

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Tanah

Menurut Dwi, A dan Pangestu, P (2014) Tanah merupakan kumpulan butiran (agregat) mineral alami yang bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanik bila agregat tersebut diaduk dalam air atau kumpulan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relative lepas (*loose*), yang terletak diatas batuan dasar (*bedrock*).

Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel yang lebih kecil disebabkan pengaruh erosi, angin, air, es, manusia, cuaca atau suhu. Partikelnya berbentuk bulat atau juga bergerigi. Pembentukan tanah secara kimia terjadi oleh pengaruh oksigen, karbondioksida, air (mengandung asam atau alkali). Ada berbagai macam jenis-jenis tanah untuk klasifikasi tanah dilapangan antara lain :

1. Pasir dan Kerikil

Pasir dan kerikil yaitu agregat tak berkoheisi yang tersusun dari regmin sub angular atau angular, Partikel berukuran sampai 1/8 inci dinamakan pasir dan yang berukuran 1/8 inci sampai 6/8 inci disebut kerikil. Fragmen bergaris tengah lebih besar dari 8 inci disebut bongkah (*boulders*).

2. *Hardpan*

Hardpan merupakan tanah yang tahanan terhadap penetrasi alat pemboran besar sekali. Cirinya sebagian besar dijumpai dalam keadaan bergradasi baik, luar biasa padat, dan merupakan agregat partikel mineral yang kohesif.

3. Lanau *anorganik* (*inorganic silt*)

Lanau anorganik merupakan tanah berbutir halus dengan plastisitas kecil atau sama sekali tak ada. Jenis yang plastisitasnya paling kecil biasanya mengandung butiran kuarsa sedimentasi, yang kadang-kadang disebut tepung batuan (*rockflour*), sedangkan yang sangat plastis mengandung partikel berwujud serpihan dan dikenal sebagai lanau plastis.

4. Lempung

Tanah lempung merupakan agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi unsurunsur penyusun batuan, dan bersifat plastis dalam selang kadar air sedang sampai luas.

Dalam keadaan kering sangat keras, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Permeabilitas lempung sangat rendah.

5. Lempung Organik

Tanah lempung organik merupakan lempung yang sebagian sifat-sifat fisis pentingnya dipengaruhi adanya bahan organik yang terpisah dalam keadaan jenuh. Lempung organik cenderung bersifat sangat kopresibel tapi pada keadaan kering kekuatannya sangat tinggi. Warnanya abu-abu tua atau hitam, berbau menyolok.

6. Gambut (*peat*)

Tanah gambut merupakan agregat agak berserat yang berasal dari serpihan makroskopik dan mikroskopik tumbuh-tumbuhan. Warnanya coklat terang dan hitam bersifat kompresibel, sehingga tak mungkin menopang pondasi.

2.2 Pengertian Sabut Kelapa sawit

Sabut dan cangkang kelapa sawit telah digunakan sebagai bakar ketel untuk menghasilkan energi mekanik dan panas. Masalah yang ditimbulkan dari sisa pembakaran pada ketel, yaitu abu dengan jumlah banyak dan belum termanfaatkan. Kandungan silika pada abu sabut dan cangkang kelapa sawit masing-masing sebesar 59,1% dan 61%.

Kandungan silika yang tinggi dalam abu sabut dan cangkang kelapa sawit memungkinkan pemanfaatan sebagai sumber silika alternatif untuk pembuatan material yang berbahan dasar silika. Salah satu pemanfaatan serbuk silika yang cukup luas ialah sebagai penyerap kadar air di udara, sehingga memperpanjang masa simpan bahan dan sebagai bahan campuran untuk membuat keramik.

Sabut kelapa juga sangat berpeluang untuk diolah menjadi silika. Pengolahan silika berbahan abu sabut dan cangkang kelapa sawit serta sabut kelapa merupakan salah satu cara memanfaatkan limbah industri pengolahan kelapa sawit dan kelapa.



Gambar 2.1 Sabut Kelapa Sawit

2.3 Kasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah dibuat pada dasarnya untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisis tanah. Karena variasi sifat dan perilaku tanah yang begitu beragam, sistem klasifikasi secara umum mengelompokkan tanah ke dalam kategori yang umum dimana tanah memiliki kesamaan sifat fisis. Klasifikasi tanah juga berguna untuk studi yang lebih terperinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi dan sebagainya (Bowles, 1989).

Sistem klasifikasi bukan merupakan sistem identifikasi untuk menentukan sifat-sifat mekanis dan geoteknis tanah. Karenanya, klasifikasi tanah bukanlah satu-satunya cara yang digunakan sebagai dasar untuk perencanaan dan perancangan konstruksi. Adapun sistem klasifikasi tanah yang telah umum digunakan adalah :

1. Sistem Klasifikasi Kesatuan Tanah (*Unified soil classification system*)

Sistem ini pada mulanya diperkenalkan oleh Casagrande (1942) untuk dipergunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang yang dilaksanakan oleh The Army Corps of Engineers.

Sistem klasifikasi berdasarkan hasil-hasil percobaan laboratorium yang paling banyak dipakai secara meluas adalah sistem klasifikasi kesatuan tanah. Percobaan laboratorium yang dipakai adalah analisis ukuran butir dan batas-batas Atterberg. Semua tanah diberi dua huruf penunjuk berdasarkan hasil-hasil percobaan ini. Sistem ini mengelompokkan tanah ke dalam dua kelompok besar, yaitu :

1. Tanah berbutir kasar (*coarse grained soil*), yaitu tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Symbol dari

kelompok ini dimulai dengan huruf awal G, adalah untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil dan S, adalah untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir.

