

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan salah satu unsur utama dalam pembuatan bangunan – bangunan teknik sipil, salah satunya adalah pembangunan jalan tol baru dimana untuk perencanaan perkerasannya harus diketahui nilai CBR-nya terlebih dahulu. Nilai CBR adalah perbandingan kekuatan tanah dasar atau bahan lain yang dipakai dibandingkan perkerasan bahan agregat standar (standar material).

Ada berbagai metode untuk mengestimasi nilai CBR, misalnya dari soil grading ataupun dari data plastisitas tanah. Namun dilapangan beberapa kesulitan sering dihadapi terutama dalam wilayah pedalaman dengan keterbatasan transportasi dan penyediaan perangkat pengujian. Alternatif alat yang bisa digunakan adalah *Dynamic Cone Penetrometer* yaitu suatu alat yang dirancang untuk menguji kekuatan lapisan tanah dasar perkerasan jalan secara tepat.

Dalam pekerjaan konstruksi, terutama dalam pembangunan jalan tol, jalan bandar udara, ataupun lantai kerja gudang, daya dukung tanah berperan penting terhadap perencanaan dari perkerasan yang akan dibangun. Bila kekuatan tanah tanah tidak mencukupi maka akan terjadi kerusakan pada perkerasan. Oleh karena itu, dengan mengetahui daya dukung tanah dapat direncanakan ketebalan komponen perkerasan jalan sehingga jalan berfungsi dengan layak sesuai dengan umur rencana yang direncanakan.

Untuk mengetahui nilai dari daya dukung tanah dapat dilakukan pengujian terhadap tanah. Pada umumnya, dalam perencanaan perkerasan jalan diperlukan nilai CBR (*California Bearing Ratio*). Dimana dalam menentukan nilai CBR terdapat beberapa metoda, yaitu pengujian CBR Lapangan (*In situ*), CBR Lapangan Rendaman (*Undisturbed Soaken*), CBR Laboratorium, dan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*).

Cara yang paling sederhana yang dapat digunakan dengan cara pemadatan, namun dengan kondisi tanah dasar yang memiliki kestabilan dengan nilai CBR (*california bearing ratio*) yang tinggi sebagaimana disyaratkan dalam suatu

konstruksi jalan. Tetapi apabila pada kondisi lapangan dengan kondisi tanah dasar yang bermasalah atau kurang mendukung untuk suatu konstruksi jalan maka selain pemadatan diperlukan juga perlakuan khusus, diantaranya dengan menggunakan bahan tambah (*additive*) untuk memperbaiki tanah dasar tersebut.

Dalam suatu perencanaan konstruksi dalam bidang teknik sipil (tanggul, bangunan, lahan parkir, jalan, jembatan dan lain-lain) tidak jarang ditemukan kondisi tanah asli yang labil sehingga daya dukung sangat rendah dan tidak memungkinkan untuk menahan suatu sistem pembebanan di atasnya. Hal ini dapat diatasi dengan melakukan timbunan tanah 2 di atas lapisan tanah asli dengan tanah yang memiliki potensi daya dukung yang memadai.

Urugan tanah adalah suatu jenis pekerjaan yang bertujuan untuk memindahkan tanah (padas, merah, atau semi padas) dari satu tempat lokasi (sumber pengambilan tanah) ke tempat lokasi lain yang diinginkan sebanyak yang dibutuhkan agar tercapai bentuk dan ketinggian tanah yang diinginkan, antara lain sektor pertanian (sawah, ladang dan perkebunan), infrastruktur pembangunan (pondasi bangunan) dan kerajinan (gerabah, tembikar, pot, genteng dan batu bata). Dengan memakai acuan perhitungan ritase atau pun m^3 . Timbunan dapat digunakan sebagai lapis penopang untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar, juga digunakan di daerah saluran air dan lokasi serupa.

Nilai CBR dapat digunakan sebagai dasar pada perencanaan timbunan jalan selanjutnya, tergantung dari kelas jalan yang dikehendaki. Semakin tinggi nilai CBR maka menunjukkan tanah dasar semakin baik. Pengujian CBR dapat dilakukan langsung di lapangan, yaitu dengan metode konvensional, tetapi memerlukan waktu dan biaya yang tinggi, selain itu dapat juga dilakukan di laboratorium.

Dalam mendukung penulisan skripsi saya, menggunakan referensi terbaru dari Jurnal “Hubungan Nilai CBR Laboratorium Dan DCP Pada Tanah Yang Dipadatkan Pada Ruas Jalan Desa Semisir Kabupaten KOTABARU.” (Sylvina Permatasari, 2021). Dan adanya penelitian sebelumnya, dengan judul “Analisis Daya Dukung Tanah Dasar Berdasarkan Uji CBR Laboratorium Dan Uji CBR

Lapangan Pada Ruas Jalan Kampus UNIPAS Morotai.” (Fitro Darwis, Elfira Resti Mulya, 2021).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan, yaitu :

1. Bagaimana sifat fisis dan mekanis tanah asli pada proyek jalan tol tebing tinggi – parapat, STA. 0 + 000 - 3 0 + 000.
2. Berapa besar perbedaan nilai tanah dengan menggunakan alat CBR laboratorium dan DCP test ?
3. Berapa nilai pengujian CBR lapangan dengan metode DCP ?
4. Berapa nilai penetapan CBR lapangan melalui pengujian DCP ?

1.3 Batasan Masalah

Agar penulisan skripsi ini lebih terfokus dan jelas, maka ruang lingkup penelitian yang dilakukan penulis mencakup :

1. Pengujian CBR dilakukan pada proyek jalan Tol Tebing tinggi – parapat , STA 0 + 000 – 30 – 000.
2. Pengujian dilakukan pada timbunan yang telah dipadatkan.
3. Pengujian CBR lapangan dilakukan dengan metode DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*) maksimal 10 pukulan.
4. Penetapan nilai CBR lapangan melalui pengujian DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Menentukan nilai CBR tanah dengan uji langsung (CBR Laboratorium)
2. Mendapatkan nilai CBR asli dilapangan pada kedalaman tertentu sesuai dengan kondisi tanah dasar saat itu.
3. Menentukan hubungan CBR dan DCP serta membandingkannya, dengan metode sifat mekanis tanah menggunakan persamaan regresi linear.
4. Mendapatkan nilai kekuatan tanah dasar dan lapis pondasi jalan.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui secara garis besar tahapan dalam pelaksanaan penelitian. Adapun sistematika penulisan penelitian sebagai berikut :

1. Bab I Pendahuluan

Bab ini berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat dan sistematika penulisan.

2. Bab II Tinjauan Kepustakaan

Bab ini berisikan tentang landasan teori tentang tanah, klasifikasi tanah, sifat fisis tanah, sifat mekanis tanah, dynmic cone penetrometer.

3. Bab III Metodologi

Bab ini berisikan tentang lokasi penelitian, teknik pengumpulan data, pengujian sifat-sifat tanah, pemadatan dilapangan.

4. Bab IV Analisa Data

Bab ini berisikan tentang kondisi tanah asli, klasifikasi tanah, berat jenis, analisa saringan, dan hasil perhitungan nilai CBR laboratorium

5. Bab V Kesimpulan dan saran

Bab ini berisikan tentang kesimpulan, dan saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Tanah merupakan material dasar yang fungsinya menyokong bangunan dan sangat berpengaruh dari suatu struktur atau konstruksi dalam pekerjaan Teknik Sipil, baik itu konstruksi bangunan, jembatan maupun konstruksi jalan. Jika tanah mendukung konstruksi jalan tol, maka membutuhkan tanah dasar yang baik untuk meletakkan bagian-bagian perkerasan jalan yang diletakkan di atas tanah dasar tersebut. Kekuatan dan keawetan maupun tebal dari lapisan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasarnya.

