

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Tanah**

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dari bahan-bahan organik yang telah melapuk disertai dengan zat cair dan zat gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat (Das, 1995).

Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap endap di antara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi air, udara, ataupun yang lainnya (Hardiyatmo, 1992).

Menurut Bowles (1984), tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut :

- a. Berangkal (*boulders*) adalah potongan batuan yang besar, biasanya lebih besar dari 250 sampai 300 mm dan untuk ukuran 150 mm sampai 250 mm, frakmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles/pebbles*).
- b. Kerikil (*gravel*) adalah partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.
- c. Pasir (*sand*) adalah partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, yang berkiras dari kasar dengan ukuran 3 mm sampai 5 mm sampai bahan halus yang berukuran  $< 1$  mm.
- d. Lanau (*silt*) adalah partikel batuan yang berukuran dari 0,002 mm sampai 0,0074 mm.
- e. Lempung (*clay*) adalah partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm yang merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif.
- f. Koloid (*colloids*) adalah partikel mineral yang diam dan berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

#### **2.2 Klasifikasi Tanah**

Klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi memiliki sifat yang serupa ke dalam kelompok dan sub

kelompok. Sistem klasifikasi ini menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi namun tidak ada yang benar-benar memberikan penjelasan yang tegas mengenai kemungkinan pemakaiannya (Braja m. Das, 1995).

Klasifikasi tanah atau sistem klasifikasi tanah merupakan suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda namun mempunyai sifat serupa dikelompokkan berdasarkan pemakaiannya dipengaruhi oleh ukuran butir. Dari 8 ukuran butir yang berbeda dapat dibagi menjadi beberapa kelompok yaitu kerikil (*gravels*), pasir (*sand*), lanau (*silts*), dan lempung (*clays*). Terdapat dua sistem klasifikasi tanah yang dipakai dengan memperhitungkan ukuran butir dan batas-batas Atteberg. Kedua sistem klasifikasi tersebut yaitu sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) dan sistem klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*).

Klasifikasi tanah menurut USCS adalah klasifikasi tanah yang umum digunakan. Dalam klasifikasi USCS terdapat dua kelompok besar tanah yaitu :

- 1) Tanah berbutir kasar (*coarse grained soil*) yaitu tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% tanah lolos ayakan No. 200. Dalam kelompok ini digunakan dua simbol yaitu G untuk gravel atau krikil dan S untuk sand atau pasir.
- 2) Tanah berbutir halus (*fine grained soil*) yaitu tanah yang dimana 50% beratnya lolos ayakan No. 200. Dalam kelompok ini digunakan simbol M untuk lanau, C untuk lempung, O untuk lanau-lempung organik, dan PT untuk tanah gambut serta tanah dengan kadar organik tinggi.

simbol-simbol yang digunakan:

W = *well graded* (tanah bergradasi baik)

P = *poorly graded* (tanah bergradasi buruk)

L = *low plasticity* (plastisitas rendah  $LL < 50$ )

H = *high plasticity* (plastisitas tinggi  $LL > 50$ )

Sistem klasifikasi tanah berdasarkan AASTO :

Sistem klasifikasi AASHTO berguna untuk menentukan kualitas tanah guna pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (*subbase*) dan tanah dasar (*subgrade*). Karena sistem ini ditujukan untuk pekerjaan jalan tersebut, maka penggunaan sistem ini dalam prakteknya harus dipertimbangkan terhadap maksud aslinya.

Sistem ini membagi tanah ke dalam 7 kelompok utama yaitu A-1 Sampai dengan A-7. Tanah yang terklasifikasikan dalam kelompok A-1, A- 2, dan A-3 merupakan tanah granuler yang memiliki partikel yang lolos saringan No. 200 kurang dari 35%. Tanah yang lolos saringan No. 200 lebih dari 35% diklasifikasikan dalam kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7.

Tanah-tanah dalam kelompok ini biasanya merupakan jenis tanah lanau dan lempung. Sistem klasifikasi menurut AASHTO disajikan dalam Tabel 3.5 yang mana didasarkan pada kriteria sebagai berikut ini :

1. Ukuran partikel

- a. Kerikil : fraksi yang lolos saringan ukuran 75 mm (3 in) dan tertahan pada saringan No. 10.
- b. Pasir : fraksi yang lolos saringan No. 10 (2 mm) dan tertahan pada saringan No. 200 (0,075 mm).
- c. Lanau dan lempung : fraksi yang lolos saringan No. 200.