2. Tanah berbutir halus (*fine grained soil*), yaitu tanah dimana lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau (*silt*) anorganik, C untuk lempung (*clay*) anorganik dan O untuk lanau-organik dan lempung-organik. Simbol PT digunakan untuk tanah gambut (*peat*), *muck* dan tanah-tanah lain dengan kadar organik tinggi.

Simbol-simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi USCS, adalah :

- W = Tanah dengan gradasi baik (*well graded*)
- P = Tanah dengan gradasi buruk (*poorly graded*)
- L = Tanah dengan plastisitas rendah (*low plasticity*), $LL < 50$
- H = Tanah dengan plastisitas tinggi (*high plasticity*), $LL > 50$

Tanah berbutir kasar ditandai dengan simbol kelompok seperti : GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM, dan SC. Untuk klasifikasi yang benar, perlu diperhatikan faktor-faktor berikut :

- a. Persentase butiran yang lolos ayakan No. 200 (ini adalah fraksi halus)
- b. Persentase fraksi kasar yang lolos ayakan No. 40
- c. Koefisien keseragaman (C_u) dan koefisien gradasi (C_c) untuk tanah dimana 0-12% lolos ayakan No. 200
- d. Batas cair (LL) dan indeks plastisitas (IP) bagian tanah yang lolos ayakan No. 40 (untuk tanah dimana 5% atau lebih lolos ayakan No. 200) Bilamana persentase butiran yang lolos ayakan No. 200 adalah antara 5 sampai 12%, simbol ganda seperti : GW-GM, GP-GM, GW-GC, GP-GC, SWSM, SW-SC, SP-SM dan SP-SC diperlukan. Cassagrande membagi tanah atas 3 (tiga) kelompok (Sukirman, 1992) yaitu :
 - 1) Tanah berbutir kasar, $< 50\%$ lolos saringan No. 200.
 - 2) Tanah berbutir halus, $> 50\%$ lolos saringan No. 200.
 - 3) Tanah organik yang dapat dikenal dari warna, bau dan sisa-sisa tumbuh-tumbuhan yang terkandung di dalamnya.

| Jenis Tanah | Prefiks | Sub kelompok | Sufiks |
|-------------|---------|---------------|--------|
| | | Gradasi baik | W |
| Kerikil | G | Gradasi buruk | P |
| Pasir | S | Berlanau | M |
| | | Berlempung | C |
| Lanau | M | | |
| Lempung | C | wL < 50% | L |
| Organik | O | wL < 50% | H |
| Gambut | Pt | | |

(Sumber : Bowles, 1989 Bambang Pardoyo, 2017)

2. Klasifikasi sistem AASHTO (American Association Of State Highway and Transporting Official)

Sistem ini pertama kali diperkenalkan oleh Hoentogler dan Terzaghi, yang akhirnya diambil oleh Bureau Of Public Roads. Pengklasifikasian sistem ini berdasarkan kriteria ukuran butir dan plastisitas. Maka dalam mengklasifikasikan tanah membutuhkan pengujian analisis ukuran butiran, pengujian batas cair dan batas palstis.

Sistem ini membedakan tanah dalam 8 (delapan) kelompok yang diberi nama dari A-1 sampai A-8. A-8 adalah kelompok tanah organik yang bersifat tidak stabil sebagai bahan lapisan struktur jalan raya, maka pada revisi terakhir oleh AASHTO diabaikan (Sukirman, 1992).

Tabel 2.4 Klasifikasi Tanah Untuk Jalan AASHTO

| General Classification | Granular materials (35% or less of Total Sample passing No. 200) | | | | | | | Silty-Clay materials (more than 35% passing No. 200) | | | |
|---|---|--------------------|-------------------|---------------------------------|---------|---------|---------|---|---------|--------------|---------|
| | A-1 | | A-3 | A-2 | | | | A-4 | A-5 | A-6 | A-7 |
| Group Classification | A-1-a | A-1-b | | A-2-4 | A-2-5 | A-2-6 | A-2-7 | | | | |
| Sieve Analysis % Passing No. 10 No. 40 No.200 | 50 max. 30 max. 15 max. | 50 max. 25 max. | 51 min. 10 max | 35 max. | 35 max. | 35 max. | 35 max. | 36 min. | 36 min. | 36 min. | 36 min. |
| Characteristic of Fraction passing No. 40 | | | | | | | | | | | |
| Liquid Limit | - | - | 40 max | 41 min | 40 max | 41 min | 40 max | 41 min | 40 max | 41 min | 41 min |
| Plasticity index | 6 max. | NP | 10 max | 10 max | 11 min | 11 min | 10 max | 10 max | 11 min | 11 min | 11 min |
| Usual types of significant constituent materials | Stone fragments, gravel, and sand | | Fine sand | Silty or clayey gravel and sand | | | | Silty Soils | | Clayey Soils | |
| General subgrade rating | Excellent to good | | | | | | | Fair to poor | | | |

(Sumber : Hardiyatmo, 1992)

2.4 Tanah Lempung

1. Definisi Tanah Lempung

Menurut Terzaghi, (1987), Tanah lempung merupakan tanah dengan ukuran mikrokonis sampai dengan sub mikrokonis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering, bersifat plastis pada kadar air sedang, sedangkan pada keadaan air yang lebih tinggi tanah lempung akan bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak.

Menurut DAS, (1995), Tanah lempung merupakan tanah yang terdiri dari partikel-partikel tertentu yang menghasilkan sifat plastis apabila dalam kondisi basah.