Tanah lempung merupakan agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik dan sub-mikroskopik 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*).

Dengan semakin terbatasnya lahan untuk pembangunan fasilitas pemukiman yang diperlukan, mengakibatkan tidak dapat dihindarinya pembangunan di atas tanah yang tidak memenuhi standar, misalkan pondasi jalan diatas tanah lempung. Secara umum tanah lempung adalah suatu jenis tanah kohesif yang mempunyai sifat sangat kurang menguntungkan dalam konstruksi teknik sipil dikarenakan kuat geser rendah dan kompresibilitasnya yang besar.

Di samping itu permasalahan bangunan geoteknik banyak terjadi pada tanah lempung, misalnya terjadi retak-retak suatu badan jalan akibat terjadi peristiwa *swelling-shrinking* pada tanah dasar, kegagalan suatu pondasi bangunan yang didirikan pada tanah lempung, dan lain-lain. Semua itu terjadi karena kondisi tanah lempung tersebut yang jelek, atau dengan kata lain kuat geser dari tanah lempung tersebut rendah. Kuat geser yang rendah mengakibatkan terbatasnya

beban (beban sementara ataupun beban tetap) yang dapat bekerja di atasnya sedangkan kompresibilitas yang besar mengakibatkan terjadinya penurunan setelah pembangunan selesai. Oleh karena itu perlu ditinjau kembali sifat-sifat fisik dan mekanis tanah yang dalam hal ini tanah lempung agar dapat diketahui perilaku tanah lempung tersebut dan besar beban yang dapat di terima oleh tanah lempung tersebut.

2.2 Sistem Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah ilmu yang berhubungan dengan tanah berdasarkan karakteristik yang membedakan masing-masing jenis tanah. Klasifikasi tanah merupakan sebuah subjek yang dinamis yang mempelajari struktur dari sistem klasifikasi tanah, definisi dari kelas-kelas yang digunakan untuk penggolongan tanah, kriteria yang menentukan penggolongan tanah, hingga penerapannya di lapangan.

Deskripsi maupun klasifikasi tanah dimaksudkan untuk memberikan keterangan mengenai sifat-sifat teknis dari tanah itu sendiri, sehingga untuk tanah-tanah tertentu dapat diberikan nama dan istilah-istilah yang tepat sesuai dengan sifatnya. Klasifikasi tanah menggambarkan karakteristik mekanis dari tanah, juga menentukan kualitas tanah untuk tujuan perencanaan maupun dalam pelaksanaan suatu konstruksi.

Sistem klasifikasi tanah digunakan untuk mengelompokkan tanah sesuai dengan bentuk umum dari tanah pada kondisi fisis tertentu. Tujuan klasifikasi tanah ini adalah untuk memperkirakan sifat fisis tanah dengan cara mengelompokkan tanah dengan kelas yang sifatnya sama dan fisisnya diketahui juga menyediakan sebuah metode yang lebih akurat mengenai deskripsi tanah bagi para ahli. Tanah yang dikelompokkan diurutkan berdasarkan satu fisis tertentu bisa saja mempunyai urutan yang tidak sama jika didasarkan dengan kondisi fisis tertentu lainnya. Untuk memperoleh hasil klasifikasi yang lebih objektif, biasanya sampel tanah akan diuji dilaboraturium dengan serangkaian uji laboraturium yang dapat menghasilkan klasifikasi tanah.

Tujuan klasifikasi tanah ini adalah untuk memperkirakan sifat fisis tanah

dengan cara mengelompokkan tanah dengan kelas

1. Klasifikasi tanah berdasarkan ukuran butir atau tekstur.
2. Klasifikasi tanah dengan sistem USCS.
3. Klasifikasi tanah dengan sistem AASHTO.

Sistem ini menggunakan sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butir, batas cair, dan indeks plastisitasnya (*Hardiyatmo*, 1992).

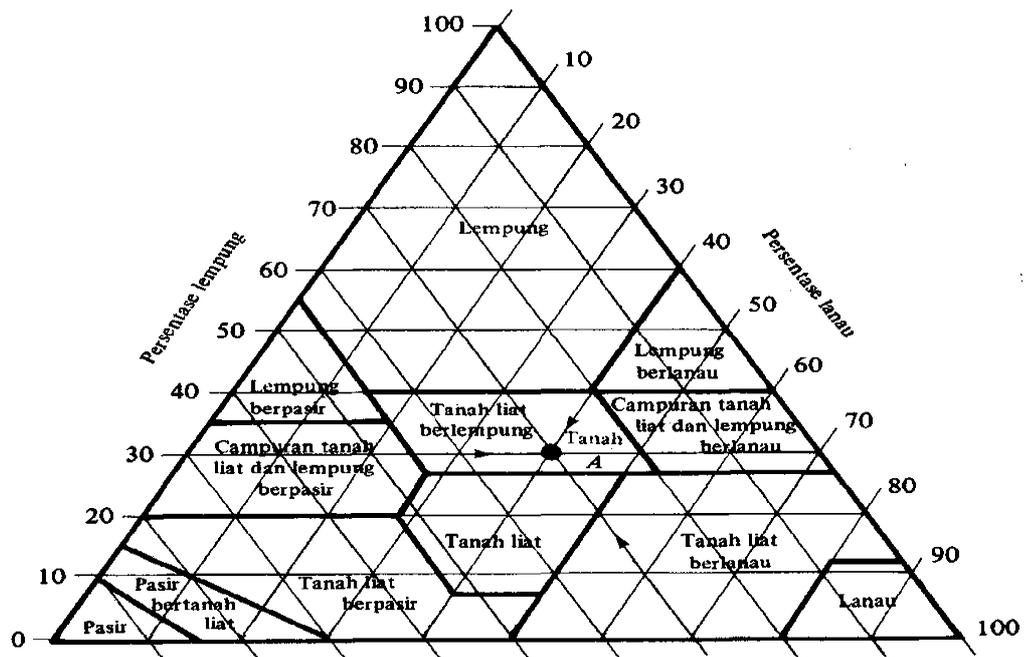
2.2.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Ukuran Butir

Klasifikasi tanah berdasarkan ukuran butir dalam arti umum, yang dimaksud yaitu dengan tekstur tanah adalah keadaan permukaan tanah yang bersangkutan. Tekstur tanah yang dipengaruhi oleh ukuran tiap butir didalam tanah.

Tanah asli pada umumnya merupakan campuran butir-butir yang terdapat ukuran yang berbeda-beda. Dengan sistem klasifikasi tanah yang berdasarkan tekstur, tanah diberi nama atas komponen utama yang dikandungnya, misalnya lempung berlanau, lempung berpasir dan seterusnya.

Butir ukuran tanah dapat juga dijadikan tolak ukur dalam mengklasifikasikan tanah dengan cara dahulu yang lebih mengenal penggunaan ukuran butir dalam mengklasifikasi jenis tanah.

Sistem klasifikasi dikembangkan oleh MIT merupakan salah satu dari sistem klasifikasi tanah yang banyak dilakukan berdasarkan ukuran butir tanah. Meskipun klasifikasi tanah menggunakan ukuran butir memberikan hasil yang sangat baik, tetapi pengklasifikasian dengan sistem ini memiliki kekurangan yaitu hanya sedikit sekali hubungan antara ukuran butir dan sifat fisis bagi tanah butir halus (Dunn et al., 1980). Kemudian AASHTO dan Unifed juga mengeluarkan sistem klasifikasi tanah berdasarkan ukuran butir yang diperlihatkan oleh gambar 2.1



Gambar 2.1 Klasifikasi Berdasarkan Tekstur Tanah Oleh Departemen Amerika Serikat (USDA)

(Sumber : Mekanika Tanah Jilid 1, Braja M.Das,1995)

2.2.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem Klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials Classification*). Menurut standard ini tanah dibagi menjadi 8 kelompok, A-1 sampai A-8. Tetapi AASHTO untuk kelompok A-8 diabaikan karena merupakan tanah gambut atau rawa sehingga menjadi tidak stabil. Sehingga pada dasarnya dikelompokkan menjadi 2 kelompok diantaranya, kelompok tanah bergradasi kasar dan halus.

