1. **TINJAUAN PUSTAKA**
2. **Lapisan Perkerasan Jalan**

Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) adalah sistim perkerasan dimana konstruksinya terdiri dari beberapa lapisan. Tiap-tiap lapisan perkerasan pada umumnya menggunakan bahan maupun persyaratan yang berbeda sesuai dengan fungsinya yaitu, untuk menyebarkan beban roda kendaraan sedemikian rupa sehingga dapat ditahan oleh tanah dasar dalam batas daya dukungnya.

Konstruksi perkerasan jalan dipandang dari segi kemampuan memikul dan menyebarkan beban, haruslah memenuhi syarat-syarat :

* 1. Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban/muatan lalu lintas ke tanah dasar.
  2. Kedap terhadap air, sehingga air tidak mudah meresap kelapisan dibawahnya.
  3. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya dapat cepat dialirkan.
  4. Kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi yang berarti.

Konstruksi perkerasan jalan terdiri dari:

**Lapisan Tanah Dasar**

**Lapisan Pondasi Bawah**

**Lapisan Pondasi Atas**

**Lapisan Permukaan**

Gambar 1. Lapisan Perkerasan Jalan

1. **Lapisan Permukaan (*Surface Course*)**

Lapisan yang terletak paling atas disebut lapis permukaan. Material yang biasa digunakan untuk lapis permukaan adalah aspal, beton, dan lain-lain.

Lapis permukaan berfungsi sebagai :

* + - 1. Lapis perkerasan penahan beban roda, lapisan yang mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
      2. Lapis kedap air, sehingga air hujan tidak jatuh diatasnya tidak meresap kelapisan di bawahnya dan melemahkan lapisan tersebut.
      3. Lapis aus (*wearing course*), lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
      4. Lapis yang menyebar beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang mempunyai daya dukung yang lebih jelek.

1. **Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)**

Lapis permukaan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan dinamakan lapis pondasi atas (*base course*). Material yang digunakan untuk lapis pondasi atas adalah material yang cukup kuat. Untuk lapis pondasi atas tanpa bahan pengikat umumnya menggunakan material dengan CBR > 50% dan Plastisitas Indeks (PI) < 4%. Bahan-bahan alam seperti batu pecah, kerikil pecah, stabilitas tanah dengan semen dan kapur dapat digunakan sebagai lapis pondasi atas.

Lapisan pondasi atas berfungsi sebagai :

* + 1. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya.
    2. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
    3. Bantalan terhadap lapisan permukaan.

1. **Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)**

Lapiasan pondasi bawah (*subbase course*) adalah lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi atas dan tanah dasar.

Lapisan pondasi bawah berfungsi sebagai :

* + - * 1. Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar. Lapisan ini harus cukup kuat, mempunyai CBR 20% dan Plastisitas Indeks (PI) ≤ 10%.
        2. Efisiensi penggunaan material pondasi bawah relatif murah dibandingkan dengan lapisan perkerasan diatasnya. Yaitu dengan cara mengurangi tebal lapisan-lapisan yang berada diatasnya.
        3. Adanya lapisan peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
        4. Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar.
        5. Lapisan dimana untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.

1. **Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)**

Tanah dasar atau *subgrade* merupakan lapisan tanah yang paling atas, dimana sifat-sifat dan daya dukung tanah ini sangat mempengaruhi kekuatan dan keawetan dari suatu konstruksi jalan diatasnya dan mutu jalan secara keseluruhan. Tanah dasar ini dapat terbentuk dari tanah asli yang dipadatkan (pada daerah galian) ataupun tanah timbun yang dipadatkan (pada daerah urugan). Penggunaan tanah sebagai bahan untuk pembuatan jalan umumnya hanya terbatas pada penyiapan badan jalan yaitu untuk membentuk lapisan pendasar (*subgrade*) pada daerah timbunan ataupun pada daerah yang kondisi tanah aslinya tidak memenuhi spesifikasi sehingga memerlukan penggantian tanah.

Banyak metode yang digunakan untuk menentukan daya dukung tanah dasar, misalnya pemeriksaan CBR (*California Bearing Ratio* ) , DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*), dan k (modulus reaksi tanah dasar). Di Indonesia daya dukung tanah dasar untuk kebutuhan perencanaan tebal perkerasan ditentukan dengan pemeriksaan CBR.

1. **Tanah**
2. **Definisi Tanah**

Asal – usul tanah terjadi karena pelapukan batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil akibat proses mekanis dan kimia. Pelapukan mekanis disebabkan oleh memuai dan menyusutnya batuan oleh perubahan panas dan dingin yang terus-menerus (cuaca, matahari dan lain-lain) yang akhirnya menyebabkan hancurnya batuan tersebut. Bila temperatur udara menjadi sangat dingin, air menjadi membeku disekitar batu dan akan menyebabkan volumenya akan memuai yang menghasilkan tekanan yang cukup besar untuk memecahkan batuan tersebut dalam jangka waktu yang cukup lama. Selain itu air yang mengalir disungai dapat menyebabkan gerusan pada batuan tersebut. Dalam mekanis tidak terjadi perubahan susunan kimiawi dari mineral batuan tersebut. Pada proses pelapukan kimia mineral batuan induk diubah menjadi mineral-mineral baru melalui reaksi kimia. Proses pelapukan mengubah batuan padat yang besar menjadi batuan yang lebih kecil berukuran sekitar batu besar *(boulder)* sampai tanah yang sangat kecil sekali. Tanah merupakan akumulasi partikel mineral atau ikatan antar partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan (Craig,1991).

Tanah adalah kumpulan-kumpulan dari bagian-bagian yang padat dan tidak terikat antara satu dengan yang lain (diantaranya mungkin material

organik) rongga-rongga diantara material tersebut berisi udara dan air (Verhoef,1994).

Tanah (*soil*) menurut teknik sipil dapat didefinisikan sebagai sisa atau produk yang dibawa dari pelapukan batuan dalam proses geologi yang dapat digali tanpa peledakan dan dapat ditembus dengan peralatan pengambilan contoh (*sampling*) pada saat pemboran. (Hendarsin, 2000)

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

Tanah sebagian besar terdiri dari zat-zat mineral yang dibentuk oleh disintegrasi atau dekomposisi batuan-batuan. Disintegrasi ke dalam tanah disebabkan oleh gerakan air, es, embun atau perubahan suhu, atau oleh kehidupan tumbuh-tumbuhan atau binatang.