Menurut Hardiyatmo, (1992), Mengatakan sifat – sifat yang dimiliki dari tanah lempung yaitu antara lain ukuran butiran halus lebih kecil dari 0,002 mm, permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, bersifat sangat kohesif, kadar kembang susut yang tinggi dan proses konsolidasi lambat. Dengan adanya pengetahuan mengenai mineral tanah tersebut, pemahaman mengenai perilaku tanah lempung dapat diamati.

2. Mineral Lempung

Mineral lempung merupakan produk pelapukan batuan yang terbentuk dari penguraian kimiawi mineral - mineral silikat lainnya dan selanjutnya terangkut ke lokasi pengendapan oleh berbagai kekuatan. Mineral - mineral lempung digolongkan ke dalam golongan besar yaitu:

a. *Kaolinite*

Kaolinite merupakan anggota kelompok kaolinite serpentin, yaitu hidrus alumino silikat dengan rumus kimia $Al_2Si_2O_5(OH)_4$. Kekokohan sifat struktur dari partikel kaolinite menyebabkan sifat-sifat plastisitas dan daya pengembangan atau menyusut kaolinite menjadi rendah.

b. *Illite*

Illite dengan rumus kimia $K_yAl_2(Fe_2Mg_2Mg_3)(Si_4yAl_y)O_{10}(OH)_2$ adalah mineral bermika yang sering dikenal sebagai mika tanah dan merupakan mika yang berukuran lempung. Istilah *illite* dipakai untuk tanah berbutir halus, sedangkan tanah berbutir kasar disebut mika hidrus.

c. *Montmorilonite*

Mineral ini memiliki potensi plastisitas dan mengembang atau menyusut yang tinggi sehingga bersifat plastis pada keadaan basah dan

keras pada keadaan kering. Rumus kimia *montmorillonite* adalah $Al_2Mg(Si_4O_{10})(OH)_2 \cdot xH_2O$.

3. Sifat Tanah Lempung

- a. Ukuran butir halus, yaitu kurang dari 0,002mm.
- b. Permeabilitas rendah.
- c. Kenaikan air kapiler tinggi.
- d. Bersifat sangat kohesif.
- e. Kadar kembang susut yang tinggi.
- f. Proses konsolidasi lambat.

2.5 Tanah Lempung Ekspansif

Tanah lempung ekspansif secara umum didefinisikan sebagai tanah yang menyusut dan mengembang pada kondisi kelembaban yang berubah-ubah. Bila kadar airnya bertambah maka tanah tersebut akan mengembang (swell) dan bila sebaliknya maka tanah tersebut cenderung untuk menyusut (shrink) (Muntohar, 2014).



Gambar 2.2 Tanah Ekspansif
Sumber : James (2014)

Karakteristik tanah ekspansif dipengaruhi oleh dua hal, yaitu faktor mikroskopik dan faktor makroskopik. yang dimaksud dengan faktor mikroskopik mineralogi tanah dan perilaku kimiawi tanah. Sedangkan yang dimaksud dengan faktor makroskopik adalah properti tanah secara fisik, antara lain plastisitas dan berat

volume tanah, Faktor makroskopik tanah ekspansif dipengaruhi oleh perilaku mikroskopiknya.

Ada beberapa hal yang termasuk faktor mikroskopik tanah ekspansif yang menyebabkan tanah ekspansif mengalami kembang susut, antara lain mineralogy tanahnya, perilaku kimiawi tanah, dan jumlah *exchangeable cation* (cation exchange capacity) serta besarnya *specific surface* dari partikel tanah (Chen, 1985).

Karakteristik makro tanah ekspansif adalah yang biasanya menunjukkan perilaku kembang susut tanah. Batas Atterberg merupakan salah satu parameter termasuk karakteristik makro tanah yang dapat digunakan sebagai indikator untuk mengetahui potensi kembang susut tanah.

Dilihat dari skala makronya, karakteristik tanah ekspansif yang berpotensi besar untuk mengalami kembang susut, secara umum mempunyai ciri-ciri sebagai berikut :

1. Mempunyai harga batas cair dan indeks plastisitas tinggi.
2. Mempunyai harga batas swelling index (Cs) yang besar.
3. Mempunyai kandungan karbon organik, clay, montmorillonite yang besar.
4. Arah atau deformasi volume biasanya bersifat isotropic.

Mineralogi tanah dapat dibagi berdasar struktur mineralnya. Untuk tanah lempung ada 3 kelompok struktur mineral tanah, yaitu:

1. Kelompok kaolinite, yang umumnya tidak mempunyai sifat ekspansif.
2. Kelompok Mica-lite, termasuk Illite dan vermiculite, yang sedikit dapat bersifat ekspansif.
3. Kelompok Smectite, termasuk Montmorillonite inilah yang disebut tanah yang ekspansif.

Identifikasi tanah ekspansif pada awal penyelidikan tanah diperlukan untuk melakukan metode pengujian yang lebih tepat di laboratorium. Klasifikasi yang berdasarkan pada index properties tanah seperti kandungan lempung dan plastisitas adalah yang paling umum diterapkan dalam praktek untuk mengidentifikasi tanah ekspansif. *Plasticity index* (PI) adalah parameter yang paling sering digunakan karena karakteristik plastisitas dan sifat perubahan volume tanah berkaitan erat. Adapun indentifikasi dan klasifikasi dapat dilihat pada table - tabel yang tersedia dibawah ini.