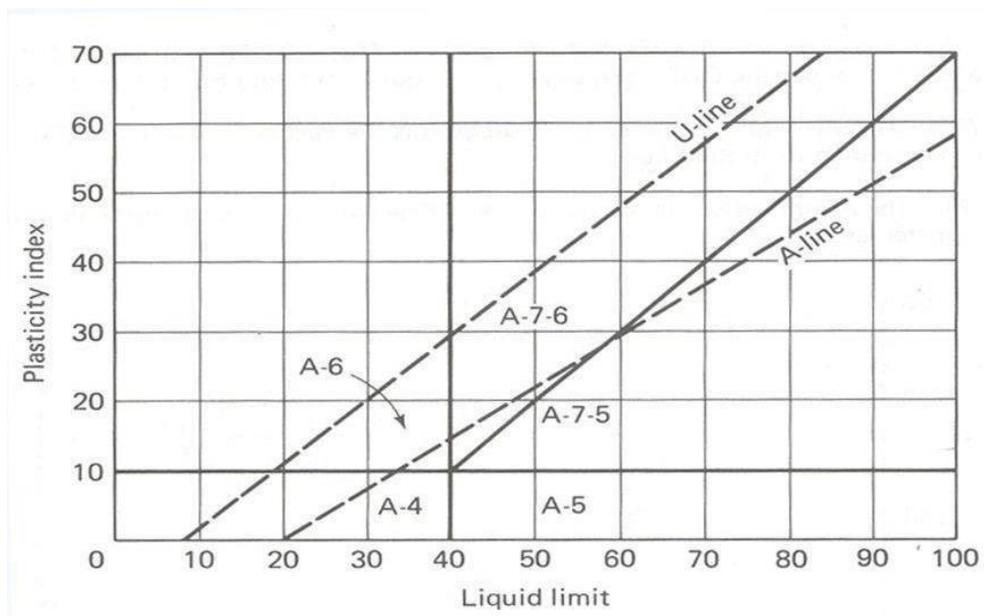
Kelompok tanah bergradasi kasar dibedakan atas:

- a. A-1 adalah kelompok tanah yang terdiri dari krikil dan pasir kasar dengan sedikit atau tanpa butir-butir halus atau tanpa sifat-sifat plastis.
- b. A-2 sebagai kelompok batas antara kelompok tanah yang berbutir kasar dengan tanah yang berbutir halus. Kelompok A-2 ini terdiri dari campuran krikil/pasir dengan tanah berbutir halus yang cukup banyak.

c. A-3 adalah kelompok tanah yang terdiri dari pasir halus dengan sedikit sekali butir-butir halus lolos saringan No.200 dan tidak plastis.

Kelompok tanah bergradasi halus dibedakan atas :

- a. A-4 adalah kelompok tanah lanau dengan sifat plastis rendah.
- b. A-5 adalah kelompok tanah lanau yang mengandung lebih banyak butiran-butiran plastis, sehingga efek plastis lebih besar dari kelompok A-4.
- c. A-6 adalah kelompok tanah lempung yang masih mengandung butir-butir pasir dan kerikil
- d. A-7 adalah kelompok tanah lempung yang lebih bersifat plastis dan tanah mempunyai sifat dan perubahan yang cukup besar



Gambar 2.2 Grafik Plasrisitas Untuk Klasifikasi Tanah AASHTO

(Sumber : Mekanika Tanah Jilid 1, Braja M. Das, 1995)

Ukuran dari partikel tanah sangat beragam dengan variasi yang cukup besar. Tanah umumnya dapat disebut sebagai kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), atau lempung (*clay*) tergantung kepada tanah yang memiliki ukuran partikel yang paling dominan pada tanah tersebut.

Tabel 2. 1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO

<i>General Classification</i>	<i>Granular Materials</i> (35% or less passing 0.075 mm)							<i>Silty-Clay Material</i> (More than 35% passing 0.075 mm)			
	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-5 A-7-6
Sieve Analysis Percent passing:	50 max									**	
2.00 mm	50 max										
0.42 mm	30 max	50 max	51 min								
0.075 mm	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min
Characteristics of Fraction passing 0.42 mm											
Liquid Limit				40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min
Plastic Index	6 max	6 max	N.P.	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min
Usual types of significant constituent materials	Stone Fragments - gravel and sand		Fine sand	Silty or clayey gravel and sand				Silty soils		Clayey soils	
General rating as subgrade	Excellent to good							Fair to poor			

(Sumber : Mekanika Tanah Jilid 1, Braja M.Das, 1995)

2.2.3 Sistem Klasifikasi (USCS)

Klasifikasi tanah sistem USCS (*Unified Soil Classification System*), 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 Standard Testing of Materials (ASTM)*, telah memakai USCS sebagai metode standar guna mengklasifikasikan tanah.

Klasifikasi USCS dipergunakan secara luas oleh para ahli teknik sipil dan sistem ini mengelompokkan tanah ke dalam tiga kelompok besar yaitu:

1. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained-soil*)

Tanah berbutir kasar yaitu tanah krikil dan pasir dimana kurang dari 50% berat total, contoh tanah ayakan yang lolos saringan No.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dari huruf G atau S, G adalah krikil (*Gravel*) atau tanah berkrikil, dan S adalah pasir (*Sand*) atau tanah berpasir, ukuran butiran dan distribusi besar butir dilihat dari pengaruh gaya geser butiran tanahnya, tanah yang berbutir halus lebih mudah menggelinding dibanding dengan tanah

berbutir kasar hal ini diakibatkan karena butiran tanah yang lebih kasar lebih kuat untuk saling mengikat.

2. Tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*)

Tanah berbutir halus adalah tanah yang lebih dari 50% berat total, contoh tanah lolos ayakan No.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dari huruf M untuk tanah lanau (*silt*) anorganik, C untuk tanah lempung (*clay*) anorganik, dan O lanau-organik dan lempung organik dan Symbol PT yang digunakan untuk tanah gambut (*peat*), muck, dan tanah lain dengan kadar organik yang tinggi.

3. Tanah organik

Tanah ini mempunyai ciri-ciri dari warna, bau dan sisa tumbuh-tumbuhan yang terkandung di dalamnya. Sifat teknis berwujud kasar ditentukan oleh butiran dan gradasi butirnya. Oleh karena itu tanah berbutir kasar diklasifikasikan berdasarkan ukuran tanahnya.

Tanah bergradasi baik atau tidak seragam terdapat distribusi yang merata dari ukuran-ukuran butir yang ada, yaitu apabila terdapat butiran-butiran dengan ukuran yang memungkinkan diantara batas-batas gradasi atas dan bawah. Dapat diperleh dengan menggambarkan kurva butiran serta ikut mengamati bentuk dan sebaran yang ada.

