

BAB V

METODE PENELITIAN

5.1 Bahan dan Peralatan

5.1.1 Bahan

a. Tanah

Tanah yang dipergunakan untuk penelitian adalah tanah yang berasal dari Dusun Pedusan, Desa Argosari, Kecamatan Sedayu, Kabupaten Bantul.

b. Limbah Padat Industri Tekstil (*Sludge*)

Limbah Padat Industri Tekstil (*Sludge*) yang dipergunakan untuk penelitian adalah *sludge* yang diperoleh dari hasil pengolahan pabrik tekstil PT. JOGJATEX di Jl. Surosutan No.11 Jogjakarta. *Sludge* tersebut dikeringkan terlebih dahulu, kemudian disaring no. 40.

c. Zeolit

Zeolit yang dipergunakan untuk penelitian berasal dari Bayat Kabupaten Gunung Kidul, yang diproduksi di Nanggulan Kabupaten Kulonprogo, dengan ukuran 40-60 smesh.

d. Air

Air yang dipergunakan berasal dari Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

5.1.2 Peralatan

Peralatan yang dipergunakan adalah semua alat yang terletak di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

5.2 Jalannya Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam tiga tahap, yaitu : persiapan, pekerjaan lapangan dan pekerjaan laboratorium.

5.2.1 Tahapan Persiapan

Dalam tahap persiapan ini meliputi:

- a. studi pendahuluan ,
- b. mengumpulkan informasi dan data mengenai limbah padat industri tekstil (*sludge*) yang relavan dengan penelitian ini di PT Jogjatex, Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah (BAPEDALDA) DIY, dan Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL) DIY,
- c. pengajuan proposal kepada dosen pembimbing, dan
- d. konfirmasi perijinan dari Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

5.2.2 Tahapan Pekerjaan Lapangan

Pekerjaan lapangan adalah pengambilan sampel tanah dan limbah industri padat tekstil (*sludge*) dan zeolit. Pekerjaan lapangan dilakukan dalam dua tahap, pemilihan lokasi dan pengambilan *sample* tanah. Lokasi *sample* dipilih

