1. **TINJAUAN PUSTAKA**
2. **Tanah**

Tanah dalam pandangan teknik sipil adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas *(loose)*, yang terletak diatas batuan dasar *(bedrock)*. Ikatan butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap diantara partikel-partikel. Ruang-ruang diantara partikel dapat berisi air, udara, ataupun keduanya (Hardiyatmo, 2002).

Ikatan yang lemah antara partikel – partikel tanah disebabkan oleh karbonat dan oksida yang tersenyawa diantara partikel – partikel tersebut, atau dapat juga disebabkan oleh adanya material organik. Bila hasil dari pelapukan tersebut berada pada tempat semula maka bagian ini disebut sebagai tanah sisa *(residu soil)*. Hasil pelapukan terangkut ke tempat lain dan mengendap di beberapa tempat yang berlainan disebut tanah bawaan (*transportation soil*).

Kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran atau lebih dari satu macam partikel (Hardiyatmo, 2002). Tanah lempung belum tentu terdiri dari partikel lempung saja akan tetapi dapat bercampur dengan butiran ukuran lanau maupun pasir dan mungkin juga terdapat campuran bahan organik. Ukuran partikel tanah tersebut dapat bervariasi dari lebih besar dari 100 mm sampai dengan yang lebih kecil dari 0,001 mm.

Menurut Bowles (1989 dalam Made, 2011) tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut :

1. Berangkal (*boulders*), merupakan potongan batu yang besar, biasanya lebih besar dari 250 mm sampai 300 mm. Untuk kisaran antara 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles*)*.*
2. Kerikil (*gravel*), partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.
3. Pasir (*sand*), partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, berkisar dari kasar (3-5 mm) sampai halus (kurang dari 1 mm).
4. Lanau (*silt*), partikel batuan berukuran dari 0,002 mm sampai 0,074 mm. Lanau dan lempung dalam jumlah besar ditemukan dalam deposit yang disedimentasikan ke dalam danau atau di dekat garis pantai pada muara sungai.
5. Lempung (*clay*), partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif.
6. Koloid (*colloids*), partikel mineral yang “diam” yang berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.
7. **Klasifikasi Tanah**

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok - kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci (Das, 1998).

Sistem klasifikasi tanah dibuat pada dasarnya untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisik tanah. Karena variasi sifat dan perilaku tanah yang begitu beragam, sistem klasifikasi secara umum mengelompokan tanah ke dalam kategori yang umum dimana tanah memiliki kesamaan sifat fisik. 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.

Terdapat dua sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan untuk mengelompokkan tanah. Kedua sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butiran dan batas-batas *atterberg*, sistem-sistem tersebut adalah :

1. **Sistem Klasifikasi *American Association of State Highway and Transportation Official* (AASHTO)**

Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official)* ini dikembangkan dalam tahun 1929 sebagai *Public Road Administrasion Classification System*. Sistem ini berguna untuk menentukan kualitas tanah guna pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (*subbase*) dan tanah dasar (*subgrade*). Sistem ini membagi tanah ke dalam 7 kelompok utama yaitu A-1 sampai dengan A-7.

A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir di mana 35 % atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No. 200. Tanah di mana lebih dari 35 % butirannya tanah 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. Adapun sistem klasifikasi AASHTO ini didasarkan pada kriteria sebagai berikut :

1. Ukuran Butir

Tabel 1**.** Ukuran Butir Sistem Klasifikasi AASHTO

|  |  |
| --- | --- |
| Kerikil | Tanah yang lolos ayakan diameter 75 mm (3 in) dan yang tertahan pada ayakan No. 10 (2 mm). |
| Pasir | Tanah yang lolos ayakan No. 10 (2 mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0.075 mm). |
| Lanau dan Lempung | Tanah yang lolos ayakan No. 200. (0.075 mm). |

Data yang diperoleh dari percobaan laboratorium dapat dilihat pada tabel diatas. Kelompok tanah yang paling kiri kualitasnya paling baik, makin ke kanan semakin berkurang kualitasnya.