**Berdasarkan pendekatan geologi (Akhir Abad XIX), t**anah adalah lapisan permukaan bumi yang berasal dari bebatuan yang telah mengalami serangkaian pelapukan oleh gaya-gaya alam, sehingga membentuk regolit (lapisan partikel halus).

1. **Klasifikasi Tanah**

Klasifikasi tanah secara umum adalah pengelompokkan berbagai jenis tanah ke dalam kelompok yang sesuai dengan sifat teknik dan karakteristiknya.

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem yang mengatur jenis-jenis tanah yang berbeda-beda, tetapi mempunyai sifat-sifat yang serupa kedalam kelompok - kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Dengan adanya sistem klasifikasi ini akan menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang rinci. Klasifikasi ini pada umumnya di dasarkan sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran dan plastisitas. Namun semuanya tidak memberikan penjelasan yang tegas tentang kemungkinan pemakaiannya.

Sistem klasifikasi tanah dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Klasifikasi berdasarkan tekstur dan ukuran

Sistem klasifikasi ini di dasarkan pada keadaan permukaan tanah yang bersangkutan, sehingga dipengaruhi oleh ukuran butiran tanah dalam tanah. Klasifikasi ini sangat sederhana di dasarkan pada distribusi ukuran tanah saja. Pada klasifikasi ini tanah dibagi menjadi kerikil *(gevel)*, pasir *(sand)*, lanau *(silt)* dan lempung *(clay)* (Das,1993).

1. Klasifikasi berdasarkan pemakaian

Pada sistem klasifikasi ini memperhitungkan sifat plastisitas tanah dan menunjukkan sifat-sifat tanah yang penting. Pada saat ini terdapat dua sistem klasifikasi tanah yang sering dipakai dalam bidang teknik. Kedua sistem klasifikasi itu memperhitungkan distribusi ukuran butir dan batas-batas *Atterberg.*

Klasifikasi tanah diperlukan antara lain untuk hal-hal sebagai berikut :

1. Perkiraan hasil eksplorasi tanah (perkiraan log bor tanah, peta tanah, dan lain-lain).
2. Perkiraan standar kemiringan lereng penggalian tanah dan tebing.
3. Perkiraan pemilihan bahan (penentuan tanah yang harus disingkirkan, pemilihan tanah dasar, bahan tanah timbunan, dan lain-lain).
4. Perkiraan persentasi muai dan susut.
5. Pemilihan jenis konstruksi dan peralatan untuk konstruksi (pemilihan cara penggalian dan rancangan penggalian).
6. Perkiraan kemampuan alat untuk konstruksi.
7. Rencana pekerjaan/pembuatan lereng dan tembok penahan tanah (perhitungan tekanan tanah dan pemilihan jenis konstruksi).

Ada beberapa macam sistem klasifikasi tanah sebagai hasil pengembangan dari sistem klasifikasi yang sudah ada. Tetapi yang paling umum digunakan adalah:

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

Klasifikasi tanah sistem ini diajukan pertama kali oleh Casagrande dan selanjutnya dikembangkan oleh *United State Bureau of Reclamation* (USBR) dan *United State Army Corps of Engineer* (USACE). Kemudian *American Society for Testing and Materials* (ASTM) telah memakai USCS sebagai metode standar guna mengklasifikasikan tanah. Dalam bentuk yang sekarang, sistem ini banyak digunakan dalam berbagai pekerjaan geoteknik. Dalam USCS, suatu tanah diklasifikasikan ke dalam dua kategori utama 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). Simbol kelompok diawali dengan **G** untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil (*gravelly soil*) atau **S** untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir (*sandy soil*).
    2. Tanah berbutir halus (*fine-grained soils*) yang mana lebih dari 50% tanah lolos saringan No. 200 (F200 ≥ 50). Simbol kelompok diawali dengan **M** untuk lanau inorganik (inorganic silt), atau **C** untuk lempung inorganik (*inorganic clay*), atau **O** untuk lanau dan lempung organik. Simbol **Pt** digunakan untuk gambut (*peat*), dan tanah dengan kandungan organik tinggi.

Simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi adalah **W** - untuk gradasi baik (*well graded*), **P** - gradasi buruk (*poorly graded*), **L** - plastisitas rendah (*low plasticity*) dan **H** - plastisitas tinggi (*high plasticity*).

Adapun menurut *Bowles*, 1991 kelompok-kelompok tanah utama pada sistem klasifikasi *Unified* diperlihatkan pada Tabel 2 berikut ini :

Tabel 1. Sistem Klasifikasi Tanah *USCS* (Bowles, 1991).

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

Klasifikasi sistem tanah *unified* secara visual di lapangan sebaiknya dilakukan pada setiap pengambilan contoh tanah. Hal ini berguna di samping untuk dapat menentukan pemeriksaan yang mungkin perlu ditambahkan, juga sebagai pelengkap klasifikasi yang di lakukan di laboratorium agar tidak terjadi kesalahan tabel.

Dimana :

W = *Well Graded* (tanah dengan gradasi baik),

P = *Poorly Graded* (tanah dengan gradasi buruk),

L = *Low Plasticity* (plastisitas rendah, LL<50),

H = *High Plasticity* (plastisitas tinggi, LL> 50).

