

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1. Bahan Penelitian.

1. Tanah Lempung.

Dalam penelitian ini sampel tanah yang digunakan adalah tanah lempung yang berasal dari daerah Salaman, Magelang, Jawa Tengah.

2. Kapur.

Pada penelitian ini digunakan hidrat kapur (*hydrate lime*) yang secara kimia biasanya disebut $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang merupakan hasil reaksi kimia dari kalsium dengan air ($\text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$) yang berupa serbuk. Kapur ini berasal dari Wonosari.

3. Pasir.

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir asal sungai Krasak, Yogyakarta.

4. Air.

Air diambil dari PDAM yang ada pada Laboratorium Mekanika Tanah FTSP, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

4.2. Data yang diperlukan.

1. Kadar air (w), dalam persen (%).
2. Berat jenis (Gs).
3. Batas cair (LL), dalam persen (%).
4. Batas plastis (PL), dalam persen (%).
5. Indeks plastisitas (IP), dalam persen (%).

6. Berat kering tanah maksimum dalam (gr/cm^3).
7. Kadar air optimum (W_{optimum}) dalam persen (%).
8. Kohesi (c), dalam kg/cm^2 .
9. Sudut gesek dalam (ϕ) dalam ($^\circ$).
10. Kuat tekan tanah (q_u), dalam (kg/cm^2).

4.3. Uji yang dilaksanakan dan Varisi Sampel.

Tanah yang akan distabilisasi memerlukan pengujian-pengujian yang dapat menentukan sesuai tidaknya jenis stabilisator tersebut, rasio stabilisator yang optimum dan efisien pada tanah yang diuji. Jenis pengujian ini dilakukan di laboratorium.

Pengujian dan variasi sampel yang akan dilaksanakan pada uji di laboratorium adalah :

Tabel 4.1 Sampel Tanah Lempung

Uji yang dilakukan	Sampel tanah lempung
Sifat-sifat Tanah	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengujian kadar air tanah 2. Pengujian berat jenis tanah 3. Pengujian batas cair 4. Pengujian batas plastis 5. Pengujian batas susut. 6. Analisis butiran.
Daya dukung	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengujian <i>proctor standard</i> 2. Uji CBR 3. Uji kuat tekan bebas

Tabel 4.2 Jumlah Sampel Tanah Lempung + Pasir
(CBR Langsung dan CBR Rendaman 4 hari)

No	Kombinasi Campuran	Jumlah	
		Langsung	Rendaman
1	Tanah Asli	2	2
2	Tanah Asli + 5% Pasir	2	2
3	Tanah Asli + 10% Pasir	2	2
4	Tanah Asli + 15% Pasir	2	2
5	Tanah Asli + 20% Pasir	2	2
TOTAL BENDA UJI		20	

Pengujian yang dilakukan :

1. Uji CBR
2. Uji Kuat Tekan Bebas.

Dari variasi campuran pasir dan tanah lempung ini, diambil tanah lempung + variasi pasir yang mempunyai nilai CBR kurang atau sama dengan 5% untuk nilai ekonomis dan kapasitas daya dukung.



Tabel 4.3 Jumlah Sampel Tanah Lempung + 10% Pasir + Kapur (CBR Langsung, CBR Rendaman 4 hari dan CBR Pemeraman 3 hari Kemudian direndam 4 hari)

No	Kombinasi Campuran	Jumlah		
		Langsung	Rendaman	Pemeraman
1	Tanah Asli + 10% Pasir + 1% Kapur	2	2	2
2	Tanah Asli + 10% Pasir + 2% Kapur	2	2	2
3	Tanah Asli + 10% Pasir + 4% Kapur	2	2	2
4	Tanah Asli + 10% Pasir + 6% Kapur	2	2	2
TOTAL BENDA UJI		24		

Pengujian yang dilakukan :

1. Uji CBR
2. Uji Kuat Tekan Bebas.

Tabel 4.4 Jumlah Sampel Tanah Lempung + 15% Pasir + Kapur (CBR Langsung, CBR Rendaman 4 hari dan CBR Pemeraman 3 hari Kemudian direndam 4 hari)

No	Kombinasi Campuran	Jumlah		
		Langsung	Rendaman	Pemeraman
1	Tanah Asli + 15% Pasir + 1% Kapur	2	2	2
2	Tanah Asli + 15% Pasir + 2% Kapur	2	2	2
3	Tanah Asli + 15% Pasir + 4% Kapur	2	2	2
4	Tanah Asli + 15% Pasir + 6% Kapur	2	2	2
TOTAL BENDA UJI		24		

