

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian terhadap tanah dasar dan cara penanggulangannya pada kerusakan perkerasan jalan, maka akan dilakukan beberapa cara penanggulangan berdasarkan penelitian terdahulu terkait dengan peningkatan daya dukung tanah dasar. Adapun penelitian yang menjadikan landasan dasar dilakukannya penelitian ini yaitu:

- a. Analisis Daya Dukung Tanah Lempung yang Distabilisasi dengan Kapur dan Pasir (*Risman* 2011). Pada penelitian ini dengan menambahkan kapur dan pasir didapat hasil nilai CBR yang mulai meningkat pada persentase 10%.
- b. Pengaruh Penggunaan Semen sebagai Bahan Stabilisasi pada Tanah Lempung Daerah Lambung Sakti terhadap Nilai CBR Tanah (*Andriani, Rina Yuliet, dan Franki Leo Fernandes* 2012) . Pada penelitian ini dengan menambahkan semen didapat hasil nilai CBR yang meningkat pada persentase 5%.
- c. Studi Stabilisasi Tanah Ekspansif dengan Penambahan Pasir untuk Tanah Dasar Konstruksi Jalan (*Sutikno dan Denny Yatmadi* 2010). Pada penelitian ini dengan menambahkan pasir sebagai bahan stabilisasi didapat hasil nilai CBR yang meningkat pada persentase 10%.
- d. Pemanfaatan Campuran Pasir dan semen sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Tanon Sragen (*Muh. Abduh* 2013). Pada penelitian ini dengan penambahan pasir dan semen didapat nilai CBR yang mengalami peningkatan terbesar pada persentase pasir 30% dan semen 15% .

Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian dari sampel tanah dengan penambahan persentase yaitu pasir sebesar 15% dan penambahan variasi semen sebesar 2,5% ; 5 %; 7,5% dan 10%.

## 2.2 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah suatu cara yang digunakan untuk mengubah atau memperbaiki sifat tanah dasar sehingga diharapkan tanah dasar tersebut mutunya dapat lebih baik. Hal tersebut dimaksudkan juga untuk dapat meningkatkan kemampuan daya dukung tanah dasar terhadap konstruksi yang akan dibangun di atasnya.

Ada beberapa metode stabilisasi tanah yang biasanya digunakan dalam upaya untuk memperbaiki mutu tanah dasar yang kurang baik mutunya. Metode tersebut antara lain yaitu stabilisasi mekanik dan stabilisasi kimiawi. Stabilisasi mekanik ini dimaksudkan untuk mendapatkan tanah bergradasi baik (*well graded*) sehingga tanah dasar tersebut dapat memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan. Stabilisasi dengan cara mekanik ini biasanya dilakukan dengan cara mencampur berbagai jenis tanah, namun yang perlu diingat adalah tanah yang diambil untuk campuran haruslah yang lokasinya berdekatan sehingga ekonomis. Gradasi dari campuran tanah tersebut harus sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Sedangkan metode kimiawi dilakukan dengan cara menambahkan *stabilizing agents* pada tanah dasar yang akan ditingkatkan mutunya. *Stabilizing agents* ini antara lain adalah *portland cement (PC)*, *lime*, *bitumen*, *fly ash* dan lain-lain. Stabilisasi tanah juga dapat dilakukan dengan beberapa cara pemadatan atau pemampatan di lapangan, perbaikan dengan cara perkuatan yaitu dengan pemasangan bahan lain pada lapisan tanah (seperti *geotekstil*), perbaikan permukaan tanah dengan menggunakan drainase, pencampuran lapisan dalam dan dengan cara penurunan air tanah yaitu dengan cara menurunkan air tanah dengan pemompaan.

## 2.3 Tanah

### 2.3.1 Pengertian tanah

Dalam pandangan teknik sipil, menurut Hary Cristady Hardiyatmo (2002) tanah adalah himpunan material, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Pembentukan tanah

dari batuan induknya, dapat berupa proses fisik maupun kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, terjadi akibat pengaruh erosi, angin, air, es, manusia, atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca. Partikel-partikel mungkin berbentuk bulat, bergerigi maupun bentuk-bentuk diantaranya. Umumnya, pelapukan akibat proses kimia dapat terjadi oleh pengaruh oksigen, karbon dioksida, air (terutama yang mengandung asam atau alkali) dan proses-proses kimia lainnya. Jika hasil pelapukan masih berada di tempat asalnya, maka tanah ini disebut tanah residual (*residual soil*) dan apabila tanah berpindah tempatnya, disebut tanah terangkut (*transported soil*).

### **2.3.2 Sistem klasifikasi tanah**

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem penggolongan yang sistematis dari jenis-jenis tanah yang mempunyai sifat-sifat yang sama ke dalam kelompok-kelompok dan sub kelompok berdasarkan pemakaiannya (Das, 1995). Adapun sistem klasifikasi tanah yang telah umum digunakan adalah :

#### **a. Sistem klasifikasi kesatuan tanah (*Unified Soil Classification System*)**

Sistem klasifikasi tanah ini yang paling banyak dipakai untuk pekerjaan Teknik Pondasi seperti untuk pembendungan, bangunan gedung dan konstruksi yang sejenis. Sistem ini biasa digunakan untuk perencanaan lapangan udara dan untuk spesifikasi pekerjaan tanah untuk jalan.

Sistem klasifikasi berdasarkan hasil-hasil percobaan laboratorium yang paling banyak dipakai secara meluas adalah sistem klasifikasi kesatuan tanah. Percobaan laboratorium yang dipakai adalah analisa ukuran butir dan batas-batas konsistensi.