# Tabel 2. Sistem Klasifikasi *Unified Soil Classification System* (Das, 1995).

****

Tabel 3. Klasifikasi Modifikasi *USCS* Untuk Tanah Dasar (Sosrodarsono, 1988)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Divisi utama | | | Simbol | Karakteristik pemadatan | Koefisien permeabilitas (cm/det) | Penyesuaian untuk tanah dasar |
| Tanah berbutir kasar ≥ 50% butiran tertahan saringan No. 200 | Kerikil ≥ 50% fraksi kasar  tertahan saringan No. 4 | Kerikil bersih  (hanya kerikil) | GW | Baik, traktor ban karet (*rubber tire*), penggilas roda baja (*steel-wheel roller*) | > 10-2 | Daya dukung baik |
| GP | Baik, traktor ban karet (*rubber tire*), penggilas roda baja (*steel-wheel roller*) | > 10-2 | Daya dukung baik |
| Kerikil dengan  Butiran halus | GM | Baik, diperlukan pengawasan yang ketat, traktor ban karet (*rubber tire*), penggilas kaki domba (*sheep foot roller*) | 10-3 - 10-6 | Daya dukung baik |
| GC | Baik, traktor ban karet (*rubber tire*), penggilas kaki domba (*sheep foot roller*) | 10-6 - 10-8 | Daya dukung baik |
| Pasir 50%≥ fraksi kasar  lolos saringan No. 4 | Pasir bersih (hanya pasir) | SW | Baik, traktor ban karet (*rubber tire*), penggilas kaki domba (*sheep foot roller*) | > 10-3 | Daya dukung baik |
| SP | Baik, traktor ban karet (*rubber tire*), penggilas kaki domba (*sheep foot roller*) | > 10-3 | Daya dukung baik atau tidak baik tergantung berat volumenya |
| Pasir  dengan butiran  halus | SM | Baik, diperlukan pengawasan yang ketat, traktor ban karet (*rubber tire*), penggilas kaki domba (*sheep foot roller*) | 10-3 - 10-6 | Daya dukung baik atau tidak baik tergantung berat volumenya |
| SC | Baik, penggilas kaki domba (*sheep foot roller*), penggilas dengan ban bertekanan (*penumatic tired roller*) | 10-6 - 10-8 | Daya dukung baik atau buruk |
| Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200 | | Lanau dan lempung  batas cair ≤ 50% | ML | Baik atau buruk, pengawasan terhadap pekerjaan penting sekali, penggilas dengan ban bertekanan (*penumatic tired roller*) dan penggilas kaki domba (*sheep foot roller*) | 10-3 - 10-6 | Sangat buruk, memungkinkan terjadinya aliran |
| CL | Baik atau tidak baik, penggilas dengan ban bertekanan (penumatic tired roller) dan penggilas kaki domba (*sheep foot roller*) | 10-6 - 10-8 | Daya dukung baik atau buruk |
| OL | Baik atau tidak baik, penggilas kaki domba (*sheep foot roller*) | 10-4 - 10-6 | Daya dukung baik atau buruk, penurunan yang besar mungkin terjadi |
| Lanau dan lempung batas cair ≥ 50% | MH | Baik atau tidak cocok, penggilas kaki domba (*sheep foot roller*) | 10-4 - 10-6 | Daya dukung buruk |
| CH | Baik atau tidak baik, penggilas kaki domba (*sheep foot roller*) | 10-6 - 10-8 | Daya dukung baik atau buruk |
| OH | Buruk atau tidak cocok, penggilas kaki domba (*sheep foot roller*) | 10-6 - 10-8 | Daya dukung sangat buruk |
| Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi | | | PT | Tidak praktis bila dipakai setelah pemadatan |  | Tidak digunakan untuk tanah dasar |

1. **Sistem klasifikasi AASHTO.**

Sistem klasifikasi AASHTO bermanfaat 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 diklasifikasikan ke dalam 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. Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria di bawah ini :

1. Ukuran Butir

Kerikil : bagian tanah yang lolos ayakan diameter 75 mm (3 inchi) dan yang tertahan pada ayakan No. 4 (4,75 mm).

Pasir : bagian tanah yang lolos ayakan No. 4 (4,75 mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0,075 mm).

Lanau dan lempung : bagian tanah yang lolos ayakan No. 200.

1. Plastisitas

Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bilamana bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis indeks plastisnya 11 atau lebih.

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 dileluarkan tersebut harus dicatat.

Apabila sistem klasifikasi AASHTO dipakai untuk mengklasifikasikan tanah, maka data dari hasil uji dicocokkan dengan angka-angka yang diberikan dalam Tabel 4 dari kolom sebelah kiri ke kolom sebelah kanan hingga ditemukan angka-angka yang sesuai.

Tabel 4. Klasifikasi Tanah untuk Lapisan Tanah Dasar Jalan Raya (AASHTO)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **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 | Maks 50 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No. 40 | Maks 30 | Maks 50 | Min 51 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No. 200 | Maks 15 | Maks 25 | Maks 10 | Maks 35 | Maks 35 | Maks 35 | Maks 35 | Min 36 | Min 36 | Min 36 | Min 36 |
| Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Batas Cair (LL) | --- | | --- | Maks 40 | Min 41 | Maks 40 | Min 41 | Maks 40 | Min 41 | Maks 40 | Min 41 |
| Indek Plastisitas (PI) | Maks 6 | | NP | Maks 10 | Maks 10 | Min 11 | Min 11 | Maks 10 | Maks 10 | Min 11 | Min 11 |
| 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 | | | | | | | Biasa sampai jelek | | | |

Keterangan : \*\* Untuk A-7-5, PI ≤ LL – 30

\*\* Untuk A-7-6, PI > LL – 30

Sumber : Das, 1995.

Data yang telah didapat dari percobaan laboratorium dan angka-angka yang telah ditabelkan pada Tabel 4 dari kolom sebelah kiri kekolom sebelah kanan. Kelompok tanah yang paling kiri paling baik dalam menahan beban roda, berarti paling baik untuk lapisan dasar tanah jalan. Semakin kekanan semakin berkurang kualitasnya.

1. **Tanah Lempung**

Tanah lempung 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 tidak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Selain itu, permeabilitas lempung sangat rendah (Terzaghi dan Peck, 1987).

Sifat khas yang dimiliki oleh tanah lempung 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.

Tanah lempung terdiri dari berbagai golongan tekstur yang agak susah dicirikan secara umum. Sifat fisika tanah lempung umumnya terletak di antara sifat tanah pasir dan liat. Pengolahan tanah tidak terlampau berat, sifat merembeskan airnya sedang dan tidak terlalu melekat.

Warna tanah pada tanah lempung tidak dipengaruhi oleh unsur kimia yang terkandung di dalamnya, karena tidak adanya perbedaan yang dominan dimana kesemuanya hanya dipengaruhi oleh unsur Natrium saja yang paling mendominasi. Semakin tinggi plastisitas, grafik yang dihasilkan pada masing-masing unsur kimia belum tentu sama. Hal ini disebabkan karena unsur-unsur warna tanah dipengaruhi oleh nilai *Liquid Limit* (LL) yang berbeda-beda (Marindo, 2005 dalam Afryana, 2009).