Pengujian yang dilakukan :

1. Uji CBR
2. Uji Kuat Tekan Bebas.

4. Setelah oven, tanah didinginkan dalam desikator, kemudian bersama tutupnya ditimbang (w_3) gram, kemudian airnya dihitung dengan persamaan di bawah ini.

$$w = \left\{ \frac{(w_2 - w_3)}{(w_3 - w_1)} \right\} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(4.1)$$

dengan : w = kadar air (%).

w_1 = berat cawan timbangan (gram).

w_2 = berat tanah basah + cawan timbangan (gram).

w_3 = berat tanah kering + cawan timbangan (gram).

4.5.2. Pemeriksaan Berat Jenis Tanah.

Tujuannya adalah untuk mengetahui berat jenis sampel tanah, yaitu perbandingan antara berat padat dengan berat air destilasi di udara pada volume yang sama pada temperatur tertentu ($27,5^\circ \text{C}$).

Langkah kerja pemeriksaan berat jenis tanah adalah sebagai berikut :

1. Picnometer dibersihkan bagian luar dan dalamnya kemudian ditimbang bersama tutupnya (w_1).
2. Menyiapkan contoh tanah yang akan diperiksa, yaitu tanah yang sudah kering dari oven, ditumbuk dengan mortal kemudian disaring dengan ayakan no. 10.
3. Sampel pada butir 2 dimasukkan kedalam picnometer dan ditimbang beratnya, yaitu berat picnometer + tanah (w_2).
4. Air destilasi dimasukkan kedalam picnometer yang sudah diisi tang kering $\pm 2/3$ penuh, kemudian direbus dengan hati-hati selama ± 10 menit. Sekali-sekali picnometer dimiringkan untuk membantu keluarnya udara yang terperangkap diantara butir-butir tanah, kemudian didinginkan.

5. Air destilasi ditambah sampai penuh kedalam picnometer, kemudian ditutup. Bagian luar picnometer dibersihkan dengan kain kering dan ditimbang (w_3) dan suhu pada saat penimbangan diukur dengan termometer (t^0 C).
6. Picnometer segera dikosongkan dan dibersihkan, kemudian diisi penuh air destilasi, ditutup, bagian luarnya dibersihkan sampai kering dan ditimbang (w_4).

Berat jenis dihitung dengan persamaan di bawah ini.

$$G_s = \frac{(w_2 - w_1)}{(w_4 - w_1) - (w_3 - w_2)} \quad (4.2)$$

dengan : G_s = berat jenis tanah.

w_1 = berat picnometer (gram).

w_2 = berat picnometer + tanah (gram)

w_3 = berat picnometer + tanah + air (gram)

w_4 = berat picnometer + air (gram).

4.5.3. Pemeriksaan Batas Konsistensi (*Batas Atterberg*).

1. Batas Cair Tanah.

Tujuannya adalah untuk menentukan batas cair tanah. Batas cair tanah adalah kadar air tanah pada keadaan batas cair dan plastis, batas cair untuk mengetahui jenis dan sifat-sifat tanah dari bagian tanah yang mempunyai ukuran butir lolos saringan no. 40.

Langkah kerja pemeriksaan batas cair tanah seperti berikut ini :

1. Contoh tanah yang lolos saringan no. 40 sebanyak ± 500 gram dimasukkan ke dalam mangkuk porselen.
2. Kemudian tanah yang didalam mangkuk ditambahkan air sedikit demi sedikit sambil diaduk sampai merata (*homogen*).

3. Adukan tanah kemudian dimasukkan kedalam mangkuk cassagrande dan diratakan dengan spatel sehingga permukaannya rata dengan permukaan mangkuk cassagrande bagian depan dan paling bawah.
4. Dengan alat pembarut dibuat alur lurus membelah menjadi dua bagian secara simetris searah sumbu alat.
5. Mangkuk cassagrande diputar sehingga terangkat dan terjatuh pada alasnya dengan kecepatan 2 putaran per detik dan pukulan dihentikan apabila sudah terlihat ada dua bagian yang berhimpit sepanjang 12,7 mm (0,5") dan dihitung banyaknya pukulan serta dicatat dalam tabel.
6. Tanah diambil sebagian diberi tanda pada pukulan berapa tanah merapat, kemudian dimasukkan kedalam oven untuk dicari kadar airnya.
7. Sisa tanah diambil dan dikembalikan ke dalam mangkuk porselin, mangkuk cassagrande dibersihkan sebelum digunakan untuk percobaan selanjutnya.
8. Percobaan dilakukan sebanyak dua kali, hasil percobaan kemudian dibuat grafik hubungan antara kadar air tanah dengan banyaknya pukulan.