2. Plastisitas

Tanah berbutir halus digolongkan lanau bila memiliki indek plastisitas,  $PI \leq 10$ , dan dikategorikan sebagai lempung bila mempunyai indek plastisitas,  $PI \geq 11$ .

### 2.3 Sifat-sifat Tanah

Di permukaan bumi ini, ada berbagai jenis tanah yang dapat ditemukan. Sifat- sifat tanah dibagi menjadi beberapa kelompok yaitu sifat fisik tanah, sifat biologi tanah, dan sifat kimia tanah.

### 2.4 Sifat Fisik Tanah

Sifat-sifat tanah ini meliputi beberapa hal, antara lain bahan induk tanah, tekstur tanah, struktur, warna tanah, konsistensi tanah, suhu, lengas, permeabilitas tanah, porositas tanah dan juga drainase tanah.

1. Bahan induk tanah

Bahan induk adalah materi utama dari tanah yang dibentuk oleh berbagai faktor melalui proses kimiawi, biologis dan fisika. Bahan induk tanah secara umum adalah Quartz ( $SiO_2$ ), Kalsit ( $CaCO_3$ ), Feldspar dan Biotit.

2. Tekstur tanah

Komponen mineral dari tanah adalah pasir, lumpur dan tanah liat, proporsi dari kombinasi ketiga bahan tersebut akan menentukan tekstur tanah (menyerupai kombinasi antara tepung, air dan telur). Hal yang dipengaruhi oleh tesktur tanah mencakup porositas, permeabilitas (kemampuan menyerap), infiltrasi, dan kapasitas kandungan air. Tanah dan Pasir dan lumpur merupakan produk dari material induk yang mengalami proses fisika dan kimiawi. Tanah liat merupakan produk dari pengendapan material induk yang larut sebagai material sekunder.

### 3. Kepadatan tanah

Tingkat kepadatan tanah umumnya berkisar antara 2,6 hingga 2,75 gram per cm<sup>3</sup> dan biasanya tidak dapat berubah. Kepadatan partikel tanah yang banyak mengandung material organik lebih rendah daripada tanah yang sedikit mengandung material organik. Tanah dengan kepadatan rendah dapat menyimpan air lebih baik namun bukan berarti cocok untuk pertumbuhan tanaman. Tanah dengan kepadatan tinggi menunjukkan tingkat kandungan pasir yang tinggi.

### 4. Porositas tanah

Porositas mirip seperti kepadatan, hanya saja porositas berarti ruang kosong (pori pori) diantara tekstur tanah yang tidak terisi dengan mineral atau bahan organik namun terisi oleh gas atau air. Semakin tinggi kepadatan tanah maka semakin rendah porositasnya dan sebaliknya semakin rendah kepadatan tanah semakin rendah porositasnya. Idealnya, total porositas dari tanah adalah sekitar 50% dari total volume tanah. Ruang untuk gas dibutuhkan tanah untuk menyediakan oksigen yang berguna untuk organisme dalam menguraikan material organik, humus dan akar tanaman. Porositas juga mendukung pergerakan serta penyimpanan air serta nutrisi.

Tingkat porositas tanah dibagi menjadi 4 kategori yaitu sangat baik dengan tingkat porositas kurang dari 2 mikro meter, baik dengan tingkat porositas 2-20 mikro meter, sedang dengan tingkat porositas 20-200 mikro meter dan kasar dengan porositas 200 mikro meter hingga 2 mili meter.

### 5. Temperatur tanah

Tanah memiliki temperatur yang bervariasi mulai dari tingkat dingin ekstrim - 20 derajat celcius hingga tingkat panas ekstrim mencapai 60 derajat

celcius. Temperatur tanah penting bagi germinasi biji tanaman, pertumbuhan akar tanaman serta menyediakan nutrisi bagi tanaman tersebut. Tanah yang berada 50cm dibawah permukaan cenderung memiliki temperatur yang lebih tinggi sekitar 1,8 derajat celcius.

#### 6. Warna tanah

Warna tanah seringkali menjadi faktor paling dasar bagi kita untuk membedakan jenis-jenis tanah. Umumnya, warna tanah ditentukan oleh kandungan material organik, kondisi drainase, minearologi tanah dan tingkat oksidasi.