Sistem klasifikasi USCS diusulkan oleh Prof. Arthur Cassagrande, sistem ini didasarkan pada sifat tekstur tanah dan sistem ini menempatkan tanah dalam tiga kelompok:

### 1) Tanah berbutir kasar

Tanah berbutir kasar adalah tanah yang mempunyai persentase lolos saringan No. 200 < 50 % sedangkan tanah berbutir halus adalah tanah dengan persentase lolos saringan No. 200 > 50 %.

Tanah ini dibagi dengan simbol-simbol tertentu sebanyak 15 buah, yaitu:

#### (a) Simbol komponen:

- Kerikil : G (*Gravel*)
- Pasir : S (*Sand*)
- Lanau : M (*Mo*)
- Lempung : C (*Clay*)
- Organic : O (*Organic*)
- Humus : Pt (*Peat*)

#### (b) Simbol Gradasi:

- Bergradasi baik : W (*Well graded*)
- Bergradasi buruk: P (*Poorly graded*)

#### (c) Simbol Batas cair

- Tinggi : H (*High*)
- Rendah : L (*Low*)

Tanah berbutir kasar dibagi lagi atas dua kelompok yaitu:

- Kerikil dan tanah kerikilan (G)
- Pasir dan tanah kepasiran (S)

Tanah yang termasuk ke dalam kerikil adalah tanah yang mempunyai persentase lolos saringan No. 4 > 50 % termasuk kelompok pasir. Baik pasir maupun kerikil dibagi lagi menjadi 4 kelompok :

- (a) Kelompok GW dan SW adalah tanah kerikilan dan kepasiran bergradasi baik dengan butiran halus yang sedikit atau tanpa butiran halus yang non plastis ( lolos saringan No. 200 < 5% ).
- (b) Kelompok GP dan SP adalah tanah kerikilan dan kepasiran bergradasi buruk dengan halus sedikit yang non plastis.

- (c) Kelompok GM dan SM adalah mencakup tanah kerikil atau pasir kelanauan (lolos saringan No. 200 >12%) dengan plastisitas rendah atau non plastis. Batas cair dan indeks plastis terletak di bawah garis A. Dalam kelompok ini bisa termasuk baik yang bergradasi baik maupun yang bergradasi buruk.
- (d) Kelompok GC dan SC adalah mencakup tanah kerikil atau kepasiran dengan butiran halus (lolos saringan No. 200 < 12%) lebih bersifat lempung dengan plastisitas rendah sampai tinggi, batas cair dan indeks plastisitas tanah ini terletak di atas garis A dengan grafik plastisitas.

## 2) Tanah berbutir halus

Tanah berbutir halus dibagi dalam lanau (M) yang berasal dari bahasa Swedia dan lempung (C) yang di dasarkan pada batas cair dan indeks plasis juga tanah organis (O) juga termasuk dalam frkasi ini. Lanau adalah tanah berbutir halus yang mempunyai batas cair dan indeks plastis terletak di bawah garis A dan lempung di atas garis A. Lempung organis adalah kekecualian dari peraturan di atas karena batas cair dan indeks plastisnya berada di bawah garis A. Lanau, lempung dan tanah organis dibagi lagi menjadi batas cair yang rendah (L) dan tinggi (H), garis pembag anatra batas cair yang rendah dan tinggi ditentukan pada angka 50.

- (a) Kelompok ML dan MH adalah tanah yang diklasifiaksikan sebagai lanau pasiran, lanau lempung atau lanau anorganis dengan plastisitas relatif rendah. Juga termasuk tanah jenis butiran lepas, bubur batu, tanah yang mengandung mika juga beberapa jenis lempung.
- (b) Kelompok CH dan CL terutama adalah lempung anorganis. Kelompok CH adalah dengan plastisitas sedang sampai tinggi mencakup lempung gemuk, lempung gumbo. Lempung dengan plastisitas rendah yang diklasifikasikan CL biasanya adalah lempung kurus, lempung gumbo. Lempung dengan plastisitas rendah yang diklasifikasiakan CL biasanya adalah lempung kurus, lempung pasir, atau lempung lanau.

(c) Kelompok OL dan OH adalah tanah yang ditunjukkan sifat-sifatnya dengan adanya bahan organik, lempung dan lanau organik termasuk kedalam kelompok ini dan mereka mempunyai plastisitas berkisar pada kelompok ML dan MH.

3) Tanah organis

Tanah ini tidak dibagi lagi tapi diklasifikasi dalam satu kelompok. Biasanya mereka sangat mudah ditekan dan tidak mempunyai sifat sebagai bahan bangunan yang diinginkan, tanah khusus dari kelompok ini adalah humus, tanah lumpur dengan tekstur organik yang tinggi. Komponen umum dari tanah ini adalah partikel daun, rumput, dahan atau bahan-bahan yang regas lainnya.

**b. Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association Of State Highway and Transporting Official*)**

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

- 1) Analisis ukiran butiran.
- 2) Batas cair dan batas plastis dan IP yang dihitung.
- 3) Batas susut.
- 4) Ekuivalen kelembaban lapangan, kadar lembab maksimum dimana satu tetes air yang dijatuhkan pada suatu permukaan yang kecil tidak segera diserap oleh permukaan tanah itu.
- 5) Ekuivalen kelembaban sentrifugal, sebuah percobaan untuk mengukur kapasitas tanah dalam menahan air.

