

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Tanah**

Tanah adalah kumpulan dari bagian – bagian yang padat dan tidak terikat antara satu dengan yang lain. Rongga – rongga diantara material tersebut berisi udara dan air ( Verhoef, 1994 ). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida – oksida yang mengendap diantara partikel-partikel. Ruang diantara partikel-partikel dapat berisi air, udara, ataupun yang lainnya ( Hardiyatmo, 1992 ). Proses penghancuran dalam pembentukan tanah dari batuan terjadi secara fisis atau kimiawi. Proses fisis antara lain berupa erosi akibat tiupan angin, pengikisan oleh air dan *gletsyer*, atau perpecahan akibat pembekuan dan pencairan es dalam batuan, sedangkan proses kimiawi menghasilkan perubahan pada susunan mineral batuan asalnya. Salah satu penyebabnya adalah air yang mengandung asam alkali, oksigen dan karbondioksida ( Wesley, 1977 ).

#### **3.2 Klasifikasi Tanah**

Klasifikasi tanah adalah adalah sistem penggolongan dari berbagai jenis tanah yang mempunyai sifat - sifat yang sama kedalam kelompok – kelompok dan sub kelompok berdasarkan pemakaiannya ( Das, 1995 ). Sistem klasifikasi tanah berfungsi untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat – sifat fisis tanah. Klasifikasi tanah juga berguna untuk studi yang lebih terperinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi dan sebagainya ( Bowles, 1989 ). Sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan adalah system *Unified Soil Clasification System ( USCS )* dan sistem *American Association Of State Highway and Transporting Official ( AASHTO )*. Pada penelitian ini akan digunakan sistem klasifikasi tanah menggunakan metode USCS.

### 3.2.1 Sistem Klasifikasi USCS

Sistem klasifikasi USCS merupakan klasifikasi yang diusulkan oleh A.Cassagrande pada tahun 1942 dan direvisi pada tahun 1952 oleh The Corps of Engineers and the US Bureau of Reclamation. Pada prinsipnya menurut metode ini, ada 2 jenis tanah yaitu berbutir kasar dan berbutir halus.

1. Tanah berbutir kasar ( *coarse grained soil* ), yaitu : tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan NO. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G, adalah untuk kerikil ( *gravel* ) atau tanah berkerikil dan S, adalah untuk pasir ( *sand* ) atau tanah berpasir.
2. Tanah berbutir halus ( *fine grained soil* ), yaitu : tanah dimana lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau ( *silt* ) anorganik, C untuk lempung ( *clay* ) anorganik dan O untuk lanau-organik dan lempung-organik. Simbol PT digunakan untuk tanah gambut ( *peat* ), *muck* dan tanah-tanah lain dengan kadar organik yang tinggi.

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

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

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

1. Presentase butiran yang lolos ayakan No. 200 ( ini adalah fraksi halus )
2. Presentase fraksi kasar yang lolos ayakan No. 40
3. Koefisien keseragaman (  $C_u$  ) dan koefisien gradasi (  $C_c$  ) untuk tanah dimana 0 -12 % lolos ayakan No. 200
4. Batas cair (  $LL$  ) dan indeks plastisitas (  $IP$  ) bagian tanah yang lolos ayakan No. 40 ( untuk tanah dimana 50% atau lebih lolos ayakan No. 200 )

Jika persentase berbutir halus dengan simbol  $ML$ ,  $CL$ ,  $OL$ ,  $MH$ ,  $CH$  dan  $OH$  didapat dengan cara menggambar batas cair dan indeks plastisitas tanah yang bersangkutan pada bagan plastisitas ( *Cassagrande*, 1948 ) yang diberikan dalam Tabel 3.1. Garis diagonal pada bagan plastisitas terdapat garis A dan U, ditunjukkan pada Gambar 3.1 Garis A dan U tersebut diberikan dalam persamaan 3.1 dan 3.2 seperti berikut ini.

