

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Bahan Penelitian

1. Tanah.

Dalam penelitian ini sampel tanah yang digunakan adalah tanah gambut yang berasal dari daerah Rawa Pening, Ambarawa, Jawa Tengah.

2. Belerang.

Belerang yang digunakan dalam penelitian ini adalah belerang murni yang berasal dari daerah gunung Bromo

3. Air.

Air yang dipakai adalah air PDAM yang ada di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil FTSP, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

4.2 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah semua alat yang digunakan untuk pengujian karakteristik tanah, batas-batas konsistensi tanah, Kuat Tekan Bebas dan Triaksial UU.

1. Alat Utama.

- a. Alat pemadatan standar (*Proctor*), alat ini digunakan untuk memadatkan tanah sampel dan mencari kadar air optimal, dan kepadatan maksimal tanah juga untuk membentuk sampel uji Triaksial UU dan uji Tekan Bebas.

- b. Alat uji Triaksial UU, Alat ini terdiri dari sel Triaksial dengan dinding transparan, alat untuk memberikan tekanan yang konstan pada cairan dalam sel, alat kompresi untuk menekan benda uji, membran karet, alat pengukur regangan dan gelang karet pengikat.
- c. Alat Uji Kuat Tekan Bebas.

2. Alat Bantu

Terdiri dari cawan, timbangan, gelas ukur, piknometer, hidrometer, alat pemeriksa konsistensi Atterberg (mangkok cassagrande, *grooving tool*, plat kaca, cawan susut), dan alat-alat penunjang lainnya.

4.3 Cara Pencampuran

Sampel tanah gambut yang dibuat dengan cara diadukan hingga rata, jumlah campurannya sebagai berikut ini :

1. Sampel A dengan campuran belerang 0% (sampel tanah asli).
2. Sampel B dengan campuran belerang 5%.
3. Sampel C dengan campuran belerang 10%.
4. Sampel D dengan campuran belerang 15%.
5. Sampel E dengan campuran belerang 20%.

Untuk pembuatan sampel, tanah yang baru diambil dari lokasi langsung dijemur sampai kering, dalam hal ini tanah gambut membutuhkan waktu yang cukup lama karena kadar airnya yang tinggi. Masing-masing sampel dengan rincian sebagai berikut ini :

1. Pengujian *Proctor*. Benda uji diambil dari tanah gambut yang belum dicampur belerang (0%) sebanyak 6 buah masing-masing beratnya 2 kg. Masing-masing

benda uji dicampur dengan air sebanyak 100 cc, 200 cc, 300 cc, 400 cc, 500 cc, 550 cc.

2. Pengujian Triaksial dan Kuat Tekan Bebas dengan *Curing Time*

Prosentasi \ Hari ke	5%	10%	15%	20%
0	4	4	4	4
3	Campuran optimum			
7	Campuran optimum			
14	Campuran optimum			
21	Campuran optimum			

Keterangan : 1 sampel untuk uji Kuat Tekan Bebas

3 sampel untuk uji Triaksial UU

Curing time hanya untuk campuran optimum.

Untuk kadar belerang 0% sampel diambil dari sampel uji *Proctor*.

Jumlah sampel ini dapat bertambah sesuai kebutuhan pengujian.

Untuk sampel digunakan kadar air optimum yang didapat dari uji pepadatan tanah yang belum dicampur belerang (0%).

Cara pembuatan sampel berdasarkan prosentase yang diinginkan :

$$W_{bl} = W_k \times \left(\frac{N}{100} \right) \dots \dots \dots (4.1)$$

keterangan :

W_{bl} = berat belerang (gram)

N = besarnya prosentase campuran belerang (%)

W_k = berat tanah kering (gram)

4.4 Proses Pengujian

4.4.1 Uji Kadar Air Tanah

1. Tujuan pengujian ini untuk memeriksa dan mengetahui kadar air tanah sampel.
2. Alat-alat yang digunakan, terdiri dari timbangan/neraca dengan ketelitian 0,01gr, oven, desikator, dan cawan.
3. Prosedur pelaksanaan :
 - a. Cawan dibersihkan, dikeringkan dan ditimbang (W_1) gr.
 - b. Sample tanah yang akan diperiksa ditaruh di cawan lalu ditimbang (W_2) gr.
 - c. Setelah dioven selama 16-24 jam dengan suhu 100-110°C cawan dan sampel dikeluarkan lalu ditimbang (W_3) gr.