Pengembangan dan distribusi warna tanah berasal dari proses kimiawi dan tingkat pelapukan material organik. Ketika mineral primer dalam bahan induk lapuk, elemen tanah akan dikombinasikan pada senyawa dan warna yang baru. Mineral besi merupakan mineral sekunder yang akan menghasilkan warna kuning atau kemerahan pada tanah, material organik akan menghasilkan warna hitam kecoklatan atau coklat (warna subur). Manggan, sulphur dan nitrogen akan menghasilkan warna hitam.

#### 7. Konsistensi tanah

Konsistensi tanah berarti kemampuan tanah untuk menempel pada objek lain dan kemampuan tanah untuk menghindari deformasi atau berpisah. Konsistensi diukur dengan 3 kondisi kelembapan yaitu: kering, lembap dan basah. Konsistensi tanah bergantung pada tingkat banyaknya tanah liat.

#### 8. Struktur tanah

Struktur adalah bentuk atau susunan dari partikel-partikel primer tanah hingga partikel partikel sekunder. Struktur tanah berfungsi memodifikasi pengaruh tekstur terhadap kondisi drainase atau aerasi tanah.

#### 9. Suhu tanah

Suhu tanah merupakan salah satu factor yang mempengaruhi aktivitas mikrobiologi dan perkecambahan benih tanaman. Secara umum , semakin tinggi suhu suatu tanah hingga mencapai batas tertentu, semakin banyak aktivitas biologis dan perkecambahan yang dapat terjadi.

### 2.4.1 Sifat kimia tanah

Sifat kimia tanah adalah sifat yang tidak bisa diamati secara langsung,

seperti struktur atau penyusun tanah: unsur hara, pH, dll.

### 1. Reaksi Tanah (pH Tanah)

Reaksi tanah menunjukkan sifat kemasaman atau alkalinitas tanah yang dinyatakan dengan nilai pH. Nilai pH menunjukkan banyaknya konsentrasi ion hidrogen ( $H^+$ ) di dalam tanah. Semakin tinggi kadar ion  $H^+$  di dalam tanah, semakin masam tanah tersebut. Hal ini berbanding terbalik dengan ion  $OH^-$  di dalam tanah. Pada tanah alkalis kandungan  $OH^-$  lebih banyak dari  $H^+$ . Bila kandungan ion  $H^+$  sama dengan  $OH^-$  maka tanah bereaksi netral yaitu mempunyai pH=7.

Pentingnya pH tanah adalah untuk :

- 1). Menentukan mudah tidaknya unsur-unsur hara diserap oleh tanaman.
- 2). Menunjukkan kemungkinan adanya unsur-unsur beracun.
- 3). Mempengaruhi perkembangan mikroorganisme.

### 2. Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Kation adalah ion bermuatan positif seperti  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{+}$ ,  $K^{+}$ ,  $Na^{+}$ ,  $NH_4^{+}$ ,  $H^{+}$ ,  $Al^{3+}$ , dan sebagainya. Di dalam tanah kation-kation tersebut terlarut di dalam air tanah atau dijerap oleh koloid-koloid tanah.

Kapasitas tukar kation merupakan sifat kimia yang sangat erat hubungannya dengan kesuburan tanah. Tanah dengan KTK tinggi mampu menyerap dan menyediakan unsur hara lebih baik daripada tanah dengan KTK rendah. Tanah dengan KTK tinggi bila didominasi oleh kation basa, Ca, Mg, K, Na (kejenuhan basa tinggi) dapat meningkatkan kesuburan tanah,. Karena unsur-unsur hara terdapat dalam kompleks jerapan koloid maka unsur-unsur hara tersebut tidak mudah hilang tercuci oleh air

### 3. Unsur-unsur Hara Esensial

Unsur-unsur hara esensial merupakan unsur hara yang diperlukan oleh tanaman dan fungsinya dalam tanaman tidak dapat digantikan oleh unsur lain, sehingga bila tidak terdapat dalam jumlah yang cukup di dalam tanah, tanaman tidak dapat tumbuh optimal. Unsur-unsur hara ini dapat berasal dari udara, air, atau tanah.

