

BAB V

METODE PENELITIAN

5.1 Pekerjaan Persiapan

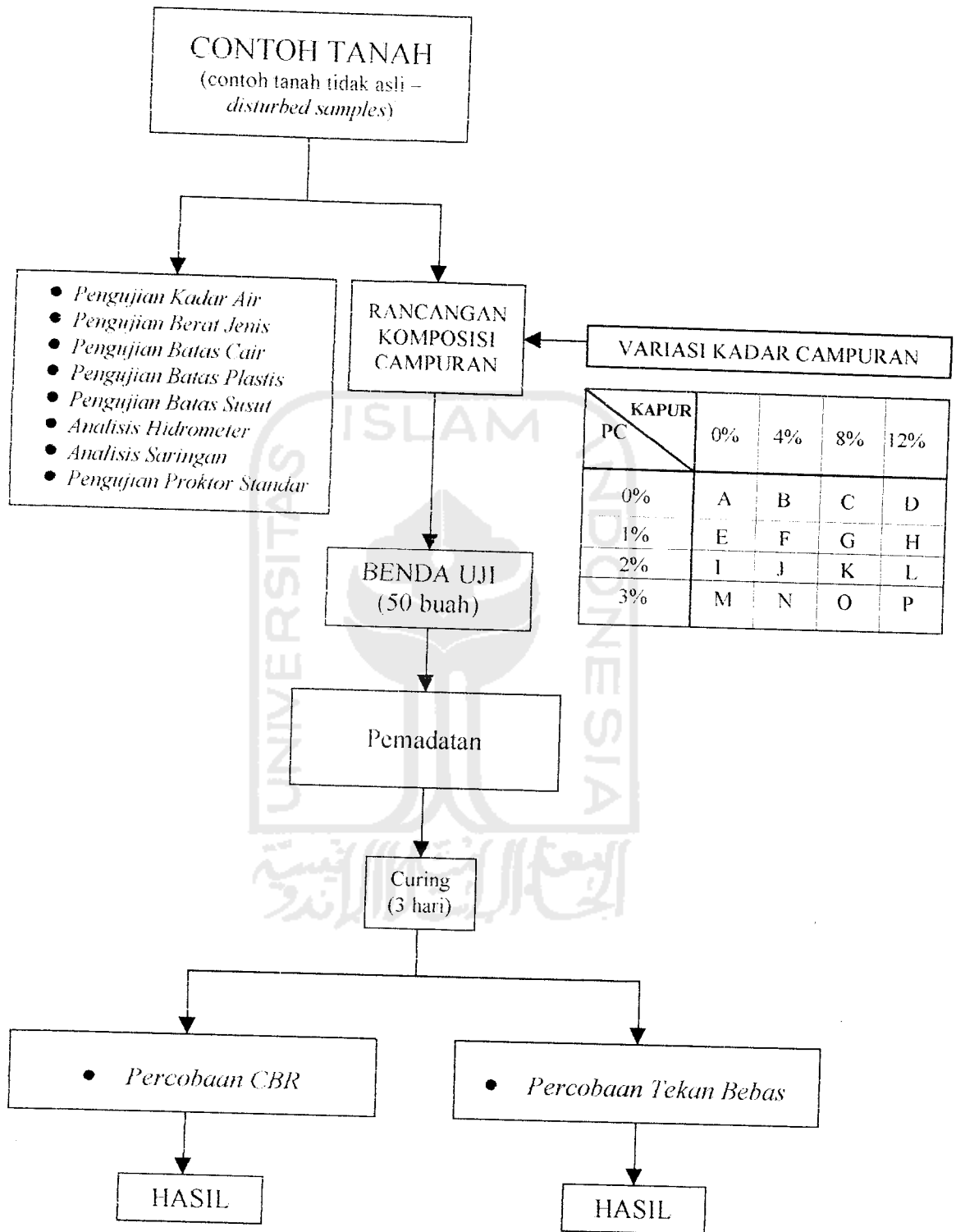
Awal dari penelitian ini yaitu pembuatan proposal penelitian yang kemudian diseminarkan. Setelah seminar disetujui dilakukan persiapan di laboratorium dan pengambilan contoh tanah di lapangan yang berupa contoh tidak asli (*disturb samples*). Pengambilan contoh tanah dilakukan dengan cara menggali tanah pada lereng bahu jalan yang mewakili tanah dasar pada titik jalan tersebut, kemudian langsung dimasukkan ke dalam kantong plastik.