1. Plastisitas

Merupakan kemampuan tanah menyesuaikan perubahan bentuk pada volume konstan tanpa retak – retak atau remuk. Bergantung pada kadar air, tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat, atau padat.

Tingkat keplastisan suatu tanah umumnya ditunjukkan dari nilai indeks plastisitas, yaitu selisih nilai batas cair dan batas plastis suayu tanah. Lanau dipakai apabila bagian – bagian halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas sebesar 10 atau kurang, sedangkan lempung dipakai jika bagian – bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitasnya sebesar 11 atau lebih.



Gambar 1. Grafik Plastisitas untuk Klasifikasi Tanah Sistem

AASHTO

1. Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) di temukan di dalam contoh tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu. Tetapi, persentase dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.

Tabel 2. Sistem Klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Klasifikasi Umum** | **Tanah berbutir (35 % atau kurang dari seluruh contoh tanah**  **lolos ayakan No. 200)** | | | | | | | **Tanah lanau - lempung (lebih dari 35 % dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)** | | | |
| Klasifikasi Kelompok | A-1 | | A-3 | A-2 | | | | A-4 | A-5 | A-6 | A-7 |
| A-1a | A-1b | A-2-4 | A-2-5 | A-2-6 | A-2-7 | A-7-5\*  A-7-6\*\* |
| Analisis ayakan  (% lolos) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| No. 10 | 50 maks | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No. 40 | 30 maks | 50 maks | 51 min | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No. 200 | 15 maks | 25 maks | 10 maks | 35 maks | 35 maks | 35 maks | 35 maks | 36 min | 36 min | 36 min | 36 min |
| Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Batas Cair (LL) | --- | | --- | 40 maks | 41 min | 40 maks | 41 min | 40 maks | 41 min | 40 maks | 41 min |
| Indek Plastisitas (PI) | 6 maks | | NP | 10 maks | 10 maks | 11 min | 11 min | 10 maks | 10 maks | 11 min | 11 min |
| Tipe material yang paling dominan | Batu pecah, kerikil dan pasir | | Pasir halus | Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung | | | | Tanah berlanau | | Tanah berlempung | |
| Penilaian sebagai bahan tanah dasar | Baik sekali sampai baik | | | | | | | sedang sampai jelek | | | |

Keterangan : \*\* Untuk A-7-5, PL > 30

\*\* Untuk A-7-6, PL < 30

1. **Sistem Klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS)**

Sistem klasifikasi USCS *(Unified Soil Classification System)* pada mulanya diperkenalkan oleh Prof. Arthur Cassagrande pada tahun 1942 untuk dipergunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang selama Perang Dunia II. Sistem ini disempurnakan oleh *United Bureau of Reclamation* pada tahun 1952.

Sistem ini mengelompokkan tanah ke dalam 3 kelompok besar, yaitu :

1. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained soils*) yang terdiri atas kerikil dan pasir yang mana kurang dari 50% tanah yang lolos saringan No. 200 (F200 < 50). Sifat teknis tanah ini ditentukan oleh ukuran butir dan gradasi butirnya.
2. Tanah berbutir halus *(fine-grained soils*) yang mana lebih dari 50% tanah lolos saringan No. 200 (F200 ≥ 50). Tanah ini ditentukan oleh sifat plastisitas tanahnya, sehingga pengelompokannya berdasar plastisitas dan ukuran butirnya.
3. Tanah organik (Gambut/Humus), secara laboratorium dapat ditentukan jika perbedaan batas cair tanah contoh yang belum dioven dengan yang telah dioven sebesar > 25%.

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam klasifikasi USCS sebagai berikut :

1. Persentase lolos ayakan No. 200 dan lolos ayakan No. 4
2. Koefisien keseragaman (Cu) dan koefisien gradasi (Cc)
3. Batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI).

Menurut Bowles (1991 dalam Hasnia, 2011) kelompok – kelompok tanah utama sistem klasifikasi Unified dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 3**.** Klasifikasi Tanah *Unified Soil Classification System* (USCS)

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

Sumber : Bowles (1991, dalam Hasnia, 2011).

