

BAB V

CARA PENELITIAN

Subgrade adalah salah satu hal yang penting dalam perencanaan suatu konstruksi perkerasan jalan, karena secara keseluruhan mutu dan daya dukung konstruksi perkerasan tak lepas dari sifat bahan untuk *subgrade*. Untuk mengetahui karakteristik dari bahan yang berfungsi sebagai *subgrade* perlu diadakan penelitian di laboratorium.

Pada penelitian ini dilakukan serangkaian pengujian yang meliputi :

- a. Pengujian bahan
- b. Pengujian benda uji *subgrade*
 1. Pengujian kepadatan (*Standar Proctor*)
 2. Pengujian *CBR*

A. Pengujian Bahan

1. Asal Bahan

Tanah lempung diperoleh dari daerah Gunung Sempu yang terletak di Kabupaten Bantul Yogyakarta, sedangkan semen yang dipakai adalah type I dengan merk TIGA RODA produksi INDOCEMENT.

2. Persyaratan Dan Pengujian Bahan

Persyaratan bahan untuk *subgrade* terdiri dari tanah setempat baik *granular material* maupun *fine grained soil*. Menurut klasifikasi AASHTO untuk *subgrade* bisa A1, A3, A2-5,

A2-6, A2-7, A4, A5, A6 dan A7. Adapun pengujian sebelumnya meliputi :

a. Pemeriksaan Tanah Lempung.

1) Analisa Saringan

Analisa saringan ini dilakukan dengan dua cara, yaitu :

1. Penyaringan dengan sejumlah ayakan

2. Pengendapan

Cara pertama dilakukan untuk jenis tanah yang berbutir kasar, sedang yang kedua untuk jenis tanah yang berbutir halus. Bila suatu jenis tanah terdiri dari dua macam butiran yaitu berbutir kasar dan halus, maka kedua cara tersebut digunakan untuk menganalisa butirannya. Untuk tanah lempung pengayakan secara kering tak mungkin dilaksanakan karena antar butiran saling melekat, maka pelaksanaan penelitiannya dilakukan secara basah terlebih dahulu. Hal ini untuk memisahkan antara butiran kasar dan halus. Sedang untuk menganalisis butiran halusnya dilakukan dengan cara pengendapan.

Untuk pelaksanaan cara pengendapan dilakukan sesuai dengan PB-0107-76 atau AASHTO T-88-72*. Dari pengujian ini akan didapat jenis tanah.

2) Batas-batas Atterberg

Percobaan dilakukan pada tanah yang berbutir halus dan pada bagian tanah yang lolos saringan no. 40.

a) Batas Cair

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air

suatu tanah pada keadaan batas cair. Pelaksanaan pemeriksaan ini dilakukan sesuai dengan pedoman PB-0109-76 atau AASHTO T-89-74*.

Tanah yang telah dicampur dengan air ditaruh dalam cawan dan di dalamnya dibuat alur dengan alat *spatel*. Batas Cair adalah kadar air tanah bilamana diperlukan 25 pukulan. Percobaan ini dilakukan terhadap beberapa contoh dengan kadar air yang berbeda, dan banyaknya pukulan dihitung untuk masing-masing kadar air.

b) Batas Plastis

Pada batas plastis, kadar air ini ditentukan dengan menggiling tanah pada plat kaca sehingga diameter dari batang tanah yang dibentuk sedemikian, mencapai 1/8". Bilamana tanah menjadi pecah pada saat diameternya mencapai 1/8" maka kadar air tanah itu adalah batas plastis.

Pedoman yang digunakan pada percobaan ini sesuai dengan PB-0110-76 atau AASHTO T-90-74.

c) Indek Plastisitas

Setelah batas cair dan batas plastis diketahui dari percobaan di atas maka dapat diketahui indik plastisitasnya dengan cara mengurangkan selisih antara batas cair dan batas plastis.

3) Berat Jenis

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis dari tanah lempung yang mempunyai butiran lewat saringan no. 4 dengan *piknometer*. Berat Jenis tanah adalah perbandingan

antara berat butir tanah dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Nilai berat jenis ini rata-rata sebesar $2,65 \text{ gr/cm}^3$ dengan variasi yang agak kecil yaitu jarang dibawah $2,4 \text{ gr/cm}^3$ atau di atas $2,8 \text{ gr/cm}^3$. Berat jenis tanah lempung ini sangat penting yaitu berkaitan dengan pengujian tanah lain yang dilakukan, terutama untuk menghitung besarnya porositas dan angka pori (*Void Ratio*). Pemeriksaan Berat jenis ini dilakukan sesuai prosedur PB-0108-76 atau AASHTO T-100-74, yang hasilnya bisa dihitung dengan rumus berikut ini.