5.2 Penelitian di Laboratorium

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Jalannya penelitian di laboratorium seperti pada gambar 5.1.

Pengujian pendahuluan dilakukan untuk memeriksa karakteristik atau sifat-sifat fisik contoh tanah yang terdiri dari :

1. Pengujian Kadar Air (ASTM D 2216 – 71)
2. Pengujian Berat Jenis Tanah (ASTM D 854 – 72)
3. Pengujian Batas Cair (ASTM D 423 – 66)
4. Pengujian Batas Plastis (ASTM D 424 – 74)
5. Pengujian Analisis Hidrometer (ASTM D 421 – 72)
6. Pengujian Analisis Saringan (ASTM D 422 – 72)
7. Pengujian Proktor Standar (ASTM D 698 – 70)



Gambar 5.1 Bagan Alir Penelitian di Laboratorium

Setelah dilakukan pemeriksaan sifat fisik dari contoh tanah, kemudian dibuat rancangan campuran (*mix design*) sebagai model benda uji. Adapun variasi campuran benda uji seperti dalam tabel 5.1.

Selanjutnya benda uji dirawat (*curing*) selama tiga hari sebelum dilakukan pengujian sifat mekanis dari benda uji berupa :

1. Pengujian CBR laboratorium (ASTM D 1883 – 73)
2. Pengujian Kuat Tekan Bebas (ASTM D 2166 – 86)

Tabel 5.1 Model Benda Uji untuk Pengujian CBR dan Kuat Tekan Bebas

No	Kadar Campuran (%)		Kode Benda Uji			
			Uji CBR		Uji Kuat Tekan Bebas	
	PC	Kapur	tanpa rendaman	rendaman 96 jam	I	II
1	0	0	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
2	0	4	B ₁	—	B ₃	B ₄
3	0	8	C ₁	—	C ₃	C ₄
4	0	12	D ₁	—	D ₃	D ₄
5	1	0	E ₁	—	E ₃	E ₄
6	1	4	F ₁	—	F ₃	F ₄
7	1	8	G ₁	—	G ₃	G ₄
8	1	12	H ₁	—	H ₃	H ₄
9	2	0	I ₁	—	I ₃	I ₄
10	2	4	J ₁	—	J ₃	J ₄
11	2	8	K ₁	—	K ₃	K ₄
12	2	12	L ₁	—	L ₃	L ₄
13	3	0	M ₁	—	M ₃	M ₄
14	3	4	N ₁	—	N ₃	N ₄
15	3	8	O ₁	—	O ₃	O ₄
16	3	12	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄

4.2.1 Pengujian Kadar Air

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air dari contoh tanah, yaitu perbandingan antara berat air dalam tanah dengan berat kering tanah tersebut.

a. Peralatan

- 1) cawan timbang
- 2) timbangan
- 3) oven
- 4) desikator

b. Pelaksanaan

- 1) cawan timbang dibersihkan kemudian ditimbang beratnya (W_1)
- 2) contoh tanah dimasukkan cawan kemudian ditimbang beratnya (W_2)
- 3) contoh tanah beserta cawan dimasukkan ke dalam oven dengan suhu konstan antara $105^\circ\text{C} - 110^\circ\text{C}$ selama 16 – 24 jam
- 4) contoh tanah beserta cawan dikeluarkan dari oven kemudian didinginkan dalam desikator lalu ditimbang beratnya (W_3)

c. Perhitungan

$$\text{Kadar Air (w)} = \frac{(W_2 - W_3)}{(W_3 - W_1)} \times 100\%$$

4.2.2 Pengujian Berat Jenis Tanah

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis dari contoh tanah, yaitu perbandingan antara berat butir-butir tanah dengan berat air destilasi di udara pada volume yang sama dengan temperatur tertentu ($27,5^\circ$).

