

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Dalam “*Pedoman Stabilisasi Dangkal Tanah Lunak Untuk Konstruksi Timbunan Jalan*” yang diterbitkan oleh Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum, disebutkan bahwa stabilisasi tanah dengan menggunakan semen pertama kali dilakukan di Amerika Serikat pada tahun 1935. Pondasi bangunan untuk rumah dan pabrik di Amerika dan Afrika Selatan hingga tahun 1949 yang didirikan di atas tanah yang kondisinya kurang baik banyak menggunakan cara-cara stabilisasi dengan semen. Stabilisasi ini biasanya diterapkan dibidang jalan terutama untuk mengubah sifat-sifat tanah dasar (*sub grade*) atau lapis pondasi bawah (*sub base*) agar memenuhi standar persyaratan teknik.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Virisdianto,1999) menunjukkan bahwa variasi campuran 5% pasir + 5% semen portland pada tanah lempung dengan masa pemeraman 7 hari menunjukkan nilai CBR dan nilai kuat geser serta pengurangan potensi pengembangan (*swelling*) yang maksimum.

Selain itu juga penelitian yang dilakukan oleh (Fira Yolanda,2011) dengan tanah residual Depok yang memanfaatkan semen portland sebagai bahan stabilisasi, hasil penelitian menunjukkan bahwa pencampuran tanah residual Depok dengan semen dapat menambah nilai CBR terutama pada keadaan terendam karena selama proses perendaman terjadi penambahan air yang menyebabkan semen bereaksi dan terjadi reaksi pengerasan. Kadar air optimum yang didapatkan pada tanah residual Depok adalah 36,3% dan kadar air optimum akan semakin berkurang seiring dengan penambahan semen. Dengan penambahan semen sebanyak 10% dari berat kering tanah, kadar air optimum yang didapat adalah 34,15%. Nilai CBR tak terendam tanah asli yang dicampur semen 10% tanpa pemeraman adalah 77,48%. Sedangkan nilai

maksimum CBR tak terendam tanah asli dicampur semen 10% adalah 121,07% yaitu pada benda uji yang langsung dipadatkan kemudian diperam selama 168 jam (7 hari). Selain itu nilai CBR terendam tanah asli yang dicampur semen 10% tanpa pemeraman adalah 89,43%. Sedangkan nilai maksimum CBR terendam tanah asli dicampur semen 10% adalah 133,17% yaitu pada benda uji yang langsung dipadatkan kemudian diperam selama 168 jam (7 hari).

Penelitian lain yang membahas mengenai stabilisasi tanah menggunakan semen yang dilakukan oleh Denny Lesayuti (2011) menunjukkan bahwa dengan masa peram selama 7 hari, bahan stabilisasi semen dan kapur dapat meningkatkan nilai CBR pada tanah lempung ekspansif. Peningkatan nilai CBR dengan stabilisasi semen lebih besar dibandingkan dengan peningkatan nilai CBR yang distabilisasi menggunakan kapur.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Susunan Struktur Perkerasan Jalan**

Perkerasan jalan merupakan campuran antara agregat dan bahan pengikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Pada umumnya, perkerasan jalan terdiri dari beberapa jenis lapisan perkerasan yang tersusun dari bawah ke atas yaitu sebagai berikut :

#### **a. Lapisan tanah dasar (*sub grade*)**

Lapisan tanah dasar merupakan lapisan tanah yang berfungsi sebagai tempat perletakan lapis perkerasan dan mendukung konstruksi perkerasan jalan di atasnya. Menurut Spesifikasi, tanah dasar adalah lapisan paling atas dari timbunan badan jalan setebal 30 cm, yang mempunyai persyaratan tertentu sesuai fungsinya yang berkenaan dengan kepadatan dan daya dukungnya (CBR). Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik atau tanah urugan yang didatangkan dari tempat lain atau tanah yang distabilisasi dan lain-lain.