Tabel 2.1 Klasifikasi tanah untuk tanah dasar jalan raya, AASHTO

Klasifikasi Umum	Bahan-bahan berbutir (35% atau kurang lolos No. 200)						
	A-1		A-3	A-2			
Kelompok	A-a1	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
% Lolos Saringan							
Saringan							
No. 10	≤ 50						
No. 40	≤ 30	≤ 50	≤ 51				
No. 200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35
Karakteristik fraksi Lolos No. 40							
Batas Cair				≤ 40	≤ 41	≤ 40	≤ 41
Indeks Plastisitas	≤ 50		N.P	≤ 10	≤ 10	≤ 11	≤ 10
Indeks Kelompok	0		0	0		≤ 4	
Jenis-jenis Bahan Pendukung Utama	Fragmen batu pasir dan kerikil		pasir halus	kerikil dan pasir berlanau atau berlempung			
Tingkatan umum sebagai tanah dasar	sangat baik sampai baik						

(Sumber: Mekanika Tanah I, Hardiyatmo)

Tabel 2.2 Klasifikasi tanah sistem AASHTO

Klasifikasi Umum	Tanah Granuler	Tanah mengandung Lanau-Lempung				
	A-2	A-4	A-5	A-6	A-7	
Kelompok	A-2-7				A-7-5b	A-7-5c
	Persen Lolos Saringan					
No. 10						
No. 20						
No. 200	35 max	36	36	36 min	36	36 min
Batas Cair 2	41 min	40	41	40 min	40	41 min
Indeks Plastisitas 3	11 min	10 min	10	10 min	10	11 min
Fraksi Tanah	Kerikil, pasir		Lanau		Lempung	
Kondisi Kuat	Sangat baik		Kurang baik hingga jelek			

(Sumber : Bowles, 1989)

Tabel 2.3 Sistem Klasifikasi Tanah USCS 1

PEMBAGIAN UTAMA		SIMBOL	NAMA JENIS TANAH		
1	2	3	4		
TANAH BERBUTIR KASAR Lebih dari setengah materialnya lebih kasar dari saringan no. 200	KERIKIL Lebih dari setengah fraksi kasarnya lebih besar dari saringan no. 4	Kerikil bersih (tanpa atau sedikit mengandung bahan halus)	GW	Kerikil, kerikil campur pasir bergradasi baik tanpa atau dengan sedikit bahan halus.	
			GP	Kerikil, kerikil campur pasir bergradasi buruk tanpa atau dengan sedikit bahan halus.	
		Kerikil dengan bahan halus (banyak mengandung bahan halus)	GM	Kerikil lanauan, kerikil campur pasir dan lanau.	
			GC	Kerikil lempungan, kerikil campur pasir dan lempung.	
	PASIR Lebih dari setengah fraksi kasarnya lebih halus dari saringan no.4	Pasir bersih (tanpa atau sedikit mengandung bahan halus)	SW	Pasir, pasir kerikil bergradasi baik tanpa atau dengan sedikit bahan halus.	
			SP	Pasir, pasir kerikil bergradasi buruk tanpa atau dengan sedikit bahan halus.	
		Pasir dengan bahan halus (banyak mengandung bahan halus)	SM	Pasir kelanauan, pasir campur lanau.	
			SC	Pasir kelempungan, pasir campur lempung.	
	TANAH BERBUTIR HALUS Lebih dari setengah materialnya lebih halus dari saringan no. 200	LANAU DAN LEMPUNG	Batas cair kurang dari 50	ML	Lanau organik dan pasir sangat halus, tepung batu, pasir halus, kelanauan atau kelempungan atau lanau kelempungan sedikit plastis.
				CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung kerikil, lempung pasiran, lempung lanauan, lempung humus.
OL			Lempung organik dan lempung lanauan organik dengan plastisitas rendah.		
Batas cair lebih dari 50		MH	Lempung anorganik, tanah pasiran halus atau tanah lanauan mengandung mika atau diatom lanau elastis		
		CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung ekspansif.		
		OH	Lempung anorganik dengan plastisitas sedang sampai tinggi, lanau organik.		
TANAH ORGANIK		PL	Gambut dan tanah organik lainnya.		

(sumber : Geoteknik dan Mekanika Tanah, Ir. Shirley LH, hal:149)

Tabel 2.4 Sitem Klasifikasi Tanah USCS 2

SIMBOL	KRITERIA KLASIFIKASI LABORATORUM		
GW	Tentukan prosentase kerikil dan pasir dari kurva pembagi butir. Berdasarkan pada prosentase bhan halus (fraksi lebih halus dari saringan no. 200). Tanah berbutir kasar diklasifikasikan sebagai berikut: - Kurang dari 5% GW, GP, SW, SP - Lebih dari 12% GM, GC, SM, SC - 5% sampai 12% Pada garis batas menggunakan simbol ganda	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ lebih besar dari 4 $Cc = \frac{D_{30}}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3	
GP		Tidak ditemukan semua persyaratan gradasi untuk GW	
GM		Batas Atterberg di bawah garis "A" atau PI kurang dari 4.	Di atas garis "A" dengan PI antara 4 dan 7 terdapat pada garis batas dan menggunakan simbol ganda.
GC		Batas Atterberg di atas garis "A" atau PI lebih besar dari 7.	
SW		$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ lebih besar dari 6 $Cc = \frac{D_{30}}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3	
SP		Tidak ditemukan semua persyaratan gradasi untuk SW	
SM		Batas Atterberg di atas garis "A" dengan PI lebih besar dari 7.	Batas Atterberg yang masuk pada daerah arsir dengan PI antara 4 dan 7 disebut kasus garis batas dan menggunakan simbol ganda.
SC			
ML CL OL MH CH OH	<p style="text-align: center;">KLASIFIKASI LABORATORIUM UNTUK TANAH BERBUTIR HALUS</p>		

(Sumber : Geoteknik dan Mekanika Tanah, Ir. Shirley LH, hal:151)

## 2.4 Tanah Lanau

Lanau adalah bahan yang merupakan peralihan antara lempung dan pasir halus. Kurang plastis dan lebih mudah ditembus air dari pada lempung dan memperlihatkan sifat dilatansi yang tidak terdapat pada lempung. Dilatasi adalah sifat yang menunjukkan gejala perubahan isi apabila lanau itu dirubah bentuknya. Lanau adalah material yang butiran-butirannya lolos saringan no. 200. Peck, dkk (1953) membagi tanah ini menjadi dua kategori yaitu:

- a. Lanau tepung batu yang mempunyai karakteristik tidak berkoheksi dan tidak plastis. Sifat teknis lanau tepung batu cenderung mempunyai sifat pasir halus.
- b. Lanau yang bersifat plastis.

