

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Pengertian Tanah

Braja M. Das (1988) mendefinisikan tanah sebagai bahan yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) antara satu sama lain dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. Struktur tanah didefinisikan sebagai susunan geometrik butiran tanah diantara faktor-faktor yang mempengaruhi struktur tanah adalah bentuk, ukuran, dan komposisi mineral dari butiran tanah serta sifat dan komposisi dari tanah. Secara umum, tanah dapat dimasukkan ke dalam dua kelompok yaitu tanah tidak kohesif (*cohesionless soil*) dan tanah kohesif (*cohesive soil*).

Tanah tidak kohesif merupakan butiran-butiran tanah yang terpisah-pisah dan hanya melekat apabila berada dalam kondisi basah sedangkan tanah kohesif merupakan butiran-butiran tanah yang menyatu sesamanya, dan pada waktu pengeringan diperlukan suatu gaya untuk memisahkan butiran-butiran tanah tersebut dalam keadaan kering.

Menurut Bowles dalam Adnan (2019), tanah kohesif dapat bersifat tidak plastis, plastis, dan dapat bersifat seperti cairan tergantung pada nilai kadar air tanah tersebut. Contoh dari tanah kohesif adalah lempung dan lanau. Tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut :

1. Berangkal (*boulders*), merupakan potongan batu yang besar, biasanya lebih besar dari 250 mm sampai 300 mm. Untuk kisaran antara 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles*).
2. Kerikil (*gravel*), partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.
3. Pasir (*sand*), partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, berkisar dari kasar (3-5 mm) sampai halus (kurang dari 1 mm).
4. Lanau (*silt*), partikel batuan berukuran dari 0,002 mm sampai 0,074 mm. Lanau dan lempung dalam jumlah besar ditemukan dalam deposit yang disedimentasikan ke dalam danau atau didekat garis pantai pada muara sungai.

5. Lempung (*clay*), partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif.

## 2.2. Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengelompokan tanah berdasarkan sifat dan ciri tanah yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan sub kelompok berdasarkan pemakaiannya. Adapun sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan dalam teknik jalan raya adalah sistem klasifikasi tanah USCS (*Unified Soil Classification System*) yang dikelompokkan dalam dua kelompok:

1. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained soil*), yaitu tanah kerikil dan pasir yang kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos saringan No.200. Simbol untuk kelompok ini adalah G untuk tanah berkerikil dan S untuk tanah berpasir.
2. Tanah berbutir halus (*fine-grained soil*), yaitu tanah yang lebih dari 50% berat contoh tanahnya lolos dari saringan No.200. Simbol kelompok ini adalah C untuk lempung anorganik dan O untuk lanau organik. Simbol Pt digunakan untuk gambut (*peat*), dan tanah dengan kandungan organik tinggi.

Kelompok-kelompok tanah utama sistem klasifikasi USCS dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini :

**Tabel 2.1** Sistem klasifikasi tanah USCS (Bowles, 1991 dalam Kusuma, 2016)

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

Keterangan:

G = Untuk kerikil (*Gravel*) atau tanah berkerikil (*Gravelly Soil*)

S = Untuk pasir (*Sand*) atau tanah berpasir (*Sandy soil*)

- M = Untuk lanau anorganik (*inorganic silt*)  
 C = Untuk lempung inorganik (*inorganic clay*)  
 O = Untuk lanau dan lempung organik  
 Pt = Untuk gambut (*peat*) dan tanah dengan kandungan organik tinggi  
 W = Untuk gradasi baik (*well graded*)  
 P = Gradasi buruk (*poorly graded*)  
 L = Plastisitas rendah (*low plasticity*)  
 H = Plastisitas tinggi (*high plasticity*)  
 LL = Batas Cair (*Liquid Limit*)

**Tabel 2.2** Sistem klasifikasi tanah USCS (Hardiyatmo, 2002)

Divisi umum		Simbol	Nama umum	Kriteria Klasifikasi	
Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil $50\% \geq$ fraksi kasar tertahan saringan No. 4	GW	Kerikil bergradasi baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
		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-pasir-lanau	Batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Bila batas <i>atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol Batas-batas <i>Atterberg</i> dibawah garis atau A $PI > 7$
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir- lempung	
	Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kriteria untuk SW
			SP	Pasir bergradasi buruk dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Bila batas <i>atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol Batas-batas <i>Atterberg</i> dibawah garis atau A $PI > 7$
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	
	Klasifikasi berdasarkan presentase butiran halus: Kurang dari 5% lolos saringan no. 200: GM, GP, SW, SP. Lebih dari 12% lolos saringan no. 200: GM, GC SM, SC. 5% - 12% lolos saringan no. 200: Batas klasifikasi yang mempunyai simbol dobel.				