Keterangan :

G = Untuk kerikil *(Gravel)* atau tanah berkerikil *(Gravelly Soil)*

S = Untuk pasir *(Sand)* atau tanah berpasir *(Sandy soil)*

M = Untuk lanau anorganik *(inorganic silt)*

C = Untuk lempung inorganik (*inorganic clay*)

O = Untuk lanau dan lempung organik

Pt = Untuk gambut (*peat*) dan tanah dengan kandungan organik tinggi

W = Untuk gradasi baik (*well graded*)

P = Gradasi buruk (*poorly graded*)

L = Plastisitas rendah (*low plasticity*)

H = Plastisitas tinggi (*high plasticity*)

LL = Batas Cair *(Liquid Limit)*

Tabel 4. Sistem Klasifikasi USCS *(Unified Soil Classification System)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Divisi Utama** | | | **Simbol** | **Nama Umum** |  | **Kriteria Klasifikasi** | |
| Tanah berbutir kasar≥ 50% butiran  tertahan saringan No. 200 | Kerikil 50%≥ fraksi kasar  tertahan saringan No. 4 | Kerikil bersih  (hanya kerikil) | GW | Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus | Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus ; Kurang dari 5% lolos saringan no.200: GM, GP, SW, SP. Lebih dari 12% lolos saringan no.200 : GM, GC, SM, SC. 5% - 12% lolos saringan No.200 : Batasan klasifikasi yang mempunyai simbol dobel | Cu = D60 > 4  D10  Cc = (D30)2 Antara 1 dan 3  D10 x D60 | |
| GP | Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus | Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW | |
| Kerikil dengan  Butiran halus | GM | Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau | Batas-batas *Atterberg* di bawah garis A atau PI < 4 | Bila batas *Atterberg* berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol |
| GC | Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung | Batas-batas *Atterberg* di bawah garis A atau PI > 7 |
| Pasir≥ 50% fraksi kasar  lolos saringan No. 4 | Pasir bersih  (hanya pasir) | SW | Pasir bergradasi-baik , pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus | Cu = D60 > 6  D10  Cc = (D30)2 Antara 1 dan 3  D10 x D60 | |
| SP | Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus | Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW | |
| Pasir  dengan butiran  halus | SM | Pasir berlanau, campuran pasir-lanau | Batas-batas *Atterberg* di bawah garis A atau PI < 4 | Bila batas *Atterberg* berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol |
| SC | Pasir berlempung, campuran pasir-lempung | Batas-batas *Atterberg* di bawah garis A atau PI > 7 |
| Tanah berbutir halus  50% atau lebih lolos ayakan No. 200 | | Lanau dan lempung batas cair ≤ 50% | ML | Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung | Diagram Plastisitas:  Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas *Atterberg* yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.  60  50 CH  40 CL  30 Garis A  CL-ML  20    4 ML ML atau OH  0 10 20 30 40 50 60 70 80  Batas Cair LL (%)  Garis A : PI = 0.73 (LL-20) | | |
| CL | Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung “kurus” (*lean clays*) |
| OL | Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah |
| Lanau dan lempung batas cair ≥ 50% | MH | Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis |
| CH | Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung “gemuk” (*fat clays*) |
| OH | Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi |
| Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi | | | PT | *Peat* (gambut), *muck*, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi | Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488 | | |

(Das, 1995)

# Tanah Pasir Berlempung

Tanah lempung merupakan partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi di dalam tanah yang kohesif (Bowles, 1991). Tanah pasir berlempung merupakan agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi unsur-unsur 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 tanah pasir berlempung sangat rendah (Terzaghi dan Peck, 1987). Sifat khas yang dimiliki oleh tanah pasir berlempung adalah dalam keadaan kering akan bersifat keras, dan jika basah akan bersifat lunak plastis, dan kohesif, mengembang dan menyusut dengan cepat, sehingga mempunyai perubahan volume yang besar dan itu terjadi karena pengaruh air. Sedangkan untuk jenis tanah lempung lunak mempunyai karakteristik yang khusus diantaranya daya dukung yang rendah, kemampatan yang tinggi, indeks plastisitas yang tinggi, kadar air yang relatif tinggi dan mempunyai gaya geser yang kecil. Kondisi tanah seperti itu akan menimbulkan masalah jika dibangun konstruksi diatasnya.