4.4.2 Uji Berat Jenis Tanah

1. Tujuannya ununtuk mengetahui berat jenis tanah contoh, yaitu perbandingan antara berat padat dengan berat air destilasi di udara pada volume yang sama pada temperature tertentu ($27,5^0$).
2. Alat-alat yang digunakan, terdiri dari piknometer,timbangan dengan ketelitian 0,01gr, oven, desikator, saringan no 10, thermometer, kompor/alat *vacuum*, air desikator (dalam *wash bottle*).
3. Prosedur pelaksanaan :
 - a. Piknometer dibersihkan,dikeringkan lalu ditimbang (W_1)gr.
 - b. Sampel tanah dihancurkan dengan cawan porselin, kemudian dikeringkan dalam oven selama 24 jam agar benar-benar kering, setelah itu sampel ditimbang dengan ketelitian timbangan 0,01gr.

- c. Setelah kering sampel didinginkan dalam desikator kurang lebih 10 menit, lalu dimasukkan dalam piknometer dan ditutup, kemudian piknometer dipanaskan selama 10 menit dengan sesekali piknometer dimiringkan agar membantu keluarnya udara yang terperangkap diantara butiran tanah, lalu didinginkan.
- d. Setelah dingin air dalam piknometer ditambah sampai penuh dan ditutup kemudian ditimbang (W_3)gr, air dalam piknometer diukur suhunya.
- e. Piknometer dikosongkan dan dibersihkan kemudian diisi air destilasi sampai penuh, lalu ditimbang (W_4)gr.

4.4.3 Uji Berat Volume Tanah

1. Tujuannya untuk mengetahui nilai perbandingan berat tanah termasuk air dengan volume total.
2. Alat-alat yang digunakan, terdiri dari timbangan dengan ketelitian 0,01 gr, ring dan pisau.
3. Prosedur pelaksanaan :
 - a. Ring dibersihkan dan diukur diameter dan tingginya, lalu dihitung volumenya
 - b. Ring yang akan digunakan ditimbang beratnya (W_1)gr.
 - c. Ring diolesi oli kemudian ditekan dalam tanah sampel sampai menembus tanah.
 - d. Permukaan atas dan bawah ring diratakan dan sisinya dibersihkan, kemudian ditimbang (W_2)gr.

4.4.4 Uji Proktor Standar

1. Tujuan pengujian untuk menentukan kepadatan tanah maksimum dan kadar air optimum, yang nantinya digunakan untuk pembuatan sampel pengujian Triaksial dan uji Tekan Bebas.

2. Alat yang digunakan, terdiri dari silinder pemadatan, penumbuk, *extruder*, timbangan, pisau perata, saringan no 4, satu set alat untuk menguji kadar air, dan perlengkapan pencampur sampel.
3. Prosedur Pelaksanaan :
 - a. Persiapan alat dan sampel, sampel sekurang-kurangnya 6x2 kg tanah kering yang kemudian dicampur air sebanyak yang telah di tentukan (800 ml, 900 ml, 1000 ml, dan 1100 ml), silinder ditimbang dahulu sebelum diberi sampel.
 - b. Pelaksanaan pemadatan, sampel yang telah disiapkan dimasukkan dalam silinder pemadat lalu dibagi 3 kali pemadatan, tiap pemadatan ditumbuk sebanyak 25 kali.
 - c. Sampel yang telah dipadatkan diratakan permukaannya, setelah itu ditimbang bersama silindernya.
 - d. Setelah penimbangan selesai sampel dikeluarkan dari silinder kemudian diuji kadar airnya.

4.4.5 Uji Tekan Bebas

1. Tujuan pengujian untuk menentukan sudut geser dalam (ϕ), kohesi (c) dan kuat tekan bebas tanah (q_u).
2. Alat-alat yang digunakan terdiri dari seperangkat alat uji tekan bebas, tabung belah pencetak sampel, timbangan dengan ketelitian 0,01 gr, dan busur.
3. Prosedur pengujian :
 - a. Pembuatan sampel untuk Uji Tekan Bebas sebagai berikut, menumbuk tanah *disturb*, kemudian disaring dengan saringan no 4 sebanyak tanah yang dibutuhkan, kemudian menentukan kadar air tanah berdasarkan hasil uji Proktor.

