

BAB 3

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah

Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak diatas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap di antara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi air, udara ataupun keduanya. (Hary Christady Hardiyatmo). Salah satu fungsi tanah dalam ilmu teknik sipil adalah sebagai pendukung pondasi dari bangunan.

3.2 Kadar Air Tanah

Kadar air tanah ialah perbandingan berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah tersebut. Pengukuran kadar air tanah biasanya digunakan pada prosedur uji laboratorium. Jika kadar air tanah digabungkan dengan data uji lain, akan menghasilkan informasi karakteristik tanah yang signifikan. Adapun pengujiannya mengacu pada SNI 1965:2008. Adapun perhitungan pengujian kadar air tanah yaitu :

$$W = \text{Berat air (gr)} / \text{berat tanah kering (gr)} \times 100\%$$

3.3 Berat Jenis Tanah

Penentuan berat jenis tanah dilakukan di laboratorium terhadap contoh tanah yang diambil dari lapangan. Kegunaan hasil uji berat jenis tanah ini dapat diterapkan untuk menentukan konsistensi perilaku material dan sifatnya (SNI 1964:2008). Adapun perhitungan pengujian berat jenis tanah yaitu :

$$G_s = W_t / W_5 - W_3$$

Keterangan :

G_s = Berat Jenis Tanah

W_t = Berat tanah

W_5 = Berat tanah + berat picnometer + air pada suhu 20°C

3.4 Batas Cair Tanah

Penentuan batas cair tanah dilakukan di laboratotium terhadap contoh tanah yang konsistensi perilaku material dan sifatnya pada tanah kohesif, konsistensi tanah tergantung dari nilai batas cairnya. Disamping itu nilai batas cair ini dapat digunakan untuk menentukan nilai indeks plastisitas tanah yaitu nilai batas cair dikurangi dengan nilai batas plastis (SNI 1967:2008). Adapun perhitungan pengujian batas cair tanah yaitu :

$$LL = W_n (N/25)^{0,121}$$

Keterangan :

LL = Batas cair terkoreksi untuk tertutupnya alur pada 25 pukulan (%)

W_n = Kadar Air tanah (%)

N = Jumlah pukulan yang menyebabkan tertutupnya alur pada kadar tertentu

3.5 Batas Plastis Tanah

Batas plastis tanah adalah kadari air suatu tanah berubah dari keadaan plastis ke keadaan semi padat. Angka Indeks Plastisitas tanah didapat setelah pengujian Batas Cair dan Batas Plastis selesai dilakukan. Angka Indeks Plastisitas Tanah merupakan selisih angka batas cair dengan batas plastis (SNI 1966:2008). Adapun hitung batas plastis, dinyatakan dalam persen, yaitu :

Batas Plastis = Berat massa air / berat masa tanah kering x 100%

3.6 Analisa Besar Butir

Analisa saringan adalah suatu usaha untuk mendapatkan ukuran distribusi tanah dengan menggunakan saringan. Sifat-sifat suatu macam tanah tertentu banyak tergantung kepada ukuran butirnya. Oleh karena itu, pengukuran besarnya butiran tanah merupakan suatu percobaan yang sangat penting dilakukan dalam bidang Mekanika Tanah. Cara uji ini dilakukan untuk mendapatkan gradasi tanah pada klasifikasi tanah bagi perencana maupun pengawas lapangan (SNI 3423:2008).

3.7 Pemadatan Tanah

Cara uji ini dilakukan untuk mendapatkan gradasi tanah pada klasifikasi tanah bagi perencana maupun pengawas lapangan. Cara uji untuk menentukan kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum yang digunakan adalah uji kepadatan

ringan (*standard*) (SNI 1742:2008). Adapun cara perhitungan kepadatan (berat isi) kering untuk derajat kejenuhan 100% dengan rumus sebagai berikut :

$$\rho_d = (G_s \cdot \rho_w) / (100 + G_s \cdot w) \times 100\%$$

keterangan :