Adapun sifat-sifat umum dari mineral pasir berlempung, yaitu :

1. Hidrasi

Partikel mineral pasir berlempung biasanya bermuatan negatif sehingga partikel lempung hampir selalu mengalami hidrasi, yaitu dikelilingi oleh lapisan-lapisan molekul air dalam jumlah yang besar. Lapisan ini sering mempunyai tebal dua molekul dan disebut lapisan difusi, lapisan difusi ganda atau lapisan ganda adalah lapisan yang dapat menarik molekul air atau kation yang disekitarnya. Lapisan ini akan hilang pada temperatur yang lebih tinggi dari 60º sampai 100º C dan akan mengurangi plastisitas alamiah, tetapi sebagian air juga dapat menghilang cukup dengan pengeringan udara saja.

1. Aktivitas

Aktivitas tanah pasir berlempung merupakan perbandingan antara indeks plastisitas (PI) dengan prosentase butiran yang lebih kecil dari 2 µm yang dinotasikan dengan huruf *C* dandisederhanakan dalam persamaan berikut:



Aktivitas digunakan sebagai indeks untuk mengidentifikasi kemampuan mengembang dari suatu tanah lempung. Menurut *Bowles*, 1991 nilai-nilai khas aktivitas mineral lempung, yaitu :

1. *Kaolinite*  : 0.4 – 0.5
2. *Illite* : 0.5 – 1.0
3. *Montmorillonite* : 1.0 – 7.0
4. Flokulasi dan Dispersi

Apabila mineral pasir berlempung terkontaminasi dengan substansi yang tidak mempunyai bentuk tertentu atau tidak berkristal, maka daya negatif netto, ion-ion H+ di dalam air, gaya Van der Waals, dan partikel berukuran kecil akan bersama-sama tertarik dan bersinggungan atau bertabrakan di dalam larutan tanah dan air. Beberapa partikel yang tertarik akan membentuk *flock* yang berorientasi secara acak, atau struktur yang berukuran lebih besar akan turun dari larutan itu dengan cepatnya dan membentuk sendimen yang sangat lepas. Flokulasi larutan dapat dinetralisir dengan menambahkan bahan-bahan yang mengandung asam (ion H+), sedangkan penambahan bahan-bahan alkali akan mempercepat flokulasi. Lempung yang baru saja berflokulasi dengan mudah tersebar kembali dalam larutan semula apabila digoncangkan, tetapi apabila telah lama terpisah penyebarannya menjadi lebih sukar karena adanya gejala *thiksotropic*, dimana kekuatan didapatkan dari lamanya waktu.

1. Pengaruh Air

Fase air yang berada di dalam struktur tanah pasir berlempung adalah air yang tidak murni secara kimiawi. Pada pengujian di laboratorium untuk batas *Atterberg*, ASTM menentukan bahwa air suling ditambahkan sesuai dengan keperluan. Pemakaian air suling yang relatif bebas ion dapat membuat hasil yang cukup berbeda dari apa yang didapatkan dari tanah di lapangan dengan air yang telah terkontaminasi. Air berfungsi sebagai penentu sifat plastisitas dari lempung. Satu molekul air memiliki muatan positif dan muatan negatif pada ujung yang berbeda (*dipolar*). Fenomena hanya terjadi pada air yang molekulnya dipolar dan tidak terjadi pada cairan yang tidak dipolar seperti karbon tetrakolrida (CCl4) yang jika dicampur lempung tidak akan terjadi apapun.