- b. Masukkan sampel dalam ring dengan dipadatkan dengan besi pematik.
- c. Ratakan permukaan atas dan bawah ring, lalu sampel dikeluarkan dari ring.
- d. Sampel tanah dipasang secara sentris pada alat tekan.
- e. Bagian atas sampel diatur sampai menyentuh *plat*, dial diatur pada angka nol.
- f. Pemberian tekanan dengan mengatur kecepatan pembebanan dengan kecepatan 0,5% tiap menit atau 1,2 mm/menit dan dilakukan pembacaan dial pada interval 30 detik. Pembebanan dihentikan ketika dial regangan dianggap maksimum atau sampel mengalami perpendekan 20%.
- g. Demikian juga untuk tanah yang dicampur belerang. Uji Tekan Bebas hampir sama dengan Uji Triaksial UU. Kondisi pembebanannya sama tetapi tegangan selnya nol ($\sigma_3 = 0$). Pada saat keruntuhannya, karena $\sigma_3 = 0$ maka :

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \Delta\sigma_f = q_u \dots\dots\dots(4.2)$$

Dengan q_u adalah kuat geser tekan bebas, secara teoritis nilai $\Delta\sigma_f$ pada tanah seharusnya sama seperti yang diperoleh dari uji triaksial UU dengan benda uji yang sama, maka :

$$\Delta L = dial / 10^3 \dots\dots\dots(4.3)$$

$$\varepsilon = \Delta L / l_0 \% \dots\dots\dots(4.4)$$

$$\text{koreksi} = 1 - \varepsilon \dots\dots\dots(4.5)$$

$$A = A_0 / \text{koreksi} \dots\dots\dots(4.6)$$

$$q_u = P_{maks} / A \dots\dots\dots(4.7)$$

$$c = q_u / 2 \cdot \tan \alpha \dots\dots\dots(4.8)$$

$$\phi = 2x(\alpha - 45) \dots\dots\dots(4.9)$$

$$C_u = c$$

keterangan :

ΔL = pemendekan

dial = pembacaan pada *proving ring*

L_0 = panjang mula-mula

ε = regangan

A = luas alas sampel

A_0 = luas alas sampel mula-mula

P_{maks} = beban maksimal

q_u = beban maksimum

S_u atau C_u adalah kuat geser undrained dari tanah ($\phi = 0$)

c = kohesi tanah

α = sudut pecah

ϕ = sudut geser dalam

Hasil Uji Tekan Bebas biasanya tidak begitu meyakinkan untuk mewakili nilai parameter kuat geser tanah tak jenuh. Dalam praktek agar hasil yang dihasilkan dari Uji Triaksial sama dengan Uji Tekan Bebas pada kondisi keruntuhan ada beberapa syarat yang harus dipenuhi. Syarat tersebut antara lain :

1. Benda uji harus 100% jenuh, kalau tidak akan terjadi desakan udara didalam pori yang menyebabkan angka pori berkurang sehingga kekuatan sampel bertambah.
2. Tanah harus terdiri dari butiran yang sangat halus. Tegangan efektif awal adalah tegangan kapiler residu yang merupakan fungsi dari tekanan pori residu ($-u_r$). Hal ini berarti pengujian tekan bebas cocok untuk tanah lempung.

3. Proses pengujian harus berlangsung cepat sampai mencapai keruntuhan.

Pengujian merupakan pengujian tegangan total dan konsolidasi harus tanpa drainasi selama pengujian berlangsung. Jika waktu yang dibutuhkan terlalu lama, penguapan pada benda uji akan menambah tagangan keliling dan dapat menghasilkan keat geser yang lebih tinggi. Waktu yang ideal antara 5 sampai 10 menit, oleh karena itu sebaiknya dilakukan beberapa orang.

4.4.6 Uji Triaksial UU

Pengujian Triaksial UU menggunakan sampel yang dibuat dengan cara dipadatkan yaitu memadatkan tanah atau tanah campur belerang pada cetakan dari Proktor Standar, kemudian dicetak pada *mold* khusus untuk Uji Triaksial.

1. Tujuan pengujian ini untuk menentukan sudut geser dalam tanah dan kohesi tanah.
2. Alat-alat yang digunakan terdiri satu unit alat Triaksial, pencetak sampel tanah, pisau dan *membrane* karet.
3. Persiapan alat
 - a. Memeriksa selang pengatur tekanan jangan sampai ada gelembung udara di dalamnya.
 - b. Merubah posisi nol indikator kekanan, supaya posisi air raksa nol dan memutar skrup control kekanan, supaya gelembung udara keluar. setelah bebas gelembung udara stel nol indikator menjadi tegak lurus dan sejajar permukaan air raksa dengan jarum penunjuk pada nol, agar pembacaan tidak mengalami gangguan.
 - c. Tekanan udara dalam kompresor harus mencapai 6 kg/cm^2 pada manometer kompresor.