Tanah lempung terdiri dari butir – butir yang sangat kecil ( < 0.002 mm) dan menunjukkan sifat – sifat plastisitas dan kohesi. Kohesi menunjukkan kenyataan bahwa bagian – bagian itu melekat satu sama lainnya, sedangkan plastisitas adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu dirubah – rubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya, dan tanpa terjadi retakan – retakan atau terpecah – pecah (L.D Wesley, 1977).

Mineral lempung merupakan senyawa *alumunium silikat* yang kompleks yang terdiri dari satu atau dua unit dasar, yaitu *silica tetrahedral* dan *alumunium octahedral*. *Silicon* dan *alumunium* mungkin juga diganti sebagian dengan unsur lain yang disebut dengan substitusi isomorfis.Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung adalah sebagai berikut:

1. Ukuran butir halus, kurang dari 0,002 mm.
2. Permeabilitas rendah.
3. Kenaikan air kapiler tinggi.
4. Bersifat sangat kohesif.
5. Kadar kembang susut yang tinggi.
6. Proses konsolidasi lambat.

Tanah butiran halus khususnya tanah lempung akan banyak dipengaruhi oleh air. Sifat pengembangan tanah lempung yang dipadatkan akan lebih besar pada lempung yang dipadatkan pada kering optimum daripada yang dipadatkan pada basah optimum. Lempung yang dipadatkan pada kering optimum relatif kekurangan air, oleh karena itu lempung ini mempunyai kecenderungan yang lebih besar untuk meresap air sebagai hasilnya adalah sifat mudah mengembang (Hardiyatmo, 1999).

Tanah lempung adalah tanah yang mempunyai partikel mineral tertentu yang menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air (Grim, 1953).

Partikel lempung dapat berbentuk seperti lembaran yang mempunyai permukaan khusus. Karena itu, tanah lempung mempunyai sifat sangat dipengaruhi oleh gaya-gaya permukaan. Umumnya, terdapat kira-kira 15 macam mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung. Beberapa mineral yang diklasifikasikan sebagia mineral lempung yakni : *montmorrillonite, illite, kaolinite,* dan *polygorskite* (Hardiyatmo, H.C., 2006).

Sifat-sifat umum mineral lempung :

a. Hidrasi

Partikel mineral lempung 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 temperature yang lebih tinggi dari 60º sampai 100º C dan akan mengurangi plastisitas alamiah, tetapi sebagian air juga dapat menghilang cukup dengan pengeringan udara saja.

b. Aktivitas (*A*)

Skempton (1953) mendefinisikan aktivitas tanah lempung sebagai perbandingan antara Indeks Plastisitas (*PI*) dengan presentase butiran yang lebih kecil dari 0,002 mm atau dapat pula dituliskan sebagai persamaan berikut:

A = PI

% berat fraksi berukuran lempung

Aktivitas digunakan sebagai indeks untuk mengidentifikasi kemampuan mengembang dari suatu tanah lempung. Ketebalan air mengelilingi butiran tanah lempung tergantung dari macam mineralnya. Jadi dapat disimpulkan plastisitas tanah lempung tergantung dari :

1. Sifat mineral lempung yang ada pada butiran

2. Jumlah mineral

Bila ukuran butiran semakin kecil, maka luas permukaan butiran akan semakin besar. Pada konsep Atterberg, jumlah air yang tertarik oleh permukaan partikel tanah akan bergantung pada jumlah partikel lempung yang ada di dalam tanah.



Gambar 2. Variasi indeks plastisitas dengan persen fraksi lempung

(Hary Christady, 2006)

Gambar di atas mengklasifikasikan mineral lempung berdasarkan nilai aktivitasnya, yaitu :

1. *Montmorrillonite* : Tanah lempung dengan nilai aktivitas (A) ≥ 7,2

2. *Illite* : Tanah lempung dengan nilai aktivitas (A) ≥ 0,9 dan< 7,2

3. *Kaolinite* : Tanah lempung dengan nilai aktivitas (A) ≥ 0,38 dan < 0,9

4. *Polygorskite* : Tanah lempung dengan nilai aktivitas (A) < 0,38

c. Flokulasi dan Disversi

Apabila mineral lempung terkontaminasi dengan substansi yang tidak mempunyai bentuk tertentu atau tidak berkristal (amophus) 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 *flok (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 (Thixopic)*, dimana kekuatan didapatkan dari lamanya waktu.

d. Pengaruh Zat Cair

Fase air yang berada di dalam struktur tanah lempung 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 (Ccl 4) yang jika dicampur lempung tidak akan terjadi apapun.

e. Sifat Kembang Susut (*Swelling*)

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.

Tanah Lempung mempunyai beberapa jenis, antara lain :

**1. Tanah Lempung Berlanau**

Lanau adalah tanah atau butiran penyusun tanah/batuan yang berukuran di antara pasir dan lempung. Sebagian besar lanau tersusun dari butiran-butiran *quartz* yang sangat halus dan sejumlah partikel berbentuk lempengan-lempengan pipih yang merupakan pecahan dari mineral-mineral mika. Sifat-sifat yang dimiliki tanah lanau adalah sebagai berikut (Das, 1991) :

a. Ukuran butir halus, antara 0,002 – 0,05 mm.

b. Bersifat kohesif.

c. Kenaikan air kapiler yang cukup tinggi, antara 0,76 – 7,6 m.

d. Permeabilitas rendah.

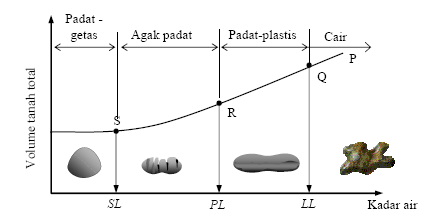
e. Potensi kembang susut rendah sampai sedang.

f. Proses penurunan lambat.

Lempung berlanau adalah tanah lempung yang mengandung lanau dengan material utamanya adalah lempung. Tanah lempung berlanau merupakan tanah yang memiliki sifat plastisitas sedang dengan Indeks Plastisitas 7-17 dan kohesif.