Tabel 5 Sifat Tanah Lempung (Hary Christady, 2002)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tipe Tanah | Sifat | Uji Lapangan |
| Lempung | Sangat Lunak | Meleleh diantara jari ketika diperas |
| Lunak | Dapat diperas dengan mudah |
| Keras | Dapat diperas dengan tekanan jari yang kuat |
| Kaku | Tidak dapat diperas dengan jari, tapi dapat ditekan dengan jari |
| Sangat Kaku | Dapat ditekan dengan jari |

## *Cornice Adhesive* (Perekat *Gypsum*)

*Cornice adhesive* adalah bubuk plaster yang berdaya rekat kuat, sangat dianjurkan dalam aplikasi di atas permukaan papan, semen, dan *plasterglass*. Dibawah ini contoh *cornice adhesive* yang banyak dijual dipasaran :



Gambar 2. *Cornice Adhesive* (Perekat *Gypsum*)

Komposisi *cornice adhesive* tersebut terdapat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 6 Komposisi *Cornice Adhesive*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **BAHAN** | **RUMUS** | **NO CAS** | **KADAR** |
| Silika, kristal-kuarsa | Si-O2 | 14808-60-7 | < 0,3 % |
| Kalsium *Sulphate Hemihyrate* | Ca-O4-S.1/2-H2-O | 10034-76-1 | > 60 % |
| Kapur | Ca-CO3 | 1317-65-3 | < 30 % |
| *Dekstrin* | (C6H10O5) n x H2O | 9004-53-9 | < 5 % |
| *Selulosa Thickener* | tidak tersedia | tidak tersedia | < 2 % |
| *Synthetic Polimer* | tidak tersedia | 25213-24-5 | < 2 % |
| *(Sumber :http://www.boral.com.au/plasterboard/msds/pdfs/Cornice\_Adhesive)* | | | |

## Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah pada dasarnya adalah suatu cara atau usaha yang dilakukan untuk menaikkan kekuatan dan mempertahankan kekuatan gesernya. Usaha yang dilakukan untuk menstabilisasikan tanah adalah sebagai berikut :

1. Mengganti tanah yang buruk
2. Meningkatkan kerapatan tanah
3. Menurunkan muka air tanah (drainase tanah)
4. Menambah material yang tidak aktif, sehingga meningkatkan kohesi dan kekuatan gesernya
5. Menambah bahan untuk menyebabkan perubahan – perubahan kimia atau fisis pada tanah

Menurut Bowles cara yang digunakan untuk menstabilisasi tanah terdiri dari salah satu atau kombinasi dari pekerjaan berikut ini :

1. Secara mekanis, yaitu pemadatan dengan berbagai jenis peralatan mekanis seperti mesin penggilas, benda berat yang dijatuhkan, tekanan statis dan sebagainya.
2. Bahan pencampur *(additive)* yaitu penambahan kerikil untuk tanah kohesif, lempung untuk tanah berbutir, dan pencampur kimiawi seperti semen, gamping, abu vulkanik, batubara, semen aspal, sodium dan kalsium klorida, limbah pabrik kertas dan lain-lainnya.

Metode atau cara memperbaiki sifat – sifat tanah ini juga sangat bergantung pada lama waktu pemeraman, hal ini disebabkan karena didalam proses perbaikan sifat – sifat tanah terjadi proses kimia yang dimana memerlukan waktu untuk zat kimia yang ada didalam *additive* untuk bereaksi.

1. **Batas-batas *Atterberg***

Batas kadar air yang mengakibatkan perubahan kondisi dan bentuk tanah dikenal pula sebagai batas-batas konsistensi atau batas-batas *Atterberg*. Pada kebanyakan tanah di alam, berada dalam kondisi plastis. Kadar air yang terkandung dalam tanah berbeda-beda pada setiap kondisi tersebut yang mana bergantung pada interaksi antara partikel mineral lempung. Bila kandungan air berkurang maka ketebalan lapisan kation akan berkurang pula yang mengakibatkan bertambahnya gaya-gaya tarik antara partikel-partikel. Sedangkan jika kadar airnya sangat tinggi, campuran tanah dan air akan menjadi sangat lembek seperti cairan. Oleh karena itu, atas dasar air yang dikandung tanah, tanah dapat dibedakan ke dalam empat (4) keadaan dasar, yaitu : padat (*solid*), semi padat (*semi solid*), plastis (*plastic*), dan cair (*liquid*) seperti yang ditunjukkan dalam gambar berikut ini :



Gambar 3. Batas *Atterberg*

Adapun yang termasuk ke dalam batas-batas *Atterberg* antara lain :

1. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (LL) adalah kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis.

1. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis (PL) adalah kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air dimana tanah yang di buat menyerupai lidi-lidi sampai dengan diameter silinder 3 mm mulai retak-retak, putus atau terpisah ketika digulung.

1. Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Batas susut (SL) adalah kadar air yang didefinisikan pada derajat kejenuhan 100%, dimana untuk nilai-nilai dibawahnya tidak akan terdapat perubahan volume tanah apabila dikeringkan terus. Harus diketahui bahwa batas susut makin kecil maka tanah akan lebih mudah mengalami perubahan volume.

1. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks plastisitas (PI) adalah selisih antara batas cair dan batas plastis. Indeks plastisitas merupakan interval kadar air tanah yang masih bersifat plastis.

1. ***California Bearing Ratio* (CBR)**

*California Highway-Division* di Amerika Serikat mempergunakan istilah *California Bearing Ratio* (CBR) untuk menyatakan daya dukung tanah. Istilah ini menunjukkan suatu perbandingan (rasio) dari gaya perlawanan penetrasi dari tanah terhadap penetrasi sebuah piston yang ditekan secara kontinyu dengan gaya perlawanan penetrasi serupa pada contoh tanah standar berupa batu pecah di California. Rasio tersebut diambil pada penetrasi 2.5 dan 5 mm (0.1 dan 0.2 inch) dengan ketentuan angka tertinggi yang digunakan. Gaya perlawanan penetrasi adalah gaya yang diperlukan untuk menahan penetrasi konstan dari suatu piston ke dalam tanah.

* 1. **Kegunaan CBR**

Metode perencanaan perkerasan jalan yang digunakan sekarang yaitu dengan metode empiris, yang biasa dikenal CBR (*California Bearing Rati*o). Metode ini dikembangkan oleh *California State Highway Departement* sebagai cara untuk menilai kekuatan tanah dasar jalan (*subgrade*). Nilai CBR akan digunakan untuk menentukan tebal lapisan perkerasan. Untuk menentukan tebal lapis perkerasan dari nilai CBR digunakan grafik-grafik yang dikembangkan untuk berbagai muatan roda kendaraan dengan intensitas lalu lintas.

* 1. **Jenis CBR**

Berdasarkan cara mendapatkan contoh tanahnya, CBR dapat dibagi atas :

1. CBR Lapangan

CBR lapangan disebut juga CBR *inplace* atau *field* CBR dengan kegunaan sebagai berikut :

1. Mendapatkan CBR asli di lapangan sesuai dengan kondisi tanah dasar. Umumnya digunakan untuk perencanaan tebal lapis perkerasan yang lapisan tanah dasarnya sudah tidak akan dipadatkan lagi.
2. Untuk mengontrol apakah kepadatan yang diperoleh sudah sesuai dengan yang diinginkan. Pemeriksaan ini tidak umum digunakan. Metode pemeriksaannya dengan meletakkan piston pada kedalaman dimana nilai CBR akan ditentukan lalu dipenetrasi dengan menggunakan beban yang dilimpahkan melalui gardan truk.
3. CBR Lapangan Rendaman

CBR lapangan rendaman ini berfungsi untuk mendapatkan besarnya nilai CBR asli di lapangan pada keadaan jenuh air, dan tanah mengalami pengembangan (*swelling*) yang maksimum. Pemeriksaan dilaksanakan pada musim kemarau dan kondisi tanah dasar tidak dalam keadaan jenuh air. Metode pemeriksaan dilakukan dengan mengambil contoh tanah dalam *mold* yang ditekan masuk ke dalam tanah mencapai kedalaman tanah yang diinginkan. *Mold* yang berisi contoh tanah yang dikeluarkan dan direndam dalam air selama 4 hari sambil diukur pengembangannya (*swelling*). Setelah pengembangan tidak terjadi lagi maka dilaksanakan pemeriksaan CBR. Metode ini digunakan pada badan jalan yang sering terendam air pada musim hujan.