**Tabel 2.2** Sistem klasifikasi tanah USCS-bersambung (Hardiyatmo, 2002)

Divisi Umum		Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi
Tanah Berbutir Halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang diarsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua symbol.  
		CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" ( <i>lean clays</i> )	
		OL	Lanau - organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
Lanau dan lempung batas cair $> 50\%$	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis	Batas cair LL (%)  Garis A : $PI = 0.73 (LL - 20)$	
	CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" ( <i>fat clays</i> )		
	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi		
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	<i>Peat</i> (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM <i>Designation</i> D-2488	

### 2.3. Sifat Fisik dan Mekanis Tanah

Sifat fisik tanah yaitu sifat yang berhubungan dengan elemen penyusunan massa tanah yang ada. Sedangkan sifat mekanis tanah merupakan sifat perilaku dari struktur massa tanah pada dikenai suatu gaya atau tekanan yang dijelaskan secara teknis mekanis.

#### 2.3.1. Kadar Air Tanah

Pada dasarnya tanah terdiri dari beberapa bagian yaitu bagian padat dan bagian rongga. Bagian padat terdiri dari partikel-partikel tanah yang padat sedangkan bagian rongga terisi oleh air dan udara. Untuk menentukan suatu kadar air dari tanah tersebut dapat dilakukan pengujian sampel tanah dengan membandingkan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering butir tanah tersebut dan dinyatakan dalam persen. Kadar air tanah dapat ditulis dengan persamaan :

$$\omega = \frac{\text{Berat air}}{\text{Berat tanah kering}} \times 100\% \quad (2.1)$$

### 2.3.2. Analisa Saringan

Menurut Hardiyatmo dalam Kusuma (2016), analisa saringan tanah adalah penentuan persentase berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter lubang tertentu. Dalam analisis saringan, sejumlah saringan yang memiliki ukuran lubang berbeda-beda disusun dengan ukuran yang terbesar di atas yang kecil.

Penyaringan merupakan metode yang biasanya secara langsung untuk menentukan ukuran partikel dengan didasarkan pada batas-batas bawah ukuran lubang saringan yang digunakan. Tanah digolongkan kedalam 4 macam pokok sebagai berikut:

#### 1. Batu kerikil dan pasir

Golongan ini terdiri dari pecahan batu dengan berbagai ukuran dan bentuk. Butir batu kerikil biasanya terdiri dari pecahan batu tetapi kadang mungkin pula terdiri dari suatu macam zat tertentu.