### 2.4.2 Sifat Biologis Tanah

#### 1. Total Mikroorganisme Tanah

Mikroorganisme tanah bertanggung jawab atas pelapukan bahan organik dan pendauran unsur hara. Dengan demikian mikroorganisme tanah mempunyai pengaruh terhadap sifat fisik dan kimia tanah (Anas 1989). Tanah yang subur mengandung berbagai mikroorganisme, populasi yang tinggi ini menggambarkan adanya suplai makanan atau energi yang cukup ditambah lagi dengan temperatur yang sesuai, ketersediaan air yang cukup, kondisi ekologi lain yang mendukung perkembangan mikroorganisme pada tanah tersebut.

#### 2. Jumlah Bakteri Pelarut Fosfat (P)

Bakteri pelarut P pada umumnya dalam tanah ditemukan di sekitar perakaran yang jumlahnya berkisar 103 - 106 sel/g tanah. Bakteri ini dapat menghasilkan enzim Phosphatase maupun asam-asam organik yang dapat melarutkan fosfat tanah maupun sumber fosfat yang diberikan (Santosa et.al.1999 dalam Mardiana 2007). Fungsi bakteri tanah yaitu turut serta dalam semua perubahan bahan organik, memegang monopoli dalam reaksi enzimatik yaitu nitrifikasi dan pelarut fosfat.

#### 3. Jumlah Fungi Tanah

Fungi berperan dalam perubahan susunan tanah. Fungi tidak berklorofil sehingga mereka menggantungkan kebutuhan akan energi dan karbon dari bahan organik. Fungi dibedakan dalam tiga golongan yaitu ragi, kapang, dan jamur. Kapang dan jamur mempunyai arti penting bagi pertanian. Bila tidak karena fungi ini maka dekomposisi bahan organik dalam suasana masam tidak akan terjadi (Soepardi 1983).

#### 4. Total Respirasi Tanah

Respirasi mikroorganisme tanah mencerminkan tingkat aktivitas mikroorganisme tanah. Pengukuran respirasi (mikroorganisme) tanah merupakan cara yang pertama kali digunakan untuk menentukan tingkat aktifitas mikroorganisme tanah. Pengukuran respirasi telah mempunyai korelasi yang baik dengan parameter lain yang berkaitan dengan aktivitas mikroorganisme tanah seperti bahan organik tanah, transformasi N, hasil antara,pH dan rata-rata jumlah

mikroorganisme (Anas 1989).

## 2.5 Tanah Kembang Susut

Definisi umum dari tanah kembang susut adalah tanah lempung yang mempunyai sifat kembang susut yang besar, sifat kembang susut ini sangat dipengaruhi oleh kandungan air yang ada di dalam tanah tersebut. Jika kandungan airnya banyak maka tanah tersebut akan mengembang dan kekuatan daya dukungnya akan berkurang, demikian sebaliknya jika kadar airnya berkurang atau kering maka tanah itu akan menyusut dan mengakibatkan tanah pecah-pecah di permukaannya sedangkan daya dukungnya akan meningkat. Mineral utama pembentuk tanah lempung adalah *Montmorillonite*, *Illite*, dan *Kaolinite*. Ketiga mineral tersebut membentuk kristal Hidro Aluminium Silikat ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2 \cdot k\text{H}_2\text{O}$ ), namun demikian ketiga mineral tersebut mempunyai sifat dan struktur dalam yang berbeda satu dengan lainnya

Tanah-tanah yang banyak mengandung lempung mengalami perubahan volume ketika kadar air berubah. Perubahan itulah yang membahayakan bangunan. Tingkat pengembangan secara umum bergantung pada beberapa faktor, yaitu :

- 1) Tipe dan jumlah mineral yang ada di dalam tanah.
- 2) Kadar air.
- 3) Susunan tanah.
- 4) Konsentrasi garam dalam air pori.
- 5) Sementasi.
- 6) Adanya bahan organik, dll.

Secara umum sifat kembang susut tanah lempung tergantung pada sifat plastisitasnya, semakin plastis mineral lempung semakin potensial untuk menyusut dan mengembang.