Lanau yang merupakan butiran halus mempunyai sifat-sifat yang kurang baik yaitu mempunyai kuat geser rendah setelah dikenai beban, kapilaritas tinggi, permeabilitas rendah dan kerapatan relatif rendah dan sulit dipadatkan.

Pada umum tanah lanau banyak mengandung air dan berkonsistensi lunak. Tanah ini merepotkan bila digali, karena akan selalu longsor. Jika berfungsi sebagai pendukung pondasi., lanau merupakan tanah pendukung yang lemah dengan kapilaritas tinggi. Pondasi yang terletak pada tanah lanau harus dirancang dengan sangat hati-hati.

## 2.5 Semen

Semen adalah material yang mempunyai sifat-sifat adhesif dan kohesif sebagai perekat yang mengikat fragmen-fragmen mineral menjadi suatu kesatuan yang kompak. Semen dikelompokkan ke dalam 2 (dua) jenis yaitu semen hidrolis dan semen non-hidrolis.

Semen hidrolis adalah suatu bahan pengikat yang mengeras jika bereaksi dengan air serta menghasilkan produk yang tahan air. Contohnya seperti semen *portland*, semen putih dan sebagainya, sedangkan semen non-hidrolis adalah semen yang tidak dapat stabil dalam air.

Pada penelitian ini semen yang digunakan adalah semen portland merk semen Batuaraja. Penambahan semen pada pengujian tanah ini diharapkan dapat

memberikan penanggulangan dalam mengatasi kerusakan jalan akibat tanah dasar yang ada dengan proporsi campuran sesuai dengan rencana.

## **2.6 Pasir**

Pasir adalah contoh bahan material butiran. Butiran pasir umumnya berukuran antara 0,0625 sampai 2 milimeter. Materi pembentuk pasir adalah silikon dioksida, tetapi di beberapa pantai tropis dan subtropis umumnya dibentuk dari batu kapur. Sudah banyak penelitian penggunaan pasir untuk stabilisasi tanah dasar, oleh karena itu diharapkan penggunaan pasir pada penelitian ini dapat menjadikan alternatif untuk menanggulangi kerusakan jalan yang ada akibat tanah dasar. Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang berasal dari Tanjung Raja.

## **2.7 Prosedur Pengujian Tanah di Lapangan**

Pengambilan sampel tanah merupakan tahapan penting untuk penetapan sifat-sifat fisik tanah di laboratorium, hasil analisis sifat-sifat fisik tanah di laboratorium harus dapat menggambarkan keadaan sesungguhnya sifat fisik tanah di lapangan.

### **a. Pengambilan sampel tanah**

Tanah yang digunakan pada penelitian ini merupakan tanah timbunan yang terdapat di ruas jalan Meranjat – Kayuagung.

Adapun hal – hal yang dilakukan pada pengambilan sampel tanah ini yaitu sebagai berikut :

- 1) Pembersihan lokasi pengambilan tanah dari akar pohon, rumput, material batu dan kotoran lainnya.
- 2) Bagian tanah yang akan diambil digali terlebih dahulu dengan menggunakan cangkul dan atau sekop.
- 3) Bagian tanah yang sudah bersih dari material batu, kayu dan kotoran lainnya diambil kemudian dimasukkan ke dalam karung untuk memudahkan proses pengangkutan.

## b. Pengujian *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP)

Pengujian dengan menggunakan alat DCP akan menghasilkan data yang setelah diolah akan menghasilkan CBR lapangan tanah dasar pada titik yang ditinjau. Untuk perhitungan data DCP dengan konus dapat menggunakan rumus  $60^\circ$  sebagai berikut:

$$\text{Log}_{10} \text{CBR} = 2,8135 - 1,313 \text{ Log}_{10} (\text{mm/tumbukan}) \dots\dots\dots (2.1)$$

Menentukan nilai CBR lapangan dengan menggunakan data DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*) mulai digunakan di Indonesia sejak tahun 1985 atau 1986. Dan persyaratan nilai CBR untuk lapis pondasi bawah umumnya harus nilai CBR minimum 20% dan indeks plastisitas (PI) < 10%.

### 1) Peralatan :

- (a) Bagian atas : *handle*, tangkai bagian atas, palu berbentuk silinder berlubang berat 8 kg.
- (b) Bagian tengah : landasan terbuat dari baja, cincin peredam kejut, pegangan untuk mistar penunjuk kedalaman.
- (c) Bagian bawah : tangkai bagian bawah, mistar berkala, konus atau baja keras berbentuk kerucut dibagian ujung, cincin pengaku, sekrup.
- (d) Peralatan lain : formulir lapangan, alat tulis, dan kamera.

### 2) Langkah Kerja :

- (a) Sambungkan seluruh bagian dan pastikan bahwa sambungan tangkai atas dengan landasan serta tangkai bawah dan kerucut baja sudah tersambung dengan kokoh.
- (b) Pegangan alat yang sudah terpasang pada posisi tegak di atas dasar yang rata dan stabil, kemudian catat pembacaan 0 sebagai pembacaan awal pada mistar pengukur kedalaman.
- (c) Angkat palu pada tangkai bagian atas dengan hati – hati hingga menyentuh bagian *handle*.
- (d) Lepaskan palu hingga jatuh bebas dan tertahan pada landasan.
- (e) Lakukan pengujian sampai 25x pukulan dan masing – masing setiap 5x pukulan dibaca penurunannya pada mistar pengukur.