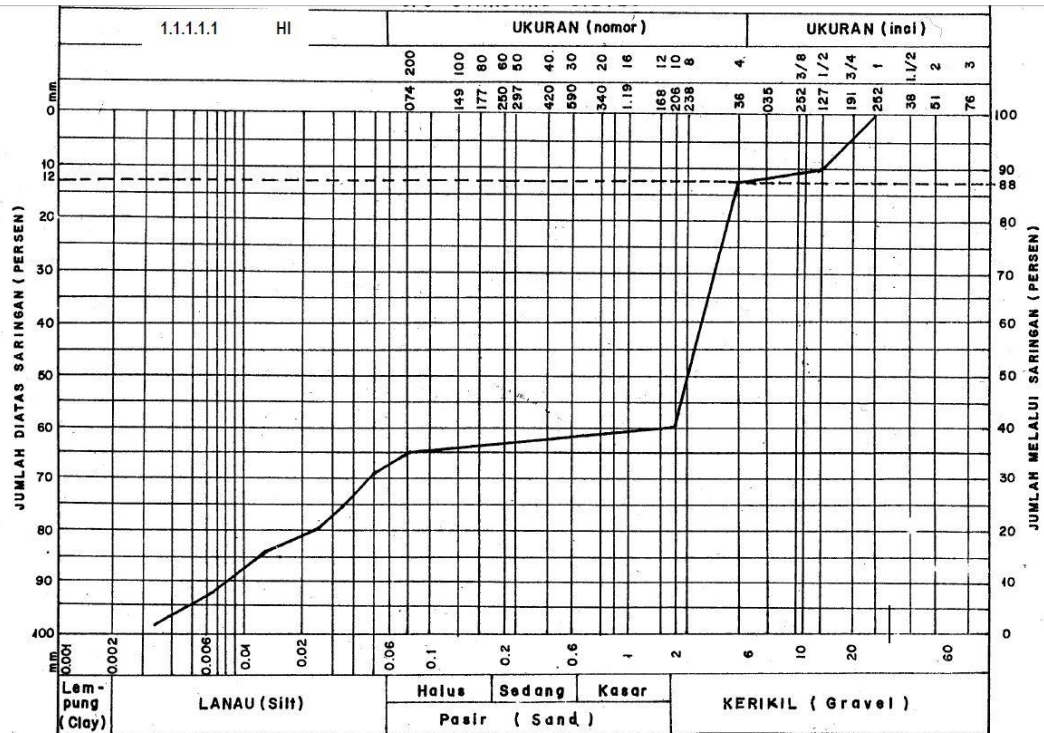
#### 2. Lempung

Lempung terdiri dari butir yang sangat kecil dan menunjukkan sifat plastisitas dan kohesif. Kohesif menyatakan bahwa bagian itu melekat satu sama lainnya. Sedang plastisitas merupakan sifat yang memungkinkan dapat diubah tanpa perubahan isi dan tanpa terjadi retakan.

#### 3. Lanau

Merupakan peralihan antara lempung dan pasir halus. Kurang plastis dan mudah ditembus air dari pada lempung dan memperlihatkan sifat dilatasi yang tidak terdapat dalam lempung. Dilatasi menunjukkan nilai perubahan isi apabila lanau diubah bentuknya. Lanau akan menunjukkan gejala untuk hidup apabila diguncang atau digetar.

Setelah dilakukan percobaan analisis ukuran butir tanah di laboratorium, akumulasi persentase butir dengan diameter yang berbeda digambar pada grafik semi logaritmis untuk memperoleh kurva akumulasi ukuran butir, seperti ditampilkan pada gambar 2.1 berikut ini.



**Gambar 2.1** Kurva akumulasi ukuran butir tanah

Prosedur untuk klasifikasi tanah berdasarkan hasil analisa saringan dijelaskan dalam SNI 6371:2015, Sistem klasifikasi ini mengidentifikasi tanah ke dalam 3 kelompok utama, yaitu: tanah berbutir kasar, tanah berbutir halus, dan tanah berorganik tinggi.

Ketiga kelompok tanah ini, selanjutnya dibagi lagi menjadi 15 kelompok dasar tanah. Berdasarkan hasil pengamatan secara visual dan pengujian di laboratorium, tanah digolongkan menurut kelompok dasar tanah, diberi simbol kelompok nama dan cara itu disebut sebagai pengklasifikasian, ditunjukkan pada tabel 2.3 dibawah ini.