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

dengan :

W_1 = Berat piknometer (gram)

W_2 = Berat piknometer dan Bahan kering (gram)

W_3 = Berat piknometer, bahan dan air (gram)

W_4 = Berat piknometer dan air (gram)

4) Kadar air

Yang dimaksud dengan kadar air tanah ialah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah tersebut, dinyatakan dengan prosen.

Kadar air dihitung berdasarkan prosedur pelaksanaan PB-0117-76 adalah dengan rumus berikut ini.

$$w = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_3} \times 100\%$$

dengan :

W_1 = Berat cawan + tanah basah (gram)

W_2 = Berat cawan + tanah kering (gram)

W3 = Berat cawan kosong (gram)

Besarnya kadar air ini akan berpengaruh terhadap pemeriksaan yang lain terutama pemeriksaan kepadatan.

B. Pengujian Benda Uji Subgrade

1. Pengujian Kepadatan

a. Alat-alat Yang digunakan

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta dengan menggunakan alat-alat sebagai berikut :

- 1) Cetakan dengan diameter 102 mm dan tinggi 11,5 cm.
- 2) Alat tumbuk tangan dengan diameter 50,8 mm dan berat 2,5 kg serta tinggi jatuh 30 cm dengan selubung yang mempunyai paling tidak 4 buah lubang udara dengan diameter 9,5 mm.
- 3) Alat pengeluar contoh.
- 4) Timbangan kapasitas 11,5 kg dengan ketelitian 5 gram.
- 5) Oven pengering.
- 6) Alat perata dari besi dengan panjang 25 cm dengan salah satu sisi memanjang tajam dan lainnya merata.
- 7) Saringan 50 mm, 19 mm dan 4,75 mm.
- 8) Talam, alat pengaduk dan sendok.

b. Persiapan Pengujian

Pada penelitian ini digunakan bahan tanah lempung dengan variasi kadar semen 0 %; 2,5 %; 5 %; 7,5 % dan 10 % untuk

masing-masing jenis tanah lempung.

c. Pembuatan Benda Uji

- 1) Contoh tanah dikeringkan sehingga menjadi gembur kemudian ditumbuk dengan palu.
- 2) Tanah yang sudah gembur disaring dengan saringan no.4. jumlah tanah yang harus disiapkan sejumlah 15 kg.
- 3) Benda uji dibagi menjadi 6 bagian dan tiap-tiap bagian dicampur yang sudah ditentukan dan diaduk sampai rata. Penambahan air diatur sehingga didapat benda uji sebagai berikut :
 - 3 contoh dengan kadar air kurang lebih dibawah w optimum.
 - 3 contoh dengan kadar air kurang lebih di atas w optimum.Perbedaan kadar air benda uji masing-masing 1-3 %.
- 4) Masing-masing benda uji dimasukkan dalam kantong plastik dan disimpan selama 12 jam atau sampai tanah jenuh.
- 5) Cetakan dan alasnya ditimbang dengan ketelitian ± 5 gram.
- 6) Cetakan leher dan keping dijadikan satu dan ditempatkan pada alas yang kokoh.
- 7) Diambil contoh tanah yang sudah disimpan selama 12 jam, masing-masing sampel tanah tersebut dicampur dengan kadar semen 0 %; 2,5 %; 5 %; 7,5 % dan 10 % dan diaduk sampai merata kemudian dipadatkan dengan cara sebagai berikut :

Pemadatan dilakukan dengan alat penumbuk standar 2,5 kg dengan tinggi 30,5 cm. Tanah dipadatkan dalam 3 lapisan

dan tiap lapisan dipadatkan dengan 25 tumbukan.

- 8) Dipotong kelebihan bahan uji dari bagian keliling leher dengan pisau dan lepaskan leher sambung.
- 9) Ditimbang cetakan berisi benda uji dengan ketelitian \pm 5 gram.
- 10) Benda uji tersebut dikeluarkan dan diambil sebagian kecil untuk pemeriksaan kadar air.