**2. Tanah Lempung Plastisitas Rendah**

Plastisitas merupakan kemampuan tanah dalam menyesuaikan perubahan bentuk pada volume yang konstan tanpa retak-retak/remuk. Sifat dari plastisitas tanah lempung sangat di pengaruhi oleh besarnya kandungan air yang berada di dalamnya dan juga disebabkan adanya partikel mineral lempung dalam tanah.

Sifat dari plastisitas tanah lempung sangat di pengaruhi oleh besarnya kandungan air yang berada di dalamnya. Atas dasar air yang terkandung didalamnya (konsistensinya) tanah dibedakan atau dipisahkan menjadi 4 keadaan dasar yaitu padat, semi padat, plastis, cair.

Gambar 3. Batas Konsistensi

Bila pada tanah yang berada pada kondisi cair (titik P) kemudian kadar airnya berkurang hingga titik Q, maka tanah menjadi lebih kaku dan tidak lagi mengalir seperti cairan. Kadar air pada titik Q ini disebut dengan batas cair (*liquid limit*) yang disimbolkan dengan LL. Bila tanah terus menjadi kering hingga titik R, tanah yang dibentuk mulai mengalami retak-retak yang mana kadar air pada batas ini disebut dengan batas plastis (*plastic limit*), PL. Rentang kadar air dimana tanah berada dalam kondisi plastis, antara titik Q dan R, disebut dengan indek plastisitas (plasticity index), PI, yang dirumuskan :

PI = LL - PL

dengan,

LL = Batas Cair (*Liquid Limit*)

PL = Batas Plastis (*Liquid Plastic*)

Dari Nilai PI yang dihitung dengan persamaan diatas akan ditentukan berdasarkan Atterberg (1911). Adapun batasan mengenai indeks plastisitas tanah ditinjau dari; sifat, dan kohesi. Seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 5.Nilai indeks plastisitas dan sifat tanah (Hardiyatmo, 2002)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **PI %** | **Sifat Tanah** | **Kohesi** |
| 0 | Non Plastis | Non Kohesif |
| < 7 | Plastisitas Rendah | Kohesi Sebagian |
| 7 - 17 | Plastisitas Sedang | Kohesif |
| > 17 | Plastisitas Tinggi | Kohesif |
|  |  |  |

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa lempung plastisitas rendah memiliki nilai index plastisitas (PI) < 7 % dan memiliki sifat kohesi sebagian yang disebabkan oleh mineral yang terkandung didalamnya.

Dalam sistem klasifikasi Unified (Das, 1995). tanah lempung plastisitas rendah memiliki simbol kelompok CL yaitu Tanah berbutir halus 50% atau lebih, lolos ayakan No. 200 dan memiliki batas cair (LL) ≤ 50 %.

**3. Tanah Lempung Berpasir**

Pasir merupakan partikel penyusun tanah yang sebagian besar terdiri dari mineral quartz dan feldspar. Sifat-sifat yang dimiliki tanah pasir adalah sebagai berikut (Das, 1991):

a. Ukuran butiran antara 2 mm – 0,075 mm.

b. Bersifat non kohesif.

c. Kenaikan air kapiler yang rendah, antara 0,12 – 1,2 m.

d. Memiliki nilai koefisien permeabilitas antara 1,0 – 0,001 cm/det.

e. Proses penurunan sedang sampai cepat.

Klasifikasi tanah tergantung pada analisis ukuran butiran, distribusi ukuran butiran dan batas konsistensi tanah. Peubahan klasifikasi utama dengan penambahan ataupun pengurangan persentase yang lolos saringan no.4 atau no.200 adalah alasan diperlukannya mengikutsertakan deskripsi verbal beserta simbol-simbolnya, seperti pasir berlempung, lempung berlanau, lempung berpasir dan sebagainya.

Pada tanah lempung berpasir persentase didominasi oleh partikel lempung dan pasir walaupun terkadang juga terdapat sedikit kandungan kerikil ataupun lanau. Identifikasi tanah lempung berpasir dapat ditinjau dari ukuran butiran, distribusi ukuran butiran dan observasi secara visual. Sedangkan untuk batas konsistensi tanah digunakan sebagai data pendukung identifikasi karena batas konsistensi tanah lempung berpasir disuatu daerah dengan daerah lainnya akan berbeda tergantung jenis dan jumlah mineral lempung yang terkandung di dalamnya.

Suatu tanah dapat dikatakan lempung berpasir bila lebih dari 50% mengandung butiran lebih kecil dari 0,002 mm dan sebagian besar lainnya mengandung butiran antara 2 – 0,075 mm. Pada Sistim Klasifikasi *Unified* (ASTM D 2487-66T) tanah lempung berpasir digolongkan pada tanah dengan simbol CL yang artinya tanah lempung berpasir memiliki sifat kohesi sebagian karena nilai plastisitasnya rendah ( PI < 7).

Untuk tanah urugan dan tanah pondasi, Sistim Klasifikasi *Unified* mengklasifikasikan tanah lempung berpasir sebagai (Sosrodarsono dan Nakazawa, 1988):

* 1. Stabil atau cocok untuk inti dan selimut kedap air.
  2. Memiliki koefisien permeabilitas antara 10-6 – 10-8 cm/det.
  3. Efektif menggunakan penggilas kaki domba dan penggilas dengan ban bertekanan untuk pemadatan di lapangan.
  4. Berat volume kering 1,52-1,92 t/m3.
  5. Daya dukung tanah baik sampai buruk.

Penggunaan untuk saluran dan jalan, Sistim Klasifikasi *Unified* mengklasifikasikan tanah lempung berpasir sebagai (Sosrodarsono dan Nakazawa, 1988) :

* 1. Cukup baik sampai baik sebagai pondasi jika tidak ada pembekuan.
  2. Tidak cocok sebagai lapisan tanah dasar untuk perkerasan jalan.
  3. Sedang sampai tinggi kemungkinan terjadi pembekuan.
  4. Memiliki tingkat kompresibilitas dan pengembangan yang sedang.
  5. Sifat drainase kedap air.
  6. Alat pemadatan lapangan yang cocok digunakan penggilas kaki domba dan penggilas dengan ban bertekanan.
  7. Berat volume kering antara 1,6 – 2 t/m3.
  8. Memiliki nilai CBR lapangan antara 5-15 %.
  9. Koefisien reaksi permukaan bawah 2,8 – 5,5 kg/cm3.