Tabel 2.3 Bagan klasifikasi tanah SNI 6371:2015

Kriteria untuk Menetapkan Simbol-Simbol Kelompok dan Nama-Nama Kelompok Menggunakan Pengujian-Pengujian Laboratorium <sup>A</sup>				Klasifikasi Tanah	
				Simbol Kelompok	Nama Kelompok <sup>B</sup>
TANAH BERBUTIR KASAR >50% tertahan ayakan No. 200	Kerikil (Lebih besar dari 50% Fraksi kasar yang tertahan ayakan No. 4 )	Kerikil bersih (Butir halus <sup>C</sup> < 5%)	Cu ≥ 4 dan 1 ≤ Cc ≤ 3 <sup>D</sup> Cu < 4 dan/atau Cc < 1 atau Cc > 3 <sup>D</sup>	GW	Kerikil <sup>E</sup> bergradasi baik
		Kerikil dengan butir halus (Butir halus <sup>C</sup> > 12%)	Butir halus diklasifikasikan sebagai ML atau MH	GM	Kerikil <sup>E, F, G</sup> lanauan
			Butir halus diklasifikasikan sebagai CL atau CH	GC	Kerikil <sup>E, F, G</sup> lempungan
	Pasir (Lebih besar ≥ 50% Fraksi kasar yang lolos ayakan No. 4 )	Pasir bersih (Butir halus <sup>H</sup> < 5%)	Cu ≥ 6 dan 1 ≤ Cc ≤ 3 <sup>D</sup> Cu < 6 dan/atau Cc < 1 atau Cc > 3 <sup>D</sup>	SW	Pasir <sup>I</sup> bergradasi baik
			Cu < 6 dan/atau Cc < 1 atau Cc > 3 <sup>D</sup>	SP	Pasir <sup>I</sup> bergradasi jelek
		Pasir dengan butir halus (Butir halus <sup>H</sup> > 12%)	Butir halus diklasifikasikan sebagai ML atau MH	SM	Pasir <sup>F, G, J</sup> lanauan
Butir halus diklasifikasikan sebagai CL atau CH	SC		Pasir <sup>F, G, J</sup> lempungan		
TANAH BERBUTIR HALUS ≥ 50% lolos Ayakan No. 200	Lanau dan lempung Batas cair < 50	Non Organik	PI > 7 dan terletak pada atau di atas garis "A"	CL	Lempung <sup>K, L, M</sup> rendah
			PI < 4 atau terletak di bawah garis "A"	ML	Lanau <sup>K, L, M</sup>
		Organik	Batas cair - kering oven < 0,75	OL	Lempung <sup>K, L, M, N</sup> organik
	Batas cair - tidak kering		CH	Lanau <sup>K, L, M, O</sup> organik	
	Lanau dan lempung Batas cair ≥ 50	Non Organik	PI terletak pada atau di atas garis "A"	CH	Lempung <sup>K, L, M</sup> tinggi
			PI terletak di bawah garis "A"	MH	Lanau <sup>K, L, M</sup> elastis
Organik		Batas cair - kering oven < 0,75	OH	Lempung <sup>K, L, M, P</sup> organik	
	Batas cair - tidak kering	PT	Lempung <sup>K, L, M, O</sup> organik		
TANAH BERORGANIK	Secara primer terdiri atas zat-zat organik, berwarna gelap dan berbau organik			PT	Gambut

<sup>A</sup> Berdasarkan material lolos ayakan 3 inci (75 mm)

<sup>B</sup> Apabila contoh lapangan mengandung bongkahan atau kerakal, atau keduanya tambahkan "dengan bongkahan atau kerakal atau keduanya" pada nama kelompok

<sup>C</sup> Kerikil-kerikil dengan butiran halus 5% sampai dengan 12% diperlukan simbol ganda:  
GW–GM Kerikil bergradasi baik dengan lanau  
GW–GC Kerikil bergradasi baik dengan lempung  
GP–GM Kerikil bergradasi jelek dengan lanau  
GP–GC Kerikil bergradasi jelek dengan lempung

<sup>D</sup>  $Cu = D_{60}/D_{10}$      $Cc = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$

<sup>E</sup> Apabila tanah mengandung ≥ 15% pasir, tambahkan "dengan pasir" pada nama kelompok

<sup>F</sup> Apabila butiran halus diklasifikasikan sebagai CL–ML gunakan simbol ganda GC–GM atau SC–SM.

<sup>G</sup> Apabila butiran halus adalah organik, tambahkan "dengan butiran halus organik" pada nama kelompok

<sup>H</sup> Pasir-pasir dengan butiran halus 5% sampai dengan 12% diperlukan simbol ganda:  
SW–SM Pasir bergradasi baik dengan lanau  
SW–SC Pasir bergradasi baik dengan lempung  
SP–SM Pasir bergradasi jelek dengan lanau  
SP–SC Pasir bergradasi jelek dengan lempung

<sup>I</sup> Apabila tanah mengandung ≥ 15% kerikil, tambahkan "dengan kerikil" pada nama kelompok

<sup>J</sup> Apabila batas-batas Atterberg berada di dalam daerah yang diarsir, tanah adalah lempung lanauan CL–ML