ρ_d = kepadatan kering, dinyatakan dalam gram/cm³

G_s = berat jenis tanah

ρ_w = kepadatan air, dinyatakan dalam gram/cm³

w = kadar air, dinyatakan dalam %

3.8 Kuat Tekan Bebas

Metode uji kuat tekan bebas tanah kohesif dimaksudkan untuk menentukan kuat tekan bebas contoh tanah yang memiliki kohesi, baik tanah tidak terganggu (*undisturbed*), dicetak ulang (*remolded*) maupun contoh tanah yang dipadatkan (*compacted*) (SNI 3638:2012). Adapun rumus untuk menghitung tegangan tekan sampai 1 kN/m² terdekat, sesuai dengan beban yang diberikan yaitu ;

$$\sigma_c = P/A_c$$

Keterangan :

σ_c = tegangan tekan, dinyatakan dalam kN/m²

P = beban yang diberikan, dinyatakan dalam kN

A_c = luas penampang rata-rata atau luas terkoreksi sesuai dengan beban yang diberikan dinyatakan dalam m²

3.9 Klasifikasi Sistem AASHTO

Pada sistem ini, tanah diklasifikasikan ke dalam tujuh kelompok besar, yaitu A-1 sampai dengan A-7. Tanah yang diklasifikasikan ke dalam A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir di mana 3 5% atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No. 200. Tanah di mana lebih dari 3 5% butirannya lolos ayakan No. 200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung (M. Das Braja 1995). Pengujian yang diperlukan pada klasifikasi tanah menggunakan sistem AASHTO antara lain pengujian batas cair, batas plastis, dan analisa besar butir.

Tabel 3.1 Klasifikasi Tanah Lapisan Tanah Dasar Jalan Raya (Sistem AASHTO)

| Klasifikasi umum | Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200) | | | | | | |
|---|--|--------------------|-------------------|---|-------------------|-------------------|------------------|
| | A-1 | | A-3 | A-2 | | | |
| Klasifikasi kelompok | A-1-a | A-1-b | | A-2-4 | A-2-5 | A-2-6 | A-2-7 |
| Analisis ayakan (% lolos) No. 10 No. 40 No. 200 | Maks 50 Maks 30 Maks 15 | Maks 50 Maks 25 | Min 51 Maks 10 | Maks 35 | Maks 35 | Maks 35 | Maks 35 |
| Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40 Batas cair (<i>LL</i>) Indeks plastisitas (<i>PI</i>) | Maks 6 | | NP | Maks 40 Maks 10 | Min 41 Maks 10 | Maks 40 Min 11 | Min 41 Min 11 |
| Tipe material yang paling dominan | Batu pecah, kerikil dan pasir | | Pasir halus | kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung | | | |
| Penilaian sebagai bahan tanah dasar | Baik sekali sampai baik | | | | | | |

| Klasifikasi umum | Tanah lanau – lempung (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200) | | | |
|---|--|--------------------|-------------------|-------------------------|
| | A-4 | A-5 | A-6 | A-7 A-7-5* A-7-6† |
| Analisis ayakan (% lolos) No. 10 No. 40 No. 200 | Min 36 | Min 36 | Min 36 | Min 36 |
| Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40 Batas cair (<i>LL</i>) Indeks plastisitas (<i>PI</i>) | Maks 40 Maks 10 | Maks 41 Maks 10 | Maks 40 Min 11 | Min 41 Min 11 |
| Tipe material yang paling dominan | Tanah berlanau | | Tanah berlempung | |
| Penilaian sebagai bahan tanah dasar | Biasa sampai jelek | | | |

*Untuk A-7-5, $PI \leq LL - 30$

†Untuk A-7-6, $PI > LL - 30$

(Sumber : Buku Mekanika Tanah Jilid 1 Braja M Das)

Klasifikasi tanah menurut AASHTO sering digunakan untuk mengkalsifikasin tanah pada pekerjaan jalan dengan tinjauan tanah dasar atau lapisan dasar. Sedangkan penerapan sistem klasifikasi tanah menurut USCS, kebanyakan digunakan untuk perencanaan pondasi, karena sistem klasifikasinya lebih spesifik. Maka dari itu, penulis memilih klasifikasi tanah menurut AASHTO karena lokasi tanah yang digunakan di peruntukan untuk pekerjaan jalan.

3.10 Stabilisasi Tanah

Menurut Bowles (1984) apabila tanah yang terdapat di lapangan bersifat lepas atau sangat mudah tertekan, atau apabila mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai, permeabilitas terlalu tinggi, atau sifat lain yang tidak diinginkan

sehingga tidak sesuai untuk suatu proyek pembangunan, maka harus dilakukan stabilisasi tanah.