1. **Stabilisasi Tanah**

Stabilisasi tanah secara prinsip adalah suatu tindakan atau usaha yang dilakukan guna menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan gesernya.

Beberapa tindakan yang dilakukan untuk menstabilisasikan tanah adalah sebagai berikut :

1. Menambah bahan yang menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi atau fisis pada tanah.
2. Mencampur dengan jenis tanah lain yang memiliki butiran kasar.
3. Meningkatkan kerapatan tanah.
4. Menurunkan muka air tanah.
5. Menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan kekuatan geser yang timbul.

Cara yang digunakan untuk menstabilisasi tanah terdiri dari salah satu atau kombinasi dari cara berikut (Bowles, 1989) :

**1. Stabilisasi Tanah dengan Cara Mekanis**

Stabilisasi tanah dengan cara mekanis dapat didefinisikan sebagai upaya pengaturan gradasi tanah secara proporsional yang diikuti dengan proses pemadatan, untuk mendapatkan kepadatan maksimum.

Pemadatan merupakan suatu usaha mempertinggi kerapatan tanah, dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemadatan partikel. Sebelum dilakukan pemadatan, tanah pada mulanya dilakukan dengan pengeringan, penambahan air, agregat-agregat (butir-butir) atau dengan bahan-bahan pencampur seperti semen, kapur, garam, abu batu bara, dan bahan tambahan lainnya. Tujuan dari pemadatan tanah adalah untuk memperbaiki sifat-sifat mekanik massa tanah. Beberapa keuntungan yang diperoleh dari pemadatan tanah adalah (Fourman, 1996) :

* 1. Berkurangnya penurunan permukaan tanah, yaitu gerakan vertikal di dalam massa tanah itu sendiri akibat berkurangnya angka pori.
  2. Bertambahnya kekuatan tanah.
  3. Berkurangnya penyusutan volume akibat berkurangnya kadar air dari nilai patokan pada saat pengeringan.

**2. Stabilisasi Tanah dengan Bahan Pencampur**

Cara yang sering digunakan untuk menstabilisasi tanah berbutir halus adalah dengan mencampur tanah tersebut dengan bahan pencampur (semen, semen dan pasir, semen dan garam, abu batu bara, gamping, gamping dan abu batu bara) dan diberi air secukupnya kemudian dipadatkan dengan mesin gilas dan menghasilkan suatu beton bergradasi rendah.

Sedangkan stabilisasi dengan bahan pencampur kimiawi dapat mengubah sifat-sifat kurang menguntungkan dari tanah. Biasanya digunakan untuk tanah berbutir halus. Bahan yang digunakan untuk stabilisasi tanah disebut *stabilizing agent*.

1. **Stabilisasi Elektro-Kimiawi TX 300**

TX 300 adalah bahan polimer cair yang berfungsi untuk menstabilisasi, mengeraskan, dan menguatkan daya dukung tanah. Tx 300 digunakan untuk membangun struktur dasar jalan yang kokoh dan tahan lama, untuk jalan yang dilapis aspal/beton juga digunakan juga untuk membangun jalan tanpa lapisan penutup, yang tahan lama dan tahan terhadap perubahan cuaca. TX 300 dapat digunakan hampir di semua tipe atau kombinasi tanah, kecuali pasir murni. TX 300 bekerja dengan baik untuk tanah tipe A-2-4, A-2-6, A-4, A-5, A-6 dan A-7.

Bahan kimia yang terkandung di TX-300 memiliki proses ikatan reaksi kimia seperti yang ditemukan di stabilisator sulfat atau klorida berbasis, yang bersifat korosif.

Dalam asam sulfat berbasis stabilisator, material jalan yang dikeraskan dari reaksi kimia atau "mengkristal", hanya untuk memecah, terutama pada bahan mengandung semen atau kalsium seperti ditemukan di caliche, shell atau kapur.

Sebaliknya, TX-300 bersifat koloid, yang dibentuk melalui pertukaran ion menghasilkan pembentukan gel yang mengubah mereka dari cair ke padat, membentuk suatu ikatan, tetap kaku ditembus, itu memberikan ketahanan terhadap kelembaban seperti mengisi pada rongga tanah, mengurangi indeks plastisitas dan penurunan tegangan permukaan sebagai sementasi pada akhirnya meningkatkan kapasitas atau daya dukung tanah.

Polimerisasi dari TX-300 menjadi sebuah kumpulan yang solid dan  
ketika mengeras, menyebarkan air. Komponen mencapai viskositas maksimum dan ditetapkan menjadi kuat, ikatan anorganik yang tidak biodegradable. Ketika diterapkan dengan baik, TX-300 menembus permukaan untuk mengikat partikel halus bersama-sama, sehingga ikatan dan kekuatan materi dasar ada dua metode yaitu dehidrasi dan mekanisme pengaturan bahan kimia yang merubah bahan menjadi lekatan, lebih kental dan larut.

TX-300 aman terhadap lingkungan dan tidak memerlukan label peringatan berbahaya; itu dapat disimpan untuk periode waktu yang panjang dalam kontainer baja. Tx 300 ini adalah bahan non korosif, tidak mudah terbakar, tidak menyebabkan alergi dan tidak beracun.

TX-300 terdiri dari bahan baku alami dan tidak mengandung  
bahan atau produk daur ulang. Ini berisi inhibitor korosi, itu memberikan 100% lebih sedikit korosif daripada air keran, sangat membantu melindungi peralatan logam.

TX 300, bila diaplikasikan secara tepat akan memadatkan tanah dan menjadikan struktur tanah yang keras dan tahan air. Fungsi lain dari TX-300 adalah:

1. Memperkuat pondasi bangunan.

1. Konstruksi landasan pesawat, lantai lapangan parkir, lantai area pergudangan, dll.
2. Memperkuat campuran beton.

Keuntungan menggunakan TX-300 :

1. Daya dukung yang kuat / kokoh, TX-300 memberikan struktur dasar yang kuat sehingga mampu membuat jalan yang mulus dan tidak berdebu. Meningkatkan CBR hingga 200% - 300%, secara signifikan mengurangi index plastis tanah .
2. Waktu konstruksi yang cepat, lebih cepat dibandingkan dengan pembuatan struktur dasar jalan yang normal.
3. Lebih ekonomis, meminimalisasi penggunaan bahan lapisan penutup jalan (aspal / beton). Atau tidak menggunakan lapisan penutup sama sekali.
4. Tahan lama, baik dengan perawatan yang minimal atau tanpa perawatan sama sekali.
5. Ramah lingkungan dan aman bagi manusia (lulus persyaratan dan standard dari US EPA dan ISO 9002).