<sup>K</sup> Apabila tanah mengandung 15% sampai 29% tertahan ayakan No. 200, tambahkan "dengan pasir" atau "dengan kerikil" mana yang paling dominan

<sup>L</sup> Apabila tanah mengandung ≥ 30% tertahan ayakan No. 200 dan dominan pasir, tambahkan "pasiran" pada nama kelompok

<sup>M</sup> Apabila tanah mengandung ≥ 30% tertahan ayakan No. 200 dan dominan kerikil, tambahkan "kerikilan" pada nama kelompok

<sup>N</sup> PI ≥ 4% dan berada pada atau di atas garis "A"

<sup>O</sup> PI < 4% atau berada di bawah garis "A"

<sup>P</sup> PI berada di atas garis "A"

<sup>Q</sup> PI berada di bawah garis "A"

Jika benda uji yang lolos ayakan No. 200 (0,075 mm) mengandung butiran halus lebih besar atau sama dengan 50% dari massa kering, benda uji itu diklasifikasikan sebagai tanah berbutir halus. Jika benda uji tertahan ayakan No. 200 (0,075 mm) lebih besar dari 50% massa kering, maka diklasifikasikan sebagai tanah berbutir kasar.

Selanjutnya jika fraksi kasar yang tertahan ayakan No. 4 (4,75 mm) lebih dari 50%, fraksi tersebut diklasifikasikan sebagai kerikil. Jika fraksi kasar yang

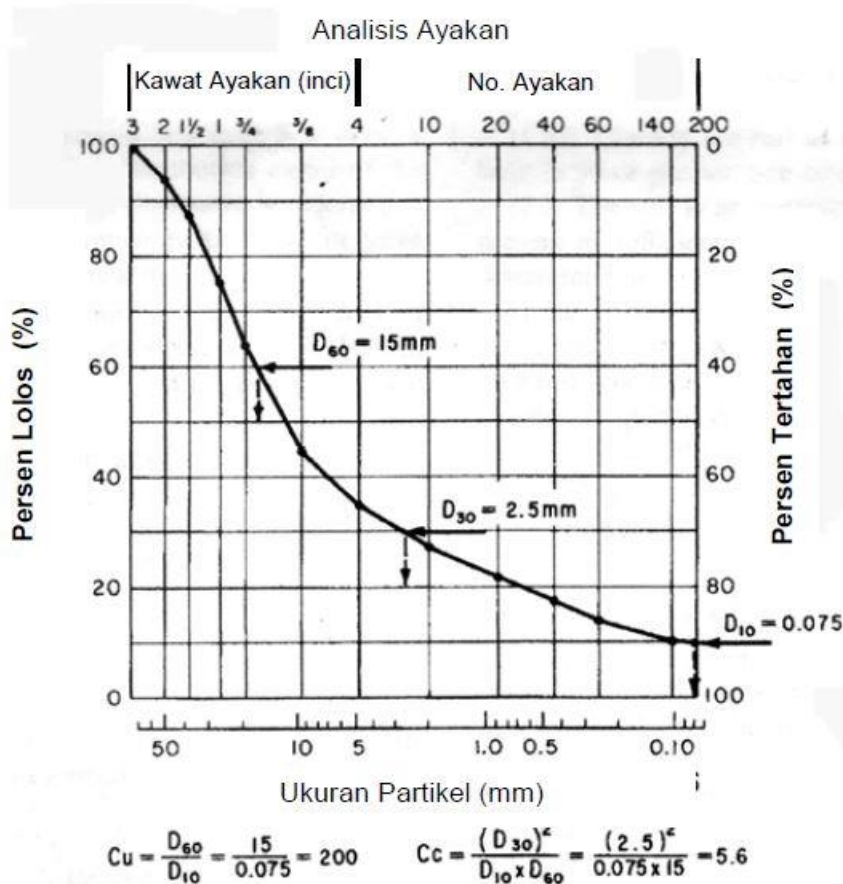
lolos ayakan No. 4 (4,75 mm) lebih besar atau sama dengan 50%, diklasifikasikan sebagai pasir. Jika benda uji yang lolos ayakan No. 200 (0,075 mm) lebih kecil atau sama dengan 12%, harus digambarkan distribusi kumulatif ukuran butir, maka perlu dihitung koefisien keseragaman ( $C_u$ ) serta koefisien kelengkungan ( $C_c$ ), seperti yang diberikan pada persamaan dibawah ini.