$$A \quad \longrightarrow \quad PI = 0,73 ( LL - 20 ) \quad ( 3.1 )$$

$$U \quad \longrightarrow \quad PI = 0,9 ( LL - 8 ) \quad ( 3.2 )$$

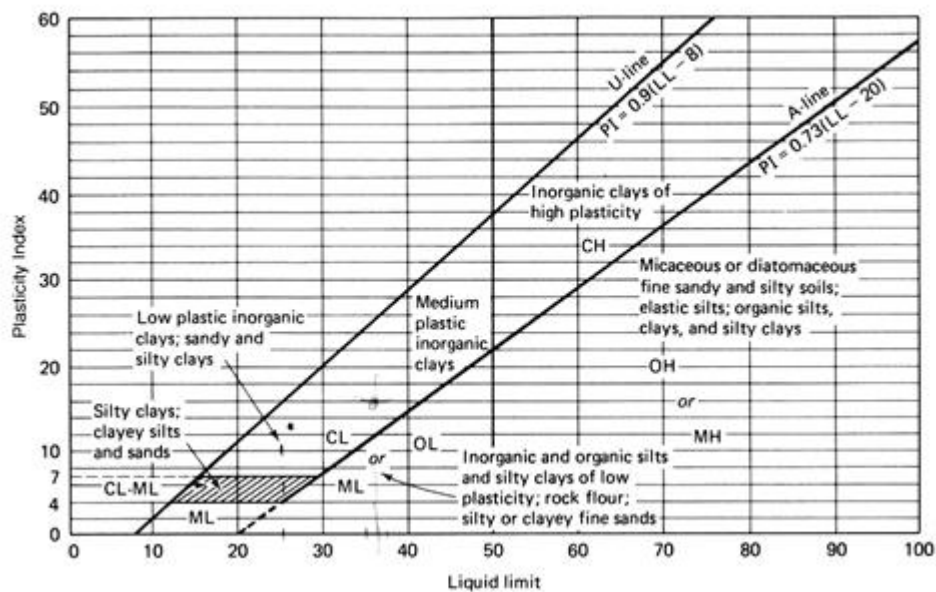
Keterangan :

$PI = Plasticit Index ( \% )$

$LL = Liquid Limit ( \% )$

**Tabel 3.1 Sistem Klasifikasi USCS**

Divisi Utama		Simbol kelompok	Nama Umum	kriteria klasifikasi	
Tanah Berbutir Kasar Lebih dari 50% butiran tertahan pada ayakan No. 200	Kerikil lebih dari 50% fraksi kasar ayakan no. 4 tertahan	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW Kerikil bergradasi baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$C_u = D_{60} / D_{10}$ lebih besar dari 4 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW Batas-batas atterberg dibawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 4$ $C_u = D_{60} / D_{10}$ lebih besar dari 6 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW Batas-batas atterberg dibawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 4$	
		Kerikil dengan butiran halus	GP Kerikil bergradasi buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
		Kerikil dengan butiran halus	GM Kerikil berlanau, campuran kerikil- lanau		
			GC Kerikil berlempung, campuran kerikilpasir-lanau		
	Pasir dari 50% fraksi kasar lolos ayakan No. 4	Pasir bersih (hanya kerikil)	SW Pasir bergradasi baik dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
			SP Pasir bergradasi buruk dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
		Kerikil dengan butiran halus	SM Pasir berlanau, campuran pasir-pasir lanau		
			SC Pasir berlempung, campuran pasirpasir-lanau		
			Klasifikasi berdasarkan presentasi butiran halus Kurang dari 5 % lolos ayakan no. 200 GW, GP, SW, SP Lebih dari 12 % lolos ayakan no. 200 GM, GC, SM, SC		
Tanah Berbutir Halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung Batas cair 50% atau kurang	ML Lanau organik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung			
		CL Lempung organik dengan pastisitas rendah sampai dengan sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (clean clay)			
		OL Lanau-organik dan lempung berlanau organic dengan plastisitas rendah			
Lanau dan lempung Batas cair lebih dari 50%	MH Lanau-organik atau pasir halus diatomae atau lanau diatomae, lanau yang elastis				
	CH Lempung anorganik dengan pastisitas tinggi, lempung "gemuk" (fat clays)				
	OH Lempung organik dengan pastisitas sedang sampai dengan tinggi				
Tanah- tanah dengan kandungan organic sangat tinggi	PT	Peat (gambut), muck, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organic tinggi	manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat ASTM designation D - 2488		