a. Peralatan

- 1) picknometer
- 2) timbangan
- 3) oven
- 4) desikator
- 5) termometer
- 6) saringan No. 10
- 7) kompor pemanas
- 8) air destilasi bebas udara
- 9) cawan porselin (*mortar*)
- 10) alat penumbuk (*pestle*)

b. Pelaksanaan

- 1) contoh tanah kering oven dimasukkan ke dalam mortar dan dihaluskan dengan pestle, kemudian disaring dengan saringan No. 10
- 2) picknometer dibersihkan bagian luar dan dalamnya, kemudian ditimbang bersama dengan tutupnya (W_1)
- 3) contoh tanah yang lolos saringan No. 10 dimasukkan ke dalam picknometer, kemudian bersama-sama dengan tutupnya ditimbang beratnya (W_2)
- 4) air destilasi dimasukkan ke dalam picknometer sampai dua pertiga isinya, kemudian picknometer direbus selama ± 10 menit dengan sesekali picknometer digoyang-goyangkan untuk membantu keluarnya

gelembung udara yang terperangkap di dalam butir-butir tanah, kemudian didinginkan sampai mencapai suhu ruangan ± 20 menit

- 5) picknometer yang sudah dingin ditambah air destilasi sampai penuh dan ditutup, kemudian ditimbang beratnya (W_3), air dalam picknometer diukur suhunya dengan termometer ($t^\circ \text{C}$)
- 6) picknometer dikosongkan dan dibersihkan, kemudian diisi air destilasi sampai penuh dan ditimbang beratnya (W_4)

c. Perhitungan

$$\text{Berat Jenis } (G_s) = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

4.2.3 Pengujian Batas Cair

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan nilai batas cair contoh tanah, yaitu kadar air tanah pada keadaan antara batas cair dan plastis

a. Peralatan

- 1) mangkuk Cassagrande
- 2) alat pembarut (*grooving tool*)
- 3) cawan porselin (*mortar*)
- 4) saringan No. 40
- 5) air destilasi
- 6) seperangkat alat uji kadar air

b. Pelaksanaan

- 1) contoh tanah yang lolos saringan No. 40 dicampur dengan air di dalam cawan porselin dan diaduk hingga homogen

- 2) adukan contoh tanah dimasukkan ke dalam mangkuk Cassagrande dan diratakan, kemudian dengan alat pembarut tanah dibelah di tengah-tengah sehingga menjadi dua
- 3) mangkuk Cassagrande diputar dengan kecepatan 2 putaran per detik sampai kedua belahan bertemu sepanjang 12,7 mm dan banyaknya pukulan dihitung dan dicatat
- 4) contoh tanah diambil sebagian dan dicari nilai kadar airnya
- 5) pelaksanaan di atas diulangi empat sampai lima kali lagi dan dibuat sedemikian rupa sehingga didapat dua percobaan di bawah 25 kali pukulan dan dua percobaan di atas 25 kali pukulan
- 6) membuat kurva hubungan kadar air dengan jumlah pukulan sehingga didapat nilai batas cair dari contoh tanah

4.2.4 Pengujian Batas Plastis

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan nilai batas plastis dari contoh tanah, yaitu kadar air minimum bagi tanah dalam keadaan plastis

a. Peralatan

- 1) plat kaca
- 2) seperangkat alat uji kadar air

b. Pelaksanaan

- 1) mengambil contoh tanah dari pengujian batas cair sebanyak 30 – 50 gram
- 2) contoh tanah dibuat silinder berdiameter 1 cm dengan menggunakan tangan

- 3) contoh tanah digiling-giling diatas plat kaca dengan telapak tangan dan kecepatan giling 1,5 detik setiap gerakan maju mundur
- 4) setelah tanah mulai kelihatan retak, yang menunjukkan contoh tanah tersebut dalam kondisi plastis, dicari kadar airnya sebagai nilai batas plastis