- d. Sebelum melakukan pengecekan, pada *back pressure* kran 1 dan 2 pada *volume change* dan buka kran 3, memberikan tekanan pada *back pressure* sekitar 2 kg/cm² tutup ujung trisumbu, memeriksa apakah ada yang bocor bila tidak ada buang tekanan sampai kembali nol.
4. Teori Pengujian, Penyetelan dan Pemasangan :
 - a. Mempersiapkan alat yang diperlukan.
 - b. Menimbang dan mengukur serta diameter sampel pada *form test*, kemudian membungkus sampel dengan kertas filter yang telah dibasahi dengan *aquades*, digunakan untuk mempermudah peresapan. kemudian menaruh kertas filter dan batu pori di atas serta di bawah sampel.
 - c. Memasang sampel pada *cell* triaksial kemudian membungkus dengan membran tipis dengan bantuan alat pemasang membran, setelah membran terpasang ikat bagian atas dan bawah sampel dengan karet.
 - d. Kemudian tutup *cell* dipasang, lalu dikunci dengan skrup, piston *cell* ditempelkan pada sampel.
 - e. Sebelum pengisian air, kran pada *volume change* dan *pressure* harus ditutup, kemudian memberi tekanan supaya air masuk kedalam. kalau sudah penuh tutup skrup pembuang udara dan *cell pressure*.
 5. Tahap Pembacaan :
 - a. Menutup *back pressure* pada *cell* triaksial.
 - b. Menutup kran *volume change* pada *cell pressure* dan kran dibawah dibuka, guna menghindari penggeseran pada waktu pembacaan.

- c. Hidupkan mesin, baca *dial* dengan *interval* 40, pada tahap penggeseran *multi stage* ini, usahakan jangan sampai sampel mengalami *failure*, kemudian mematikan mesin setelah angka maksimum didapat.

Pada uji Triaksial UU tidak diijinkan mengalirkan air ke dan dari sampel selama memberikan tegangan sel σ_3 . Sampel diuji sampai runtuh dengan memberikan tegangan deviator yang berupa tegangan aksial atau vertikal yang diberikan melalui suatu piston vertikal dengan symbol $\Delta\sigma_d$ tanpa pengaliran air ke dan dari sampel. Karena pengaliran air tidak terjadi di kedua tahap ini maka uji ini dapat berlangsung cepat. Oleh karena tegangan sel sama dengan tegangan penekap, sehingga setara dengan σ_3 , maka tegangan air pori di dalam benda uji akan naik menjadi *Unconsolidated* dengan symbol U_u . Kuat geser tanah pada kondisi terbuka tidak sama besarnya bila diuji pada kondisi tanpa drainasi. Kondisi tanpa drainasi dapat digunakan untuk kondisi pembebanan cepat pada tanah permeabilitas rendah hanya sesudah konsolidasi di bawah tambahan tegangan totalnya telah betul-betul selesai. Kuat geser tanah yang mempunyai permeabilitas rendah berangsur-angsur berubah dari kuat geser *undrained* menjadi kuat geser *drained* selama proses konsolidasi. Pada tanah yang mempunyai permeabilitas tinggi, kondisi drainasinya relevan bila tiap tambahan tegangan secara cepat tidak akan mengakibatkan timbulnya kelebihan tekanan air pori dalam tanahnya.

Kondisi pada pengujian Triaksial yang diterapkan adalah UU, yaitu tanah tidak dikonsolidasi terlebih dahulu sebelum pembebanan σ_1 . Selama pengujian tidak dilakukan drainasi air pori dan penggeseran dengan beban σ_1 dilaksanakan dengan cepat. Pengujian ini pada kondisi total, dan yang akan diperoleh adalah nilai sudut

gesek dalam dan nilai kohesi. Rumus-rumus yang digunakan dalam pengujian Triaksial yaitu :

$$\Delta H = dial / 10^2 \dots\dots\dots(4.10)$$

$$\varepsilon = \Delta H / H_0 \% \dots\dots\dots(4.11)$$

$$koreksi = 1 - \varepsilon \dots\dots\dots(4.12)$$

$$\Delta\sigma = P_{maks} / A \dots\dots\dots(4.13)$$

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \Delta\sigma \dots\dots\dots(4.14)$$