- (f) Setelah itu angkat alat DCP pada lubang pengujian dengan hati – hati dan vertical, sehingga konus berbentuk kerucut yang ada di tanah tidak tertinggal.

c. Pengujian Kerucut Pasir (*Sand Cone Test*)

Percobaan kerucut pasir (*Sand Cone Tes*) merupakan salah satu jenis pengujian yang dilakukan di lapangan untuk menentukan berat isi kering (kepadatan) tanah asli ataupun hasil suatu pekerjaan pemadatan yang dilakukan baik pada tanah kohesif maupun tanah non kohesif. Adapun prosedur pengujian kerucut pasir ini dilakukan berdasarkan Metode Pengujian Kepadatan Lapangan dengan Alat Konus Pasir (SNI 03-2828-1992) sebagai berikut:

1) Peralatan dan Bahan

Alat :

- (a) Alat perata (*scraper*).
- (b) Sekop kecil.
- (c) Kerucut yang dilengkapi dengan kran pengunci.
- (d) Plat untuk corong pasir ukuran 30,48 cm x 30,48 cm.
- (e) Paku.
- (f) Timbangan digital.
- (g) Plastik pembungkus.
- (h) Palu.

Bahan :

- (a) Tanah di lapangan
- (b) Pasir
- (c) Air

2) Pelaksanaan

Menentukan isi botol :

- (a) Siapkan semua peralatan serta bahan – bahan yang diperlukan dalam pengujian.

- (b) Timbang berat botol + corong dalam keadaan kosong (W1)
- (c) Buka kran pada corong kemudian isi air kedalam corong sampai penuh.
- (d) Tutup kembali kran tersebut lalu balikkan botol agar air yang tersisa pada corong keluar.
- (e) Timbang berat botol beserta corong yang berisi air (W2).

Menentukan berat isi pasir:

- 1) Keluarkan air dari dalam botol, keringkan botol tersebut.
- 2) Masukkan pasir ke dalam botol sampai penuh kemudian timbang (W3).

Menentukan berat pasir dalam corong :

- 1) Masukkan pasir secukupnya minimal  $\frac{1}{2}$  botol lalu timbang (W4)
- 2) Balikkan botol pada tempat yang rata, buka kran pada corong sehingga pasir mengalir melalui corong.
- 3) Corong atau kerucut yang telah terisi penuh dengan pasir, bila pasir dalam botol tidak bergerak lagi kunci kembali kran pada corong/kerucut lalu botol ditegakkan kembali.
- 4) Tentukan berat botol beserta kerucut yang berisi sisa pasir.
- 5) Tentukan berat pasir dalam corong.

Menentukan berat isi tanah di lapangan :

- 1) Tentukan lokasi tempat pengujian tanah, bersihkan permukaan dari material – material lain yang dapat menghambat selama pengujian.
- 2) Ratakan permukaan tanah tersebut, kemudian letakkan plat dasar di atasnya.
- 3) Buat lubang sesuai diameter pada plat dasar dengan kedalaman yang hampir sama dengan diameter lubang.
- 4) Tanah hasil galian dimasukkan ke dalam plastik, timbang dan tentukan kadar airnya.
- 5) Siapkan botol yang telah berisi pasir  $\pm \frac{2}{3}$  dari tinggi botol lalu timbang.

- 6) Letakkan botol di atas lubang dengan posisi kerucut menghadap ke dalam lubang, buka kran kerucut sehingga pasir mengalir mengisi lubang hingga penuh.
- 7) Timbang sisa pasir dalam botol.
- 8) Hitung berat pasir dalam lubang dan kerucut.
- 9) Hitung berat pasir dalam lubang.

Rumus:

$$\text{Berat isi pasir } (\gamma \text{ pasir}) = \frac{w_2 - w_1}{v} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\text{Berat isi tanah } (\gamma_m) = \frac{W}{\text{isi lubang}} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\text{Berat isi kering tanah } (\gamma_d \text{ lap}) = \frac{\gamma_m}{100 + w} \times 100\% \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\text{Derajat kepadatan lapangan (D)} = \frac{\gamma_d \text{ lap}}{\gamma_d \text{ lab}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.5)$$

## 2.8 Prosedur Pengujian di Laboratorium

Dalam suatu pengujian laboratorium terdapat beberapa prosedur kerja yang harus diikuti sesuai dengan langkah-langkah kerja yang telah ada di buku panduan, sehingga pengujian yang dilakukan menghasilkan nilai yang sebenarnya.

### 2.8.1 Pengujian sifat fisik tanah

Sifat fisik tanah yaitu sifat tanah dalam keadaan asli yang digunakan untuk menentukan jenis tanah. Pengujian ini dilakukan pada sampel tanah yang akan digunakan yaitu pengujian pengidentifikasian tanah. Adapun pengujian ini terdiri dari:

#### a. Pengujian kadar air (*water content*)

Kadar air sangat mempengaruhi perilaku tanah khususnya proses pengembangannya. Lempung dengan kadar air rendah memiliki potensi pengembangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan lempung kadar air

tinggi (Supriyono, 1993). Hal ini disebabkan karena lempung dengan kadar air alami rendah lebih berpotensi untuk menyerap air lebih banyak.

Rumus :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{Berat air (gr)}}{\text{Berat tanah kering (gr)}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.6)$$

Perhitungan :

- Berat cawan kosong ( $W_1$ ) = gram
- Berat cawan dan tanah basah/asli ( $W_2$ ) = gram
- Berat cawan dan tanah kering ( $W_3$ ) = gram
- Berat air ( $W_2 - W_1$ ) = gram
- Berat tanah kering ( $W_3 - W_1$ ) = gram

$$\text{Kadar air} = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

#### 1) Tujuan

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan kadar air tanah yaitu perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah yang dinyatakan dalam persen.