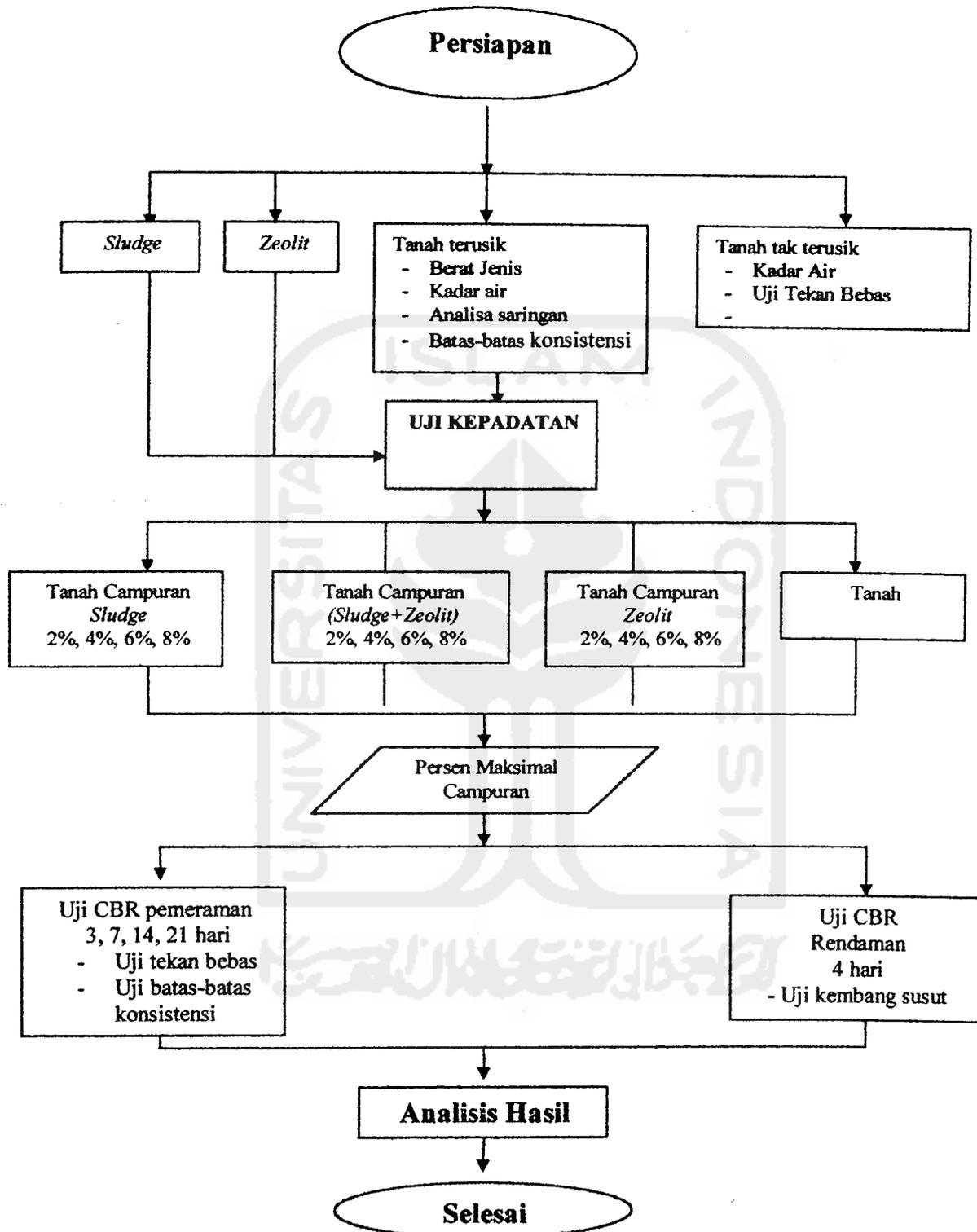
berdasarkan jenis tanah dan tebal lapisan lempung, sedangkan pengambilan sampel dilakukan untuk tanah terganggu (*disturbed*) dan tanah tak terganggu (*undisturbed*).

5.2.3 Tahapan Laboratorium

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta. Pekerjaan laboratorium adalah pengujian sifat-sifat tanah asli, tanah campuran limbah, tanah campuran zeolit dan tanah campuran limbah (*sludge*) + zeolit. Bagan alir pengujian laboratorium dapat dilihat 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 – 86)
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 Proctor Standar (ASTM D 698 – 70)



Gambar 5.1 Bagan Alir Pelaksanaan Pengujian 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 0, 3, 7, 14 dan 21 hari serta direndam selama 4 hari sebelum dilakukan pengujian sifat mekanis dari benda uji yang berupa :

1. Pengujian CBR Laboratorium (ASTM D 1883 – 73)
2. Pengujian Kuat Tekan Bebas (ASTM D 2166 – 86)
3. Pengujian Batas Cair (ASTM D 423 – 86)
4. Pengujian Batas Plastis (ASTM D 424 – 74)

Tabel 5.1 Model Benda Uji untuk Pengujian Pematatan Tanah (Proctor Test)

No	Sampel	Kadar (%)	Jml	Kode	Jumlah
1	Tanah Asli (TA)	0	3	TA ₁ , TA ₂ , TA ₃ , TA ₄ , TA ₅	15
2	Tanah Limbah (TL)	2 4 6 8	2 2 2 2	TL ₁ , TL ₂ , TL ₃ , TL ₄ , TL ₅	40
3	Tanah Zeolit (TZ)	2 4 6 8	2 2 2 2	TZ ₁ , TZ ₂ , TZ ₃ , TZ ₄ , TZ ₅	40
4	Tanah Campuran Limbah + Zeolit (TC)	2 4 6 8	2 2 2 2	TC ₁ , TC ₂ , TC ₃ , TC ₄ , TC ₅	40
TOTAL BENDA UJI					135