$$C_u = D_{60}/D_{10} \quad (2.2)$$

$$C_c = (D_{30})^2/(D_{10} \times D_{60}) \quad (2.3)$$

Keterangan :

$D_{10}$ ,  $D_{30}$ , dan  $D_{60}$  = berturut-turut diameter ukuran butir pada 10%, 30% dan 60%, pada gambar grafik distribusi kumulatif ukuran partikel.



**Gambar 2.2** Distribusi ukuran partikel kumulatif

### 2.3.3. Batas Cair Tanah

Batas cair tanah adalah kadar air minimum di mana sifat suatu tanah berubah dari keadaan cair menjadi plastis. Besaran batas cair digunakan untuk menentukan sifat dan klasifikasi tanah. Konsistensi dari lempung dan tanah–tanah kohesif



lainnya sangat dipengaruhi oleh kadar air dari tanah. Tanah yang telah lolos saringan no.40 dicampur dengan air suling, lalu dimasukkan ke mangkok *Casagrande*, lalu putar alat *Liquid Limit* dan hitung jumlah ketukan yang diperlukan untuk menutup celah tanah, lalu ambil sebagian tanah dan masukkan ke dalam oven selama 24 jam untuk menghitung kadar airnya.

#### 2.3.4. Batas Plastis Tanah

Batas plastis (*plastic limit/PL*) adalah kadar air dimana suatu tanah berubah dari keadaan plastis keadaan semi solid. Batas Plastis dihitung berdasarkan persentasi berat air terhadap berat tanah kering pada benda uji.

Pada cara uji ini, material tanah yang lolos saringan ukuran 0.425 mm atau saringan No.40, diambil untuk dijadikan benda uji kemudian dicampur dengan air suling hingga menjadi cukup plastis untuk digeleng / dibentuk bulat panjang hingga mencapai diameter 3 mm. Metode penggelengan dapat dilakukan dengan telapak tangan atau dengan alat penggeleng batas plastis. Benda uji yang mengalami retakan setelah mencapai diameter 3 mm, diambil untuk diukur kadar airnya. Kadar air yang dihasilkan dari pengujian tersebut merupakan batas plastis tanah tersebut.

Adapun menurut Atterberg batasan mengenai indeks plastis, sifat, macam tanah dan kohesinya dapat dilihat pada table 2.4 dibawah ini :

**Tabel 2.4** Nilai indeks plastisitas tanah dan macam tanah (Kusuma, 2016)

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non plastis	Pasir	Non kohesif
<7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7-17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
>17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

#### 2.3.5. Pemadatan Tanah

Pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel. Pengujian pemadatan dilakukan untuk menentukan nilai kadar air optimum (*Optimum Moisture Content*) kepadatan kering maksimum (*Maximum Dry Density*). Kadar air optimum tersebut digunakan untuk pembuatan sampel CBR. Kepadatan basah dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\rho = \frac{B}{V} \quad (2.4)$$

dengan pengertian:

$\rho$  : kepadatan basah, dinyatakan dalam gram/cm<sup>3</sup>;

$B$  : massa benda uji, dinyatakan dalam gram;

$V$  : volume benda uji atau volume cetakan, dinyatakan dalam cm<sup>3</sup>

sedangkan kepadatan kering dihitung dengan rumus,

$$\rho_d = \frac{\rho}{(100+w)} \times 100\% \quad (2.5)$$

dengan pengertian:

$\rho_d$  : kepadatan kering, dinyatakan dalam gram/cm<sup>3</sup>;

$\rho$  : kepadatan basah, dinyatakan dalam gram/cm<sup>3</sup>;

$w$  : kadar air, dinyatakan dalam %.