3.11 Semen Slag

Semen *slag* merupakan *slag* baja hasil residu pembakaran tanur yang sudah duhaluskan, memiliki sifat *cementitious* layaknya semen yang dapat berfungsi sebagai bahan perekat agregat dan menambah kekuatan jika menjadi bahan aditif. Berikut komposisi dari semen slag produksi PT. Krakatau Semen Indonesia, Cilegon. Menurut Penelitian Mina *et al.* (2021) disajikan dalam tabel 3.2.

Tabel 3.2 Komposisi Kimia Semen Slag
Produksi PT. Krakatau Semen Slag Indonesia, Cilegon

| No. | Parameter | Oksida | Hasil uji |
|-----|------------------|--------------------------------|-----------|
| 1 | Kalsium Oksida | CaO | 45,20% |
| 2 | Silikon Oksida | SiO ₂ | 34,80% |
| 3 | Aluminium Oksida | Al ₂ O ₃ | 14,79% |
| 4 | Sulfur Oksida | SO ₃ | 1,74% |
| 5 | Ferri Oksida | Fe ₂ O ₃ | 1,34% |
| 6 | Magnesium Oksida | MgO | 0,99% |
| 7 | Titanium Oksida | TiO ₂ | 0,55% |
| 8 | Kalium Oksida | K ₂ O | 0,38% |
| 9 | Mangan Oksida | MnO | 0,25% |
| 10 | Natrium Oksida | Na ₂ O | 0,22% |
| 11 | Barium Oksida | BaO | 0,08% |
| 12 | Phospor Oksida | P ₂ O ₅ | 0,05% |
| 13 | Stronsium Oksida | SrO | 0,04% |
| 14 | Zirconium Oksida | ZrO ₂ | 0,04% |
| 15 | Chromium Oksida | Cr ₂ O ₃ | 0,01% |
| 16 | Zinc Oksida | ZnO | 30ppm |

(Sumber : Mina et al. 2021)



Gambar 3.1 Semen Slag KSI
(Sumber : Dokumentasi Penulis, 2022)

3.12 Prosedur Pengambilan Data

Data-data yang dikumpulkan berupa data primer dan sekunder. Data primer adalah data yang diambil secara langsung di lokasi penelitian. Adapun yang termasuk data primer sebagai berikut :

a). Data yang didapat dari laboratorium yaitu :

1. Menentukan Kadar Air Tanah

Prosedur Pengambilan Data :

- a) Menyiapkan alat yang dibutuhkan seperti oven, cawan, timbangan dan desicator;
- b) Bersihkan dan keringkan cawan kosong kemudian menimbang dan mencatat beratnya (W1);
- c) Memasukan contoh tanah kedalam cawan kemudian menimbangya dan mencatat beratnya (W2);
- d) Memasukan cawan beserta contoh tanah kedalam oven selama 24 jam;
- e) Setelah 24 jam, cawan dan contoh tanah dikeluarkan dari oven lalu didinginkan dengan desikator kemudian ditutup;
- f) Setelah dingin, cawan dan contoh tanah dikeluarkan dari desikator lalu menimbangya dan mencatat beratnya (W3);.

2. Menentukan Berat Jenis Tanah

Prosedur pengambilan data :

- a) Menyiapkan alat yang dibutuhkan seperti piknometer kapasitas 500 ml, desikator, timbangan, oven, thermometer, saringan no 4 dan 10, air suling, bak perendam dan kompor listrik.
- b) Bersihkan piknometer dan keringkan kemudian menimbang dan mencatat beratnya (W1);
- c) Memasukan contoh tanah kedalam piknometer lalu menimbang dan mencatat beratnya (W2);
- d) Menambahkan air suling hingga piknometer terisi $\frac{2}{3}$. Untuk tanah asli dibiarkan paling sedikit selama 24 jam.