Tabel 5.2 Model Benda Uji untuk Pengujian CBR

No	Sampel	Kdr (%)	Tanpa Pemeraman		Uji Pemeraman		Uji CBR Redaman 4 Hari		Jml
			Jml	Kode	Jml	Kode	Jml	Kode	
1.	Tanah Asli (TA)	0	1	TA			1	TA	2
2.	Tanah Limbah (TL)	2	1	TL	4	TL 3 hr, TL 7 hr, TL 14 hr, TL 21 hr	1	TL	6
3.	Tanah Campuran (TC)	6	1	TC	4	TC 3 hr, TC 7 hr, TC 14 hr, TC 21 hr	1	TC	6
4.	Tanah Zeolit (TZ)	8	1	TZ	4	TZ 3 hr, TZ 7 hr, TZ 14 hr TZ 21 hr	1	TZ	6
TOTAL BENDA UJI									20

Tabel 5.3 Model Benda Uji untuk Tekan Bebas

No	Sampel	Kdr (%)	Tanpa Pemeraman		Uji Pemeraman		Jml
			Jml	Kode	Jml	Kode	
1.	Tanah Asli (TA)	0	2	TA ₁ , TA ₂			2
2.	Tanah Limbah (TL)	2	2	TL ₁ , TL ₂	2	TL 3 hr, TL 7 hr, TL 14 hr, TL 21 hr	10
3.	Tanah Campuran (TC)	6	2	TC ₁ , TC ₂	2	TC 3 hr, TC 7 hr, TC 14 hr, TC 21 hr	10
4.	Tanah Zeolit (TZ)	8	2	TZ ₁ , TZ ₂	2	TZ 3 hr, TZ 7 hr, TZ 14 hr, TZ 21 hr	10
TOTAL BENDA UJI							32

5.3 Prosedur *Sampling*

Pengambilan *sample* tanah di lapangan dilakukan untuk tanah tak terganggu (*undisturbed*) dan tanah terganggu (*disturbed*). Pengambilan *sample* tanah tak terganggu adalah dalam keadaan bongkahan (*block sample*). Prosedur pengambilan tanah bongkahan di lapangan adalah sebagai berikut :

- a. menentukan dan membersihkan lokasi yang akan diambil,
- b. disekeliling tanah yang diambil, digali sedalam 0,5 m sampai satu meter,
- c. tabung-tabung *sample* dari besi dengan diameter ± 7 cm dan tinggi silinder ± 30 cm, di tempatkan di lokasi tanah yang sudah digali.
- d. kemudian dipukul dengan pemukul sampai tabung tersebut masuk kedalam tanah,
- e. tabung-tabung tersebut yang sudah terisi dengan tanah diambil kembali, kemudian kedua ujung-ujungnya ditutup, agar kadar air tetap tidak berubah.

Pengambilan *sample* tanah terganggu (*disturbed*) adalah tanah langsung diambil dari lokasi kemudian dimasukkan dalam karung. *Sample* tanah untuk pemadatan dan pencampuran dikeringkan terlebih dahulu dengan cara dijemur pada sinar matahari.

5.4 Prosedur Pengujian Laboratorium

Pelaksanaan pengujian di laboratorium meliputi beberapa jenis pengujian dan dilakukan dalam beberapa tahap berikut:

- a. Pengujian fisik tanah asli tak terganggu (*undisturbed*) meliputi Pengujian Kadar Air, dan Pengujian Tekan Bebas.