4.2.5 Pengujian Batas Susut

Pengujian ini dimaksudkan untuk mencari nilai batas susut dari contoh tanah, yaitu kadar air minimum yang masih dalam keadaan semi solid dan juga merupakan batas antara keadaan semi solid dengan solid

a. Peralatan

- 1) cawan susut
- 2) desikator

b. Pelaksanaan

- 1) cawan susut dibersihkan dan ditimbang beratnya (W_1)
- 2) contoh tanah dari sisa pengujian batas cair ditambah air sehingga tanah berada dalam kondisi cair (*liquid*) dan dimasukkan ke dalam cawan susut sedikit demi sedikit sampai penuh sambil diketok-ketokkan di lantai agar tidak ada udara yang terperangkap di dalam cawan susut
- 3) cawan susut dan tanah dikeringkan di dalam oven dengan temperatur 60°C sampai beberapa jam, kemudian dinaikkan menjadi 100°C supaya tanah tidak pecah
- 4) cawan dan tanah dikeringkan di desikator, kemudian ditimbang beratnya (W_3) dan dihitung volumenya (V_0)

c. Perhitungan

$$\text{Batas Susut (SL)} = \left(\frac{V_0}{(W_3 - W_1) - \frac{1}{G_s}} \right) \times 100\%$$

4.2.6 Analisis Hidrometer

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan distribusi ukuran butir-butir contoh tanah yang lolos saringan No. 10.

a. Peralatan

- 1) hidrometer
- 2) timbangan
- 3) gelas ukur
- 4) gelas silinder
- 5) tabung pengendapan
- 6) mixer
- 7) air destilasi
- 8) bahan reagen

b. Pelaksanaan

- 1) membuat larutan standar pada gelas ukur dengan cara melarutkan 2 gram reagen dalam 300 cc air destilasi, kemudian yang sebagian dituang ke dalam gelas silinder
- 2) memasukkan contoh tanah sebanyak 50 – 60 gram kering oven ke dalam gelas ukur yang berisi larutan standar, kemudian direndam ± 30 menit
- 3) setelah direndam, contoh tanah dan larutan standar diaduk dengan mixer ± 10 menit sehingga menjadi suspensi

- 4) memasukkan suspensi ke dalam tabung pengendapan dan dikocok sebanyak 60 kali
- 5) menyelupkan hidrometer ke dalam suspensi dan pembacaan mulai dilakukan

4.2.7 Analisis Saringan

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan persentase ukuran butir tanah pada contoh tanah yang tertahan saringan no. 200

a. Peralatan

- 1) satu set saringan
- 2) mesin penggetar
- 3) timbangan

b. Pelaksanaan

- 1) contoh tanah yang tertahan saringan no. 200 disaring dengan satu set saringan yang disusun dengan urutan dari atas mulai no. 10, 20, 40, 60, 140, 200, dan pan saringan, kemudian diletakkan di mesin penggetar dan digetarkan selama 3 – 5 menit
- 2) butir-butir tanah yang tertahan pada masing-masing saringan ditimbang beratnya ($d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6$)

4.2.8 Pengujian Proktor Standar

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah dengan cara memadatkan tanah di dalam silinder dengan menggunakan alat penumbuk sehingga diperoleh nilai kepadatan maksimum atau

MDD (*maximum dry density*) dan kadar air optimum atau OMC (*optimum moisture content*)

a. Peralatan

- 1) cetakan silinder (*mold*) dengan leher selubung (*collar*)
- 2) alat tumbuk
- 3) alat pengeluar contoh tanah (*extruder*)
- 4) timbangan
- 5) saringan no. 4
- 6) pisau perata
- 7) seperangkat alat uji kadar air

b. Pelaksanaan

- 1) mengambil contoh tanah yang lolos saringan no. 4 sebanyak 12 kg, kemudian dibagi menjadi enam bagian dan dimasukkan ke dalam kantong plastik masing-masing 2 kg
- 2) menambah air ke dalam tiap-tiap bagian 0 cc, 100 cc, 200 cc, 300 cc, 400 cc, 500 cc, kemudian disimpan selama 24 jam sampai kadar air merata
- 3) memasukkan masing-masing contoh tanah ke dalam cetakan silinder sebanyak tiga lapis, kemudian ditumbuk sebanyak 56 kali pada tiap lapis
- 4) mencari kadar air dari masing-masing bagian

4.2.9 Pembuatan Benda Uji

Bahan stabilisator berupa PC dan Kapur yang digunakan dalam penelitian ini yaitu semen Gresik dan kapur cap Jempol, yang banyak beredar di pasaran. Semen

dan kapur ini dianggap dalam keadaan kering, tidak ada kadar air yang terkandung di dalamnya. Pelaksanaan pembuatan benda uji sebagai berikut :