1. CBR Laboratorium

CBR Laboratorium dapat disebut juga CBR Rencana Titik. Tanah dasar pada jalan baru merupakan tanah asli, tanah timbunan atau tanah galian yang dipadatkan sampai mencapai 95% kepadatan maksimum. Dengan demikian daya dukung tanah dasar merupakan kemampuan lapisan tanah yang memikul beban setelah tanah itu dipadatkan.

1. **Pengujian Kekuatan dengan CBR**

Alat yang digunakan untuk menentukan besarnya CBR berupa alat yang mempunyai piston dengan luas bidang penekannya 3 inch2 dengan kecepatan gerak vertikal ke bawah 0,05 inch/menit, *Proving Ring* digunakan untuk mengukur beban yang dibutuhkan pada penetrasi tertentu yang diukur dengan arloji pengukur (dial). Penentuan nilai CBR yang biasa digunakan untuk menghitung kekuatan pondasi jalan adalah penetrasi 0,1” dan penetrasi 0,2”, yaitu dengan rumus sebagai berikut :

Nilai CBR pada penetrsai 0,1” =



Nilai CBR pada penetrsai 0,2” =

Dimana :

A = pembacaan dial pada saat penetrasi 0,1”

B = pembacaan dial pada saat penetrasi 0,2”

Nilai CBR yang didapat adalah nilai yang terbesar diantara hasil perhitungan kedua nilai CBR diatas.

## Tinjauan Penelitian Terdahulu

Dalam melaksanakan penelitian laboratorium terdapat penelitian terdahulu yang menjadi bahan pertimbangan dan acuan penelitian ini, karena adanya kesamaan metode, bahan aditif dan jenis tanah yang digunakan, tetapi memilki variasi campuran, serta waktu pemeraman yang berbeda. Penelitian yang dimaksud adalah sebagai berikut :

* 1. **Stabilisasi tanah dengan Abu Gunung Merapi**

*Pemanfaatan Abu Gunung Merapi Sebagai Bahan Additive Pada Tanah Dasar Pasir Berlempung Sebagai Lapis Tanah Dasar (Subgrade)* (Daru Arga, 2011) yang melakukan penelitian menggunakan tanah yang berasal dari Sukarame, Bandar Lampung dengan variasi kadar campuran *additive* 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dengan waktu pemeraman 14 hari dan perendaman 4 hari. Hasil uji Laboratorium penelitian tersebut adalah sebagai berikut :

1. Hasil pengujian tanah asli yang berasal dari Sukabumi, Bandar Lampung di Laboratorium Tanah yaitu :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | Kadar air ( ω ) | 14,86 % |
| 2 | Berat Jenis ( Gs ) | 2,730 |
| 3 | Batas *Atterberg* : |  |
|  | a. Batas Cair ( LL ) | 36,60 % |
|  | b. Batas Plastis ( PL ) | 19,63 % |
|  | c. Indeks Plastisitas ( PI ) | 16,97 % |
| 4 | a. Gradasi lolos saringan No.10 dan |  |
|  | Tertahan Saringan No.200 | 87,40% |
|  | b. Gradasi lolos saringan No. 200 | 12,48 % |
| 5 | Pemadatan : |  |
|  | a. Kadar air optimum | 14,55 % |
|  | b. Berat isi kering maksimum | 1,71 gr/cm3 |
| 6 | CBR Tanpa Rendaman  CBR Rendaman | 12,5 %  3,4 % |

Berdasarkan data hasil pengujian diatas maka disimpulkan bahwa tanah yang berasal dari Sukarame, Bandar Lampung digolongkan sebagai kelompok tanah A-2-6 yaitu tanah pasir berlempung dengan Indeks Plastisitas sebesar 16,97% (plastisitas sedang)