- b. Pengujian fisik tanah terganggu (*disturbed*) meliputi Berat Jenis, Kadar Air, Analisa Saringan dan Batas-batas *Atterberg* yang mencakup batas cair, dan batas plastis , juga dilakukan Pengujian Tekan Bebas dan Pengujian CBR.
- c. Pengujian kepadatan standar untuk mencari kadar optimum dan berat kering maksimum, tanah asli dan tanah ditambah dengan campuran *sludge* dengan variasi persentase 2, 4, 6, dan 8 persen (%). Kadar air optimum tersebut akan digunakan untuk standar pengujian selanjutnya (UCS dan CBR).
- d. Pencampuran tanah lempung dan campuran *sludge* dengan variasi persentase 2, 4, 6 dan 8 persen (%) terhadap berat kering lempung. Percobaan *atterberg* juga dilakukan pada campuran tanah dan campuran *sludge* ini, untuk mengetahui pengaruh kadar limbah terhadap konsistensi tanah.
- e. Pengujian Durabilitas pada tanah campuran limbah untuk tiap variasi persentase kadar limbah. Pengujian ini dilakukan dengan cara pemeraman terhadap sampel tanah terhadap dengan pemadatan standar. Pada waktu pemeraman 0, 3, 7, 14, dan 21 hari dilakukan pengujian CBR dan tekan bebas untuk mengetahui kekuatan tanah pada umur pemeraman tersebut. Pemeraman dilakukan dengan membungkus *sample* tanah dengan plastik . Penyimpanan selama masa pemeraman harus dilakukan dalam ruang yang tidak langsung mendapatkan sinar matahari.

- f. Tahap b, c, d, dan e dilakukan juga untuk tanah campuran zeolit, dan tanah campuran *sludge* dan zeolit.

5.4.1 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
2. Timbangan ketelitian 0,01 gr
3. Oven
4. Desikator

b. Pelaksanaan

1. Cawan timbang dibersihkan kemudian ditimbang beratnya (W_1).
2. Contoh tanah yang dimasukkan cawan kemudian ditimbang (W_2).
3. Contoh tanah beserta cawan dimasukkan ke dalam oven dengan suhu konstan antara $100^{\circ}\text{C} - 110^{\circ}\text{C}$ selama 16-24 jam.
4. Contoh tanah beserta cawan dikeluarkan dari oven kemudian didinginkan dalam desikator lalu ditimbang beratnya (W_3).

c. Perhitungan

$$\text{Kadar air} = \frac{(W_2 - W_3)}{(W_3 - W_1)} \times 100\% \quad (5.1)$$

Keterangan :

W_1 = cawan yang sudah dibersihkan

W_2 = berat cawan dan contoh tanah sebelum dimasukkan di oven

W_3 = Berat cawan dan contoh tanah setelah dimasukkan di oven

5.4.2 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 temperature tertentu ($27,5^0$).

a. Peralatan

1. Picknometer dengan kapasitas 25 cc atau 50 cc.
2. Saringan no 10.
3. Timbangan ketelitian 0,01 gram.
4. Kompor pemanas.
5. Oven .
6. Air destilasi bebas udara.
7. Desikator.
8. Cawan porselin (*mortar*) dengan pestel (penumbuk).
9. Thermometer.

b. Pelaksanaan

1. Contoh tanah kering oven dimasukkan ke dalam mortar dan dihaluskan dengan pestel, kemudian disaring dengan saringan No. 10.
2. Picknometer dibersihkan bagian luar dan dalamnya, kemudian ditimbang dengan tutupnya (W_1).

3. Contoh tanah yang lolos saringan No. 10 dimasukkan kedalam 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 picnometer diukur suhunya dengan thermometer ($t^{\circ}\text{C}$).
6. Picknometer dikosongkan dan dibersihkan, kemudian diisi air destilasi sampai penuh dan ditimbang beratnya W_4 .

c, Perhitungan

$$\text{Berat jenis (Gs)} = \frac{(W_2 - W_3)}{W_4 - W_1 - (W_3 - W_2)} = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (5.2)$$

Keterangan :

W_1 = berat picknometer kosong

W_2 = Berat picknometer + tanah kering

W_3 = Berat Picknometer + tanah + air

W_4 = Berat picknometer + air

5.4.3 Pengujian Batas Cair

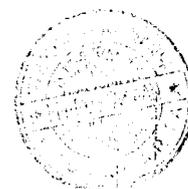
Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan nilai batas cair contoh tanah, yaitu kadar air tanah pada keadaan antara batas cair dan plastis.

a. Peralatan

1. Mangkuk *Cassagrande*
2. Alat pembarut (*grooving tool*)
3. Cawan porselin
4. Saringan No. 40
5. Air destilasi
6. Seperangkat 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 kedalam mangkuk *Casagrande* dan diratakan, kemudian dengan alat pembarut dibelah ditengah-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 dengan dicatat.
4. Contoh tanah diambil sebagian dan dicari nilai kadar airnya.
5. Pelaksanaan di atas diulangi empat kali dan dibuat sedemikain rupa sehingga didapat dua percobaan dibawah 25 kali pukulan dan dua percobaan diatas 25 kali pukulan.
6. Membuat kurva hubungan kadar air dengan jumlah pukulan sehingga didapat nilai batas cair dari contoh tanah.