Salah satunya yang dilakukan oleh (Skempton 1953, dalam James 2014) dengan mendefinisikan sebuah parameter yang disebut Aktivitas (A).

$$A = \frac{p}{\% \text{ lebih halus dari } 2\mu\text{m}} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan: A = Aktivitas

PI = Plasticity indeks

Skempton menggunakan tiga kategori aktivitas, yaitu :

$A < 0,75$ tidak aktif

$0,75 < A < 1,25$ normal

$A > 1,25$ aktif

Lempung yang aktif mempunyai potensi pengembangan yang besar. Nilai tipikal aktivitas beberapa mineral lempung dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Aktivitas Mineral Lempung

| Mineral | Aktivitas |
|----------------------|-----------|
| Kaolinet | 0,33-0,46 |
| Illite | 0,9 |
| Monmorillonite (Ca) | 1,5 |
| Montmorillontie (Na) | 7,2 |

(Sumber : Skempton 1989, dalam James, 2014)

Kaolinite mempunyai potensi pengembangan yang kecil karena lebih kecil dari 0,75 atau berada di kategori tidak aktif. *Illite* mempunyai potensi pengembangan yang sedang karena $0,75 < 0,9$ (aktivitas tabel 2,5) $< 1,25$ atau berada di kategori normal, *Montmorillonite (Ca)* dan *Montmorillonite (Na)* mempunyai potensi pengembangan yang besar karena 1,5 dan 7,2 (aktivitas tabel 2.5) $> 1,25$ atau berada dikategori normal.

Tabel 2.6 Berat Jenis Tanah (Sfecific Gravity)

| Macam Tanah | Berat jenis (Gs) |
|-------------------|------------------|
| Kerikil | 2,65-2,68 |
| Pasir | 2,65-2,68 |
| Lanau Organik | 2,62-2,68 |
| Lempung Organik | 2,58-2,65 |
| Lempung anorganik | 2,68-2,75 |
| Humus | 1,37 |
| Gambut | 1,25-1,80 |

Sumber : Hardiyatmo, 2012

Tabel 2.7 Identifikasi Masalah Tanah Ekspansif

| | Umumnya tidak ekspansif | Ada masalah ekspansif |
|------------------|-------------------------|-----------------------|
| PI | < 20 | > 32 |
| Batas Susut (SL) | > 13 | < 10 |

| | | |
|------------|-----|------|
| Free Swell | <50 | >100 |
|------------|-----|------|

Sumber : (Wiscman 1985, dalam James 2014)

PI jika lebih kecil dari 20 maka tidak ekspansif, bila PI lebih besar dari 32 maka ada masalah ekspansif. Batas Susut (SL) jika lebih besar dari 13 maka tidak ekspansif, bila Batas Susut (SL) lebih kecil dari 10 maka ada masalah ekspansif. Free Swell jika lebih kecil dari 50 maka tidak ekspansif, bila Free Swell lebih besar dari 100 maka ada masalah ekspansif

Tabel 2.8 Klasifikasi Tanah Ekspansif Berdasar Kadar Koloid, PI dan Shrinkage Limit

| Kadar Koloid | PI | SH Limit | % Perubahan Volume Total | Derajat Ekspansif |
|--------------|-------|----------|--------------------------|-------------------|
| >28 | >35 | <11 | >30 | Sangat Tinggi |
| 20-31 | 25-28 | 7-12 | 20-30 | Tinggi |
| 13-23 | 15-28 | 10-16 | 10-20 | Medium |
| <15 | <18 | <15 | <10 | Rendah |

(Sumber : Holtz dan Gibbs 1956, dalam Endang Setyawati Hisyam, 2013)

Klasifikasi tanah ekspansif berdasarkan kadar koloid, PI, shrinkage limit ialah menentukan derajat ekspansif, diantaranya adalah “sangat tinggi, tinggi, medium dan rendah”

Tabel 2.9 Klasifikasi Tanah Ekspansif Berdasar Shrinkage Limit

| Linear Shrinkage | SL (%) | Swell (%) | Derajat Ekspansif |
|------------------|--------|-----------|-------------------|
| < 5 | > 12 | < 0.5 | Non Kritis |
| 5-8 | 10-12 | 0.5-1.5 | Marginal |
| > 8 | < 10 | > 1.5 | Kritis |

(Sumber : Altmeyer 1955, dalam Endang Setyawati Hisyam, 2013)

Klasifikasi tanah ekspansif berdasarkan shrinkage limit yang terdiri dari percobaan linear shrinkage, batas susut, dan swell, untuk mencari derajat ekspansif diantaranya ialah “non kritis, marginal, dan kritis”.

Tabel 2.10 Klasifikasi Tanah Ekspansif Berdasar Prosentase Butiran Tanah yang Lolos Ayakan No.200, LL, dan Standart Penetration Resistance

| Prosentase Butiran Tanah yang Lolos Ayakan no.200 | LL (%) | Standart Penetration Resistance (Blows/ft) | % Perubahan Volume Total | Derajat Ekspansif |
|---|--------|--|--------------------------|-------------------|
| > 95 | > 60 | 30 | > 10 | Sangat Tinggi |
| 60-95 | 40-60 | 20-30 | 3-10 | Tinggi |
| 30-60 | 30-40 | 10-20 | 1-5 | Medium |
| < 30 | < 30 | < 10 | < 1 | Rendah |

(Sumber: Chen 1965, dalam Endang Setyawati Hisyam, 2013)

Klasifikasi Tanah Ekspansif Berdasar Prosentase Butiran Tanah yang Lolos Ayakan No.200, LL, dan Standart Penetration Resistance menentukan derajat ekspansif, diantaranya “sangat tinggi, tinggi, medium, dan rendah”.