Tabel 2.2 simbol klasifikasi *Unified Soil Classification System*

Huruf pertama menunjukkan jenisnya	Jenis tanah	Simbol
	Kerikil (<i>gravel</i>)	G
	Pasir (<i>sand</i>)	S
	Lanau (<i>silt</i>)	M
	Lempung (<i>clay</i>)	C
	Tanah organik (<i>organic</i>)	O

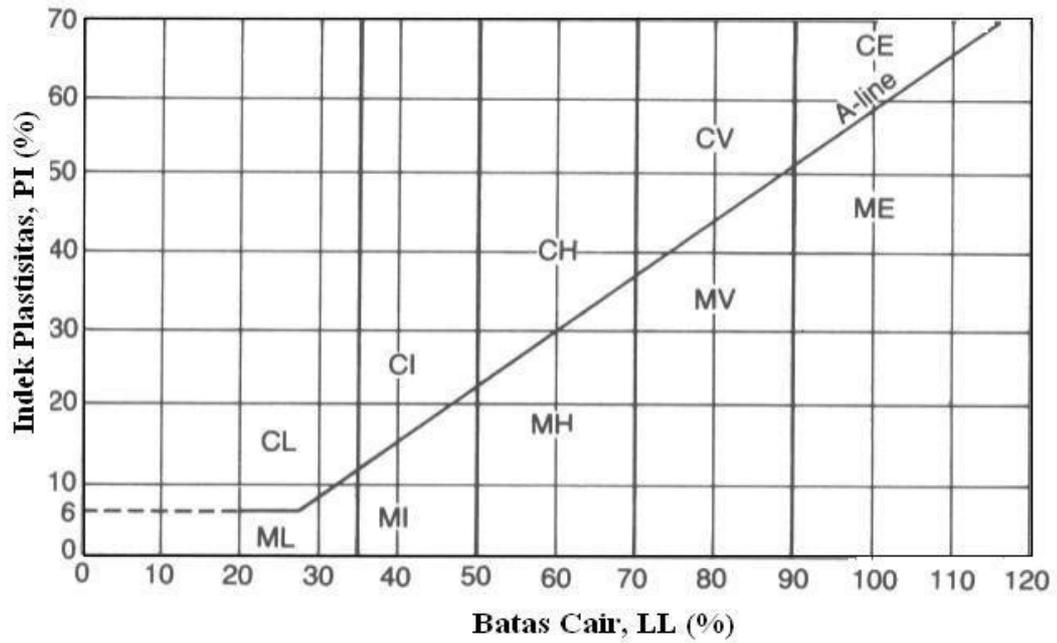
Huruf kedua menunjukkan sifatnya	Sifat tanah	Simbol
	Untuk gradasi baik (<i>well graded</i>)	W
	Gradasi jelek (<i>poorly graded</i>)	P
	Mengandung lanau	M
	Mengandung <i>clay</i>	C
	Bersifat plastisitas rendah (<i>low plasticity</i>) → $LL < 50$	L
	Plastisitas tinggi (<i>high plasticity</i>) → $LL > 50$	H

Sumber : mekanika tanah, jilid 1, Hardiyatmo, 2002

Tabel 2.3 Sistem klasifikasi *Unified Soil Classification System*

Klasifikasi Umum		Symbol klasifikasi	Nama Jenis	Kriteria klasifikasi			
Tanah berbutir kasar, lebih dari 50 % tertahan pada ayakan 74 μ	50% atau lebih bagian kasar dari butiran kasar tertahan pada saringan 4.76 mm	Kerikal Bersih	GW	Krikil yang mempunyai pembagian ukuran butir yang baik, campuran krikil dan pasir sedikit atau tanpa butiran halus	$U_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ bernilai antara 1 - 3 Tidak sesuai dengan kriteria GW		
			GP	Krikil yang mempunyai pembagian ukuran butir yang buruk, campuran krikil dan pasir sedikit atau tanpa butiran halus			
		Kerikal Berikut butiran halus	GM	Kerikal berlanau, campuran krikil, pasir dan lanau		Batas Atterberg terletak dibawah garis A atau Index plastisitas < 4	Bila batas Atterberg berada pada daerah yang diarsir di diagram dibawah ini, dipakai 2 simbol sehubungan dengan batasan penggolongan
			GC	Kerikal berlempung, campuran krikil, pasir dan lempung		Batas Atterberg terletak diatas garis A dan Index Plastisitas > 7	
	50 % atau lebih pasir kasar dari butiran kasar lolos melalui ayakan 4.76 mm	Pasir bersih	SW	Pasir yang mempunyai pembagian ukuran butir yang baik, pasir dari pecahan krikil, tanpa atau sedikit butiran halus	$U_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ bernilai antara 1 - 3 Tidak sesuai dengan kriteria SW		
			SP	Pasir yang mempunyai pembagian ukuran butir yang buruk, pasir dari pecahan krikil, tanpa atau sedikit butiran halus			
		Pasir berikut butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir dan lanau		Batas Atterberg terletak dibawah garis A atau Index plastisitas < 4	
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir dan lempung		Batas Atterberg terletak diatas garis A dan Index Plastisitas > 7	
Tanah berbutir kasar, lebih dari 50 % lolos pada ayakan 74 μ	Lanau dan lempung LL \leq 50	ML	Lanau inorganik, pasir sangat halus, debu padas, pasir halus berlanau atau berlempung				
		CL	Lempung inorganik dengan plastisitas rendah atau sedang, lempung dari krikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung dengan viskositas rendah				
	Lanau dan lempung LL > 50	OL	Lanau organik dengan plastisitas rendah dan lempung berlanau organik				
		MH	Lanau inorganik, pasir halus atau lanau dari mika atau ganggang (diatomae) lanau elastis				
		CH	Lempung inorganik dengan plastisitas tinggi, lempung dengan viskositas tinggi				
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi				
	Tanah dengan kadar organik tinggi	PT	Gambut, lumpur hitam dan tanah berkadar organik tinggi lainnya		Dapat dibedakan dengan mata dan tangan, ASTM D 2488 - 66 T		

Sumber : mekanika tanah, jilid 1, Hardiyatmo, 2002



Gambar 2.3 Grafik Plastisitas Untuk Klasifikasi USCS

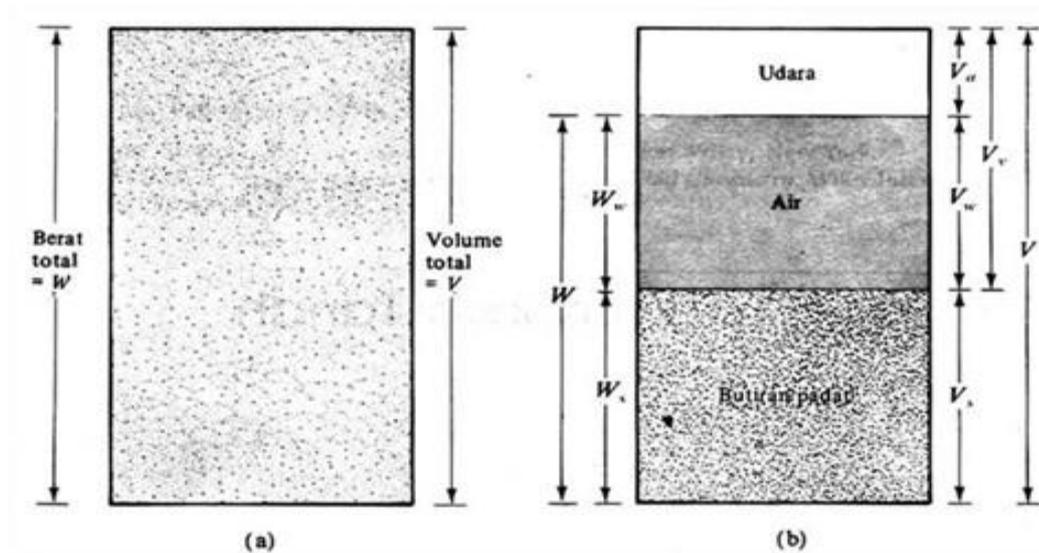
(Sumber : Mekanika Tanah Jilid 1, Braja M Das)

Klasifikasi tanah berdasarkan ukuran butiran sangat berpengaruh terhadap sifat tanah, untuk itu sangat dibutuhkan pembagian ukuran butiran tanah pada umumnya ukuran butiran tanah terdiri atas:

- a. *Clay* (lempung), dengan diameter $> 0,002\text{mm}$
- b. *Sand* (pasir), dengan diameter $> 0,075\text{mm}$
- c. *Gravel* (krikil) partikel batuan dengan diameter $> 20\text{mm}$
- d. *Boalders* (berangkal), partikel batuan yang besarnya berdiameter $> 75\text{mm}$
- e. *Slit* (lanau), dengan diameter $> 0,075\text{mm}$
- f. *Cobbles/pobbles* (krikil) partikel dengan diameter $> 20\text{mm}$

2.3 Sifat Fisis Tanah

Tanah terdiri dari 3 (tiga) fase elemen yaitu : air, udara, dan butiran padat (*solid*). Ketiga fase elemen tersebut dapat dilihat dalam gambar 2.4



Gambar 2.4. Elemen Tanah Dalam Keadaan Asli Dan Tiga Fase Elemen Tanah

(Sumber : Mekanika Tanah Jilid 1, Braja M Das)

Gambar diatas memperoleh persamaan hubungan antara volume berat dari tanah berikut:

$$V = V_s + V_v \dots\dots\dots (2.1)$$

$$V = V_s + V_w + V_a \dots\dots\dots (2.2)$$

di mana:

V_s : Volume butiran padat

V_v : Volume pori

V_w : Volume air di dalam pori

V_a : Volume udara di dalam pori

Apabila udara dianggap tidak mempunyai berat, maka berat total dari contoh tanah dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$W = W_s + W_w \dots\dots\dots (2.3)$$

di mana :

W_s : Berat butiran padat

W_w : Berat air

2.3.1 Kadar Air (*Water Content*)

Kadar air (w), juga disebut *water content* didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air dan berat butiran dari volume tanah yang diselediki.

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan:

w : Kadar air (%)

W_w : Berat (gr)

W_s : Berat butiran (cm^3)

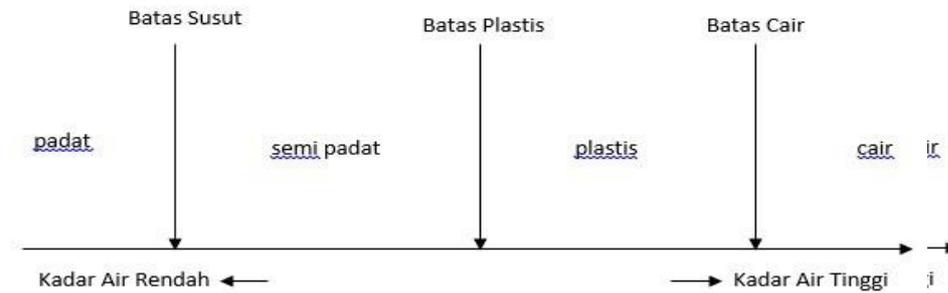
2.3.2 Batas-Batas Atterberg (*Atterbag Limit*)

Atterberg Limit adalah perhitungan dasar dari tanah yang berbutir halus. Apabila tanah berbutir halus mengandung mineral lempung, maka tanah tersebut dapat diremas-remas tanpa adanya retakan yang terlihat pada bagian tanah. Sifat kohesif ini disebabkan karena adanya air yang terserap disekitar permukaannya.

Atterberg Limit memiliki metode untuk menjelaskan sifat konsistensi pada butir halus dan kadar air yang bervariasi. Semua berdasarkan pada jumlah air pada tanah. Tanah akan berbentuk cair, plastis, semi padat atau padat tergantung pada jumlah air yang bercampur pada tanah tersebut.

Parameter utama ada dua untuk mengetahui plastisitas tanah lempung, yaitu batas atas dan batas bawah plastisitas. Atterberg memberikan cara untuk menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan kadar air (*Holtz dan Kovacs, 1981*).

Tanah yang batas cairnya tinggi biasanya mempunyai sifat teknik yang buruk yaitu kekuatannya rendah, sedangkan kompresibilitasnya tinggi sehingga sulit dalam pematatannya. Oleh karena itu, atas dasar kandungan kadar air dalam tanah, tanah dapat dipisahkan ke dalam empat keadaan dasar, yaitu : padat, semi padat, plastis dan cair, seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2.5



Gambar 2.5 Batas-Batas Atterberg

(Sumber :Dasar-Dasar Mekanika Tanah, Dr.Ir.H.Darwis,M.Sc, 20018)

Batas-batas atterberg terbagi dalam tiga batas berdasarkan kadar airnya yaitu batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*) dan batas susut (*shrinkage limit*).

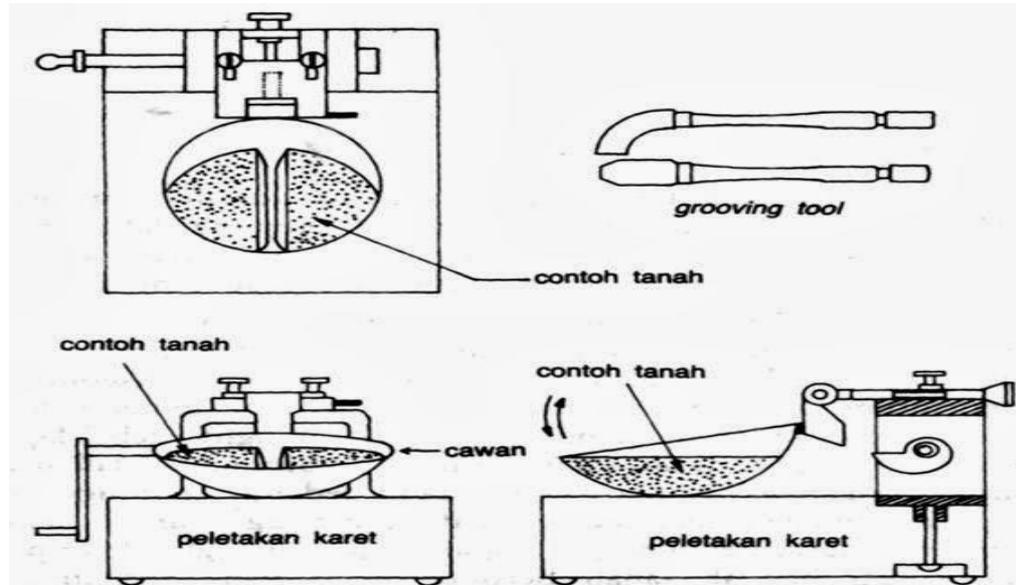
a. Batas Cair (*liquid limit*)

Batas Cair adalah nilai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dengan keadaan plastis tanah, atau nilai batas atas pada daerah plastis. Pengujian batas cair dilakukan dengan Uji *Casagrande* (1948), yang mana contoh tanah dimasukkan ke dalam cawan Casagrande kemudian permukaannya diratakan, dan dialur (*grooving*) tepat ditengah. Selanjutnya dengan alat penggetar cawan tersebut diketuk-ketukkan pada landasannya dengan tinggi jatuh 1 cm sebanyak 25 ketukan. Bila alur selebar 12,7 mm yang berada di tengah tertutup sampai batasan 25 ketukan, maka kadar air tanah pada saat itu merupakan “batas cair”.