5.4.4 Pengujian Batas Plastis

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

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 tercapai 3 mm dan tanah mulai kelihatan retak, *sample* tanah tersebut menunjukkan dalam kondisi batas plastis.
5. Masukkan gilingan tanah tersebut ke dalam cawan sebanyak ± 10 gram, kemudian segera dilakukan pengujian kadar air.

5.4.5 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 / tabung pengendap
5. *mixer*
6. air destilas
7. 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 kedalam gelas silinder.
2. Memasukan contoh tanah sebanyak 50-60 gram kering oven ke dalam gelas ukur yang berisi larutan standar, kemudian direndam \pm 30 menit.
3. Setelah direndam, contoh tanah dan larutan standar diaduk dengan *mixer* \pm 10 menit sehingga menjadi suspensi.
4. Memasukan suspensi ke dalam tabung pengendapan dan dikocok sebanyak 60 kali
5. Menyelupkan hydrometer ke dalam suspensi dan pembacaan mulai dilakukan.

5.4.6 Analisis Saringan

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan persentase ukuran butiran 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 diletakan di mesin penggetar dan digetarkan selama 3-5 menit.
2. Butir-butir tanah yang tertahan pada masing-masing saringan ditimbang beratnya ($d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6$).

5.4.7 Pengujian Proctor 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 (*Optimum Moisture Content*). Nilai ini akan digunakan dalam pencampuran bahan dalam pengujian CBR, tekan bebas dan batas-batas konsistensi (batas plasis dan batas cair).

a. Peralatan

- 1) Cetakan silinder (*Mold*) dengan leher selubung (*collar*).
- 2) Alat tumbuk.
- 3) Alat pengeluar contoh tanah (*extruder*).
- 4) Timbangan kapasitas 11,5 kg dengan ketelitian 5 gram.
- 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 20 kg, kemudian dibagi menjadi sepuluh bagian dan dimasukkan ke dalam kantong plastic masing-masing 2 kg.
- 2) Tiap bagian tanah tersebut dicampur air dengan dua kali variasi 100cc, 200cc, 300cc, 400 cc dan 500cc di loyang kecil, kemudian dimasukkan kembali ke dalam plastik, dan disimpan selama ± 24 jam sampai kadar air merata.
- 3) Memasukkan masing-masing contoh tanah ke dalam cetakan silinder sebanyak tiga lapis, kemudian ditumbuk sebanyak 25 kali pada tiap lapis.
- 4) Mencari kadar air dari masing-masing bagian.
- 5) Mencari berat volume tanah kering dari masing-masing bagian.
- 6) Langkah 1 - 5 dilakukan juga terhadap Tanah *sludge*, zeolit, dan Campuran *sludge* + zeolit dengan variasi 2%, 4%, 6%, dan 8%.
- 7) Untuk tanah campuran, perbandingan *sludge* dan zeolit adalah 1:1.

c. Perhitungan

1. Kadar air

$$w = \frac{(W_2 - W_3)}{(W_3 - W_1)} \times 100\% \quad (5.3)$$

Keterangan :

W_1 = cawan yang sudah dibersihkan

W_2 = berat cawan dan contoh tanah sebelum dimasukkan di oven

W_3 = Berat cawan dan contoh tanah setelah dimasukkan di oven

2. Berat volume kering (γ_k)

$$\text{berat volume tanah basah } \gamma_b = \frac{W_2 - W_1}{V} \quad (\text{gr/cm}^3) \quad (5.4)$$

$$\text{berat volume tanah kering } \gamma_k = \frac{\gamma_b}{1 + w} \quad (\text{gr/cm}^3) \quad (5.5)$$