Tabel 2.11 Klasifikasi Tanah Ekspansif Berdasar Index Plastisitasnya

| Swell Potential | PI |
|-----------------|-------|
| Rendah | 0-15 |
| Medium | 10-35 |
| Tinggi | 20-55 |
| Sangat Tinggi | > 35 |

(Sumber :Chen 1988, dalam james, 2014)

Jika PI 0-15 maka swell potential rendah, semakin besar PI maka semakin tinggi swell potentialnya

Tabel 2.12 Derajat Ekspansif Berdasar Indeks Plastisitas dan Batas Shrinkage

| Indeks Plastisitas (%) | Indeks Shrinkage (%) | Derajat Ekspansif |
|------------------------|----------------------|-------------------|
| < 12 | < 15 | Rendah |
| 12-23 | 15-30 | Medium |
| 23-32 | 30-40 | Tinggi |
| > 32 | > 40 | Sangat Tinggi |

(Sumber : Roman 1967, dalam james, 2014)

Derajat ekspansif berdasarkan indeks plastisitas dan indeks shrinkage, semakin tinggi nilainya semakin tinggi derajat ekspansif.

Tabel 2.13 Hubungan Antara Indeks Plastisitas dengan Swelling Potential

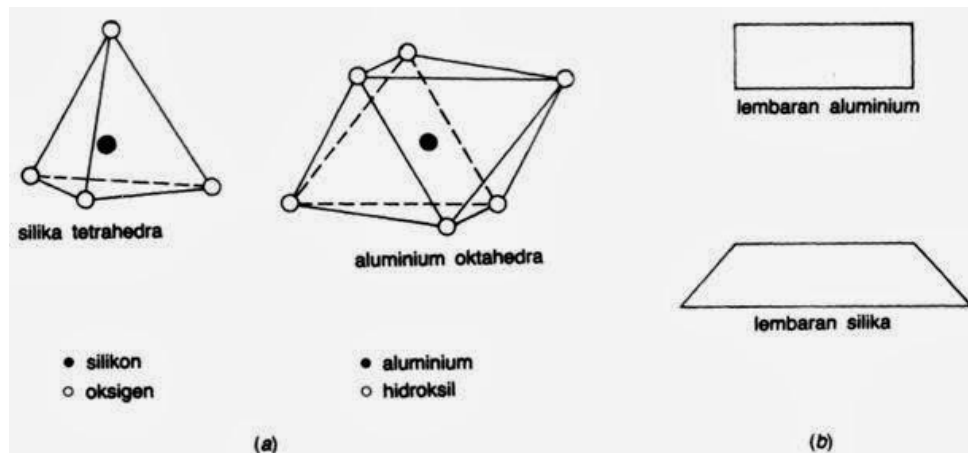
| Swelling Potential | PI (%) | Swelling Pressure (KPa) |
|--------------------|--------|-------------------------|
| Lemah | 0-15 | 50 |
| Sedang | 15-25 | 150-250 |
| Tinggi | 25-55 | 250-500 |
| Sangat Tinggi | > 55 | > 1000 |

(Sumber : Costet dan Sanglerat 1981, dalam James, 2014)

Jika PI 0-15 dan swelling pressure 50 maka swelling potentialnya lemah, semakin tinggi nilai PI dan swelling pressure maka semakin tinggi swelling potentialnya.

Mineral lempung yang tersusun dalam partikel lempung dapat berbentuk seperti lembaran yang mempunyai permukaan khusus. Umumnya, terdapat kira-kira 15 macam mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung (Kerr, 1959). Di antaranya terdiri dari montmorillonite. Susunan kebanyakan tanah lempung terdiri dari silika tetrahedra dan aluminium oktahedra (Gambar 2.1). Silika dan aluminium secara parsial dapat digantikan oleh elemen yang lain dalam kesatuannya, keadaan ini dikenal sebagai substitusi isomorph. Kombinasi dari susunan kesatuan dalam bentuk susunan lempeng disajikan dalam symbol, dapat dilihat pada Gambar 2.1

Montmorillonite, disebut juga dengan smectite, adalah mineral yang dibentuk oleh dua lembaran silika dan satu lembaran aluminium (gibbsite) (Gambar 2.2). Lembaran oktahedra terletak di antara dua lembaran silika dengan ujung tetrahedra tercampur dengan hidroksil dari lembaran oktahedra untuk membentuk lapisan tunggal (Gambar 2.2). Dalam lembaran oktahedra terdapat substitusi parsial aluminium oleh magnesium. Karena adanya gaya ikatan *van der waals* yang lemah diantara ujung lembaran silika dan terhadap kekurangan muatan negatif dalam lembaran oktahedra, air dan ion-ion yang berpindah-pindah dapat masuk dan memisahkan lapisannya. Jadi, Kristal *montmorillonite* sangat kecil, tapi pada waktu tertentu mempunyai gaya Tarik yang kuat terhadap air. Tanah-tanah yang mengandung *montmorillonite* sangat mudah mengembang oleh tambahan kadar air, yang selanjutnya tekanan pengembangannya dapat merusak struktur ringan dan perkerasan jalan.