**Gambar 2. 1** Tanah Kembang Susut

## 2.6 Stabilitas Tanah

Stabilisasi tanah adalah proses atau teknik yang digunakan untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanik dari tanah agar lebih kokoh dan tahan terhadap beban atau kondisi lingkungan tertentu. Adapun tujuan stabilisasi tanah adalah untuk mengikat dan menyatukan agregat material yang ada. Dapat juga dikatakan bahwa stabilisasi tanah ialah usaha meningkatkan daya dukung (mutu) tanah yang sudah tergolong baik. Menurut (Bowles, 1991), stabilisasi dapat terdiri dari salah satu tindakan berikut :

1. Meningkatkan kerapatan tanah,
2. Menambah material yang tidak aktif, sehingga meningkatkan kohesi atau tahanan gesek yang timbul,
3. Menambahkan bahan agar terjadi perubahan-perubahan kimiawi dan atau fisik tanah,
4. Menurunkan muka air tanah, dan
5. mengganti tanah yang buruk.

Ada beberapa metode stabilisasi tanah yang umum digunakan, di antaranya:

1. Pemadatan tanah (*Compaction*): Proses pemadatan melibatkan peningkatan kepadatan dan berat volume tanah dengan menerapkan tekanan pada permukaan tanah menggunakan alat pemadat, seperti wala, roller, atau alat pemadat lainnya. Pemadatan mengurangi pori-pori tanah dan

meningkatkan daya dukungnya.

2. Pengeringan tanah (*Drainase*): Mengurangi kandungan air dalam tanah dapat meningkatkan stabilitasnya. Drainase dilakukan dengan membangun sistem saluran pembuangan, saluran air permukaan, atau sistem drainase bawah tanah.
3. Stabilisasi dengan bahan tambahan (*Additive Stabilization*): Metode ini melibatkan campuran tanah dengan bahan tambahan, seperti kapur, abu terbang, fly ash, atau puing-puing beton. Bahan tambahan ini meningkatkan sifat-sifat tanah dan stabilitasnya.
4. Penggunaan paku tanah (*Soil Nailing*): Soil nailing melibatkan pemasangan paku atau batang logam ke dalam tanah dengan cenderung ke belakang. Hal ini meningkatkan stabilitas dinding atau lereng tanah.
5. Perkuatan dengan dinding penahan (*Retaining Walls*): Dinding penahan berfungsi untuk menahan tekanan lateral tanah dan menjaga stabilitas tanah di sekitar struktur.

Metode atau cara memperbaiki sifat-sifat tanah ini juga sangat bergantung pada lama waktu pemerasan, hal ini disebabkan karena di dalam proses perbaikan sifat-sifat tanah terjadi proses kimia yang dimana memerlukan waktu untuk zat kimia yang ada di dalam *addictive* untuk bereaksi. Untuk mencapai tujuan tersebut, proses stabilisasi ini dapat dilakukan dengan cara yang sederhana seperti pemadatan hingga menggunakan teknik yang lebih efektif yakni dengan mencampur tanah dengan bahan lain.

#### **2.6.1 Kadar air**

Kadar air tanah diukur dalam persen volume, yang merupakan persentase volume air terhadap volume tanah. Metode untuk menentukan kadar air adalah dengan mengeringkan sejumlah tanah basah dalam oven pada suhu 1000 C - 1100 C selama periode tertentu. Air yang hilang selama proses pengeringan merupakan jumlah air yang terkandung dalam tanah tersebut. Air irigasi yang memasuki tanah mula-mula menggantikan udara yang terdapat dalam pori makro dan kemudian pori mikro. Jumlah air yang bergerak melalui tanah berkaitan dengan ukuran pori-pori pada tanah. Perhitungan kadar air dilakukan dengan memasukkan data-data dari

berat contoh tanah basah dan berat contoh tanah kering dan untuk menghitung kadar air tanah dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

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

Dengan:

w : kadar air yang dinyatakan dalam persen

W1 : berat cawan

W2 : berat cawan + berat tanah basah

W3 : berat cawan + berat tanah kering

### 2.6.2 Berat Jenis Tanah

Berat jenis tanah didefinisikan sebagai perbandingan anantara berat volume butiran tanah dengan berat volume air dengan isi yang sama pada temperatur tertentu. Perhitungan berat jenis tanah dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan di bawah ini:

$$G_s = \frac{(M_2 - M_1)}{(M_2 - M_1) - (M_3 - M_4)}$$

Dimana:

G<sub>s</sub> = berat jenis tanah

M1 = berat piknometer kosong (gram)

M2 = berat piknometer + tanah kering (gram)

M3 = berat piknometer + tambah + air (gram)

M4 = berat piknometer + air (gram)

### 2.6.3 Batas-Batas Atterberg

Konsistensi tanah berbutir halus pada kadar air tertentu merujuk pada kedudukan fisiknya. Konsistensi ini tergantung pada gaya tarik antara partikel mineral lempung. Pada tahun 1911, Atterberg memberikan metode untuk menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan variasi kadar air tanah. Batas-batas ini disebut batas cair

(*Liquid Limit*), batas plastis (*Plastic Limit*), dan batas susut (*Shrinkage Limit*).