- 1) menyaring contoh tanah dengan saringan no. 4, kemudian dibagi menjadi 18 bagian, dengan masing-masing bagian seberat 5 kg
- 2) menentukan nilai kadar air dan berat kering dari masing-masing bagian tersebut. nilai kadar air (w) didapat dengan pengujian kadar air, sedang berat kering (B_k) didapat dari rumus berikut :

$$B_k = \frac{5000}{1+w} \text{ (gr)}$$

- 3) menentukan berat campuran (B_c) sesuai persentase dari berat kering, kemudian menentukan nilai kadar air gabungan (w_g) dari masing-masing bagian :

$$w_g = \frac{10000 - B_k}{B_k + B_c} \times 100\%$$

- 4) menghitung penambahan air untuk masing-masing bagian :

$$\text{penambahan air} = (5000 + B_c) \left[\frac{100 + w_{opt.}}{100 + w_g} - 1 \right] \text{ (cc)}$$

- 5) menambah PC, kapur, dan air pada masing-masing bagian sesuai kadarnya, sambil diaduk-aduk hingga merata
- 6) menghitung berat benda uji (B_q) untuk uji Kuat Tekan Bebas dari masing-masing bagian :

$$B_q = \text{volume cetakan} \cdot \gamma_k \cdot (1+w)$$

- 7) dari masing-masing bagian ini dimasukkan ke dalam cetakan untuk uji Kuat Tekan Bebas sesuai dengan beratnya, sedangkan sisanya dimasukkan ke dalam cetakan CBR, kemudian dilakukan proses pemadatan dengan uji proktor, selanjutnya dirawat (curing) selama tiga hari.

4.2.10 Pengujian CBR Laboratorium

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan nilai CBR tanah atau campuran agregat yang dipadatkan di laboratorium pada kadar air optimum.

a. Peralatan

- 1) mesin penetrasi
- 2) alat pengukur pengembangan
- 3) keping beban
- 4) stopwatch
- 5) peralatan bantu lainnya (talam, alat perata, bak perendam, dan lain-lain)

b. Pelaksanaan

- 1) meletakkan benda uji yang sudah dipasangi keping beban seberat 4,5 kg di mesin penetrasi
- 2) memasang torak penetrasi dan diatur pada permukaan benda uji sehingga arloji beban menunjukkan beban permulaan sebesar 4,5 kg
- 3) memberikan pembebanan secara teratur dengan kecepatan penetrasi $\pm 1,27$ mm/menit
- 4) menggambar grafik untuk menentukan nilai CBR

4.2.11 Pengujian Kuat Tekan Bebas

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan besarnya sudut gesek dalam (ϕ), kohesi (c), dan kuat tekan bebas (q_u) dari contoh tanah

a. Peralatan

- 1) mesin penekan
- 2) timbangan

- 3) stopwatch
- 4) jangka sorong
- 5) pengukur sudut

b. Pelaksanaan

- 1) mengukur tinggi dan diameter serta menimbang berat benda uji
- 2) menempatkan benda uji diatas mesin penekan secara vertikal dan sentris pada plat dasar alat tekan, serta mengatur dial penunjuk beban dan dial pengukur regangan sehingga menunjukkan angka nol
- 3) melakukan penekanan dengan mengatur kecepatan pembebanan $\pm 1,4$ mm/menit
- 4) penekanan dihentikan apabila dial penunjuk beban sudah mengalami penurunan dua kali atau tetap tiga kali berturut-turut atau regangannya sudah mencapai 20% dari tinggi semula
- 5) mengukur sudut pecahnya (α) dengan pengukur sudut
- 6) menggambar grafik regangan-tegangan untuk menentukan tekanan aksial maksimum ($\sigma_{maks.}$)

c. Perhitungan

- 1) apabila benda uji mengalami pecah, kuat tekan bebas (q_u) = $\sigma_{maks.}$, sedang bila tidak mengalami pecah $q_u = \sigma_{20\%}$ (tekanan pada regangan 20%)
- 2) $\phi = 2 (\alpha - 45^\circ)$
- 3) $c = \frac{q_u}{2 \operatorname{tg} \alpha}$