Ditinjau dari muka tanah asli, maka lapisan tanah dasar dibedakan atas :

1. Lapisan tanah dasar, tanah galian.
2. Lapisan tanah dasar, tanah urugan.
3. Lapisan tanah dasar, tanah asli.

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Hal ini dikarenakan tanah ini paling besar menahan beban. Umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut :

1. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) akibat beban lalu lintas.
2. Sifat mengembang dan menyusutnya tanah akibat perubahan kadar air.
3. Daya dukung tanah yang tidak merata akibat adanya perbedaan sifat-sifat tanah pada lokasi yang berdekatan atau akibat kesalahan pelaksanaan misalnya kepadatan yang kurang baik.

b. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)

Lapisan pondasi bawah merupakan lapisan perkerasan yang terletak pada lapisan tanah dasar dan dibawah lapis pondasi atas. Lapisan pondasi bawah ini berfungsi sebagai :

1. Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
2. Lapis perkerasan agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
3. Lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapisan pondasi atas.
4. Lapis pelindung lapisan tanah dasar dari beban roda-roda alat berat (akibat lemahnya daya dukung tanah dasar) pada awal-awal pelaksanaan pekerjaan.

5. Lapis pelindung lapisan tanah dasar dari pengaruh cuaca terutama hujan.

Jenis lapis pondasi bawah yang umum dipergunakan di Indonesia antara lain :

1. Agregat bergradasi baik dapat dibagi menjadi sirtu/pirtun kelas A, sirtu/pirtun kelas B, sirtu/pirtun kelas C.
2. Stabilitas agregat dengan semen, stabilitas agregat dengan kapur, stabilitas tanah dengan kapur.

c. Lapisan pondasi atas (*base course*)

Lapisan pondasi atas merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Lapisan pondasi atas ini berfungsi sebagai berikut :

1. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya.
2. Bantalan terhadap lapisan permukaan.

Jenis lapis pondasi atas yang umum dipergunakan di Indonesia antara lain :

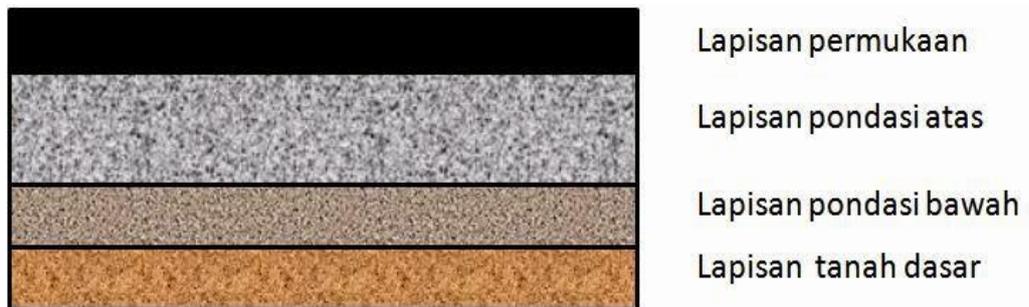
1. Agregat bergradasi baik dapat dibagi menjadi batu pecah kelas A, batu pecah kelas B, batu pecah kelas C.
2. Stabilitas terdiri dari atas stabilitas agregat dengan semen, stabilitas agregat dengan kapur, stabilitas agregat dengan aspal.

d. Lapisan permukaan (*surface course*)

Lapisan permukaan merupakan lapisan yang terletak paling atas pada suatu jalan raya atau lapisan yang bersentuhan langsung dengan ban kendaraan. Lapisan ini memiliki stabilitas yang tinggi, kedap air untuk melindungi lapisan di bawahnya sehingga air

mengalir ke saluran di samping jalan. Lapisan permukaan ini berfungsi sebagai :

1. Lapisan yang langsung menahan akibat beban roda kendaraan.
2. Lapisan yang langsung menahan gesekan akibat rem kendaraan (lapis aus).
3. Lapisan yang mencegah air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan di bawahnya.
4. Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah sehingga dapat dipikul oleh lapisan di bawahnya.