Gambar 2.3 Mineral-mineral lempung

sumber : Mitchell (1976)



Gambar 2.4 Diagram skematik Struktur Atom

(a) Diagram skematik struktur kaolinite (b) Struktur atom kaolinite (Mitchell, 1976)

Tabel 2.14 Hubungan kuat tekan bebas (q_u) lempung dengan konsistensi

| Konsisten | q_u (kN/m ²) |
|----------------------|----------------------------|
| Lempung keras | >400 |
| Lempung sangat kaku | 200-400 |
| Lempung kaku | 100-200 |
| Lempung sedang | 50-100 |
| Lempung lunak | 25-50 |
| Lempung sangat lunak | <25 |

(Sumber : Hardiyatmo 1992, dalam Herry Widhiarto 2015)

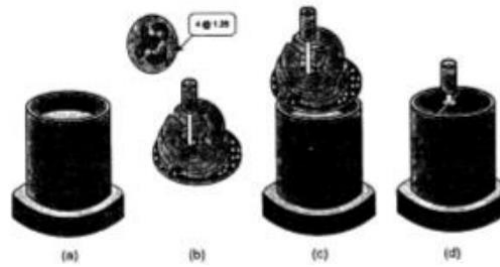
2.6 Pengujian California Bearing Ratio (CBR)

Lapisan tanah yang akan dipakai sebagai lapisan sub-base atau Lsubgrade suatu konstruksi jalan pada umumnya memerlukan proses pemadatan agar mampu menerima beban sesuai dengan yang direncanakan. Salah satu cara untuk mengukur kekokohan (bearing) lapisan tanah adalah pengujian California Bearing Ratio (CBR). Prinsip dasar dari pengujian CBR adalah membandingkan besarnya beban (gaya) yang diperlukan untuk menekan torak dengan luas penampang 3 inch² ke dalam lapisan perkerasan sedalam 0.1 inch (2.54 mm) atau 0.2 inch (5.08 mm) dengan beban standar. Oleh karena itu, kekokohan lapisan perkerasan dinyatakan dalam "kekokohan relatif" atau persen kekokohan. Besarnya beban standar untuk penetrasi 0.1 inch adalah 3000 lbs (pound) atau sekitar 1 350 kg, sedangkan besarnya beban standar untuk penetrasi 0.2 inch adalah 4500 lbs atau sekitar 2025 kg. Suatu hal yang perlu diingat bahwa pengujian CBR hanya mengukur kekokohan relatif dari lapisan permukaan tanah, karena diameter lx'n (unpang torak yang dipergunakan hanya sekitar 4.96 cm, sehingga daerah (volume) lapisan tanah di bawah torak yang terpengaruh tekanan (stress bulb) hanya di permukaan.

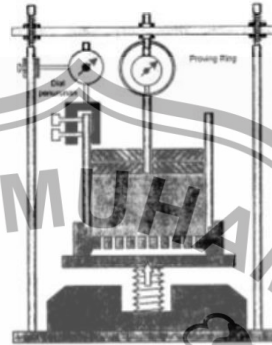


Gambar 2.5 Tabung Untuk Pengujian CBR (Yeol et al., 2000)

Gambar 2.6 Langkah Proses Pemadatan (Yeol et al., 2000)



Gambar 2.7 Proses Penyusunan Beban untuk Perendaman (Yeol et al., 2000)



Gambar 2.8 Skema Pengujian CBR Di Laboratorium (Ycol et al., 2000)

2.7 Standart Nilai California Bearing Ratio (CBR) Tanah

Untuk perencanaan jalan baru, tebal perkerasan biasanya ditentukan dari nilai CBR dari tanah dasar yang dipadatkan. Nilai CBR yang digunakan untuk perencanaan ini disebut “design CBR”. Cara yang dipakai untuk mendapat “design CBR” ini ditentukan dengan perhitungan dua faktor (Wesley, 1977) yaitu:

1. Kadar air tanah serta berat isi kering pada waktu dipadatkan.
2. Perubahan pada kadar air yang mungkin akan terjadi setelah perkerasan selesai dibuat.

Nilai CBR sangat bergantung kepada proses pemadatan. Selain digunakan untuk menilai kekuatan tanah dasar atau bahan lain yang hendak dipakai, CBR juga digunakan sebagai dasar untuk menentukan tebal lapisan dari suatu perkerasan serta untuk menilai subgrade yang dipadatkan hingga mencapai kepadatan kering maksimum, dan membentuk profil sesuai yang direncanakan.

Hasil pengujian dapat diperoleh dengan mengukur besarnya beban pada penetrasi tertentu. Besarnya penetrasi sebagai dasar menentukan CBR adalah 0,1” dan 0,2”. Dari kedua nilai perhitungan digunakan nilai terbesar dihitung dengan persamaan berikut :

1. Penetrasi 0,1”(0,254 cm)

$$\text{CBR}(\%) = \frac{P1}{1000} \times 100 \%$$

Penetrasi 0,2 “(0,508 cm)

$$\text{CBR} (\%) = \frac{P2}{1500} \times 100\%$$

Dimana :

P1 : tekanan pada penetrasi 0,1 : (psi)

P2 : tekanan pada penetrasi 0,2 : (psi)

1000 psi : angka standar tegangan penetrasi pada penetrasi 0,1 in

1500 psi : angka standar tegangan penetrasi pada penetrasi 0,2 in

Perhitungan :

- Kadar air rencana = kadar air optimum – kadar air asli
- Penambahan Air = kadar air rencana × berat sampel tanah
- Penambahan additive = persentase additive × berat sampel tanah

Maka didapat jumlah penambahan air dan limbah cangkang kerang dengan kadar air optimum dan γ_{smaks} yang konstan. Setelah itu dilanjutkan dengan pengujian CBR (*California Bearing Ratio*).