**Gambar 3.1 Diagram Plastisitas ASTM ( ASTM, *Casagrande* )**

### 3.3 Pengujian Kadar Air Tanah

Pengujian kadar air tanah bertujuan untuk menentukan kadar air sampel tanah. Kadar air tanah adalah nilai perbandingan antara berat air dalam satuan tanah dengan berat kering tanah tersebut. Nilai kadar air dapat diperoleh menggunakan Persamaan 3.3 berikut ini.

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \% \quad (3.3)$$

dengan:

$w$  = kadar air, ( % )

$W_w$  = Berat air, ( gram )

$W_s$  = Berat tanah kering, ( gram )

### 3.4 Pengujian Berat Volume

Pengujian berat volume tanah bertujuan untuk mengetahui berat volume suatu sampel tanah, berat volume tanah adalah nilai perbandingan berat tanah total volume didapatkan dari Persamaan 3.4 berikut ini.

$$\gamma_b = \frac{W_2 - W_1}{V} \quad (3.4)$$

dengan :

$\gamma_b$  = Berat volume, ( gram/ cm<sup>3</sup> )

$W_2$  = Berat tanah basah, ( gram )

$W_1$  = Berat cawan, ( gram )

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

### 3.5 Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis bertujuan untuk menentukan berat jenis sampel tanah, berat jenis tanah adalah nilai perbandingan berat butiran tanah dengan berat air destilasi di udara dengan volume yang sama pada temperatur tertentu, biasanya pada suhu 27,5°C. Nilai berat jenis didapatkan menggunakan Persamaan 3.5 berikut ini.

$$G_s ( t^\circ\text{C} ) = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \quad (3.5)$$

dengan :

$G_s ( t^\circ\text{C} )$  = Berat jenis pada suhu tertentu

$W_1$  = Berat Piknometer, ( gram )

$W_2$  = Berat Piknometer + Tanah, ( gram )

$W_3$  = Berat Piknometer + Tanah + Air, ( gram )

$W_4$  = Berat Piknometer + Air, ( gram )