2. Pengujian CBR

a. Alat-alat yang digunakan

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan alat-alat sebagai berikut :

- 1) Mold berbentuk silinder dengan diameter dalam 152,4 mm, tinggi 17,8 cm dengan leher sambungan yang dapat dilepas setinggi 5 cm dan plat dasar yang berlubang.
- 2) Piringan pemisah dari logam dengan diameter 150,8 mm dan tebal 61,44 mm.
- 3) Alat penumbuk dengan berat 2,5 kg diameter 5 cm dengan tinggi jatuh 30,5 cm.
- 4) Alat untuk mengukur pengembangan yang terdiri dari pelat pengembangan diameter 15 cm dan berlubang dengan diameter lubang 1,6 mm dan tripod untuk menyanggah arloji pembacaan yang dipasang pada leher sambungan.
- 5) Satu buah arloji beban dan satu buah arloji pengukur penetrasi.
- 6) Keping beban dengan berat 2,27 kg, diameter 194,2 mm dengan lubang tengah diameter 54,0 mm.

- 7) Torak penetrasi dari logam berdiameter 49,5 mm, luas 1935 mm² dan panjang tidak kurang dari 101,6 mm.
 - 8) Alat penekan.
 - 9) Peralatan lainnya seperti talam, alat perata, dan lainnya.
- b. Persiapan Pengujian

Pada penelitian ini digunakan bahan tanah lempung dengan variasi kadar semen 0 %; 2,5 %; 5 %; 7,5 % dan 10 % untuk masing-masing jenis tanah lempung dengan kadar air yang tetap.

c. Pembuatan Benda Uji

- 1) Contoh tanah dikeringkan sehingga menjadi gembur kemudian ditumbuk dengan palu.
- 2) Tanah yang sudah gembur disaring dengan saringan no.4. Tanah yang harus disiapkan sejumlah 5 kg setiap sampel.
- 3) Kemudian tanah tersebut dicampur dengan air yang sudah ditetapkan dari percobaan kepadatan dengan jumlah tetap setiap sampelnya.
- 4) Masing-masing benda uji dimasukkan dalam kantong plastik dan disimpan selama 12 jam atau sampai tanah jenuh.
- 5) Cetakan dan alasnya ditimbang dengan ketelitian \pm 5 gram.
- 6) Cetakan leher dan keping dijadikan satu dan ditempatkan pada alas yang kokoh.
- 7) Diambil contoh tanah yang sudah disimpan selama 12 jam, masing-masing sampel tanah tersebut dicampur dengan kadar semen 0 %; 2,5 %; 5 %; 7,5 % dan 10 % dan diaduk sampai merata kemudian dipadatkan dengan cara seperti tes

- kepadatan standar dengan *mold* yang ukurannya berbeda.
- 8) Setelah proses di atas selesai kemudian benda uji yang telah dipadatkan tersebut didiamkan selama 1 jam supaya bahan semen dapat melakukan ikatan awal.
 - 9) Kemudian tanah tersebut ditempatkan pada mesin penetrasi dan diatur alat-alat yang berhubungan dengan hal penetrasi tersebut.
 - 10) Setelah penetrasi selesai, benda uji dikeluarkan dari silinder dan diambil sebagian tanahnya untuk diperiksa kadar airnya.

Catatan :

Untuk mendapatkan nilai *CBR* yang akurat maka percobaan ini diulangi lagi dengan jumlah tumbukan 56 kali, sehingga didapat 2 nilai *CBR*.

C. Anggapan Dasar

Idealnya suatu penelitian harus memperhitungkan semua faktor yang terkait, karena dengan demikian akan didapatkan hasil yang benar-benar akurat. Tetapi hal itu sering mengakibatkan rumit dalam menganalisa hasilnya, sehingga kadang justru akan mengaburkan persoalan utamanya.

Maka untuk menyederhanakan masalah agar tujuan dari penelitian ini tercapai perlu membatasi lingkup penelitian dengan anggapan-anggapan dasar utamanya :

- a. Perubahan-perubahan dari nilai - nilai yang menunjukkan karakteristik *subgrade* diasumsikan hanya disebabkan oleh

faktor variabel, yaitu variasi kadar semen.