2.8 Teori California Bearing Ratio (CBR) Tanah

CBR adalah perbandingan antara beban yang dibutuhkan untuk penetrasi contoh tanah sebesar 0,1” / 0,2” dengan beban yang ditahan batu pecah standar pada penetrasi 0,1” / 0,2” tersebut. Harga CBR dinyatakan dalam persen. Jadi harga CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100% dalam memikul beban lalu lintas. CBR merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (test load) dengan beban Standar (Standard Load) dan dinyatakan dalam persentase. Nilai CBR dikembangkan untuk mengukur kapasitas daya dukung, beban tanah dan beban perkerasan jalan. Nilai CBR dapat diketahui dengan 2 metoda yaitu Lapangan & Uji Laboratorium.

Dalam penelitian ini, CBR didapat dari Uji Laboratorium. CBR hanya untuk jalan saja, dengan anggapan beban kendaraan adalah beban sementara (bukan beban tetap). CBR tidak untuk gedung, rumah, dan lain-lain (sebagai beban tetap), karena beban tetap juga menyebabkan settlement. Sedangkan CBR hanya untuk mengukur daya dukung tanah saja, tidak untuk penurunannya.

Umumnya, tegangan besar, terjadi di permukaan, kemudian semakin ke bawah, tegangan menurun. Sebagai contoh, pada kedalaman 25 cm, tegangan yang terjadi menurun $> \frac{1}{2}$ tegangan permukaan, dan pada kedalaman 50 cm, besar tegangan $\frac{1}{8}$ dari tegangan permukaan.

Semakin keras suatu material, semakin tinggi nilai CBR nya. Sebagai contoh, Tanah Pertanian umumnya mempunyai nilai CBR sekitar 3, Tanah Lempung Basah mempunyai nilai CBR 4.75, Pasir Lembab memiliki CBR 10, dan Agregat memiliki CBR > 80 .

Tanah dasar yang baik, untuk konstruksi perkerasan adalah tanah dasar yang berasal dari lokasi setempat atau dengan tambahan timbunan dari lokasi lain yang telah dipadatkan dengan tingkat kepadatan tertentu, sehingga mempunyai daya dukung yang mampu mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan, meski terdapat perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat.

Tabel 2.15 Klasifikasi Tanah Berdasarkan CBR

| CBR | General Rating | Uses | Classification System | |
|---------|----------------|----------------|------------------------|---------------------|
| | | | Unified | AASHTO |
| 0 – 3 | Very poor | Subgrade | OH, CH, MH, OL | A5, A6, A7 |
| 3 – 7 | Poor to fair | Subgrade | OH, CH, MH, OL | A4, A5, A6, A7 |
| 7 – 20 | Fair | Subgrade | OL, CL, ML, SC, SM, SP | A2, A4, A6, A7 |
| 20 – 50 | Good | Base, sub base | GM, GC, SW, SM, SP, GI | A1b, A2-5, A3, A2-6 |
| >50 | Excellent | Base, sub base | GW, GM | A1a, A2-4, A3 |

(Sumber: Braja M.Das, 1995 dalam, I Gusti Agung Ayu Istri Lestari, 2014)

2.9 Nilai CBR Tanah Lempung di Kalimantan Tengah

Hasil pengujian fisik tanah asli diperoleh nilai, kadar air (w) = 41,26%; berat isi kering $1,38 \text{ g/cm}^3$; berat jenis (G_s) 2,70; LL 40,40%; PL 26,00%; PI 14,40%; SL 20,10%. Dari hasil pemeriksaan batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) didapat bahwa tanah tersebut menurut sistem USCS termasuk kelompok CL dan Menurut AAHSTO diklasifikasikan sebagai tanah berlempung dalam kelompok A-7-5 (8). Hasil pengujian sifat mekanik tanah asli menunjukkan bahwa nilai kadar air optimum (OMC) 24,34%; berat isi kering $1,437 \text{ g/cm}^3$; dan nilai CBR tanah asli adalah 2,03%.

2.10 Karakteristik Zat Aditif

1. Kegunaan

Solid Cratc adalah bahan bio organic termutakhir yang dapat terurai secara homogen, digunakan sebagai bahan campuran untuk meningkatkan kekerasan, mempercepat proses pengeringan dan mempererat ikatan antar partikel sehingga membuatnya lebih keras dan kokoh.

2. Cara penggunaan

Siapkan bahan-bahan dasar seperti semen, pasir, abu batu, tanah lunak, air dll.

3. Penyimpanan

Simpan dalam kondisi kering dan terhindar dari matahari.

4. Kadaluarsa

Umur simpan : 24 bulan bila disimpan di tempat tertutup dalam ruangan yang selalu kering.

5. Safety

- Bahan non-fleameble (tidak mudah terbakar).
- Hindari kontak dan dengan kulit dan mata.
- Bilas dengan air bila terjadi konrak dengan kulit.