#### 2) Peralatan

- (a) Cawan dan tutup
- (b) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- (c) Oven dengan suhu  $110^\circ\text{C}$
- (d) Sarung tangan

#### 3) Bahan

Tanah lolos saringan No. 4 (4,75 mm)

#### 4) Prosedur Pelaksanaan

- (a) Timbang berat cawan ( $W_1$ ).
- (b) Masukkan contoh tanah ke dalam cawan yang telah kering dan bersih.
- (c) Timbang berat cawan beserta tutup dan contoh tanah ( $W_2$ ).
- (d) Oven tanah tersebut dengan suhu  $105^\circ\text{C} - 110^\circ\text{C}$  sampai beratnya konstan.

- (e) Keluarkan cawan dari oven, kemudian setelah dingin timbang berat keringnya ( $W_3$ ).

### b. Pengujian berat jenis (GS) *Specific Gravity*

Berat jenis tanah adalah perbandingan antara berat butir tanah dengan volume tanah padat atau berat air dengan isi sama dengan isi tanah padat tersebut pada suhu tertentu.

Rumus :

$$\text{Berat jenis (GS)} = \frac{\text{berat butir tanah}}{\text{volume butir tanah}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Perhitungan :

$$\text{Berat jenis (GS)} = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \dots\dots\dots(2.8)$$

$W_1$  = berat piknometer (gram)

$W_2$  = berat piknometer dan tanah kering (gram)

$W_3$  = berat piknometer, tanah dan air (gram)

$W_4$  = berat piknometer dan air (gram)

#### 1) Tujuan

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui angka perbandingan berat butir tanah dengan volume butir tanah pada suhu tertentu.

#### 2) Peralatan

- (a) Piknometer.
- (b) Desikator.
- (c) Botol air.
- (d) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.

#### 3) Bahan

- (a) Tanah lolos saringan No. 10 (2,00 mm) seberat 10 gram.
- (b) Air suling

#### 4) Prosedur pelaksanaan

- (a) Timbang piknometer beserta tutup yang kering dan bersih (W1).
- (b) Masukkan benda uji ke dalam piknometer, kemudian timbang (W2).
- (c) Tambahkan air suling ke dalam piknometer yang berisi benda uji, sehingga terisi duapertiganya.
- (d) Hilangkan gelembung udara yang terangkap diantara butir – butir tanah dalam piknometer dan isinya dengan menggunakan desikator.
- (e) Tambahkan air suling dan dinginkan pada suhu konstan.
- (f) Tambahkan air sampai penuh dan tutup serta keringkan bagian luarnya kemudian timbang beratnya (W3).
- (g) Bersihkan piknometer dan isi dengan air suling, lalu tutup serta keringkan permukaan kemudian timbang beratnya (W4).

#### c. Analisis saringan

Analisis saringan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian ukuran butiran suatu tanah.

Perhitungan :

- Persentase tanah yang tertahan pada masing-masing saringan  

$$= \frac{\text{berat tanah yang tertahan}}{\text{berat tanah total}} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.9)$$
- Persentase kumulatif tanah yang tertahan pada saringan  
 = jumlah persentase tanah yang tertahan pada semua ayakan
- Persentase tanah lolos saringan  

$$= 100 \% - \text{persentase kumulatif tanah tertahan} \dots\dots\dots(2.10)$$

#### 1) Tujuan

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui jumlah tanah yang tertahan dan lolos dalam saringan yang telah ditentukan, serta menentukan pembagian ukuran butiran tanah.

#### 2) Peralatan

- (a) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.

- (b) Satu set saringan dengan ukuran N0.4, 8, 16, 30, 40, 100, 200
  - (c) Mesin penggetar saringan.
  - (d) Kuas
  - (e) Sikat kuning
  - (f) Spatula
- 3) Bahan
- Tanah lolos saringan No. 4 (4,75 mm) seberat 500 gram.
- 4) Prosedur pelaksanaan
- (a) Masukkan tanah seberat 500 gram kedalam saringan.
  - (b) Saring benda uji lewat susunan saringan yang ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas.
  - (c) Saringan diguncang dengan mesin penggetar selama 15 menit.
  - (d) Timbang berat tanah yang tertahan pada masing – masing saringan.

**d. Pengujian batas-batas konsistensi (*Atterberg Limit*)**

Adapun pengujian batas-batas konsistensi (*atterberg limits*) yang dilakukan adalah :

1) Batas susut (*Shrinkage Limit / SL*)

Batas susut didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara semi padat dan padat, yaitu persentase kadar air maksimum dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak menyebabkan berkurangnya volume tanah.

(a) Tujuan

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan batas susut suatu tanah. *Linier Shrinkage* merupakan persentase dari panjang asli sampel tanah yang diuji.

(b) Peralatan

- (1) *Linier Shrinkage*
- (2) *Shrinkage dish*
- (3) Oven
- (4) Botol air
- (5) Spatula

- (6) Jangka sorong
- (7) Kaca
- (c) Bahan
  - (1) Tanah lolos saringan No. 40 (0,425 mm)
  - (2) Air suling
  - (3) Air raksa
- (d) Prosedur pelaksanaan
  - (1) Aduk tanah dengan air hingga merata.
  - (2) Masukkan ke dalam *shrinkage dish* yang telah diolesi dengan minyak oli serta ratakan dan timbang beratnya.
  - (3) Keringkan di udara hingga warnanya berubah.
  - (4) Timbang berat tanah kering dan berat *shrinkage dish*.
  - (5) Masukkan sampel tanah ke dalam air raksa dengan tutup berkaki tiga.
  - (6) Timbang air raksa yang tumpah.
  - (7) Tentukan volume tanah kering

Tabel 2.5 Klasifikasi tanah ekspansif berdasarkan indeks plastisitas dan *shrinkage limits*.