Keterangan :

W_1 = Berat cetakan (gram)

W_2 = Berat cetakan dan benda uji (gram)

V = Volume silinder / cetakan (cm^3)

3. Buat kurva hubungan antara kadar air (w) sebagai absis dan berat volume kering sebagai ordinat (γ_k).
4. Puncak kurva merupakan nilai γ_k maksimum, dari titik puncak kurva ditarik garis *vertical* memotong absis, pada titik ini merupakan kadar air optimumnya.

5.4.8 Pengujian CBR Laboratorium

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan CBR tanah atau campuran agregat yang dipadatkan di laboratorium pada kadar air optimum. CBR adalah perbandingan beban penetrasi pada suatu bahan (dapat berupa tanah ataupun material perkerasan jalan) dengan bahan standar dengan kedalaman dan

kecepatan penetrasi yang sama. Pengujian CBR dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan material perkerasan jalan raya.

a. Peralatan

- 1) Mesin penetrasi minimal berkapasitas 4,45 ton (10.000 lb) dengan kecepatan penetrasi sebesar 1,27 mm (0,05 inc) per menit.
- 2) Cetakan silinder (*Mold*) dengan leher selubung (*collar*) dan keping alas logam yang berlobang-lobang.
- 3) Alat penumbuk sesuai dengan cara pemeriksaan pemadatan.
- 4) Alat pengukur pengembangan (*swell*) yang terdiri dari keping pengembangan yang berlubang-lubang dengan batang pengatur, tripot logam dan arloji penunjuk.
- 5) Keping beban dengan berat 2,27 kg (5 pond)
- 6) Tolak penetrasi logam.
- 7) Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram dan 0,01 gram.
- 8) Peralatan bantu lainnya (alat perata, bak perendam dan lain-lain).

b. Pembuatan Benda Uji

- 1). Menyaring contoh tanah dengan saringan no.4 kemudian dibagi menjadi 20 bagian, dengan masing-masing bagian seberat 5 kg.
- 2). *Sludge* yang masih berupa lumpur dikeringkan terlebih dahulu dipanas matahari, kemudian disaring no. 40.
- 3). Menentukan nilai kadar air dan berat kering dari masing-masing bagian tersebut. Nilai kadar air optimum (w_{op}) didapat dengan pengujian standart proctor , sedang berat kering (γ_k) didapat dengan rumus sebagai berikut:

$$\gamma_k = \frac{5000}{1 + w_{op}} \text{ (gr)} \quad (5.6)$$

4). Menentukan berat *sludge* (W_b) sesuai persentase dari berat kering,

$$W_b = \gamma_k \times \% \text{ bahan.} \quad (5.7)$$

5). Menghitung penambahan air untuk masing-masing bagian =

$$\text{Penambahan air} = 5000 \left[\frac{100 + w_{opt}}{100 + w_{awal}} - 1 \right] \text{ (cc)} \quad (5.8)$$

6). Mencampur 5 kg tanah dengan berat *sludge* dan air sampai merata, kemudian dibungkus dalam plastic dan didiamkan selama ± 24 jam.

7). Langkah 3 – 6, dilakukan juga terhadap bahan zeolit, campuran zeolit dan *sludge*.

8). Dari masing-masing bagian ini dimasukkan ke dalam cetakan CBR, kemudian dilakukan proses pemadatan dengan uji proctor dengan tumbukan 56 kali, selanjutnya dirawat (*curing*) selama 0 hari, 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 21 hari. Kemudian benda uji ini diperiksa nilai CBR-nya. Dan dari *sample* tersebut dilakukan uji tekan bebas.

9). Untuk CBR redaman dilakukan hal-hal sebagai berikut:

- a. Pasang keping pengembangan diatas benda uji dan kemudian pasang keping pemberat. Rendam cetakan beserta beban didalam air sehingga air dapat meresap dari atas maupun bawah.
- b. Pasanglah tripod beserta arloji penunjuk pengembangan. Catat pembacaan pertama dan biarkan benda uji selam 96 jam (4 hari). Pada akhir peredaman catat pembacaan arloji pengembangan.