2.10 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.16 Penelitian Terdahulu

| Nama Peneliti | Judul Penelitian | Hasil Penelitian |
|--|--|--|
| Herry Widhiarto, dkk 2015 | Stabilisasi tanah lempung ekspansif dengan menggunakan campuran abu sekam dan kapur. | Nilai indeks plastisitas, IP, mengalami penurunan sebesar 59,35 % pada campuran abu sekam dan kapur sebesar 6%. Semakin besar prosentase campuran abu-sekam dan kapur, nilai kepadatan kering, γ_d semakin bertambah. Penurunan swelling terjadi cukup besar pada prosentase 4% campuran abu-sekam dan kapur dan pada penambahan prosentase campuran (>4%) pengurangan swelling relatif kecil. Nilai CBR meningkat dengan jika dicampur abu sekam dan kapur |
| Andreas Gunarso, Rizqi Nuprayogi, Windu Partono, dan Bambang Pardoyo, 2017 | Stabilisasi tanah lempung ekspansif dengan campuran larutan naoh 7,5 % | Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa indeks propertis tanah asli dan tanah stabilisasi mengalami peningkatan, sedangkan hasil untuk pengujian kuat tekan bebas menunjukkan penurunan nilai q_u dan C_u , dan pada hasil pengujian swell potential dan swell pressure antara tanah asli dan tanah stabilisasi tidak |

| Nama Peneliti | Judul Penelitian | Hasil Penelitian |
|---------------------------------------|---------------------------------------|--|
| | | mengalami perubahan yang signifikan. |
| I Gusti Agung Ayu Istri Lestari, 2014 | Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif | <p>Dari hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium Geoteknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Al-Azhar Mataram dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dari hasil pengujian, Tanah Awu memiliki kadar air asli sebesar 47.50 %. Dari uji batas-batas Atterberg yang dilakukan, bahwa sampel tanah Tanak Awu yang digunakan mempunyai berat jenis (sfecific gravity) sebesar 2.715, batas cair (LL) sebesar 125.84 %, batas plastis (PL) sebesar 28.45 %, batas susut (SL) 9.88 % dan indeks plastisitas(IP) sebesar 97.39 %, dengan klasifikasi AASTHO merupakan tanah berjenis sedang hingga buruk sedang klasifikasi USCS merupakan tanah lempung dengan plastisitas tinggi (CH). Tanah ini memiliki |

| Nama Peneliti | Judul Penelitian | Hasil Penelitian |
|----------------------------------|---|--|
| | | <p>ekspansifitas tergolong tinggi.</p> <p>2. Dari hasil uji pemadatan diperoleh kadar air 20,34% pada kedalaman 0.60 meter sedangkan kadar air 29,43% pada kedalaman 1.20 meter dengan berat volume kering (γ_d) pada kedalaman 0.60 meter = 1,37 gr/cm³ dan pada kedalaman 1.20 meter = 1,34 gr/cm³</p> |
| Endang Setyawati Hisyam, 2013 | Pemanfaatan Limbah Sabut Kelapa Sawit Untuk Meningkatkan Kekuatan Tanah | <p>Dari hasil Penelitian dapat di simpulkan sebagai berikut:</p> <p>1. Pemberian ampas serat sawit memberikan pengaruh terhadap nilai kuat geser tanah (s) dan kuat tekan bebas (qu), makin tinggi ampas sawit yang diberikan, maka semakin tinggi pula nilai kuat geser Tanah (s) dan kuat tekan bebas (qu).</p> <p>2. Pada ukuran kadar 4,5 % nilai kuat geser tanah (s) dan kuat tekan bebas (qu) memiliki nilai yang paling besar dengan nilai kuat geser tanah (s) 129,784</p> |

| Nama Peneliti | Judul Penelitian | Hasil Penelitian |
|-----------------------------|---|--|
| | | <p>kN/m² serta kenaikan sebesar 537,083 % dari tanah asli tanpa campuran sedangkan nilai kuat tekan bebas sebesar 34,254 kN/m² dengan kenaikan 79,048 % dari tanah asli tanpa campuran.</p> |
| <p>Fahriani, F. (2016).</p> | <p>ANALISIS STABILITAS TANAH TIMBUNAN DENGAN PERKUATAN SABUT KELAPA</p> | <p>Tanah yang memiliki kekuatan yang rendah menyebabkan ketidakstabilan konstruksi yang dibangun di atasnya. Salah satu usaha peningkatan stabilitas tanah adalah dengan cara penimbunan tanah. Apabila suatu tanah diberikan tambahan beban berupa timbunan maka akan terbentuk lereng baru yang menyebabkan terjadi perubahan tegangan pada tanah yang berdampak pada perubahan stabilitas pada tanah. Tanah timbunan dapat berupa tanah tanpa bahan tambahan maupun tanah dengan bahan tambahan. Dengan memberikan bahan tambahan diharapkan kekuatan tanah semakin meningkat. Salah satu bahan tambahan yang</p> |

| | | |
|--|--|---|
| | | <p>dapat digunakan untuk peningkatan kekuatan pada tanah adalah sabut kelapa. Secara teoritis peningkatan kekuatan geser tanah mengakibatkan peningkatan nilai angka keamanan lereng yang menunjukkan peningkatan pada stabilitas lereng. Pada penelitian ini dilakukan analisis kestabilan lereng timbunan dengan memodelkan timbunan diatas tanah lunak menggunakan software PLAXIS. Tanah timbunan yang digunakan dalam analisis berupa tanah dengan penambahan sabut kelapa . Hasil analisis angka keamanan lereng timbunan menunjukkan peningkatan kestabilan lereng timbunan pada tanah dengan tambahan 0 sampai 5% sabut kelapa yang ditunjukkan oleh angka keamanan lereng pada masing-masing permodelan yaitu 3,11;3,20;3,24;3,36;3,47. Peningkatan angka keamanan lereng pada kelapa sampai penambahan 5% sabut kelapa pada tanah hanya</p> |
|--|--|---|

| | | |
|--|--|--|
| | | mencapai 11,90 %, dan rata-rata peningkatan angka keamanan lereng setiap penambahan 1 % sabut kelapa pada tanah timbunan sebesar 2,27 %. |
|--|--|--|