Nilai kadar air ini dinyatakan dalam persen. Pengujian untuk batas cair dilakukan menggunakan alat yang disebut Casagrande, sementara untuk batas susut menggunakan cawan logam untuk mengukur seberapa besar susut tanah dengan menggunakan air raksa. Untuk pengujian batas plastis, cukup dengan menggiling-gilingkan tanah di atas permukaan rata sampai tanah mengalami retak-retak.

#### 1. Batas Cair / *Liquid limit* (LL)

Batas cair (*Liquid Limit* - LL) adalah keadaan di mana kadar air tanah berada pada kondisi transisi dari keadaan plastis menjadi cair, atau sebaliknya. Ini merupakan batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, atau juga dikenal sebagai batas atas dari daerah plastis. Batas cair biasanya ditentukan melalui uji Casagrande, di mana hubungan antara kadar air dan jumlah pukulan yang diperoleh dari pengujian dengan alat Casagrande digambarkan dalam grafik semi-logaritmik.

#### 2. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis (PL) adalah keadaan di mana kadar air tanah berada di antara daerah plastis dan semi padat. Lebih tepatnya, ini adalah presentase kadar air di mana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai mengalami retak-retak ketika digulung atau digerakkan.

Pada saat mencapai batas plastis, tanah kehilangan sebagian besar sifat plastisitasnya dan berada dalam keadaan semi padat, yang menunjukkan keadaan di mana tanah tidak lagi mudah dibentuk dan cenderung retak saat diberi tekanan atau diberikan pengaruh mekanis lainnya. Batas plastis merupakan salah satu dari tiga batas konsistensi utama dalam studi mekanika tanah, bersama dengan batas cair (*Liquid Limit* - LL) dan batas susut (*Shrinkage Limit* - SL).

#### 3. Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Batas susut (SL) adalah kondisi di mana kadar air pada posisi antara daerah semi padat dan padat, di mana presentase kadar air berkurang tanpa menyebabkan perubahan volume tanah. Percobaan batas susut dilakukan dengan menggunakan cawan porselen berdiameter 44,4 mm dan tinggi 12,7 mm. Bagian dalam cawan porselen dilapisi dengan pelumas dan diisi dengan tanah jenuh sempurna, lalu dikeringkan dengan oven. Volume ditentukan dengan cara mencelupkannya dalam

air raksa.

#### 4. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks plastisitas (PI) merupakan perbedaan antara batas cair dan batas plastis suatu tanah. PI menunjukkan sifat keplastisitasan tanah, karena menentukan rentang kadar air di mana tanah tetap bersifat plastis. Nilai PI dapat dicari dengan Persamaan dibawah ini:

$$PI = LL - PL$$

Keterangan: PI = Indeks plastisitas (%)

LL= Batas cair (%)

PL= Batas plastis (%)

Jika tanah memiliki nilai Indeks Plastisitas (PI) yang tinggi, berarti tanah tersebut mengandung banyak butiran lempung. Namun, jika tanah memiliki nilai PI yang rendah, maka tanah tersebut seperti lanau yang mengalami sedikit pengurangan kadar air sehingga tanah menjadi kering. Batasan mengenai tingkat indeks plastisitas tanah, dengan mempertimbangkan sifat, macam tanah, dan kohesi, telah diusulkan oleh Atterberg pada tahun 1911. Nilai indeks plastisitas dan macam tanah dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut ini.