**F. Daya Dukung Tanah**

Daya dukung tanah adalah besarnya tekanan atau kemampuan tanah untuk menerima beban dari luar. Daya dukung tanah dasar dipengaruhi oleh jenis tanah, tingkat kepadatan, kadar air, kondisi drainase, dan lain-lain. Tingkat kepadatan dinyatakan dengan persentase berat volume kering (γk) tanah terhadap berat volume kering maksimum (γk maks). Daya dukung tanah dasar (subgrade) pada perencanaan perkerasan lentur dinyatakan dengan nilai CBR (Hardiyatmo, 1999).

Daya dukung tanah bisa kita dapat dengan cara mekanis seperti dengan bantuan alat berat. Ada beberapa cara seperti melakukan penggilasan dengan alat penggilas, menjatuhkan benda berat, ledakan, melakukan tekanan stastis, melakukan proses pembekuan, pemanasan dan sebagainya.

Tanah yang memiliki daya dukung yang baik memiliki tingkat kerapatan yang besar. Tanah pada kondisi ini memiliki penurunan tanah yang sangat kecil dan dalam jangka waktu yang sangat lama. Penurunan muka air tanah juga sangat besar sehingga pada drainase tanah kondisinya tidak terlalu tergenang air.

Tujuan perbaikan daya dukung tanah yang paling utama adalah untuk memadatkan tanah yang memiliki sifat-sifat yang sesuai dengan spesifikasi pekerjaan tertentu. Perbaikan daya dukung juga merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel (Bowles, 1989). Energi pemadatan dilapangan dapat diperoleh dari alat-alat berat, pemadat getaran, mesin gilas dan dari benda-benda berat yang dijatuhkan. Di laboratorium untuk mendapatkan daya dukung dilakukan dengan gaya tumbukan (dinamik), alat penekan, alat tekan statik yang memakai piston dan mesin tekan.

Menurut Bowles (1989), ada beberapa keuntungan pemadatan:

1. Berkurangnya penurunan permukaan tanah (*subsidence*) yaitu gaya vertikal pada massa tanah akibat berkurangnya angka pori.
2. Bertambahnya kekuatan tanah.
3. Berkurangnya penyusutan, berkurangnya volume akibat berkurangnya kadar air dari nilai patokan pada saat pengeringan.

Menurut Bowles (1989), Kerugian utamanya adalah bahwa pemuaian (bertambahnya kadar air dari nilai patokannya) dan kemungkinan pembekuan tanah itu akan membesar.

Untuk mengetahui daya dukung tanah digunakan pengujian-pengujian antara lain:

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

2. *Unconfined Compression Strength* (UCS)

3. *Direct Shear*

Pada penelitian ini menggunakan pengujian CBR untuk mengetahui daya dukung tanah yang ditujukan untuk pembuatan *subgrade*.

Metode perencanaan perkerasan jalan yang umum dipakai adalah cara-cara empiris dan yang biasa dikenal adalah cara CBR (*California Bearing Rati*o). Metode ini dikembangkan oleh *California State Highway Departement* sebagai cara untuk menilai kekuatan tanah dasar jalan (*subgrade*). Istilah CBR menunjukkan suatu perbandingan (*ratio*) antara beban yang diperlukan untuk menekan piston logam (luas penampang 3 inch) ke dalam tanah untuk mencapai penurunan (penetrasi) tertentu dengan beban yang diperlukan pada penekanan piston terhadap material batu pecah di California pada penetrasi yang sama (Canonica, 1991).

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. Sedangkan, nilai CBR yang didapat akan digunakan untuk menentukan tebal lapisan perkerasan yang diperlukan di atas lapisan yang mempunyai nilai CBR tertentu. Untuk menentukan tebal lapis perkerasan dari nilai CBR digunakan grafik-grafik yang dikembangkan untuk berbagai muatan roda kendaraan dengan intensitas lalu lintas.

Dalam buku *Pengendalian Mutu Pekerjaan Tanah, Balai Geoteknik Jalan, hal 37,* Material pembentuk subgrade adalah tanah dan setelah dipadatkan harus mempunyai CBR ≥ 6% dan nilai PI ≤ 10%. (CBR = *California Bearing Ratio* dan PI = *Plasticity Index*).

**1. Jenis-Jenis CBR**

Berdasarkan cara mendapatkan contoh tanahnya, CBR dapat dibagi atas :

1. CBR Lapangan

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

1. Mendapatkan nilai CBR asli di lapangan sesuai dengan kondisi tanah pada saat itu. Umumnya digunakan untuk perencanaan tebal lapis perkerasan yang lapisan tanah dasarnya sudah tidak akan dipadatkan lagi;
2. 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. Hal ini sering digunakan untuk menentukan daya dukung tanah di daerah yang lapisan tanah dasarnya tidak akan dipadatkan lagi, terletak pada daerah yang badan jalannya sering terendam air pada musim penghujan dan kering pada musim kemarau. Sedangkan pemeriksaan dilakukan di musim kemarau. Pemeriksaan dilakukan dengan mengambil contoh tanah dalam tabung (*mold*) yang ditekan masuk kedalam tanah mencapai kedalaman yang diinginkan. Tabung berisi contoh tanah dikeluarkan dan direndam dalam air selama beberapa hari sambil diukur pengembangannya. Setelah pengembangan tidak terjadi lagi, barulah dilakukan pemeriksaan besarnya CBR.

1. CBR Laboratorium

Tanah dasar pada konstruksi jalan baru dapat berupa 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. CBR ini disebut CBR Laboratorium, karena disiapkan di Laboratorium. CBR Laboratorium dibedakan atas 2 macam, yaitu CBR Laboratorium rendaman dan CBR Laboratorium tanpa rendaman.