Pada pengujian ini bertujuan agar mendapatkan nilai kadar air pada 25 pukulan. Batas cair ini memiliki nilai batas antara 0 – 100, akan tetapi tanah yang memiliki nilai batas cair dibawah dari 100 (*Holtz dan Kovacs, 1981*). Pengujian dilakukan dengan menetapkan segumpal tanah dalam sebuah mangkok dan membuat alur dengan ukuran standart pada tanah tersebut. Kemudian mangkok dijatuhkan ke atas permukaan yang keras dengan ketinggian 10 mm.

batas cair ditetapkan sebagai kadar air apabila alur bertaut selebar 12,7 mm

pada 25 pukulan. Alat uji batas cair (*Liquid Limit*) dapat dilihat pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Alat Uji Batas Cair (*liquid limit*)
(Sumber : *Mekanika Tanah Lanjut, Budi Santoso, 1998*)

b. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis (*Plastic Limit*) dapat didefinisikan sebagai kadar air pada tanah dimana pada batas bawah daerah plastis atau kadar air minimum. Tanah yang dalam keadaan plastis adalah apabila tanah dapat dibentuk menjadi bentuk baru tanpa adanya retak. Batas plastis ditentukan dengan menggulung segumpal tanah menjadi sebuah batangan. Batangan tersebut mulai pada diameter 3,18 mm (1/8 inchi), kadar airnya adalah batas plastis (ASTM D-424). Apabila tanah mulai mengalami retak-retak atau pecah ketika digulung, maka kadar air dari sampel tersebut adalah Batas Plastis.

Batas Plastis (*Plastic Limit*) adalah kadar air tanah yang kedudukan antara daerah plastis dan semi padat yang memiliki batasan nilai antara 0 – 100, tetapi kebanyakan tanah memiliki nilai dibawah kurang dari 40 (Holtz dan Kovacs, 1981).

c. Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Batas susut adalah nilai kadar air pada kedudukan antara zone semi padat dengan zone padat. Pada kondisi ini pengurangan kadar air dalam tanah tidak akan mempengaruhi lagi pengurangan volume pada tanah.

Percobaan untuk mengetahui batas susut dilakukan dengan mengisi tanah jenuh sempurna ke dalam cawan porselin berukuran diameter 44,4 mm dan tinggi 12,7 mm. Selanjutnya cawan dan tanah isinya dikeringkan dalam oven. Setelah tanah dalam cawan mengering, selanjutnya dikeluarkan dari cawan tersebut. Untuk mengetahui nilai batas susut, maka sampel yang telah kering dicelupkan ke dalam air raksa, dan nilai batas susutnya dapat dinyatakan dalam persamaan. Seperti yang ditunjukkan pada rumusan dibawah ini.

$$SL = \left(\frac{(W_1 - W_2)}{m_2} - \frac{(V_1 - V_2) \rho_w}{m_2} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

W_1 : Berat Tanah Basah Dalam Cawan Percobaan (gr)

W : Berat Tanah Kering Oven (gr)

V_1 : Volume Tanah Basah Dalam Cawan (cm³)

V_2 : Volume Tanah Kering Oven (cm³)

ρ_w : Berat Jenis Air (gr/cm³)

d. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks plastisitas adalah parameter yang penting sebagai tolak ukur stabilitas tanah sebagai tanah dasar yang diperoleh dari selisih antara batas cair tanah (LL) dan batas plastisitasnya. Indeks Plastisitas merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Maka semakin besar nilai indeks plastisitasnya maka semakin besar pula kemungkinan tanah dalam keadaan plastis. Jika mempunyai interval kadar air daerah plastis kecil, maka keadaan ini disebut dengan tanah kurus. Kebalikannya, jika tanah mempunyai interval kadar air daerah plastis besar disebut tanah gemuk. Nilai indeks plastisitas dapat dihitung dengan persamaan 2.5 berikut :

$$IP = LL - PL \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

IP : Indeks Plastisitas

LL: Batas Cair

PL: Batas Plastis

Klasifikasi jenis tanah berdasarkan indeks plastisitasnya dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2.4 Indeks Plastisitas Tanah

Pi	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non – Plastis	Pasir	Non – Kohesi
< 7	Plastisitas Rendah	Lanau	Kohesi Sebagian
7 - 17	Plastisitas Sedang	Lempung Berlanau	Kohesi
> 17	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesi

(Sumber : *Mekanika Tanah Jilid 1, Hardiyatmo, 2002*)

2.3.3 Berat Jenis (*Spesific Gravity*)

Berat jenis tanah (G_s) adalah merupakan perbandingan antara berat volume butiran padat (γ_s) dengan volume air (γ_w) pada temperature 4°. Berat jenis partikel (*particle density*) adalah perbandingan antara berat butir tanah dengan volume butir pada temperatur tertentu. Tanah yang dimaksud disini adalah berat butir tanah itu sendiri tanpa ada air atau udara (tanpa pori).

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

G_s : Berat Jenis

γ_s : Berat Volume Padat (gr/cm^3)

γ_w : Berat Volume Air (gr/cm^3)

Nilai-nilai berat jenis dari berbagai jenis tanah dapat dilihat pada tabel 2.5

berikut ini.

Tabel 2.5 Berat Jenis Tanah

Macam tanah	Berat jenis
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau Anorganik	2,65 – 2,68
Lanau Organik	2,58 – 2,65
Lempung Anorganik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,80

(Sumber : Mekanika Tanah Jilid 1,Hardiyatmo, 2002)

2.3.4 Analisa Saringan

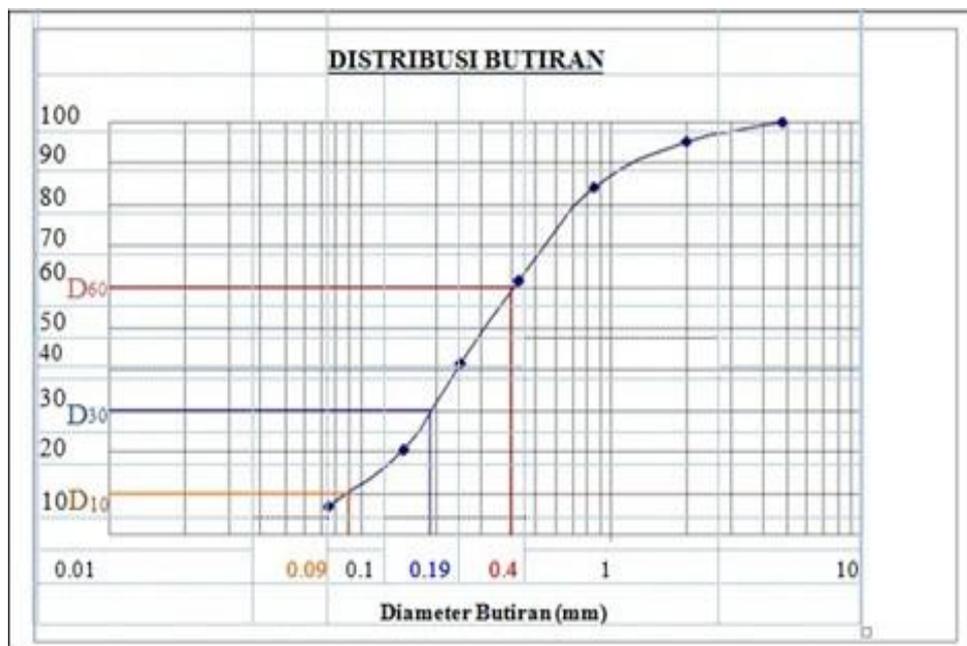
Analisa saringan adalah teknik mengayak dengan cara menggetarkan tanah melalui satu set ayakan dimana lubang-lubang ayakan tersebut semakin kecil secara berurutan. Pertama tanah yang ingin dianalisis haruslah dikeringkan dengan panas matahari atau oven. Selanjutnya dihaluskan dan diayak dengan ayakan yang tersusun dari bawah dengan lubang ayakan terkasar/terbesar. Dari sisa-sisa tanah yang tertinggal diatas ayakan maka dapat ditentukan jenis tanahnya dan gradasinya sesuai dengan ukuran-ukuran ayakan berdasarkan ASTM yang dapat dilihat pada tabel :

Tabel 2.6 Ukuran Ayakan Standart di Amerika Serikat (ASTM)

Ayakan Nomor	Lubang Saringan (mm)
4	4,75
6	3,35
8	2,36
10	2
16	1,18

20	0,85
60	0,25
80	0,18
100	0,15
140	0,106
170	0,088
200	0,075
270	0,053

(Sumber : Mekanika Tanah 1, Braja M.Das,1995)



Gambar 2.7 Grafik Distribusi Ukuran Butiran

(Sumber : Mekanika Tanah 1, Braja M, Das, 1995)

Ukuran butiran tidak hanya menunjukkan rentang (*range*) ukuran butiran tetapi juga jenis tanah. Berikut ini adalah tipe tanah yaitu:

- a. GW dan SW mewakili suatu tipe tanah yang dimana ukuran butirannya terbagi di dalam rentang yang lebar dan dinamakan tanah bergradasi baik (*well graded soil*).