**Tabel 2. 1** Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah

| PI     | Sifat              | Macam tanah      | Kohesif          |
|--------|--------------------|------------------|------------------|
| 0      | Non plastis        | Pasir            | Non kohesif      |
| <7     | Plastisitas rendah | Lanau            | Kohesif sebagian |
| 7 – 17 | Plastisitas sedang | Lempung berlanau | Kohesif          |
| >17    | Plastisitas tinggi | Lempung          | Kohesif          |

(Sumber : Hardiyadmo, 2010)

#### 2.6.4 Pemadatan Tanah

Pemadatan tanah adalah proses memadatkan partikel tanah secara mekanis untuk mengurangi volume udara dan volume air. Tujuannya adalah untuk memperbaiki tanah di lapangan agar dapat mendukung konstruksi di atasnya atau digunakan sebagai bahan timbunan. Maksud dari pemadatan tanah adalah sebagai berikut:

1. Menambahkan nilai kuat geser tanah,
2. Mengurangi sifat mudah mampat (kompresibilitas),
3. Mengurangi sifat permeabilitas, dan
4. Mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air dan lain-lainnya.

Kepadatan tanah dipengaruhi oleh kadar air yang dimilikinya. Ketika air ditambahkan selama pemadatan, partikel-partikel tanah menjadi lebih lunak karena mereka menggelincir satu sama lain dan bergerak ke posisi yang lebih rapat. Kadar air yang rendah membuat tanah menjadi keras, sedangkan kadar air yang tinggi membuat tanah menjadi lunak atau cair. Pemadatan dengan kadar air yang melebihi kadar air optimum akan mempengaruhi sifat tanah.

Metode laboratorium untuk menguji pemadatan tanah, dikenal sebagai Proctor Standard, digunakan untuk menentukan kadar air eksperimental yang optimal di mana jenis tanah tertentu akan mencapai kepadatan maksimum saat kering. Teori pemadatan ini pertama kali dikembangkan oleh R.R. Proctor. Ada empat variabel pemadatan tanah yang didefinisikan oleh Proctor, yaitu usaha pemadatan atau energi pemadatan, jenis tanah (gradasi, kohesif atau tidak kohesif, ukuran partikel, dan lain-lain), kadar air, dan berat isi kering. Pemadatan standar (*standar compaction*) adalah usaha untuk memadatkan dengan menggunakan alat pemadatan standar.

Hubungan berat volume kering ( $\gamma_d$ ) dengan berat volume basah ( $\gamma_w$ ) dan kadarair ( $\omega$ ), dinyatakan dalam Persamaan berikut ini.

$$\gamma_d = \frac{\gamma_w}{1 + \omega}$$

Prinsip Uji *Proctor Standard* melibatkan pemadatan tanah dalam sebuah cetakan silinder dengan diameter 101,6 mm dan volume 943,3 cm<sup>3</sup>. Untuk melakukan pemadatan, digunakan sebuah penumbuk dengan berat 2,5 kg yang dijatuhkan dari ketinggian 30,5 cm. Proses pemadatan dilakukan dalam tiga lapisan, dan setiap lapisan dikenai 25 tumbukan.

Hasil pengujian akan menunjukkan kurva nilai kadar air optimum ( $\omega_{opt}$ )

untuk mencapai berat volume kering paling besar atau kepadatan maksimum. Sebagian besar tanah memiliki kadar air rendah, yang menyebabkannya cenderung bersifat kaku dan sulit untuk dipadatkan. Namun, setelah kadar air ditambahkan, tanah menjadi lebih lunak. Pada kadar air yang tinggi, berat volume air akan berkurang. Jika seluruh udara di dalam tanah dikeluarkan selama pemadatan, tanah akan berada dalam keadaan jenuh dan nilai berat volume kering akan mencapai maksimum. Namun, dalam prakteknya, mencapai kondisi ini menjadi sulit. Berikut contoh grafik hasil uji proctor standar dapat dilihat pada Gambar ini:

**Tabel 2. 2 Elemen-Elemen Uji Pemadatan Standar**

|                         | Standar (ASMT D698)                                             | Modifikasi (ASTM D1557)                               |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Palu                    | 24.5 N (5.5 lb)                                                 | 44.5 (10 lb)                                          |
| Jatuh palu              | 305 mm (12 in)                                                  | 457 mm (18 in)                                        |
| Jumlah lapisan          | 3                                                               | 5                                                     |
| Jumlah tumbukan lapisan | 25                                                              | 25                                                    |
| Volume cetakan tanah    | 0.0009422 m <sup>3</sup> (1/30 ft <sup>3</sup> ) saringan no. 4 |                                                       |
| Energi pemadatan        | 595kJ(12.400 lb*ft/ft <sup>3</sup> )                            | 2698kJ/m <sup>3</sup> (56.250 lb*ft/ft <sup>3</sup> ) |