- e) Kemudian didihkan selama ± 10 menit dan piknometer dimiringkan sambil digoyangkan sesekali untuk membantu mempercepat pengeluaran udara yang tersekap didalamnya sampai didihnya merata;
- f) Setelah didihkan, dinginkan piknometer + tanah + air hingga mencapai suhu ruangan;
- g) Lalu menambahkan air suling sampai tanda batas dan membersihkan bagian luarnya sampai kering kemudian menimbang dan mencatat beratnya (W3);
- h) Menentukan volume piknometer sampai tanda batas dengan cara memasukan air suling kedalam piknometer lalu mengeringkan bagian luarnya kemudian menimbang dan mencatat beratnya (W4);

3. Menentukan Batas Cair Tanah

Prosedur pengambilan data :

- a) Menyiapkan alat yang dibutuhkan seperti alat baku penentu batas cair/Casagrande, alat pembuat alur/grooving tool, cawan porselen, cawan kadar air, saringan nomor 40, timbangan, cawan kadar air 4 buah, air suling dan oven;
- b) Menyaring benda uji yang lolos saringan nomor 40 sebanyak 200 gram;
- c) Memasukan benda uji kedalam cawan porselen pencampur sebanyak 50 gram dan menambahkan air sedikit demi sedikit lalu mengaduknya sampai benda uji homogen;
- d) Apabila sudah merata, letakan sebagian benda uji kedalam alat baku penentu batas cair/Casagrande sehingga mengukur dari dasar mangkok benda uji paling tebal 1 cm;
- e) Membuat alur menggunakan grooving tool sehingga contoh tanah terbagi menjadi dua bagian yang sama besar.
- f) Memutar alat tersebut sehingga mangkok tersebut kelihatan naik turun memukul-mukul alasnya, dengan kecepatan dua pukulan perdetik;
- g) Melakukan pemutaran ini terus-menerus sampai terjadi singgungan antara dua alur tadi;
- h) Mengambil bagian alur contoh tanah yang bersinggungan dan memasukan kedalam cawan kadar air dan menimbang serta mencatat beratnya;

- i) Memasukan cawan kadar air dan contoh tanah tadi kedalam oven selama 24 jam;
- j) Setelah 24 jam, mengeluarkan benda uji dan cawan kadar air dari oven lalu memasukan kedalam desikator ± 1 jam;
- k) Mengeluarkan benda uji dan cawan kadar air dari desikator lalu menimbang dan mencata beratnya;
- l) Menghitung nilai kadar air;.

4. Menentukan Batas Plastis Tanah

Prosedur pengambilan data :

- a) Menyiapkan alat yang dibutuhkan seperti plat kaca, cawan porselen, pastel, batang kawat ukuran ± 3 mm, saringan nomor 40, timbangan, cawan kadar air, desikator, air suling dan oven;
- b) Menyiapkan benda uji yang lolos saringan nomor 40 sebanyak 200 gram;
- c).Memasukan benda uji kedalam cawan porselen pencampur dan menambahkan air sedikit demi sedikit lalu mengaduknya sampai kadar airnya homogen;
- d) Setelah kadar air merata, membuat bola– bola tanah tadi menggiling diatas kaca. Penggilingan dilakukan dengan telapak tangan dengan kecepatan 80 – 90 gilingan per menit;
- e) Melakukan penggilingan terus menerus sampai benda uji membentuk batang dengan diameter ± 3 mm lalu biarkan beberapa menit agar terjadi penurunan terhaap nilai kadar airnya;
- f) Pengadukan dan penggilingan dilakukan terus menerus sampai retakan-retakan terjadi lalu masukan batang-batang yang retak kedalam cawan;
- g) Menimbang cawan + contoh tanah lalu mencatat beratnya
- h) Memasukan cawan + contoh tanah kedalam oven selama ± 24 jam;
- i) Setelah ± 24 jam, keluarkan dari oven lalu dinginkan di desikator;
- j) Setelah didinginkan, menimbang cawan + contoh tanah dan mencatat beratnya;
- k) Menghitung kadar air;

5. Analisa Besar Butir

Prosedur pengambilan data;

- a) Menyiapkan alat yang dibutuhkan seperti timbangan, satu set saringan, oven, *sieve shaker*, cawan, sekop, dan palu karet.
- b) Mengambil sampel tanah dan masukan kedalam cawan setelah itu masukan kedalam oven selama ± 2 jam;
- c) Mengambil tanah yang sudah di oven ke dalam cawan yang sudah diketahui beratnya. Benda uji yang dibutuhkan adalah sebanyak 500 gram;
- d) Menyusun satu set ayakan. Disusun paling bawah adalah pan, disusul oleh no.200, 100, 50, 30, 16, 8, dan no.4 (semakin keatas, no. saringan semakin kecil);
- e) Memasukan benda uji pada saringan paling atas dari susunan saringan. Kemudian meletakkan susuna saringan pada mesin electrical shieve shaker lalu menggetarkannya selama 15 menit;
- f) Menimbang saringan dan benda uji yang tertinggal disaringan serta menimbang berat saringannya.