- b. GP dan SP mewakili suatu tipe tanah yang dimana ukuran butirannya terbagi di dalam rentang yang lebar dan dinamakan tanah yang bergradasi buruk (*poorly graded soil*).

2.4 Sifat Mekanis Tanah

Sifat mekanis tanah adalah suatu prosedur pengujian sifat tanah yang dinyatakan dalam presentase berat kering total dan dapat diketahui dengan beberapa pengujian.

2.4.1 Pemadatan (*Compaction*)

Pemadatan tanah adalah usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah. Pemadatan tanah berfungsi untuk meningkatkan kekuatan tanah dan memperbaiki daya dukungnya, juga mengurangi sifat mudah merapat (*compressibilitas*) dan permeabilitas tanah. Derajat kepadatan tanah yang dapat diperoleh tergantung tiga faktor yang saling berhubungan, yaitu kadar air selama pemadatan yang digunakan Krebs dan Walker (*Budi Satriyo, 1998*).

Pemadatan dapat dikatakan sebagai proses pengeluaran udara pori-pori tanah dengan mekanis. sedangkan dilaboratorium dengan cara menumbuk atau memukul. Daya pemadatan ini tergantung pada kadar air, meskipun digunakan energi yang sama, nilai kepadatan yang akan diperoleh akan berbeda-beda.

Pada kadar air yang cukup tinggi nilai kepadatannya akan menurun, sampai suatu kadar air tinggi sekali hingga air tidak dapat dikeluarkan dengan pemadatan. Pada pemadatan dengan kadar air yang berbeda-beda akan dapat nilai kepadatan paling padat (angka pori yang paling rendah). Kadar air dimana tanah mencapai keadaan yang paling padat disebut kadar air optimum.

Untuk menentukan kadar air optimum ini biasanya dibuat grafik antara kadar air dan berat isi kering. Berat isi kering ini digunakan untuk menentukan kadar air optimum dimana mencapai keadaan paling padat dapat dilakukan dengan percobaan pemadatan di lapangan dan percobaan pemadatan di laboratorium.

Ada beberapa keuntungan yang didapatkan dengan pemadatan adalah kurangnya penurunan permukaan tanah (*subsidence*), yaitu dimana suatu massa tanah itu sendiri bergerak secara vertikal, akibatnya mengalami berkurangnya

angka pori, dan bertambahnya kekuatan tanah, dan juga berkurangnya penyusutan volume akibat menurunnya kadar air dari nilai patokan pada saat pengeringan (Bowles, 1993).

Hubungan berat volume tanah kering dengan volume tanah basah dan kering air yang dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_s}{(1+w)} \dots\dots\dots (2.8)$$

dimana :

γ_d : berat isi kering (gr/cm³)

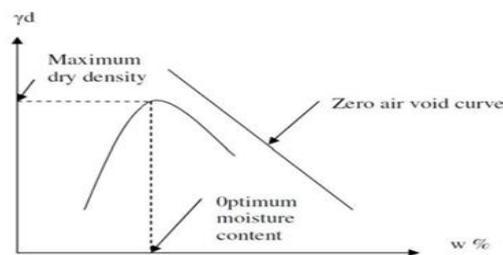
γ_s : berat isi basah (gr/cm³)

w : kadar air (%)

Pada percobaan pemadatan tanah yang dilakukan d penelitian ini dipakai untuk menentukan kadar air optimum dan berat isi kering maksimum adalah percobaan standard (*standard compection test*).

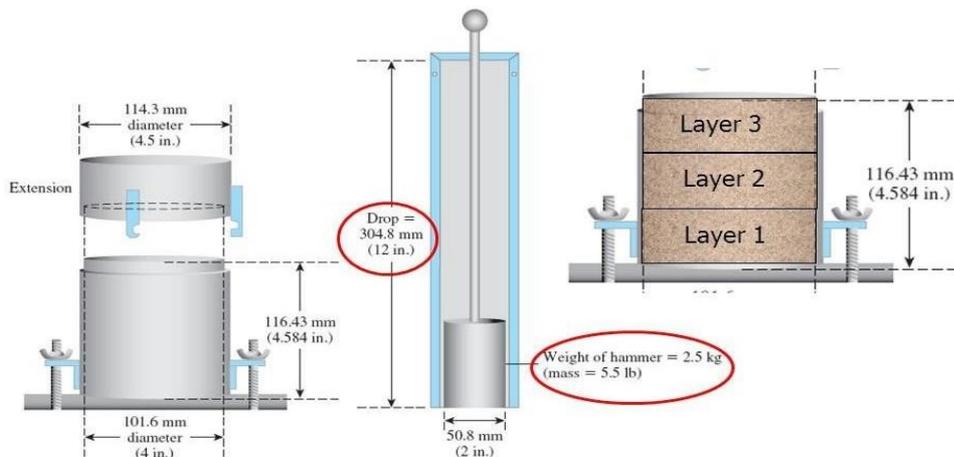
Hasil pengujian akan memperlihatkan kurva nilai kadar air optimum (w_{opt}) untuk mencapai berat volume kering paling besar atau kepadatan maksimum. Nilai kadar air rendah pada kebanyakan tanah, tanah cenderung bersifat kaku dan sulit untuk dipadatkan. Setelah kadar air ditambah, tanah menjadi lebih lunak. Pada kadar air yang tinggi, berat volume air akan berkurang. Bila seluruh udara didalam tanah dipaksa keluar pada saat pemadatan, tanah akan berada dalam kedudukan jenuh dan nilai berat volume kering akan menjadi maksimum. Akan tetapi dalam praktek, kondisi ini sulit dicapai.

Gambar 2.8 Grafik Hubungan Berat Volume Kering dan Kadar Air



(Sumber: Das, 1985)

Berikut Alat Pengujian Pemadatan yang dapat dilihat pada gambar 2.9 berikut ini :



Gambar 2.9 Alat Uji Pemadatan

(Sumber : *Mekanika Tanah 1 Hary Christady Hardyatmo, 1995*)

Menurut SNI 1742:2008, peralatan yang digunakan berupa cetakan diameter 101,60 mm mempunyai kapasitas $943 \text{ cm}^3 \pm 8 \text{ cm}^3$ dengan diameter dalam $101,60 \text{ mm} \pm 0,41 \text{ mm}$ dan tinggi $116,43 \text{ mm} \pm 0,13 \text{ mm}$ dan cetakan diameter 152,40 mm mempunyai kapasitas $2124 \pm 21 \text{ cm}^3$ dengan diameter dalam $152,40 \text{ mm} \pm 0,66 \text{ mm}$ dan tinggi $116,43 \text{ mm} \pm 0,13 \text{ mm}$. Tanah dalam cetakan dipadatkan dengan alat penumbuk, terdapat 2 alat menumbuk yaitu :

1. Alat penumbuk tangan (manual)

Dengan massa $2,495 \text{ kg} \pm 0,009 \text{ kg}$ dan mempunyai permukaan berbentuk bundar dan rata, diameter $50,80 \text{ mm} \pm 0,25 \text{ mm}$.