2. Batas Plastis Tanah.

Pengujian ini untuk menentukan kadar air tanah pada kondisi batas plastis.

Batas plastis adalah kadar air minimum suatu sampel tanah dalam keadaan plastis.

Langkah kerja pemeriksaan batas plastis tanah adalah sebagai berikut :

1. Sampel tanah diambil kira-kira 100 gram yang lolos saringan no. 40 lalu dimasukkan kedalam cawan porselin dan dicampur dengan air sedikit demi sedikit diaduk dengan spatula hingga homogen. Campuran ini harus berada dalam keadaan plastis, dengan ciri-ciri sebagai berikut :

- a. tanah tersebut mudah dibentuk.
 - b. tanah tersebut tidak mengotori tangan bila dipegang.
 - c. tanah tersebut tidak lengket dengan kaca, dan
 - d. apabila digiling hingga 3 mm tanah tersebut mulai kelihatan retak-retak.
2. tanah plastis tersebut digiling hingga mencapai 3 mm dan mulai kelihatan retak-retak.
 3. gilingan tanah tersebut dimasukkan kedalam cawan timbang sebanyak 8 buah, dua kaleng kemudian dicari kadar airnya.

4.5.4. Indeks Plastisitas.

Penentuan indeks plastisitas tanah didapat berdasarkan hasil pengujian batas cair dan batas plastis. Nilai indeks plastisitas adalah nilai batas cair dikurangi nilai batas plastis.

4.5.5. Distribusi Ukuran Butir.

Distribusi ukuran butir adalah suatu cara untuk menentukan persentase ukuran butir-butir tanah, yang selanjutnya akan dipergunakan untuk menentukan gradasi tanah dan klasifikasi tanah. Ada dua macam cara yang umum dipergunakan dalam menentukan butir tanah yaitu dengan menggunakan analisis hidrometer dan analisis saringan.

1. Analisis Hidrometer.

Langkah kerja analisis hidrometer adalah sebagai berikut:

- a. Membuat larutan standar.

- ❖ Reagen (*water glass*) diambil sebanyak 2 gram, kemudian dilarutkan ke dalam 300 cc air destilasi hingga larut pada gelas ukur (A).
- ❖ Larutan standar ini dibagi menjadi 2 bagian, yang satu bagian dimasukkan ke dalam tabung kapasitas 1000 cc tabung (B), sedangkan yang sebagian lagi tetap berada dalam gelas A (*gelas ukur semula*).

b. Pembacaan hidrometer.

- ❖ Pembacaan dilakukan pada setiap interval waktu 2, 5, 30, 60, 250 dan 1440 menit, dari T_0 .
- ❖ Pembacaan hidrometer dilakukan setelah suspensi dikocok sebanyak 60 kali, jam pada waktu meletakkan suspensi tersebut dianggap sebagai T_0 .
- ❖ Cara melakukan pembacaan adalah sebagai berikut :
 - Kira-kira 20 atau 25 detik sebelum pembacaan, hidrometer dari tabung gelas ketiga diambil, lalu dicelupkan dengan hati-hati dan pelan-pelan sampai mencapai kedalaman taksiran yang akan terbaca, kemudian hidrometer tersebut dilepaskan (*jangan sampai timbul goncangan*). Pada saatnya skala yang ditunjuk oleh puncak miniskus muka air dibaca = R_1 (*pembacaan belum dikoreksi*).
 - Setelah dibaca, secara pelan-pelan hidrometer dipindahkan ke dalam selinder kedua. Dalam air tabung gelas kedua ini skala hidrometer dibaca = R_2 (*koreksi pembacaan*).
 - Setelah pembacaan hidrometer selesai, dilakukan pengamatan suhu suspensi dengan termometer. Setelah pembacaan terakhir, larutan dituangkan diatas ayakan no. 200, kemudian sampel tanah yang

tertahan di atas ayakan dicuci dengan menggunakan kuas sampai air yang keluar dari ayakan benar-benar bersih. Hasil pencucian ini digunakan sebagai sampel pada analisis saringan.