Gambar 2.1 Jenis Lapisan Perkerasan Lentur Jalan

Perkerasan jalan harus memenuhi 2 syarat yaitu :

1. Secara keseluruhan perkerasan jalan harus cukup kuat untuk memikul berat kendaraan-kendaraan yang akan melintasinya.
2. Permukaan jalan harus dapat menahan gaya gesekan dan keausan dari roda-roda kendaraan, juga terhadap pengaruh air dan hujan.

Bila perkerasan jalan tidak mempunyai kekuatan secukupnya secara keseluruhan, maka jalan tersebut akan mengalami penurunan dan pergeseran, baik pada perkerasan jalan maupun pada tanah dasar. Akibatnya jalan tersebut akan bergelombang besar dan berlubang-lubang, sampai pada akhirnya rusak sama sekali. Sedangkan kalau perkerasan jalan tidak mempunyai lapisan yang kuat, maka permukaan jalan mengalami kerusakan yaitu berupa lubang-lubang kecil dan akan

bertambah banyak dan bertambah besar sehingga perkerasan jalan menjadi rusak secara keseluruhan.

Jadi, untuk menilai kekuatan dasar atau bahan lain yang hendak dipakai untuk menentukan tebal lapisan perkerasan digunakan percobaan CBR. Nilai CBR ini digunakan untuk menilai kekuatan yang juga dipakai sebagai dasar untuk penentuan tebal lapisan dari suatu perkerasan. Kekuatan tanah dasar (*subgrade*) tentu banyak tergantung pada kadar airnya. Makin tinggi kadar airnya, makin kecil kekuatan CBR dari tanah tersebut. Walaupun demikian hal ini tidak berarti bahwa sebaiknya tanah dasar (*subgrade*) dipadatkan dengan kadar air rendah untuk mendapatkan nilai CBR yang tinggi karena kadar air tidak konstan pada nilai kadar air yang rendah.

### **2.2.2 Tanah Rawa**

Tanah didefinisikan sebagai himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*) (Hary Christady Hardiyatmo, 2002). Tanah merupakan hasil pelapukan atau erosi batuan induk (anorganik) yang bercampur dengan bahan organik yang mengandung partikel batuan atau mineral, bahan organik (senyawa organik dan organisme) air dan udara. Mineral merupakan unsur utama tanah. Pada umumnya mineral terbentuk dari padatan anorganik dan mempunyai komposisi homogen.

Tanah rawa adalah tanah yang pada musim hujan dalam satu tahunnya tergenang air selama lebih kurang satu bulan atau tanah rawa juga bisa di artikan semua macam tanah berlumpur yang terbuat secara alami, atau buatan manusia dengan mencampurkan air tawar dan air laut, secara permanen atau sementara.

Unsur tanah alami yang terdapat pada rawa adalah sebagai berikut :

#### **1. Lempung**

Lempung terdiri dari butir-butir yang sangat kecil dan menunjukkan sifat-sifat *plastisitas* dan *cohesive*. *Cohesive* menunjukkan kenyataan bahwa bagian-bagian itu melekat satu sama lainnya, sedangkan

*plastisitas* adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu berubah-ubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya, dan tanpa terjadi retak-retak atau pecah-pecah.

## 2. Lanau

Lanau adalah bahan yang merupakan peralihan antara lempung dan pasir halus. Lanau bersifat kurang plastis dibanding lempung (lanau “asli” sebenarnya tidak memiliki sifat plastis). Lanau memiliki permeabilitas yang lebih tinggi. Lanau juga menunjukkan sifat-sifat khusus, yaitu *quick behavior* dan dilatasi yang tidak ditemukan pada lempung. *Quick behavior* menunjukkan kecenderungan lanau untuk menjadi cair ketika digetarkan, dan dilatasi merupakan kecenderungan untuk mengalami penambahan volume ketika berubah bentuk.