- c. Keluarkan cetakan dari bak air dan miringkan selama 15 menit supaya air permukaan benda uji tidak terganggu.
- d. Ambil beban dari keping alas kemudian benda uji ditimbang. Kemudian benda uji CBR yang direndam diperiksa nilai CBR-nya.

b. Prosedur Pengujian

- 1) Meletakkan benda uji yang sudah dipasang kepingan beban seberat 4.5 kg di mesin penetrasi.
- 2) Memasang torak penetrasi dan diatur pada permukaan uji sehingga arloji beban menunjukkan beban permulaan sebesar 4,5 kg.
- 3) memberikan pembeban secara teratur dengan kecepatan penetrasi kurang lebih 1,27 mm/menit.
- 4) Catat beban maksimum dan penetrasinya bila pembebanan maksimum terjadi sebelum penetrasi 12,5 mm (0,5 inchi)
- 5) Keluarkan benda uji dari cetakan dan tentukan kadar air dari lapisan atas benda uji setebal 25 mm.

c. Perhitungan

1. Pengembangan (*swell*) adalah nilai perbandingan antara perubahan tinggi benda uji selama perendaman (H_2) terhadap tinggi benda uji semula (H_1) dinyatakan dalam persen.

$$\text{Swelling (h)} = \frac{H_2 - H_1}{H_1} \times 100\% \quad (5.9)$$

2. Hitung Pembebanan dalam (lbs) dan gambarkan grafik beban terhadap terhadap kedalaman penetrasi.
3. Dengan menggunakan grafik yang telah dibuat, hitung Harga CBR

$$\text{Penetrasi } 0,1'' = \frac{\text{Tekananterkoreksi}(\text{lbs}/\text{inchi}^2)}{1000} \times 100\% \quad (5.10)$$

$$\text{Penetrasi } 0,2'' = \frac{\text{Tekananterkoreksi}(\text{lbs}/\text{inchi}^2)}{1500} \times 100\% \quad (5.11)$$

4. Umumnya nilai CBR diambil pada penetrasi 0,1 “. Apabila terjadi koreksi grafik, maka beban yang dipakai adalah beban yang sudah dikoreksi pada 0,1 “ dan 0,2 “.
5. Bila nilai CBR pada 0,1 “ lebih kecil dari 0,2”, maka percobaan diulang. Apabila pada pengujian kedua ini masih lebih kecil pada 0,1”, maka nilai CBR yang dipakai adalah yang terbesar.

5.4.9 Pengujian Kuat Tekan Bebas

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

a. Peralatan

- 1) Mesin penekan.
- 2) Timbangan ketelitian 0,1 gr.
- 3) Jangka sorong.
- 4) Pengukur sudut.
- 5) Tabung cetak belah.
- 6) *Stopwach*.
- 7) Alat Pengeluar sample tanah (*ekstruder*).
- 8) Pisau.

b. Pelaksanaan

- 1) Mengukur tinggi dan diameter serta menimbang berat benda uji.
- 2) Menempatkan benda uji diatas mesin penekan secara vertical 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 penunjuk beban sedang mengalami penurunan dua kali atau tetap tiga kali berturut-turut atau regangan sudah mencapai 20% dari tinggi semula.
- 5) Mengukur sudut pecahnya (α) dengan pengukur sudut.
- 6) Menggambar grafik regangan-regangan untuk menentukan tekanan maksimum (σ_{maks}).

c. Perhitungan

1. Apabila benda uji mengalami pecah, kuat tekan bebas (q_u) = σ_{maks} , sedang bila tidak mengalami pecah $q_u = \sigma_{20\%}$ (tekanan pada regangan 20 %).
2. Sudut gesek dalam (ϕ) = $2 (\alpha - 45^\circ)$ (5.12)
3. Kohesi tanah (c) = $\frac{q_u}{2tg\alpha}$ (5.13)