Perhitungan :

1. Hitungan ukuran butir-butir kasar tersebut D (mm), yang ada didalam suspensi yang berada pada kedalaman efektif L (cm). Untuk setiap saat pembacaan T (menit) dengan persamaan di bawah ini.

$$D = K \sqrt{L/T} \dots\dots\dots(4.3)$$

dengan : D = diameter butiran (mm).

K = konstanta yang besarnya dipengaruhi oleh temperatur suspensi pada berat jenis butiran.

L = kedalaman efektif hidrometer (cm).

T = saat pembacaan (menit).

2. hitung prosentase berat (P) dari butir yang lebih kecil dari pada (D) terhadap berat kering seluruh tanah yang diperiksa dengan persamaan di bawah ini.

$$P = \frac{Rxa}{W} \times 100 \dots\dots\dots(4.4)$$

dengan : P = persentase berat butir yang lebih kecil (%).

R = pembacaan hidrometer terkoreksi.

W = berat kering tanah.

a = angka koreksi.

2. Analisis Saringan.

Tujuannya adalah untuk menentukan prosentase ukuran butiran-butiran tanah yang selanjutnya akan dipergunakan untuk menentukan gradasi tanah dan klasifikasi tanah.

Langkah kerja analisis saringan adalah sebagai berikut ini :

1. dari percobaan dengan analisis hidrometer kita sudah mendapatkan butiran tanah yang tertinggal pada saringan no. 200 yang sudah dalam keadaan kering.
2. sisa butir tanah kering tersebut ditimbang = W_s , kemudian dilakukan penyaringan dengan menggunakan saringan dengan urutan dari atas, no. 10, 20, 40, 60, 140, 200 dan pan paling bawah sendiri.
3. butir-butir tanah yang tertahan pada setiap saringan kemudian ditimbang, lalu dicatat dan dimasukkan kedalam tabel hitungan.

4.6. Pemeriksaan Sifat Mekanika Tanah.

4.6.1 Uji Pemadatan (*Proctor Standard*)

Tujuan pengujian ini adalah untuk mencari nilai kepadatan maximum (*Maximum Dry Density/MDD*) dan kadar air optimum (*Optimum Moisture Content/OMC*) dari suatu sampel tanah.

Langkah-langkah kerja uji pemadatan seperti berikut ini :

1. Persiapan Benda Uji.
 - a. Tanah yang sudah kering disiapkan, kemudian tanah yang masih berbentuk gumpalan/bongkohan dihancurkan dengan palu karet atau kayu diatas loyang.
 - b. Tanah yang sudah hancur diayak dengan saringan no. 4.

- c. Tanah yang telah lolos pada saringan no. 4, kemudian ditimbang seberat 2 kg sebanyak 6 buah, lalu dimasukkan ke dalam kantong plastik.
 - d. Bagian tanah pertama dalam loyang kemudian dicampur dengan air sebanyak 5% (100 cc). Kemudian diaduk hingga rata dan dimasukkan kembali ke dalam kantong plastik lalu diikat. Untuk selanjutnya tanah bagian kedua ditambah dengan 10% (200 cc), bagian ketiga 15% (300 cc), bagian keempat 20% (400 cc), bagian kelima 25% (500 cc) dan selanjutnya bagian keenam 30% (550 cc).
 - e. Sampel tanah yang telah dicampur dengan berbagai variasi air kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik, lalu disimpan selama kurang lebih 24 jam, agar didapat kadar air yang benar-benar merata.
2. Jalannya Percobaan.
- a. Mold standar ditimbang dengan timbangan ketelitian 1 gram dan diberi tanda agar tidak tertukar.
 - b. Collar dipasang, mur dikencangkan pada penjepitnya dan ditempatkan pada tumpuan yang kokoh.
 - c. Salah satu sampel tanah diambil dari kantong plastik yang sudah dipersiapkan, kemudian dimasukkan ke dalam mold sampai 1/3 bagian secara merata, kemudian ditumbuk dengan palu standar (5,5 lb) sebanyak 25 kali pukulan secara merata.
 - d. Hal yang sama juga dilakukan untuk lapisan kedua dan ketiga sehingga lapisan yang terakhir mengisi sebagian collar.
 - e. Collar dilepaskan dan tanah yang kelebihan diratakan dengan pisau perata.