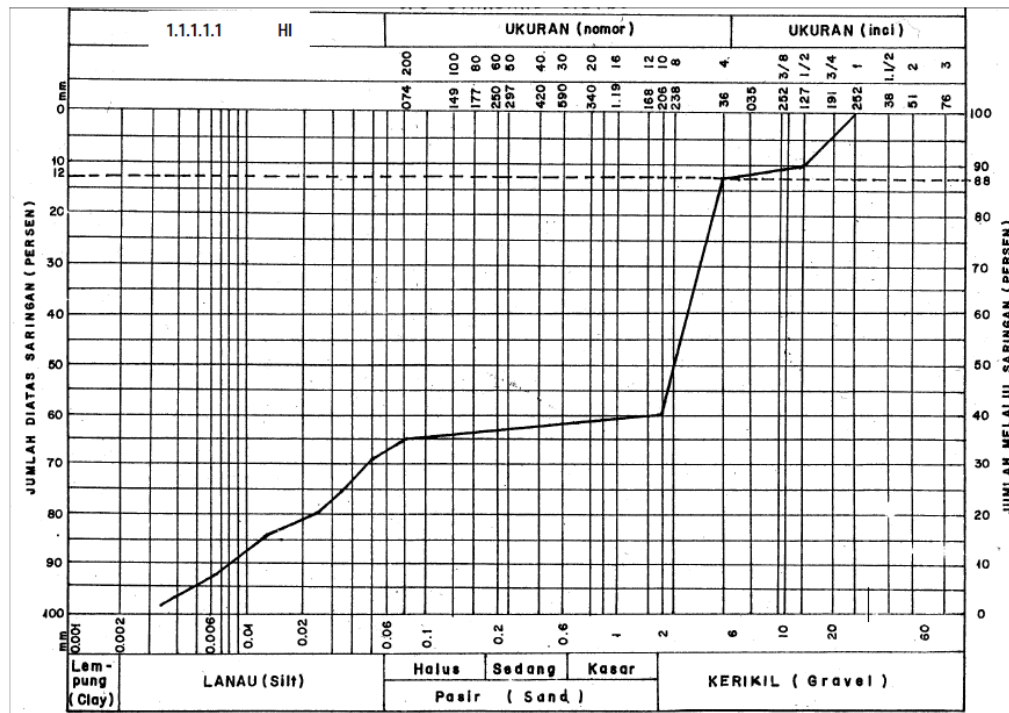
### 3.6 Pengujian Analisis Hidrometer

Pengujian analisis granuler bertujuan untuk menentukan distribusi ukuran butir – butir untuk tanah yang tidak mengandung butir tanah tertahan oleh saringan nomor 10. Pengujian dilakukan dengan analisa sedimen menggunakan hidrometer.

### 3.7 Pengujian Analisis Saringan ( SNI 3423 )

Pengujian analisis saringan bertujuan untuk menentukan presentase ukuran butir tanah pada benda uji yang tertahan saringan no. 200. Hasil dari analisa

saringan berupa grafik untuk menentukan tanah jenis apa yang kita dapatkan seperti contoh pada Gambar 3.2



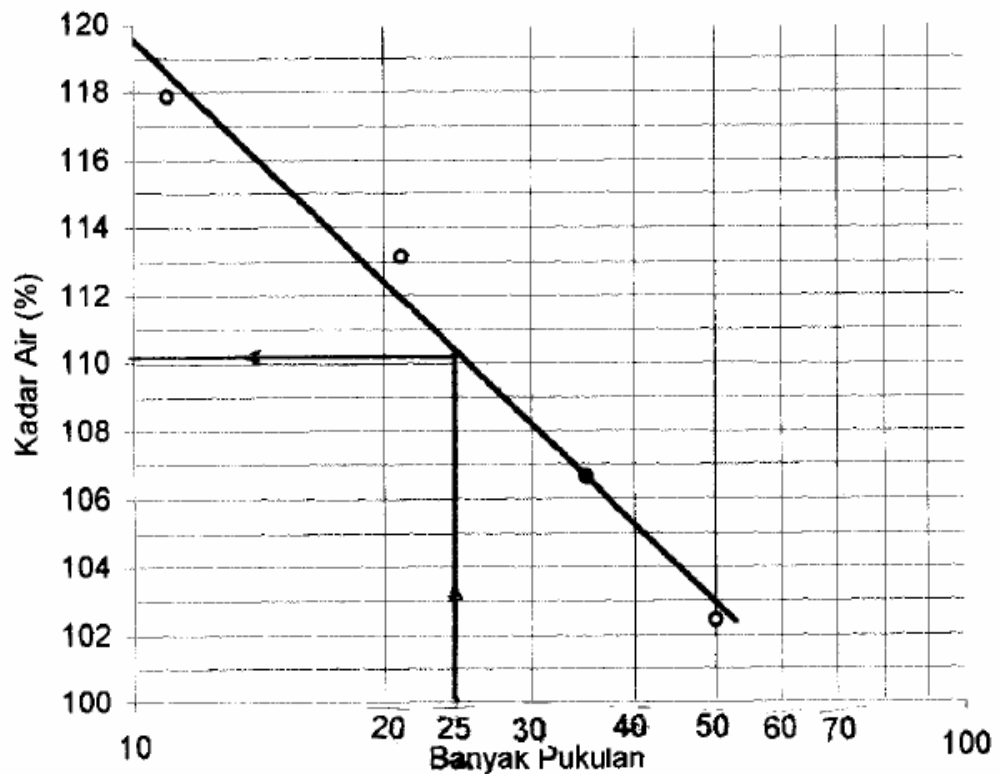
**Gambar 3.2 Grafik Analisa Saringan**

( Sumber : SNI 3422, 2008 )