Sumber: (ASTM D698 dan ASTM D1557)

## 2.7 Abu Tempurung Kelapa

Harahap Wahyudin, Carlo Nasfryzal Prayitno Eko. Universitas Bung Hatta, (2020) Perkembangan pembangunan di Indonesia saat ini semakin pesat, baik untuk infrastruktur maupun struktural. Sehingga membutuhkan semen yang banyak. Oleh karena itu diperlukan suatu kreasi bahan konstruksi dengan melakukan rekayasa yang berguna untuk pembangunan. Salah satunya dengan memanfaatkan limbah pertanian yang tidak terpakai yaitu tempurung kelapa. Penelitian dilakukan di Laboratorium Universitas Bung Hatta. Abu tempurung kelapa memiliki sifat pozzolan dan silika.

Abu tempurung kelapa memiliki kandungan silika yang tinggi dan berfungsi sebagai pendukung reaksi pozzolanie dengan tanah lempung dan

mengandung kalsium oksida yang cukup banyak dimana bila di campur dengan mineral lempung bereaksi membentuk kalsium silika berupa gel yang keras untuk meningkatkan partikel tanah.

Abu tempurung kelapa dapat berfungsi untuk memperbaiki dan menstabilkan tanah, menurunkan permeabilitas dan swelling potensial tanah, mempertahankan potensi tanah yang ada.

Abu tempurung kelapa dapat digunakan sebagai stabilisasi tanah karena kandungan mineralnya yang dapat membantu meningkatkan struktur tanah, memperbaiki drainase, dan mengurangi erosi. Proses ini melibatkan campuran abu tempurung kelapa ke dalam tanah untuk memperbaiki tekstur dan daya dukungnya.



**Gambar 2. 2** Abu Tepurung Kelapa

## **2.8 Kapur**

Kapur adalah bahan bangunan serbaguna yang telah memainkan peran penting dalam industri konstruksi selama berabad-abad. Ini berasal dari batu kapur atau kapur melalui proses pemanasan yang dikenal sebagai kalsinasi dan banyak digunakan karena sifatnya yang luar biasa. Kegunaannya mencakup berbagai bidang konstruksi, mulai dari mortar dan plester hingga stabilisasi tanah dan pengolahan bahan limbah. Dikenal karena keserbagunaannya, keberlanjutannya,

dan signifikansi historisnya, kapur terus menjadi komponen berharga dalam praktik konstruksi modern, berkontribusi terhadap ketahanan dan ketahanan struktur. Kapur yang terbentuk dari penguraian  $\text{CaCO}_3$  merupakan kapur cepat. Kapur cepat memiliki daya tarik yang tinggi terhadap kelembapan. Proses penambahan air dalam jumlah yang cukup pada pengapuran cepat disebut slaking.

$$\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2 \text{ (Kapur cepat)}$$

$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$  (Kapur terhidrasi) (kapur kendur) Kegunaan kapur dalam konstruksi, yaitu :

- Kapur digunakan untuk pembuatan semen.
- Digunakan dalam pekerjaan mortar dan plesteran pada dinding dan langit-langit.
- Memperbaiki dinding, ubin lantai & pekerjaan perjalanan lainnya.
- Ini digunakan sebagai fluks dalam pembuatan baja.
- Ini digunakan dalam pembuatan cat.
- Ini digunakan untuk menstabilkan tanah.
- Ini digunakan sebagai lapisan dalam tungku.

Kapur telah digunakan sebagai bahan penyemen sejak dahulu kala. Di Nepal dan India hingga saat ini, kapur telah banyak digunakan untuk berbagai jenis bangunan seperti tembok, jalan, dll. Kapur tidak terdapat di alam dalam keadaan bebas.

Jenis-jenis kapur dalam konstruksi, yaitu :

- Kapur Hidrolik  
Kapur yang terbenam di bawah air disebut kapur hidrolik. Kapur hidrolik dibuat dari batu kapur tidak murni dan dibentuk melalui hidrolisis, suatu reaksi yang disebabkan oleh air.
- Kapur Non Hidrolik  
Kapur yang tidak terbenam di bawah air disebut kapur non-hidrolik. Kapur hidrolik dibuat dari batu kapur murni, dan kalsium karbonat murni, dan cenderung berbentuk dempul. Kapur non-hidrolik dibentuk oleh karbokation.



**Gambar 2. 3 Kapur**