## 3. Tanah Gambut

Tanah gambut adalah jenis tanah lunak dengan dukung yang rendah dan kemampuan yang tinggi. Tanah gambut memiliki tekstur terbuka dimana selain pori-pori makro, tekstur tanah gambut juga didominasi oleh pori-pori mikro yang berada di dalam serat-serat gambut. Selain itu tanah gambut ini sangat lembek dan pada umumnya mempunyai daya dukung yang rendah.



Sumber : Dokumentasi Proyek

Gambar 2.2 Tanah Rawa Proyek Overpass Rawa Bokor

### 2.2.3 Semen Portland

Semen portland merupakan *stabilizing agents* yang baik sekali, mengingat bahwa kemampuannya mengeras dan mengikat butir-butir agregat sangat bermanfaat untuk mendapatkan suatu masa tanah yang kokoh dan kuat terhadap deformasi. Menurut Standard Industrial Indonesia SII-0013-81, semen portland dihasilkan dengan menggiling batu bata (*clinker*) yang dicampur sepenuhnya oleh *calcium silicates* hidrolis dengan material lainnya, termasuk *gypsum*.

Bahan dasar campuran yang digunakan untuk pembuatan semen portland terdiri dari 4 – 5 % kalsium karbonat yang dicampur dan bereaksi dengan oksida lainnya untuk menghasilkan bahan-bahan hidrolis. Sedangkan karbondioksida yang dihasilkan dilepaskan melalui udara bebas. Senyawa-senyawa yang dihasilkan adalah silika, alumina dan oksida besi yang bereaksi dengan kalsium oksida untuk menghasilkan 4 bahan dasar dari semen portland yaitu  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  (tricalcium aluminate) dan  $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$  (tetracalcium aluminoferrite). Rumus-rumus kimianya disingkat menjadi C3S, C2S, C3A dan C4AF. Hasil terpenting kalsium karbonat berasal dari batu kapur (*lime stone*), silika, alumina dan besi oksida sebagian besar diperoleh dari lempung atau batu tulis (*shale*).

Komposisi dasar semen portland adalah kapur (CaO), silika ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dan besi oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Keempat senyawa oksida tersebut menghasilkan 90% berat semen sehingga disebut sebagai major oxides. Sedangkan 10% lagi terdiri dari magnesia (MgO), alkali oksida ( $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$ ), titania ( $\text{TiO}_2$ ), fosfor pentaoksida ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) dan gypsum.

Berdasarkan karakteristiknya semen portland dibagi menjadi 5 jenis, yaitu :

- a. Tipe I adalah semen untuk penggunaan normal tanpa persyaratan khusus, mengandung C3S = 48 – 52 %, C3A = 10 – 15 %.

- b. Tipe II adalah semen yang digunakan agar tahan *sulphate* dan panashidrasi sedang.
- c. Tipe III adalah semen yang memerlukan kekuatan awal yang tinggi. Panas hidrasinya tinggi dan cepat mengeras karena membentuk C3S lebih besar dan lebih halus dibanding tipe II.
- d. Tipe IV adalah untuk penggunaan dengan panas hidrasi yang rendah, menghasilkan C3S dan C3A yang rendah.
- e. Tipe V adalah semen yang digunakan tahan *sulphates* tinggi yang disyaratkan.

Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen portland tipe I produksi PT Indocement. Adapun alasan digunakan semen ini antara lain:

- a. Merupakan jenis yang umum.
- b. Mudah didapatkan.
- c. Tersedia bebas di pasaran dalam jumlah banyak.
- d. Cukup murah dibandingkan dengan semen tipe khusus.