<b>Indeks Plastisitas (%)</b>	<b>Shrinkage Limits (%)</b>	<b>Derajat Ekspansifitas</b>
> 32	> 35	Sangat tinggi
23 – 32	25 – 41	Tinggi
12 – 23	15 – 48	Sedang
< 12	< 18	Lambat / kecil

(sumber : Raman, 1967, *Klasifikasi Tanah Ekspansif*)

## 2) Batas cair (*Liquid Limits* / LL)

Pengujian ini dilakukan terhadap tanah yang berbutir halus atau kecil. Batas cair adalah kadar air minimum, yaitu sifat tanah berubah dari keadaan cair menjadi keadaan plastis.

Perhitungan :

- Tentukan kadar air masing-masing variasi dan digambarkan dalam bentuk grafik.
- Buatlah garis lurus melalui titik hasil pengujian.
- Kadar air didapatkan pada jumlah ketukan 25 kali adalah nilai atas cairnya.

Rumus :

$$w = \frac{W_{sampel\ 1} - W_{sampel\ 2}}{2} \dots\dots\dots(2.11)$$

(a) Tujuan

Batas cair adalah kadar air minimum, yaitu sifat tanah berubah dari keadaan cair menjadi keadaan plastis. Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan batas cair.

(b) Peralatan

- (1) Alat uji batas cair (*cassagrande*)
- (2) Alat pembuat alur (*grooving tool*)
- (3) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
- (4) Oven
- (5) Cawan
- (6) Spatula
- (7) Botol air
- (8) kaca

(c) Bahan

- (1) Tanah lolos saringan No. 40 (0,425 mm) sebanyak 100 gram.
- (2) Air suling

(d) Prosedur pelaksanaan

- (1) Letakkan 100 gram benda uji di atas kaca.
- (2) Tambahkan air sedikit, lalu aduk dengan spatula sampai merata atau homogen.

- (3) Ambil sebagian dan masukkan ke dalam alat batas cair sertaratakan sehingga sejajar dengan dasar alat dengan tebal kurang lebih 1 cm.
- (4) Buat alur dengan menggoreskan alat pembuat alur, sehingga sample terbelah menjadi dua bagian.
- (5) Putar alat sehingga mangkok naik dan jatuh dengan kecepatan dua putaran/detik. Putaran diberhentikan ketika dasar alur bersinggungan sepanjang 1,25 cm dan catatlah jumlah pukulannya.
- (6) Lakukan percobaan ini minimal 2 kali hingga didapat jumlah pukulan yang mendekati sama dan catat rata pukulannya, lalu uji kadar airnya.
- (7) Ambil contoh dari mangkok dan letakkan di atas kaca, tambahkan air sedikit dan lakukan seperti langkah dua sam pai langkah enam, sehingga didapat perbedaan jumlah pukulan dan kadar airnya.

### 3) Batas plastis (*Plasticity Limit / PL*)

Batas plastis adalah kadar air minimum, yaitu tanah masih dalam keadaan plastis.

Indeks plastisitas (*Plasticity Index / PI*)

Rumus :

Indeks plastis (PI) = batas cair – batas plastis .....(2.12)

#### (a) Tujuan

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kadar ai suatu tanah pada keadaan plastis.

#### (b) Peralatan

- (1) Pelat kaca
- (2) Spatula
- (3) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- (4) Oven
- (5) Cawan
- (6) Botol air

- (c) Bahan
- (1) Tanah lolos saringan No. 40 (0,425 mm) sebanyak 100 gram.
  - (2) Air suling
- (d) Prosedur pelaksanaan
- (1) Tempatkan benda uji di atas pelat kaca dan campur dengan air serta aduk merata dengan spatula.
  - (2) Buatlah bola kelereng.
  - (3) Giling dengan tangan di atas pelat kaca sampai diameter mencapai 3 mm.
  - (4) Sampel yang tepat bila pada diameter 3 mm telah menunjukkan keadaan retak – retak rambut.
  - (5) Ambil beberapa sampel tadi dan masukkan dalam cawan kadar air dan tentukan kadar airnya.

Tabel 2.6 Hubungan IP dengan tingkat Plastisitas dan jenis tanah menurut *Atterberg*

PI	Tingkat Plastisitas	Jenis Tanah
0	Tidak Plastis	Pasir
$0 < PI < 7$	Plastisitas Rendah	Lanau
7 – 17	Plastisitas Sedang	Lanau lempung
$> 17$	Plastisitas Tinggi	Lempung

(sumber : *Soil Mechanics – Alfred R. Jumikis, hal. 128*)

### 2.8.2 Pengujian sifat mekanis tanah

Pengujian sifat mekanis tanah ini dengan melakukan beberapa pengujian yaitu:

#### a. Pengujian pemadatan (*compaction*)

Pemadatan merupakan proses dimana tanah yang terdiri dari butiran tanah, air, dan udara diberi energi mekanik seperti penggilasan (*rolling*) dan pergetaran (*vibrating*) sehingga volume tanah akan berkurang dengan mengeluarkan udara pada pori-pori tanah. Untuk pemadatan di laboratorium

dapat dilakukan dengan cara, yaitu *Standart Compaction Test* dan *Modified Compaction Test*.

Perhitungan :

$$\text{- Berat isi bersih} = \frac{\text{berat tanah}}{1000} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$\text{- Berat isi kering} = \frac{\text{berat isi basah}}{100+(\text{kadar air sebenarnya})} \times 100\% \dots\dots\dots(2.14)$$

$$\text{- Berat} = \text{berat isi kering} \times 1000 \dots\dots\dots(2.15)$$

$$\text{- Volume tanah kering} = \frac{\text{berat tanah kering}}{G_s} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$\text{- ZAV} = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + \frac{\text{kadar air asumsi}}{100}} \times G_s \dots\dots\dots(2.17)$$

### 1) Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah sehingga dapat diketahui kepadatan maksimum dan kadar air optimum.

