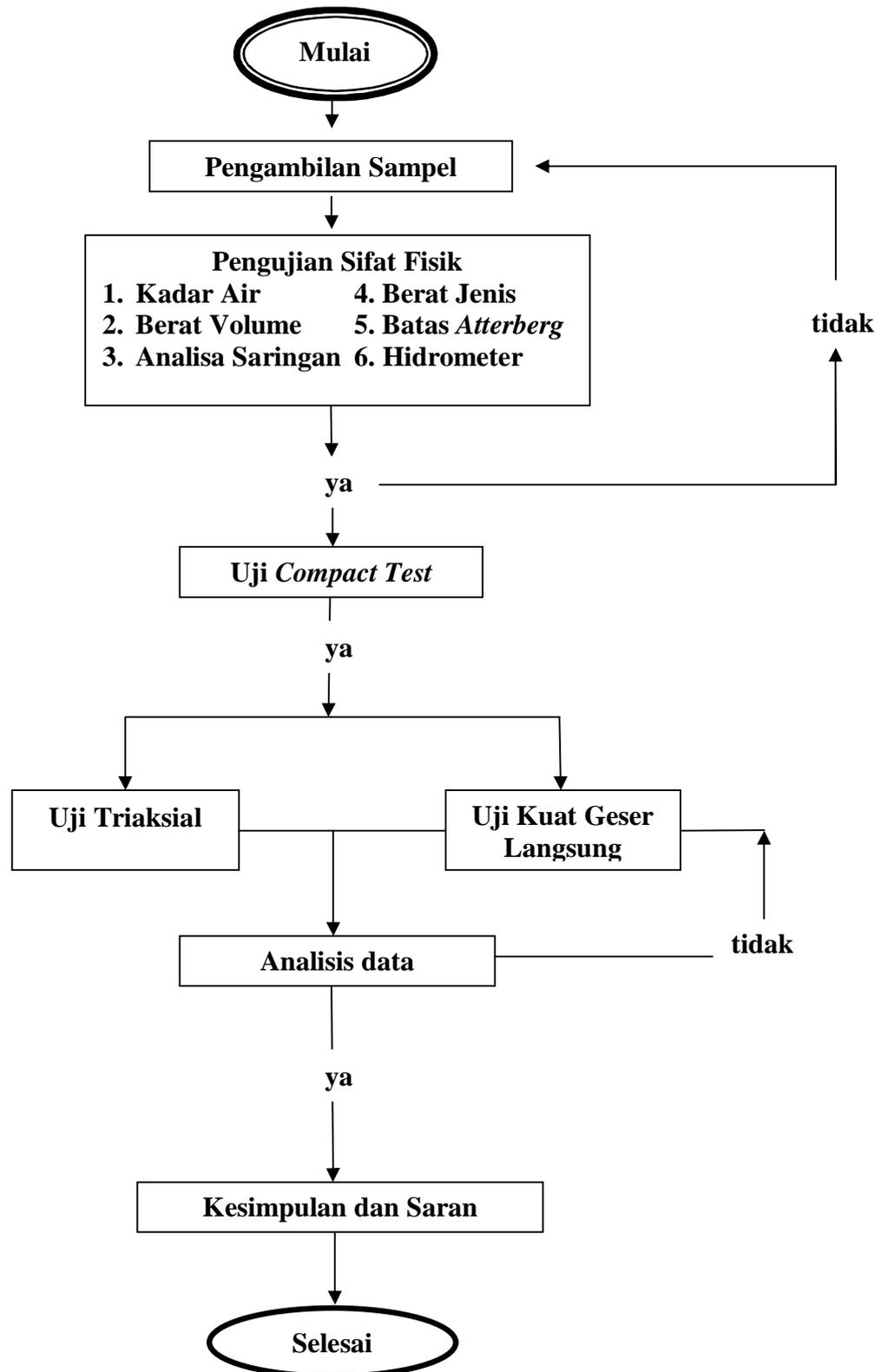
- d. Membungkus benda uji dan pelat-pelatnya dengan membran karet dan ikat membran dengan karet gelang pada pelat bagian bawah agar cairan sel tidak dapat merembes masuk ke benda uji.
 - e. Memasang benda uji di dalam silinder sel dan pasang karet gelang yang cocok disekeliling bagian dasar sel agar tidak terjadi kebocoran.
 - f. menghubungkan kabel atau pipa tekanan hidraulik.
 - g. Memasang dan mengatur alat ukur deformasi dan isi sel dengan cairan.
2. Mengatur kalibrasi untuk deformasi peralatan, dengan urutan sebagai berikut:
- a. Masukkan silinder baja yang sifat elastisnya telah diketahui kedalam peralatan.
 - b. Mengamati perbedaan deformasi antara yang terpasang dan pada alat pembebanan.
 - c. Mengurangi deformasi total pada setiap pembebanan dengan deformasi alat untuk mendapatkan deformasi benda uji.
3. Mengerjakan tahapan uji triaksial, dengan urutan:
- a. Memberi beban kira-kira $0,5\text{kg/cm}^2$ pada sel triaksial tekan dengan memakai alat pembebanan untuk mengatur posisi bagian bantalan peralatan.

- b. Mencatat pembacaan awal pada alat ukur deformasi, apabila deformasi total dicatat selama pengujian maka harus dibuat kalibrasi yang tepat untuk deformasi peralatan seperti yang diuraikan.
- c. Tingkatkan tekanan air lateral perlahan lahan hingga batas uji yang ditentukan semula dan bersama pula beri beban aksial secukupnya untuk menghindari penyimpangan alat ukur deformasi terhadap hasil pembacaan awal.
- d. Apabila batas uji tekanan cairan yang ditentukan semula tercapai baca dan catat beban aksial pada alat pembebanan.
- e. Menggunakan beban ini sebagai beban nol atau sebagai beban awal untuk pengujian.
- f. Beri beban aksial secara menerus tanpa kejutan hingga beban konstan atau berkurang atau besar regangan yang ditentukan semula tercapai.
- g. Memberi beban dengan cara menjaga kecepatan regangan tetap konstan waktu pengujian.
- h. Menjaga tekanan keliling yang ditentukan semula tetap konstan waktu pengujian dan baca serta catat hasil pengukuran deformasi yang diinginkan.
- i. Setelah pengujian selesai periksa benda uji apakah tidak terembes cairan sel.
- j. Periksa membran karet apakah tidak retak atau tidak bocor setelah pengujian selesai.

- k. Menimbang dan uji sifat fisik benda uji setelah selesai pengujian.

D. Analisis Data

Berdasarkan data hasil penelitian yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium kemudian dilakukan analisa untuk masing-masing pengujian sehingga didapatkan sifat fisik dan mekanik untuk tiap sampel tanah. Hasil data yang diperoleh dan didapatkan dari penelitian yang dilakukan diolah, kemudian hasil dari penelitian ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.



Gambar 3.3. Bagan Alir Penelitian