$$(\sigma_1 - \sigma_3) = \Delta\sigma \dots\dots\dots(4.15)$$

keterangan :

dial = pembacaan pada *proving ring*

ΔH = perubahan tinggi sampel akibat beban deviator

ε = regangan

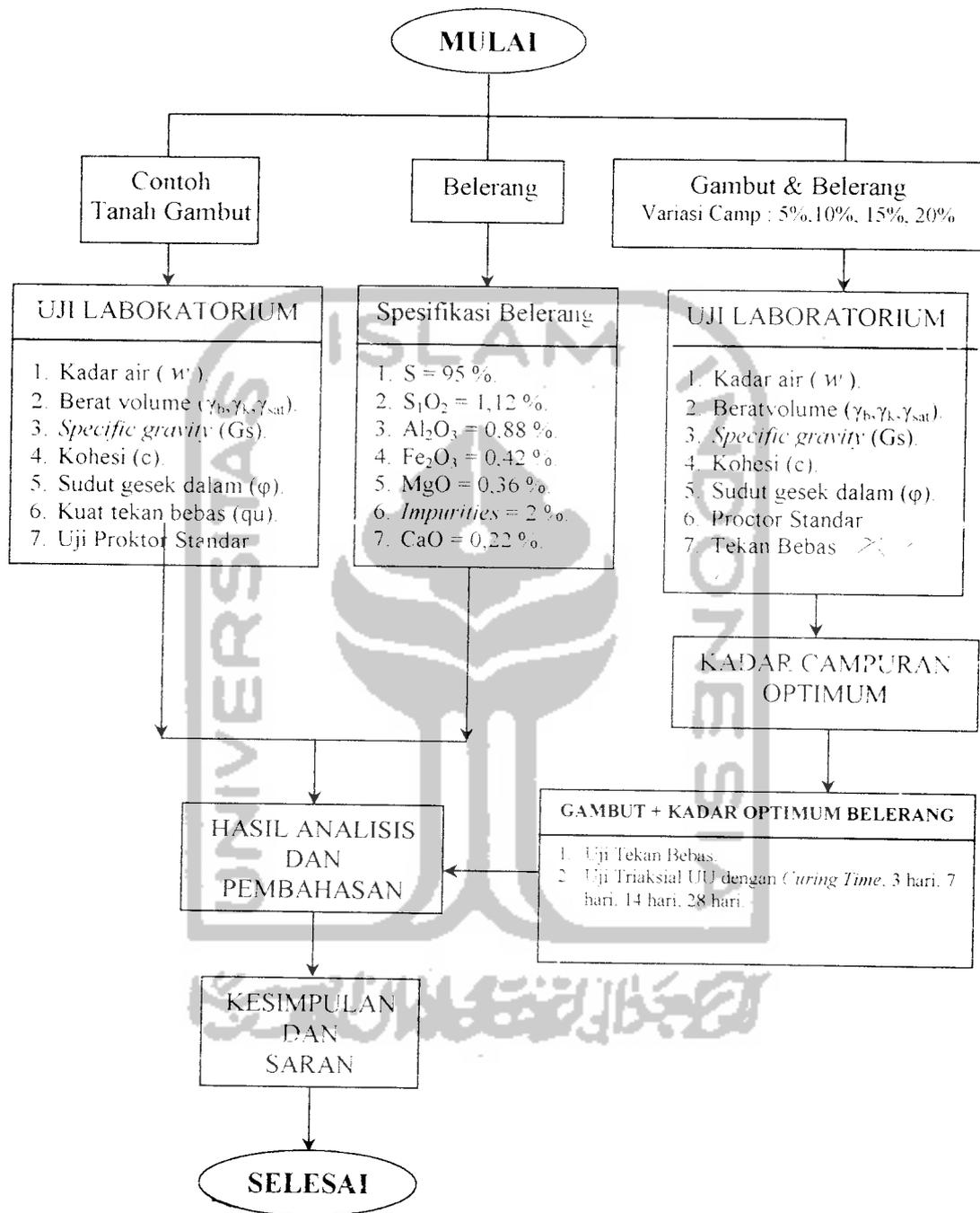
P_{maks} = beban deviator maksimum (optimum)

A = luas alas sampel

σ_1 = tegangan utama mayor

σ_3 = tegangan utama minor

$(\sigma_1 - \sigma_3)$ = tegangan deviator ($\Delta\sigma$)



Gambar 4.1. Bagan Alir Penelitian Tugas Akhir