### 2) Peralatan

- (a) Cetakan dengan kapasitas 943 cm<sup>3</sup> dengan diameter 101,60 mm.
- (b) Alat penumbuk mekanis.
- (c) Alat untuk mengeluarkan contoh tanah (*extruder*).
- (d) Timbangan dengan ketelitian 1 gram.
- (e) Oven.
- (f) Alat perata /spatula
- (g) Jangka sorong
- (h) Cawan

### 3) Bahan

- (a) Tanah lolos saringan No. 4 (4,75 mm) seberat 2500 gram sebanyak 5 sampel.
- (b) Air

## 4) Prosedur pelaksanaan

- (a) Timbang berat cetakan dan keping alas dengan ketelitian 1 gram (W1), serta ukur diameter dalam dan tingginya.
- (b) Pasang leher sambungan pada cetakan dan keping atas.
- (c) Masukkan contoh benda uji yang akan dipadatkan kedalam cetakan.
- (d) Padatkan benda uji dalam 3 lapis dengan alat penumbuk mekanis tiap – tiap lapisan tanah dilakukan 25 kali tumbukan.
- (e) Lepaskan leher sambungan, ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan alat perata dan spatula.
- (f) Timbang berat cetakan beserta keping alasnya dan benda uji (W2).
- (g) Buka keping alas dan keluarkan benda uji dari dalam cetakan menggunakan alat pengeluar benda uji.
- (h) Belah benda uji secara vertikal menjadi dua bagian, kemudian ambil sejumlah benda uji untuk pengujian kadar air.
- (i) Ulangi langkah – langkah pekerjaan diatasterhadap benda uji lainnya.

**b. Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)**

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

- Penetrasi 0,1” (0,254 cm)

$$\text{CBR (\%)} = \frac{P1 \text{ (psi)}}{1000 \text{ (psi)}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.18)$$

- Penetrasi 0,2” (0,508 cm)

$$\text{CBR (\%)} = \frac{P2 \text{ (psi)}}{1500 \text{ (psi)}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan :

P1 = tekanan pada penetrasi 0,1” (psi)

P2 = tekanan pada penetrasi 0,2” (psi)

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

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

Perhitungan:

- Kadar air rencana = kadar air optimum – kadar air asli
- Kadar air normal = kadar air rencana x berat benda uji
- Penambahan additive = persentase additive x kadar air normal
- Penambahan air = kadar air normal – persentase penambahan *additive*

### 1) Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah dalam keadaan padat maksimum dengan melakukan penetrasi tanah yang dipadatkan. Pada pengujian CBR ini dilakukan dengan pengujian CBR tanpa rendaman (*unsoaked*) dan CBR perendaman (*soaked*). Sebelum melakukan pengujian ini terlebih dahulu dilakukan persiapan benda uji yang sesuai dengan pemadatan standar.

### 2) Peralatan

- (a) Mesin penetrasi (*loading machine*)
- (b) Cetakan logam berbentuk silinder dengan dilengkapi leher sambungan.
- (c) Piringan pemisah (*spacer dish*)
- (d) Alat penumbuk mekanis.
- (e) Alat pengukur pengembang (*swell*) yang terdiri dari keping pengembang yang berlubang – lubang dengan batang pengatur, tripod logam.
- (f) Keping beban dengan berat 2,27 kg dengan lubang tengah berdiameter 54,0 mm.
- (g) Alat untuk mengeluarkan contoh tanah (*extruder*)
- (h) Tempat perendaman
- (i) Stopwatch
- (j) Timbangan dengan ketelitian 1 gram.
- (k) Oven
- (l) Alat perata / spatula

(m) Jangka sorong

(n) cawan

3) Bahan

(a) Tanah lolos saringan No. 4 (4,75 mm) seberat 4000 gram.

(b) Pasir dengan persentase 15% dan penambahan variasi semen sebesar 2,5% ; 5% ; 7,5% dan 10%.

(c) Air.

4) prosedur pelaksanaan

(a) Siapkan tanah seberat 5000 gram dan bahan campuran pasir dengan persentase 15% dan penambahan variasi semen sebesar 2,5% ; 5% ; 7,5% dan 10%.

(b) Campur bahan tersebut dengan air sampai dengan kadar air optimum yang berasal dari pengujian pemadatan.

(c) Pasang cetakan pada keping alaskan ditimbang, masukkan piringan pemisah (*spacer disc*) di atas keping alas.

(d) Padatkan masing – masing bahan tersebut di dalam cetakan dengan jumlah 56 tumbukan per lapis sebanyak 3 lapisan.

(e) Buka leher sambungan dan ratakan dengan alat perata. Tambal lubang – lubang yang mungkin terjadi pada permukaan benda uji.

(f) Untuk pemeriksaan CBR langsung, benda uji siap untuk diperiksa.

**Untuk CBR perendaman :**

a) Pasang keping pengembangan di atas permukaan benda uji dan kemudian pasang keping pemberat.

b) Rendam cetakan beserta beban di dalam air sehingga air dapat meresap dari atas maupun bawah.

c) Pasang tripod beserta arloji pengukur pengembangan. Catat pembacaan pertama dan biarkan benda uji selama 4 x 24 jam.

d) Permukaan air selama perendaman harus tetap (kira – kira 2,5 cm) di atas permukaan benda uji.

- e) Keluarkan cetakan dari tempat perendaman dan miringkan selama 15 menit sehingga air bebas mengalir habis.
- f) Ambil beban dari cetakan, kemudian cetakan beserta isinya ditimbang. Benda uji CBR yang terendam telah siap diperiksa.