Adapun besarnya prosentase unsur kimia pada semen portland tipe I yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Unsur Kimia Semen Portland Tipe I

| Unsur Kimia                    | Kandungan (%) |
|--------------------------------|---------------|
| ZnO                            | 0,0300        |
| BaO                            | 0,0060        |
| SiO <sub>2</sub>               | 21,8415       |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3,7387        |
| MgO                            | 2,6441        |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,4695        |
| CaO                            | 60,8022       |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 6,5641        |
| K <sub>2</sub> O               | 0,7090        |
| Na <sub>2</sub> O              | 2,4820        |
| LOI                            | 0,7119        |

Sumber : Virisdiyanto, 1999



Sumber : Dokumentasi Proyek

Gambar 2.3 Semen Portland Tipe I

#### **2.2.4 Semen Sebagai Bahan Stabilisasi**

Stabilisasi semen adalah salah satu cara perbaikan tanah yang baik dan efektif untuk digunakan pada bermacam-macam jenis tanah. Perbaikan pada tanah dilakukan dengan menghancurkan gumpalan-gumpalan tanah menjadi butiran-butiran lepas, lalu ditambahkan sejumlah air dan semen, diaduk hingga rata, kemudian dipadatkan. Semen terbentuk dari zat kapur ( $\text{CaO}$ ) yang posisinya penting terhadap sifat-sifat semen. Zat kapur yang berlebihan kurang baik untuk semen serta menyebabkan terjadinya disintegrasi (perpecahan) semen setelah timbul ikatan. Kadar kapur yang tinggi tidak berlebihan, cenderung memperlambat pengikatan, tetapi menghasilkan kekuatan awal yang tinggi. Kekurangan kapur menghasilkan semen yang lemah dan jika pembakarannya kurang sempurna menyebabkan ikatan yang cepat.

Selain  $\text{CaO}$ , bahan pembentuk semen yang dominan adalah silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dengan kadar rendah akan menghasilkan semen dengan ikatan lambat dan kekuatan lambat serta mampu meningkatkan ketahanan terhadap agresi kimia. Dan sebaliknya apabila alumina pada kadar tinggi dan silika pada kadar rendah akan menghasilkan semen dengan daya ikat cepat dan memiliki kekuatan yang tinggi.

Tabel 2.2 Properti Fisika Semen Portland

| No | Item Physical Properties      | Unit               | Spesifikasi on SNI 15-7064-2004 | Indocement Quality |
|----|-------------------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|
| 1  | Air content of mortar, volume | %                  | ≤ 12,0                          | 6,89               |
| 2  | Fineness, specific surface    | m <sup>2</sup> /kg | ≥ 280                           | 409                |
|    | Air permeability test         |                    |                                 |                    |
| 3  | Autocalve Expansion           |                    |                                 |                    |
|    | Autocalve Expansion           | %                  | ≤ 0,08                          | 0,08               |
|    | Shrinkage                     | %                  | ≤ 0,20                          |                    |
| 4  | Compressive Strength          |                    |                                 |                    |
|    | SNI                           |                    |                                 |                    |
|    | 3 days                        | kg/cm <sup>2</sup> | ≥ 125                           | 230                |
|    | 7 days                        | kg/cm <sup>2</sup> | ≥ 200                           | 296                |
|    | 28 days                       | kg/cm <sup>2</sup> | ≥ 250                           | 380                |
| 5  | Setting Time (Vicat)          |                    |                                 |                    |
|    | Initial Setting               | Minute             | ≥ 45                            | 135                |
|    | Final Setting                 | Minute             | ≤ 375                           | 349                |
| 6  | False Set                     | %                  | ≥ 50                            | 79                 |
| 7  | Specific Gravity              |                    |                                 |                    |
| 8  | Heat of Hydration, 7 days     | cal/g              |                                 | 70,2               |

Sumber : PT Indocement Tbk.

Tabel 2.3 Properti Kimia Semen Portland

| No | Chemical Properties            | Unit | Spesifikasi on SNI 15-7064-2004 | Indocement Quality |
|----|--------------------------------|------|---------------------------------|--------------------|
| 1  | SiO <sub>2</sub>               | %    |                                 | 21,66              |
| 2  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | %    |                                 | 5,95               |
| 3  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | %    |                                 | 3,39               |
| 4  | CaO                            | %    |                                 | 57,84              |
| 5  | MgO                            | %    |                                 | 3,15               |
| 6  | SO <sub>3</sub>                | %    | ≤ 4,0                           | 1,73               |
| 7  | Free Lime                      | %    |                                 | 1,09               |
| 8  | Total Alkali                   | %    |                                 | 0,50               |
| 9  | Insoluble Residue              | %    |                                 | 7,77               |
| 10 | Loss on Ignition               | %    |                                 | 4,72               |

Sumber : PT Indocement Tbk.