- f. Mold dan tanah kemudian ditimbang dan dicatat beratnya.
 - g. Contoh tanah dikeluarkan dengan menggunakan extruder lalu sebagian tanah yang dikeluarkan dari mold diambil sebanyak 2 cawan untuk dicari kadar airnya.
 - h. Prosedur 3 sampai 7 diulangi untuk sampel tanah yang lain, kemudian data tersebut dimasukkan kedalam tabel sehingga didapatkan 6 buah data pemadatan.
3. Perhitungan :
- a. Menggunakan tabel pada pelaksanaan percobaan.
 - b. Membuat grafik hubungan antara γ_d dengan w .
 - c. Menggunakan grafik ZAV (*Zero Air Void*) sebagai kontrol.

4.6.2. Uji CBR Laboratorium.

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan nilai CBR tanah atau campuran agregat yang dipadatkan di laboratorium pada kadar air tertentu. CBR (*California Bearing Ratio*) adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan (dapat berupa tanah) ataupun material perkerasan jalan dengan bahan standard dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama, biasanya pengujian CBR dapat diujikan di laboratorium atau di lapangan.

Langkah-langkah kerja uji CBR Laboratorium adalah sebagai berikut :

1. Persiapan benda uji
 - a. Contoh tanah kering udara seperti digunakan pada percobaan pemadatan dengan proctor diambil sebanyak 5 kg.

- b. Tanah tersebut dicampur dengan air sampai kadar air optimum. Untuk mencapai kadar air optimum diperlukan penambahan air dengan menggunakan persamaan di bawah ini.

$$\text{Penambahan air} = 5000 \left[\frac{100 + B}{100 + A} - 1 \right] (\text{cc})$$

dengan : A = kadar air mula-mula (%).

5000 = berat sampel (gram).

B = kadar air optimum (%).

- c. Setelah diaduk hingga rata, contoh tanah dimasukkan ke dalam kantong plastik, kemudian didiamkan selama 24 jam.
- d. Cetakan (*mold*) ditimbang lalu dicatat beratnya. Cetakan dipasang pada keping alas dan dimasukkan ke dalam *spencer disk*, kemudian kertas filter dipasang di atasnya.
- e. Contoh tanah yang sudah dicampur air dipadatkan pada keadaan optimum ke dalam cetakan, kemudian dilaksanakan pemadatan sesuai dengan percobaan pemadatan.
- f. Leher sambungan (*collar*) dibuka dan tanah diratakan dengan pisau perata. Lubang-lubang yang mungkin terjadi karena lepasnya butir-butir kasar ditambal dengan bahan yang lebih halus, benda uji beserta cetakannya ditimbang kemudian dicatat beratnya.
- g. Untuk pemeriksaan CBR langsung, benda uji ini telah siap untuk diperiksa nilai CBR nya.

2. Jalannya Percobaan.

- a. Benda uji beserta keping alasnya diletakkan di atas mesin penetrasi. Keping pemberat diletakkan di atas permukaan benda uji seberat minimal 4,5 kg.
- b. Torak penetrasi dipasang dan diatur pada permukaan benda uji sehingga arloji beban menunjukkan beban permukaan sebesar 4,5 kg. Pembebanan permulaan ini diperlukan untuk menjamin bidang sentuh yang sempurna antara permukaan benda uji dengan torak penetrasi.
- c. Pembebanan diberikan secara teratur sehingga kecepatan penetrasi mendekati kecepatan 1,27 mm/menit (0,05"/menit). Pembacaan pembebanan dilakukan pada interval penetrasi 0,025" (0,64 mm).
- d. Benda uji dikeluarkan dari cetaknya, kemudian diambil dan diletakkan pada cawan dan dioven untuk dicari kadar airnya.

4.6.3. Uji Kuat Tekan Bebas.

Jalannya percobaan :

- a. sampel tanah dipasang secara sentris pada plat dasar alat tekan.
- b. sampel tanah yang menyentuh plat atas tanah, dial diatur hingga angka nol.
- c. pemberian tekanan dengan mengatur kecepatan pembebanan dengan kecepatan 0,5% tiap menit atau 1,2 mm/menit dan dilakukan pembacaan pada interval 30 detik.
- d. pembebanan dihentikan ketika dial regangan dianggap maksimum atau sampel tanah telah mengalami perpendekan 20 %.
- e. uji tekan bebas diulangi sebanyak dua kali kali pada masing-masing kadar air yang sama.