**2. Pengujian Kekuatan dengan CBR**

Alat yang digunakan untuk menentukan besarnya CBR berupa alat yang mempunyai *piston* dengan luas 3 inch 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 :

CBR0,1” = x/3000 x 100%

CBR0,2” = y/4500 x 100%

Dimana :

x = pembacaan dial pada saat penetrasi 0,1”

y = pembacaan dial pada saat penetrasi 0,2”

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

Berikut ini adalah tabel beban yang digunakan untuk melakukan penetrasi bahan standar :

Tabel 6. Beban penetrasi bahan standar

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Penetrasi (inch) | Beban Standar (lbs) | Beban Standar (lbs/inch) |
| 0,1  0,2  0,3  0,4  0,5 | 3000  4500  5700  6900  7800 | 1000  1500  1900  2300  6000 |

**G. Tinjauan Penelitian Terdahulu**

Beberapa penelitian laboratorium yang menjadi bahan pertimbangan dan acuan penelitian ini dikarenakan adanya kesamaan metode dan sampel tanah yang digunakan, akan tetapi untuk bahan aditif dan variasi campuran serta waktu pemeraman yang berbeda, antara lain :

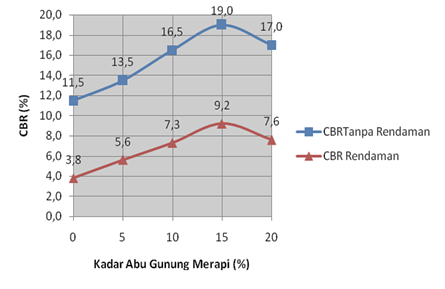
1. Stabilisasi pada tanah lempung plastisitas rendah menggunakan abu gunung Merapi.

Penelitian yang dilakukan oleh Chairul Komarullah pada tahun 2011 adalah mengenai Studi Daya Dukung Tanah Lempung Plastisitas Rendah yang Distabilisasi Menggunakan Abu Gunung Merapi. Sampel tanah yang di uji pada penelitian ini yaitu tanah lempung plastisitas rendah yang berasal dari daerah Karang Anyar, Lampung Selatan. Variasi kadar campuran yang digunakan yaitu 5%, 10%, 15% dan 20% dengan dilakukan waktu pemeraman yang sama selama 14 hari dan perendaman selama 4 hari. Berdasarkan pemeriksaan sifat fisik tanah asli, AASHTO mengklasifikasikan sampel tanah pada kelompok A-6 (tanah berlempung), sedangkan USCS mengklasifikasikan sampel tanah sebagai tanah berbutir halus dan termasuk kedalam kelompok CL. Dalam penelitian ini mengatakan bahwa penggunaan bahan campuran abu gunung Merapi sebagai bahan stabilisasi pada tanah lempung plastisitas rendah Karang Anyar dengan perlakuan pemeraman selama 14 hari serta rendaman selama 4 hari mampu meningkatkan kekuatan daya dukungnya.

Tabel 7. Hasil pengujian CBR tiap kadar (Chairul Komarullah, 2011)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Kadar abu gunung Merapi | CBR  (Tanpa Rendaman) | CBR  (Rendaman) |
| 0% | 11,5% | 3,8% |
| 5% | 13,5% | 5,6% |
| 10% | 16,5% | 7,3% |
| 15% | 19,0% | 9,2% |
| 20% | 17,0% | 7,6% |

Hubungan antara nilai CBR rendaman dan CBR tanpa rendaman terhadap kadar abu gunung Merapi dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4. Hubungan nilai CBR rendaman dan CBR tanpa rendaman terhadap panambahan kadar abu gunung Merapi

Melihat hasil pengujian CBR perendaman yang dipergunakan sebagai dasar perhitungan karena dalam kenyataannya air selalu mempengaruhi konstruksi bangunan. Pada penelitian ini, nilai CBR rendaman yang distabilisasi menggunakan abu gunung Merapi dengan kadar abu optimum dapat digunakan sebagai *subgrade*, karena nilai CBR rendamannya > 6%. dapat disimpulkan bahwa tanah yang telah distabilisasi dengan campuran abu gunung Merapi dengan kadar 10% dan 15% dapat digunakan sebagai *subgrade* pada konstruksi jalan, karena nilai CBRnya ≥ 6 %.

1. Stabilisasi pada tanah lempung lunak menggunakan ISS 2500.

Penelitian yang dilakukan oleh Luki Sandi pada tahun 2010 adalah mengenai Studi Daya Dukung Stabilisasi Tanah Lunak Menggunakan ISS 2500 (*Ionic Soil Stabilizer*) Sebagai Lapis Pondasi Tanah Dasar (*Subgrade*) mengatakan bahwa penggunaan bahan campuran ISS 2500 sebagai bahan stabilisasi pada tanah lempung lunak Rawa Sragi dengan perlakuan pemeraman selama 7 hari serta rendaman selama 4 hari mampu meningkatkan kekuatan daya dukungnya.

Tabel 8. Hasil pengujian CBR tiap kadar (Luki Sandi, 2010)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Kadar ISS 2500 | CBR  (Tanpa Rendaman) | CBR  (Rendaman) |
| 0,5 ml | 16,5 % | 6 % |
| 0,8 ml | 29,5 % | 8,4 % |
| 1,1 ml | 18,8 % | 10,7 % |
| 1,4 ml | 17,9 % | 12 % |

Hubungan antara nilai CBR rendaman dan CBR tanpa rendaman terhadap kadar larutan ISS 2500 dapat dilihat pada gambar berikut :

Gambar 5. Hubungan nilai CBR rendaman dan tanpa rendaman

Terhadap kadar ISS 2500

Hasil penelitian di laboratorium menunjukkan bahan stabilisasi menggunakan ISS 2500 dapat memperbaiki sifat fisik dan mekanik tanah lunak. Pada pengujian fisik seperti berat jenis dan batas-batas *Atterberg* mengalami penurunan setelah distabilisasi. Sementara pada pengujian mekanik, penggunaan ISS 2500 cukup efektif dalam meningkatkan daya dukung tanah lunak. Dari hasil pengujian CBR rendaman atau tanpa rendaman, tanah yang telah distabilisasi dengan campuran ISS 2500 dapat digunakan sebagai tanah dasar pada konstruksi jalan dikarenakan nilai CBRnya ≥ 6 %.