Menurut Bergado, D.T, et al (1996), faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengerasan *soil-cement* antara lain :

1. Tipe Semen

Perbedaan tipe semen membuat perbedaan pengerasan pada soil cement. Hal ini disebabkan oleh kandungan yang terdapat pada masing-masing tipe semen berbeda-beda.

2. Kadar Semen

Pada umumnya, semakin banyak kadar semen yang dicampur pada tanah, semakin besar pula kekuatan tanah yang telah dicampur semen tersebut. Hal ini berbeda dengan tanah yang dicampur dengan kapur yang memiliki kekuatan maksimum dan kadar kapur yang optimum.

3. Waktu Pemeraman

Waktu pemeraman setelah dipadatkan pada tanah yang telah distabilisasi dengan semen juga mempengaruhi pengerasan

tanah tersebut. Kekuatan tanah bertambah seiring dengan bertambahnya waktu pemeraman.

#### 4. Jenis Tanah

Keefektifan semen dan kapur menurun seiring dengan bertambahnya kadar air dan kadar organik dalam tanah. Maka semen lebih baik dan akan mengikat kekuatannya jika digunakan pada tanah yang sedikit kandungan organiknya.

#### 5. Suhu

Meningkatnya suhu dapat mempercepat reaksi dan kelarutan dari silika dan alumina sehingga dapat meningkatkan kekuatan dari tanah tersebut.

#### 6. Mineral Tanah

Beberapa tipe tanah ada yang memiliki reaksi pozzolan yang tinggi dan ada pula yang memiliki reaksi pozzolan yang rendah. Tipe montmorillonite kemungkinan akan bereaksi lebih cepat dibanding illites dan kaolin.

#### 7. pH Tanah

Jika pH tanah kurang dari 12,6 maka akan terjadi reaksi pozzolan yaitu  $C_3S_2H_x \rightarrow C_3S_2H_x \text{ (hydrated gel)} + Ca(OH)_2$  dan reaksi kimia ini dapat mengurangi kekuatan tanah.

### 2.2.5 Pengukuran Nilai *California Bearing Ratio* (CBR) Tanah

#### 2.2.5.1 Pengertian CBR

California Bearing Ratio (CBR) adalah percobaan daya dukung tanah yang dikembangkan oleh California State Highway Department. Prinsip pengujian ini adalah pengujian penetrasi dengan menusukkan benda ke dalam benda uji. Dengan cara ini dapat dinilai kekuatan tanah dasar atau bahan lain yang digunakan untuk membuat perkerasan. Kekuatan tanah diuji dengan uji CBR sesuai dengan SNI-1744-1989. Nilai kekuatan tanah tersebut digunakan sebagai acuan perlu tidaknya distabilisasi setelah dibandingkan dengan yang disyaratkan dalam spesifikasinya.

Pengujian CBR adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Tujuan dilakukan pengujian CBR adalah untuk mengetahui nilai CBR pada variasi kadar air pemadatan. Untuk menentukan kekuatan lapisan tanah dasar dengan cara percobaan CBR diperoleh nilai yang kemudian dipakai untuk menentukan tebal perkerasan yang diperlukan di atas lapisan yang nilai CBR nya tertentu.