1. Pada uji batas-batas Konsistensi

Tanah asli menunjukkan bahwa batas cair (LL) = 36,60 %, batas plastis (PL) = 19,63 %, indeks plastisitas (IP) = 16,97 %, sedangkan setelah tanah tersebut distabilisasi dengan abu Merapi dengan variasi campuran yang berbeda-beda diperoleh perubahan nilai-nilai batas konsistensi yang sangat besar terjadi pada variasi campuran 20 %, dan pemeraman selama 14 hari dengan nilai batas cair (LL) = 38,42 %, batas plastis (PL) = 21,12 %, indeks plastisitas (IP) = 17,30 %, Walaupun terdapat kenaikan indeks plastisitas, tetapi kenaikan tersebut tidak terlalu signifikan, jadi kondisi tanah tidak terlalu mengalami pengembangan yang signifikan.

1. Uji CBR Laboratorium

Tabel 7. Hasil Pengujian CBR Tiap Kadar Campuran

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Kadar Abu Merapi | CBR  (Tanpa Rendaman) | CBR  (Rendaman) |
| 0 % | 12,5 % | 3,4 % |
| 5 % | 14 % | 4,2 % |
| 10 % | 16 % | 5,4 % |
| 15 % | 18,5 % | 7,2 % |
| 20 % | 20 % | 8,2 % |

Dari tabel tersebut terlihat bahwa terjadi peningkatan nilai CBR yang signifikan seiring bertambahnya kadar abu gunung berapi. Peningkatan CBR terjadi baik pada CBR tanpa rendaman juga pada CBR dengan rendaman selama 4 hari. Masa pemeraman dilakukan selama 14 hari.

* 1. **Stabilisasi tanah dengan Kapur**

*Pengaruh Kadar Kapur, Waktu Perawatan Dan Perendaman Terhadap Kuat Dukung Tanah Lempung* (Wiqoyah, 2006) yang melakukan penelitian menggunakan tanah lempung dari Desa Jono Kecamatan Tanon Kabupaten Sragen dengan menggunakan kapur yang dijual dipasaran dengan persentase kapur adalah 2,5%, 5%, dan 7%. Masa perawatan pada penelitian ini selama 3 hari dan masa perendaman selama 4 hari. Hasil uji laboratorium penelitian tersebut sebagai berikut :

Tabel 8. Hasil Uji CBR Tanah Lempung Distabilisasi Kapur

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Jenis  tanah+bahan stabilisasi | Nilai CBR  Perawatan  3 hari (%) | Nilai CBR  Perendaman  4 hari (%) |
| L+0% kapur | 7,94 | 0,60 |
| L+2,5% kapur | 25,23 | 8,23 |
| L+5% kapur | 29,70 | 14,4 |
| L+7,5% kapur | 31,58 | 29,38 |

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan maka diperoleh beberapa kesimpulan yaitu :

1. Hasil uji CBR dengan perawatan 3 hari, maupun dengan perendaman 4 hari, menunjukan adanya kecenderungan peningkatan nilai CBR seiring dengan penambahan persentase kapur, apabila dibandingkan dengan nilai CBR tanah asli.
2. Nilai CBR maksimum masa perawatan 3 hari, terjadi pada penambahan kapur 7,5% sebesar 31,58%, sedangkan nilai CBR maksimum masa perendaman 4 hari sebesar 29,38%, juga terjadi pada penambahan kapur 7,5%.
3. Besarnya peningkatan nilai CBR masa perawatan 3 hari terhadap nilai CBR tanah asli, sebesar 23,64%, sedangkan peningkatan nilai CBR maksimum campuran tanah dan kapur masa perendaman 4 hari terhadap nilai CBR tanah asli masa perendaman 4 hari, sebesar 28,78%.
4. Peningkatan nilai CBR ini disebabkan terjadinya sementasi akibat penambahan kapur. Sementasi ini menyebabkan penggumpalan yang menyebabkan meningkatnya daya ikat antar butiran. Meningkatnya ikatan antar butiran, maka akan meningkatkan kemampuan saling mengunci antar butiran. Selain itu, rongga-rongga pori yang telah ada sebagian akan dikelilingi bahan sementasi yang lebih keras, sehingga butiran tidak mudah hancur atau berubah bentuk karena pengaruh air.