2. Alat penumbuk mekanis

Dilengkapi alat pengontrol tinggi jatuh bebas $305 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ diatas permukaan tanah yang akan dipadatkan dan dapat menyebarkan tumbukan secara merata di atas permukaan tanah. Alat penumbuk harus mempunyai massa $2,495 \text{ kg} \pm 0,009 \text{ kg}$ dan mempunyai permukaan tumbuk berbentuk bundar dan rata, berdiameter $50,80 \text{ mm} \pm 0,25 \text{ mm}$.

Pada Pengaruh Usaha Pemadatan Energi yang dibutuhkan untuk pemadatan pada pemadatan standar (Hardiyatmo, 2002) dirumuskan sebagai berikut :

$$E = \frac{N.W.H.n}{V} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

E = Energi Kepadatan (J/m³)

N = Jumlah pukulan per lapisan

W = Berat pemukul (kg)

H = Tinggi jatuh pemukul (cm)

n = Jumlah lapisan

V = Volume mold/tabung (cm)

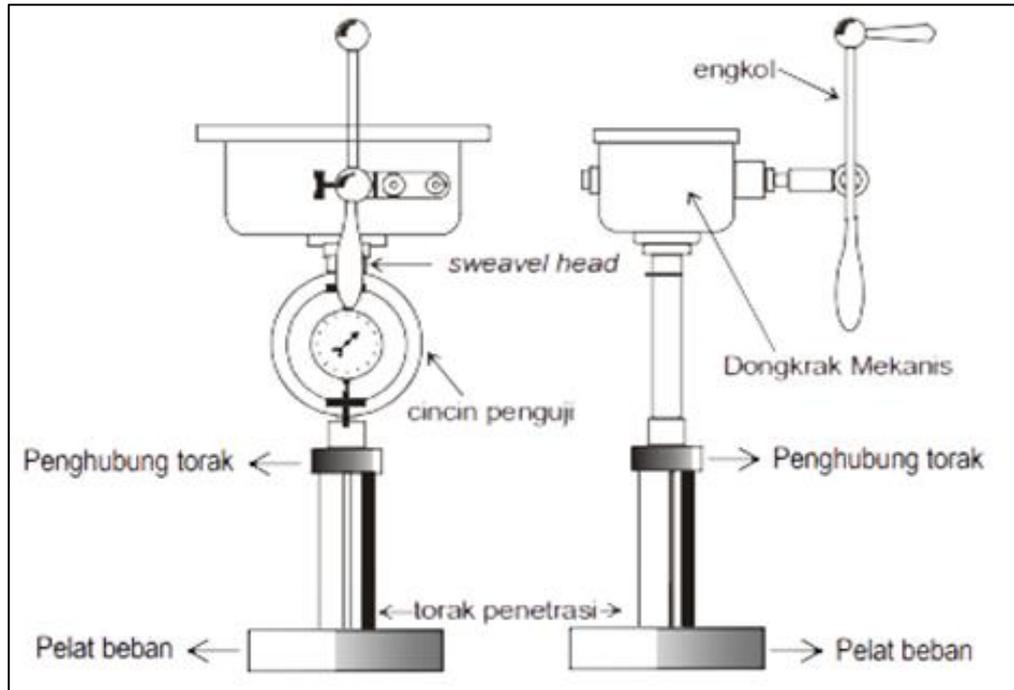
2.4.2 Pengujian *California Bearing Ratio* (CBR)

CBR (*California Bearing Ratio*) adalah perbandingan antara tegangan penetrasi suatu lapisan/bahan tanah atau perkerasan terhadap tegangan penetrasi bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama (dinyatakan dalam persen). Nilai CBR ini pertama kali diperkenalkan oleh *California Division Of Highway* pada tahun 1928. Sedangkan metode CBR ini dipopulerkan oleh O.J Porter.

Tujuan dari percobaan CBR adalah mencari nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR 100% dalam memikul lalu lintas.

CBR (CBR *inplace*) digunakan untuk mendapatkan nilai CBR asli dilapangan, sesuai tanah dasar yang berada dilapangan. Umumnya digunakan untuk perencanaan tebal lapis perkerasan yang lapisan tanah dasarnya tidak akan didapatkan lagi, selain itu CBR ini digunakan untuk mengontrolkepadatan yang diperoleh apakah sesuai dengan yang diinginkan. CBR lapangan digunakan untuk mendapatkan besarnya nilai CBR asli dilapangan pada keadaan jenuh air dan tanah mengalami pengembangan (*swelling*) yangmaksimum. Selain itu untuk perbandingan antara beban penetrasi suatu lapisan tanah atau perkerasan

terhadap bahan standard dengan kedalaman dan kecepatan.



Gambar 2.10 Alat Pemeriksaan Lapangan

(Sumber : Soedarmo, Edy Purnomo, Mekanika Tanah 1,1997)

2.5 Dynamic Cone Penetrometer (DCP)

Tanah dasar (*subgrade*) adalah permukaan tanah asli, permukaan galian atau permukaan tanah timbunan yang merupakan permukaan untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Fungsi tanah dasar adalah menerima tekanan akibat beban lalu lintas yang atasnya. Oleh karena itu tanah dasar harus mempunyai kapasitas daya dukung yang optimal.

Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui stratifikasi lapisant tanah dan kapasitas dukung lapisan Sub-permukaan tanah adalah dengan menggunakan metode Dari alat *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) dan *California Bearing Ratio*. DCP adalah alat yang digunakan untuk mengukur daya dukung tanah dasar jalan langsung di tempat. Daya dukung tanah dasar tersebut diperhitungkan berdasarkan pengolahan atas hasil tes DCP yang dilakukan dengan cara mengukur seberapa dalam (mm) ujung konus masuk kedalam tanah dasar

tersebut setelah mendapatkan tumbukan palu geser padalandakan batang utamanya.

Korelasi antara banyaknya tumbukan dan penetrasi ujung konus dari alat DCP kedalam tanah akan memberikan gambaran kekuatan dasar pada titik-titik tertentu. Makin dalam konus masuk kedalam tanah untuk setiap tumbukannya artinya makin lunak tanah dasar tersebut. Pengujian dengan menggunakan alat DCP akan menghasilkan data yang setelah diolah akan menghasilkan CBR lapangan tanah dasar untuk titik yang ditinjau.

Pengujian dengan alat DCP ini pada dasarnya sama dengan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) yaitu sama-sama mencari nilai CBR dari suatu lapisan tanah langsung dilapangan. Hanya saja pada alat DCP digunakan untuk mengetahui nilai CBR tanah asli, sedangkan pada DCP hanya untuk mendapat kekuatan tanah timbunan pada pembuatan badan jalan, alat ini dipakai pada pekerjaan tanah karena mudah dipindahkan ke semua titik yang diperlukan tetapi letak lapisan yang diperiksa tidak sedalam pemeriksaan tanah dengan alat sondir.

Pengujian dilaksanakan dengan mencatat jumlah pukulan (*blow*) dan penetrasi dari konus (kerucut logam) yang tertanam pada lapisan pondasi karna pengaruh dari adanya tumbukan palu kemudian dengan menggunakan grafik dan rumus, pembacaan penetrometer diubah menjadi pembacaan yang setara dengan nilai CBR.

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya, banak rumus hubungan antara DCP dan CBR di gambarkan pada rumus berikut :

$$\text{Log (CBR)} = a + b \log (\text{DCP}) \dots\dots\dots (2.10)$$

DCP = Dimana :

nilai DCP (*mm/blow*)

a. : nilai konstanta antara 2,44 – 2,60

b. : nilai konstanta antara 1,07 – 1,16

Persamaan diatas dapat digunakan untuk beberapa jenis tanah , diantaranya adalah, *granular, cohessif, aggregate base course, hingga piemond residual soil.*