### 3.8 Pengujian Batas – Batas Konsistensi

#### 3.8.1 Pengujian Batas Cair ( *Liquid Limit* ) ( SNI 1967 )

Pengujian batas cair bertujuan menentukan batas cair tanah. Batas cair tanah adalah kadar air tanah pada keadaan batas cair dan plastas ( kadar air pada kondisi peralihan tanah dari bentuk plastis menjadi cair ) atau bila di uji menggunakan alat cassagrande, yang dipisah selebar 3 mm dan menyatu kembali selebar 0,5 inci pada pukulan ke 25. Batas cair digunakan untuk mengetahui jenis dan sifat – sifat tanah dari bagian tanah yang mempunyai ukuran butir lolos saringan no 40. Hasil dari pengujian batas cair didapatkan grafik seperti contoh pada gambar 3.3 berikut.



**Gambar 3.3 Contoh Hasil Uji Batas Cair**

( Sumber : SNI 1967, 2008 )

### 3.8.2 Pengujian Batas Plastis ( *Plastic Limit* ) ( SNI 1966 )

Pengujian batas plastis bertujuan menentukan kadar air tanah pada kondisi batas plasis. Batas plastis adalah kadar air minimum suatu sampel tanah dalam keadaan plastis ( kadar air peralihan dari kondisi sami solid ke kondisi plastis )

### 3.8.3 Pengujian Batas Susut ( *Shrinkage Limit* ) ( SNI 3422 )

Pengujian batas susut bertujuan untuk menentukan batas kadar air dimana tanah dengan kadar air dibawah nilai tersebut tidak menyusut lagi ( volume tidak berubah ). Nilai batas susut didapatkan dari Persamaan 3.6 berikut ini.

$$S = w - \left( \frac{v-v_0}{w_0} \right) \times 100 \quad 3.6$$

dengan :

S = Batas susut, ( % )



$w$  = Kadar air, ( % )

$V$  = Volume tanah basah, (  $\text{cm}^3$  )

$V_0$  = Volume tanah kering, (  $\text{cm}^3$  )

$W_0$  = Berat tanah kering ( gram )

### 3.9 Pengujian Kepadatan Tanah ( SNI 1742 )

Pengujian kepadatan tanah di laboratorium bertujuan untuk menentukan kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum. Kadar air dan kepadatan maksimum ini dapat digunakan untuk menentukan syarat yang harus dicapai pada pekerjaan pemadatan tanah di lapangan. Kadar air optimum digunakan untuk uji CBR. Kadar air optimum didapatkan dengan cara menambahkan air beberapa persen pada tanah asli, kemudian diambil titik puncaknya sebelum grafiknya menurun. Pengujian kepadatan tanah menggambarkan hubungan antara kadar air dan kepadatan kering seperti Persamaan 3.7 berikut ini.