6. Pematatan Tanah

Prosedur pengambilan data;

- a) Menyiapkan alat yang dibutuhkan seperti silinder pematatan, penumbuk, dongkrak, timbangan, pisau perata, saringan nomor 4, oven, talam, dan botol berisi air suling;
- b) Menyiapkan contoh tanah yang akan di uji, setiap sample sebanyak 2,7 kg dan sudah lolos saringan nomor 4;
- c) Mencampur dan mengaduk tanah hasil ayakan dengan air dalam talam hingga merata dan tanah bisa dikepal tapi mdah dilepas (hancur);
- d) Membersihkan mold yang akan digunakan dan menimbang beratnya;
- e) Menyambungkan mold dengan sambungan tabung (collar) agar pada saat penumbukan hammer tidak meleset keluar;
- f) Memasukan benda uji $1/3$ dari mold;
- g) Menumbuk dengan hammer sebanyak 9 kali dengan pola yang benar;
- h) Memasukan benda uji $2/3$ dari mold;
- i) Menumbuk dengan hammer sebanyak 8 kali dengan pola yang benar;
- j) Memasukan benda uji hingga mold terisi penuh;

- k) Menumbuk dengan hammer sebanyak 8 kali dengan pola yang benar;
- l) Membuka sambungan tabung di atasnya dan meratakan permukaan tanahnya dengan pisau perata;
- m) Menimbang mold dan contoh tanah;
- n) Mengeluarkan tanah dari mold dengan menggunakan alat pengeluar benda uji dan ambil sampel atas dan bawah lalu masukan kedalam cawan dan menimbangnya;
- o) Masukan kedalam oven selama 24 jam lalu mengeluarkannya dan ditimbang.

7. Kuat Tekan Bebas

Prosedur pengambilan data;

- a) Menyiapkan alat yang dibutuhkan seperti mesin tekan bebas, cetakan benda uji, pisau perata, timbangan, jangka sorong, stopwatch, dan oven;
- b) Menimbang cetakan benda uji;
- c) Memadatkan contoh tanah dengan kadar air dan kepadatan yang diinginkan, pemadatan dilaksanakan pada ring silinder pemadatan dan ditumbuk;
- d) Meratakan tanah dengan pisau perata;
- e) Menimbang ring silinder beserta benda uji;
- f) Mengeluarkan contoh tanah yang telah padat dari ring silinder dengan menggunakan alat pengeluar benda uji;
- g) Mengukur dan mencatat ukuran diameter dan tinggi benda uji;
- h) Menempatkan benda uji pada alat tejab, berdiri vertikal dan sentris pada pelat dasar alat;
- i) Mengatur alat tekan, sehingga pelat atas menyentuh benda uji;
- j) Mengatur arloji ukur pada cincin beban arloji pengukuran regangan pada pembacaan nol;
- k) Mengerjakan alat beban kecepatan 0,5 – 2% terhadap tinggi benda uji per menitnya. Kecepatan ini diperkirakan, sedemikian sehingga pecahnya benda uji tidak melampaui 10 menit;
- l) Mencatat pembacaan arloji pengukur beban dan arloji pengukur regangan setiap 30 detik;
- m) Menghentikan pembebanan apabila tambak beban yang bekerja telah mengalami penurunan.

- n) Mengukur dan mencatat tinggi benda uji;
- o) Menimbang cawan, kemudian menimbang cawan beserta benda uji;
- p) Memasukan cawan dan beserta benda uji ke dalam oven selama 24 jam;
- q) Mengeluarkan benda uji dari oven setelah 24 jam;
- r) Menimbang cawan serta benda uji.