#### 2.2.5.2 Metode CBR

Metode CBR ini awalnya diciptakan oleh O.J Potter kemudian dikembangkan oleh *California State Highway Departement*, kemudian dikembangkan dan dimodifikasi oleh Corps insinyur-insinyur tentara Amerika Serikat (*U.S Army Corps of Engineers*). Metoda ini mengkombinasikan percobaan pembebanan penetrasi di laboratorium atau di lapangan dengan rencana empiris untuk menentukan tebal lapisan perkerasan. Hal ini digunakan sebagai metode perencanaan perkerasan lentur (*flexible pavement*) suatu jalan. Tebal suatu bagian perkerasan ditentukan oleh nilai CBR. CBR merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (*test load*) dengan beban standar (*standard load*) dan dinyatakan dalam persentase. 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.

#### 2.2.5.3 Jenis – Jenis Pengujian CBR

Adapun jenis-jenis pengujian CBR terdiri dari :

##### 1. CBR Lapangan (*CBR Inplace atau Field Inplace*)

Digunakan untuk memperoleh nilai CBR asli di lapangan sesuai dengan kondisi tanah pada saat itu. Umum digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan yang lapisan tanah dasarnya

tidak akan dipadatkan lagi. Pemeriksaan ini dilakukan dalam kondisi kadar air tanah tinggi (musim hujan), atau dalam kondisi terburuk yang mungkin terjadi. Juga digunakan apakah kepadatan yang diperoleh sudah sesuai dengan yang kita inginkan.

## 2. CBR Lapangan Rendaman (*Undisturbed Soaked CBR*)

Digunakan untuk mendapatkan besarnya nilai CBR asli di lapangan pada keadaan jenuh air dan tanah mengalami pengembangan (*swell*) 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.

## 3. CBR Laboratorium

Tanah dasar (*subgrade*) pada konstruksi jalan baru dapat berupa tanah asli, tanah timbunan atau tanah galian yang telah dipadatkan sampai mencapai kepadatan 95% kepadatan

maksimum. Dengan demikian daya dukung tanah dasar tersebut merupakan nilai kemampuan lapisan tanah memikul beban setelah tanah tersebut dipadatkan. CBR ini disebut CBR laboratorium, karena disiapkan di laboratorium. CBR laboratorium dibedakan atas 2 macam yaitu CBR laboratorium rendaman (*soaked*) dan CBR laboratorium tanpa rendaman (*unsoaked*).

Batas-batas kadar air dan berat isi kering dapat ditentukan dari hasil percobaan di laboratorium yaitu percobaan pemadatan dan CBR. Hasil pengujian CBR digunakan untuk menentukan nilai daya dukung tanah.

Adapun pengujian di laboratorium menggunakan rumus-rumus sebagai berikut:

$$CBR = \frac{\text{Beban pengujian}}{\text{Beban standard}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.1)$$

$$V = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 \times T \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

Volume mold CBR dalam cm<sup>3</sup>

Diameter dalam mold Ø dalam cm

Tinggi contoh tanah dalam mold 12,5 cm setelah dikurangi ganjal (*spacer dish*)

$$\gamma_t = \frac{w}{V} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_t \times 100}{100+w} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$W_s = V \times \gamma_d \dots\dots\dots (2.5)$$

$$Ws = V \times \gamma_d \dots\dots\dots (2.6)$$

$$W = W_s \left(1 + \frac{w}{100}\right) \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

$\gamma_t$  = Berat isi tanah basah (gr/cm<sup>3</sup>)

W = Berat tanah basah (gr)

V = Volume contoh tanah (cm<sup>3</sup>)

$\gamma_d$  = Berat isi tanah kering (gr/cm<sup>3</sup>)

w = Kadar air contoh tanah (%)

Ws = Berat kering contoh tanah (gr)

$$\gamma'_d = \frac{100 \times \gamma_d}{100+v_e} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$w' = \frac{\gamma'_t(100+v_e)}{\gamma_d} \times 100 = 100 \left(\frac{\gamma'_t}{\gamma'_d} - 1\right) \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

$\gamma'_d$  = berat isi tanah kering setelah direndam (gr/cm<sup>3</sup>)

$V_e$  = pengembangan tanah setelah direndam (%)

$\gamma'_t$  = berat isi tanah basah setelah direndam ( $\gamma_t$ ) (gr/cm<sup>3</sup>)

w' = kadar air contoh tanah setelah direndam (w) (%)