$$\gamma_d = \frac{(\gamma)}{(1 + \frac{w(\%)^2}{100})} \quad (3.7)$$

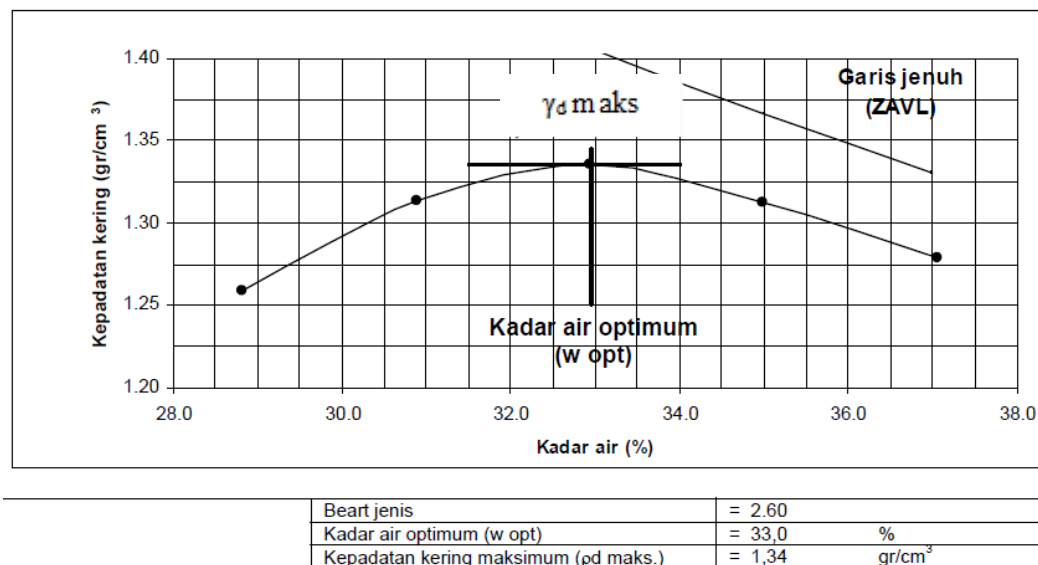
Dengan :

$\gamma_d$  = kepadatan kering, (  $\text{gram}/\text{cm}^3$  )

$\gamma$  = kepadatan basah, (  $\text{gram}/\text{cm}^3$  )

$w$  = kadar air, ( % )

dari beberapa sampel dan perhitungan diatas didapatkan contoh grafik seperti pada Gambar 3.4 berikut ini.



**Gambar 3.4 Grafik Kadar Air Optimum**

( Sumber : SNI 1742, 2008 )

### 3.10 Pengujian *California Bearing Ratio* ( CBR ) ( SNI 1744 )

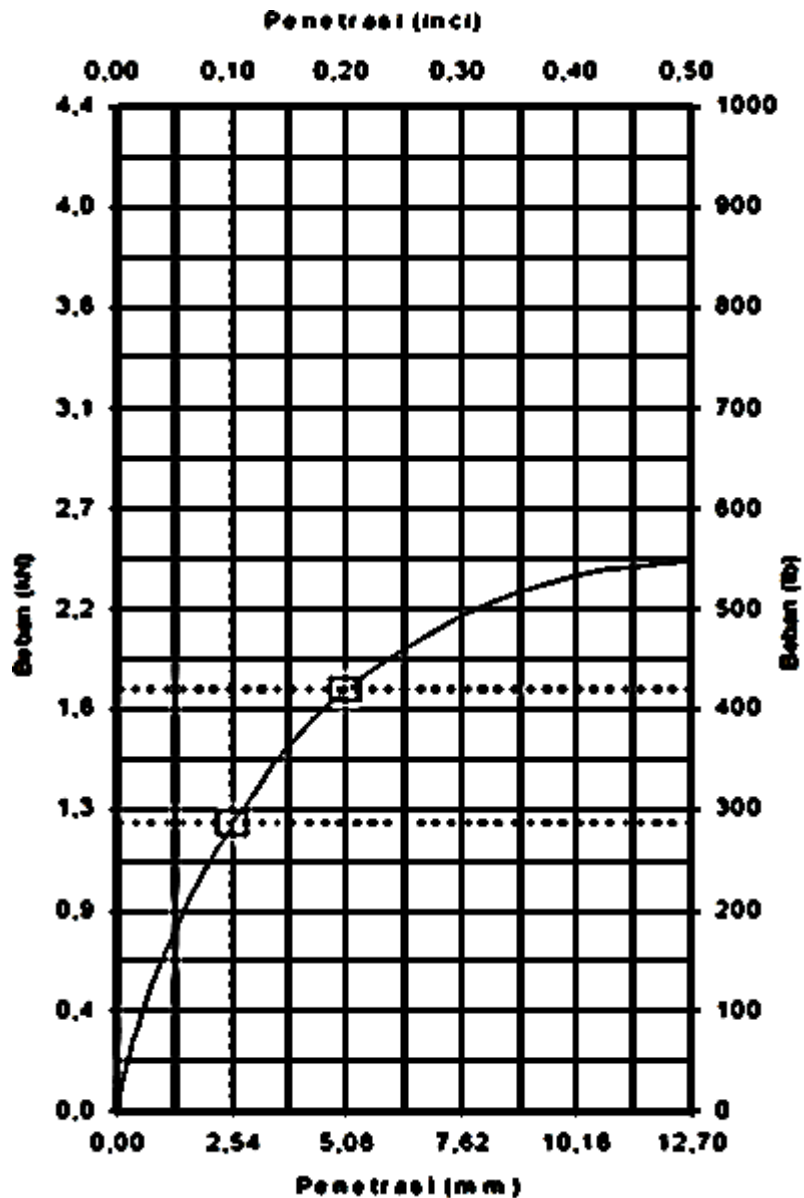
Pengujian CBR bertujuan menentukan CBR tanah yang di padatkan di laboratorium pada kadar air optimal. Pengujian CBR digunakan untuk mengevaluasi potensi kekuatan material tanah dasar, pondasi bawah dan pondasi, termasuk material yang didaur ulang untuk perkerasan jalan dan lapangan terbang. Pengujian CBR di laboratorium dilakukan terhadap beberapa benda uji, umumnya tergantung pada kadar air optimal pematatan. Pengujian CBR dilakukan dengan 2 kondisi yaitu tanpa rendaman dan kondisi rendaman. Nilai CBR dinyatakan menggunakan Persamaan 3.8 seperti berikut.