- b. Faktor-faktor pendukung, misalnya peralatan yang digunakan selama berlangsung penelitian ini dianggap keadaannya standar.
- c. Stamina peneliti dianggap dalam keadaan baik sepanjang dilakukannya penelitian, sehingga tidak perlu diperhitungkan pengaruhnya.

D. Cara Analisis

Dari hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium, diperoleh data antara lain :

- a. Berat jenis benda uji
- b. Berat benda uji
- c. Kadar air benda uji
- d. Berat volume benda uji
- e. Pembacaan arloji penetrasi

Dari data data tersebut di atas dapat dihitung nilai-nilai kepadatan dan *CBR*

1. Nilai Kepadatan

Nilai kepadatan benda uji biasanya diukur dengan menentukan berat isi kering.

Nilai kepadatan ini didapatkan dengan terlebih dahulu menghitung nilai-nilai :

- a. Berat jenis benda uji

Berat jenis ini digunakan untuk menghitung *Zero Air Voids* sebagai kontrol nilai kepadatan, dimana garis *Zero Air Voids*

harus di atas kurva kepadatan dan tidak memotong kurva tersebut. Berat jenis benda uji dihitung dengan rumus berikut ini.

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

dengan :

W1 = Berat piknometer (gram)

W2 = Berat piknometer dan Bahan kering (gram)

W3 = Berat piknometer, bahan dan air (gram)

W4 = Berat piknometer dan air (gram)

b. Berat Benda uji

Dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini.

$$X = Y - Z$$

dengan :

X = Berat benda uji (gram)

Y = Berat benda uji + cetakan (gram)

Z = Berat cetakan (gram)

c. Kadar air benda uji

Dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini.

$$w = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_3} \times 100\%$$

dengan :

W1 = Berat cawan + tanah basah (gram)

W2 = Berat cawan + tanah kering (gram)

W3 = Berat cawan kosong (gram)

d. Berat Volume Benda uji

Dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini.

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \text{ (gr/cc)}$$

dengan :

γ_b = Berat Volume benda uji (gr/cc)

W = Berat benda uji (gram)

V = Volume cetakan (cm^3)

Dari data-data tersebut di atas didapat nilai kepadatan dengan menggunakan rumus berikut ini.

$$\gamma_D = \frac{\gamma_b}{1+w} \text{ (gr/cc)}$$

dengan :

γ_D = Berat isi kering (gr/cc)

γ_b = Berat volume benda uji basah (gr/cc)

w = Kadar air benda uji (%)

2. Nilai CBR

Nilai CBR diperoleh dari hasil pembacaan arloji penetrasi. Dari nilai penetrasi ini masih perlu koreksi dengan mengalikan nilai kalibrasi.

Nilai CBR dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini.

a. Penetrasi 0,1"

$$\text{CBR} = \frac{\text{Tekanan Koreksi (lbs/inchi}^2\text{)}}{1000} \times 100\%$$

b. Penetrasi 0,2"

$$\text{CBR} = \frac{\text{Tekanan Koreksi (lbs/inchi}^2\text{)}}{1500} \times 100\%$$

E. Kesulitan dan Pemecahannya

Pada penelitian dilaboratorium, cukup banyak terjadi kesulitan-kesulitan yang menghambat jalannya penelitian, kesulitan-kesulitan tersebut antara lain :

1. Timbangan yang berada di laboratorium kebanyakan pada jangka waktu tertentu sudah tidak tepat lagi, sehingga peneliti mendapat kesulitan untuk mendapatkan hasil timbangan yang betul-betul tepat, hal tersebut bisa teratasi dengan mengadakan pengecekan setiap kali melaksanakan penimbangan meskipun akan menyita waktu yang cukup lama.
2. Alat pemadat yang masih dilakukan secara manual, sehingga peneliti harus menghitung dengan teliti agar jumlah hitungan tepat, selain itu juga cukup menyita tenaga.
3. Kerusakan-kerusakan yang terjadi pada alat pemadat dan stang pemutar pada alat pengujian CBR, sehingga menyebabkan penelitian ini berlangsung cukup lama.
4. Kecepatan alat pemutar pada alat penetrasi tidak konstan, hal ini disebabkan pemutaran dilakukan secara manual.
5. Keterbatasan dana yang peneliti miliki, sehingga tidak dapat membuat sampel dan percobaan lebih banyak untuk mendapatkan hasil yang ideal.