Daya dukung tanah diperlukan sebagai acuan perencanaan maupun perbaikan terhadap tanah yang ditinjau. Salah satu penerapan nilai CBR menurut Braja yang dapat dijadikan sebagai parameter penentuan lapisan perkerasan jalan adalah sebagai berikut :

Tabel 2.4 Nilai CBR dan Kegunaannya

| No | CBR     | General Rating | Uses           |
|----|---------|----------------|----------------|
| 1  | 0 – 3   | Very poor      | Subgrade       |
| 2  | 3 – 7   | Poor to fair   | Subgrade       |
| 3  | 7 – 20  | Fair           | Subbase        |
| 4  | 20 – 50 | Good           | Base, sub base |
| 5  | > 50    | Excellent      | Base, Sub base |

Sumber : Das, Baja M, 1998

Selain itu juga berdasarkan ketentuan dari Bina Marga nilai CBR yang diizinkan untuk lapisan perkerasan jalan adalah sebagai berikut :

Tabel 2.5 Perkiraan Nilai CBR Tanah Dasar Berdasarkan Bina Marga

|                                    |       | LHRT < 2000   |  |   | LHRT ≥ 2000  |                         |                               |
|------------------------------------|-------|---|--|---|--|-------------------------|-------------------------------|
| Posisi                             |       | Semua galian kecuali terindikasi lain seperti kasus 3 dan timbunan tanpa drainase sempurna dan FSL < 1000 mm diatas muka tanah asli | Galian dizona iklim 1 dan semua timbunan dengan drainase sempurna (m ≥ 1) dan FSL > 1000 mm diatas muka tanah asli | Semua galian kecuali terindikasi lain seperti kasus 3 dan timbunan tanpa drainase sempurna dan FSL < 1000 mm diatas muka tanah asli | Galian dizona iklim 1 dan semua timbunan dengan drainase sempurna (m ≥ 1) dan FSL > 1000 mm diatas muka tanah asli |                         |                               |
| Posisi Muka Air desain (Tabel 9-1) |       | 1   | 2  | 3   | 1  | 2                       | 3                             |
|                                    |       | Dibawah Standard desain minimum (tidak direkomendasi)   | Standard Desain Minimum  | ≥ 1200 mm dibawah tanah dasar   | Dibawah Standard desain minimum (tidak direkomendasi)  | Standard Desain Minimum | ≥ 1200 mm dibawah tanah dasar |
| Jenis Tanah                        | IP    | Perkiraan CBR (%)   |  |   |  |                         |                               |
| Lempung Subur                      | 50-70 | 2   | 2  | 2   | 2  | 2                       | 2                             |
| Lempung Kelanauan                  | 40    | 2,5   | 2,7  | 3   | 2,5  | 2,6                     | 3                             |
|                                    | 30    | 3   | 3,3  | 4   | 3,5  | 3,6                     | 4                             |
| Lempung Kepasiran                  | 20    | 4   | 4,3  | 5   | 4,5  | 4,8                     | 5,5                           |
|                                    | 10    | 4   | 4,3  | 5   | 4,5  | 5                       | 6                             |
| Lanau                              |       | 1   | 1,3  | 2   | 1  | 1,3                     | 2                             |

FSL : Finished Surface Level (Elevasi Permukaan Akhir)

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga

### **2.3 Kerangka Pemikiran**

Tanah rawa di Proyek Pembangunan *Overpass* Sedyatmo tidak bisa dimanfaatkan langsung sebagai lapisan tanah dasar (*subgrade*) pada struktur perkerasan jalan sehingga perlu adanya stabilisasi. Semen Portland mengandung silika cukup tinggi sehingga memiliki kemampuan untuk menyerap air dengan baik. Didasarkan pada sifat inilah semen portland diharapkan dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan stabilisasi atau daya dukung tanah terutama pada tanah rawa yang memiliki kandungan air yang cukup tinggi.