$$CBR = \frac{\text{Beban terkoreksi}}{\text{Beban standar}} \times 100 \quad (3.8)$$

Dengan :

1. CBR umumnya dipilih pada penetrasi 2,54 mm ( 0,1 inci )
2. Beban terkoreksi harus ditentukan untuk setiap benda uji pada penetrasi 2,54 mm (0,1 inci) dan 5,08 mm ( 0,2 inci ).
3. Beban standar yang digunakan pada CBr 0,1 “ adalah 1000 lbs dan pada CBR 0,2“ adalah 1500 lbs

Contoh hasil uji CBR dapat dilihat pada Gambar 3.5 seperti berikut.



Gambar 3.5 Hasil Uji CBR

( Sumber : SNI 1744, 2012 )

### 3.11 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah dalam pengertian yang luas adalah pencampuran tanah dengan bahan tertentu, guna memperbaiki sifat – sifat teknis tanah atau dapat pula, stabilitas tanah adalah usaha untuk memperbaiki sifat – sifat teknis tanah agar memenuhi syarat teknis tertentu. Proses stabilisasi tanah meliputi stabilisasi

mekanis dan stabilisasi kimiawi. Sifat – sifat teknis yang dapat diperbaiki antara lain seperti kapasitas dukung, kompresibilitas, permeabilitas, kemudahan dikerjakan, potensi pengembangan dan sensitifitas terhadap perubahan kadar air. Penelitian ini akan melakukan stabilisasi tanah dengan cara kimiawi dengan menambahkan semen kadar 2 % dan rotec kadar 1 %, 2 %, 3 %, dan 4 % pada tanah asli dengan kadar air optimum yang didapatkan dari uji kepadatan tanah.

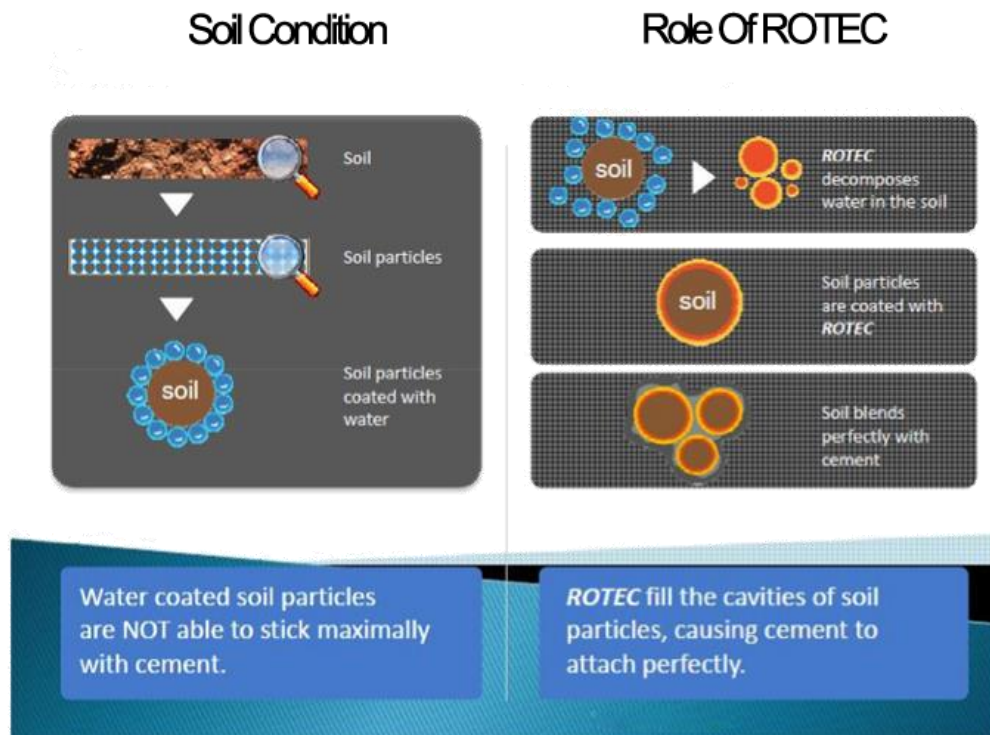
### **3.12 Semen**

Semen adalah zat perekat bahan. Pada penelitian ini semen digunakan sebagai perekat antar butiran tanah asli. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia ( SNI ) nomor 15-2049-2004, semen Portland adalah semen hidrolisis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak ( Clinker ) portland terutama yang terdiri dari kalsium silikat (  $x\text{CaO}.\text{SiO}_2$  ) yang bersifat hidrolisis dan digiling bersama – sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat (  $\text{CaSO}_4.x\text{H}_2\text{O}$  ) dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. Hidrolisis berarti sangat senang bereaksi dengan air, senyawa yang bersifat hidrolisis akan bereaksi dengan air secara cepat. Semen Portland bersifat hidrolisis karena didalamnya terkandung kalsium silikat dan kalsium sulfat. Reaksi semen dengan air berlangsung secara irreversible, artinya hanya dapat terjadi satu kali dan tidak bisa kembali lagi pada kondisi semula. Semen yang digunakan sebesar 2% pada penelitian ini.

### **3.13 Rotec**

Rotec adalah bahan tambah berbentuk bubuk yang berfungsi untuk memadatkan dan menstabilkan tanah secara fisik dengan cara membungkus unsur tanah sehingga tanah tidak mudah tercampur air dan tidak lembek terutama saat musim penghujan. Umumnya cara konvensional untuk memperkuat kapasitas dukung tanah dasar yaitu dengan pengerasan dan penimbunan menggunakan batuan, namun cara tersebut tidak dapat digunakan pada semua jenis tanah terutama pada tanah berbutir halus sehingga pada musim penghujan akan menimbulkan permasalahan pelemahan kontur dan ketahanan menahan beban. Rotec yang

digunakan pada penelitian yaitu 1 %, 2%, 3%, dan 4 %. Cara kerja rotec dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut ini.



**Gambar 3.6 Cara Kerja Rotec**