#### 2.3.6. Kepadatan Lapangan (*Sandcone*)

Percobaan kerucut pasir merupakan salah satu jenis pengujian yang dilakukan di lapangan, untuk menentukan berat isi kering (kepadatan) tanah asli ataupun hasil suatu pekerjaan pemadatan, yang dapat dilakukan baik pada tanah kohesif maupun tanah non kohesif. *Sandcone* terdiri atas sebuah kaca atau botol plastik dengan sebuah kerucut logam yang dipasang di bagian atasnya. Kerucut dan botol kaca ini diisi menggunakan pasir Ottawa kering yang sudah diketahui berat isinya. Jika memakai pasir lain, maka harus dicari berat isi pasir itu terlebih dahulu.

Nilai berat isi tanah kering yang diperoleh melalui percobaan ini, biasanya digunakan untuk mengevaluasi hasil pekerjaan pemadatan di lapangan yang dinyatakan dalam derajat pemadatan (*degree of compaction*), yaitu perbandingan antara  $\gamma_d$  (berat isi kering) kerucut pasir dengan  $\gamma_d$ -max hasil percobaan pemadatan di laboratorium.

#### 2.3.7. Uji CBR Konvensional/Laboratorium

CBR dikembangkan oleh *California State Highway Departement* sebagai cara untuk menilai kekuatan tanah dasar (*subgrade*). Dengan cara ini suatu percobaan penetrasi dipergunakan untuk menilai kekuatan tanah dasar atau bahan yang hendak dipakai untuk pembuatan perkerasan jalan. CBR bertujuan untuk menentukan kualitas relative tanah dasar (*subgrade*), lapis pondasi bawah (*subbase*) dan lapis pondasi atas (*base*) dibandingkan dengan beban standar berupa batu pecah yang memiliki nilai CBR 100%.

Makin tinggi nilai CBR tanah maka lapisan perkerasan di atasnya akan semakin tipis dan semakin kecil nilai CBR (daya dukung tanah rendah) maka akan semakin tebal lapisan perkerasan di atasnya sesuai beban yang akan dipikulnya.

CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang memiliki nilai CBR sebesar 100 %. Apabila dirumuskan dalam persamaan maka berbentuk :

$$CBR = \frac{\text{Beban penetrasi}}{\text{Beban standar}} \times 100\% \quad (2.6)$$

Contoh tanah yang digunakan dalam pengujian biasanya merupakan sampel tanah tak terganggu (*undisturbed*) yang diambil langsung dari lapangan ataupun sampel terganggu (*disturbed*) yang dibuat di laboratorium dengan pemadatan hingga kadar air optimum. Dalam menentukan kapasitas daya dukung tanah, maka ditetapkan kriteria CBR untuk lapisan tanah dasar (*subgrade*) berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Turnbull (1968) dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut.

**Tabel 2.5** Kriteria CBR untuk tanah dasar jalan (Turnbul, 1968 dalam Raharjo, 1985 dalam Barnas, 2014)

Section	Material	Nilai CBR (%)
Subgrade	Sangat Baik	20-30
	Baik	10-20
	Sedang	5-10
	Buruk	< 5

#### 2.3.8. Uji CBR Lapangan

Pengujian CBR lapangan dimaksudkan untuk mendapatkan nilai CBR langsung di tempat (*in-place*) yang digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan maupun lapis tambah perkerasan (*overlay*). Pengujian CBR lapangan dilakukan dengan bantuan truk atau alat berat sebagai penahan beban penetrasi. Hal ini didasarkan atas kemudahan pengujian CBR di lapangan.

Data CBR lapangan dilengkapi dengan data kadar air dan kepadatan sebagai data pendukung pada proses analisis yang akan dilakukan setelah uji lapangan selesai dikerjakan. Setelah didapatkan nilai CBR Laboratorium dan CBR Lapangan, maka dapat disimpulkan apakah tanah dasar yang akan diuji bisa digunakan untuk lapis perkerasan jalan bagian mana. Lapisan tersebut diantaranya, lapisan tanah

dasar (*subgrade*) dan lapis pondasi (*subbase* dan *base*),

Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 5.1 Lapis Pondasi Agregat, menjelaskan sifat-sifat bahan yang dipersyaratkan untuk lapis pondasi agregat, yang dapat dilihat pada tabel 2.6 berikut :

**Tabel 2.6** Sifat-sifat lapis pondasi agregat dan lapis drainase

Sifat – sifat	Lapis Fondasi Agregat			Lapis Drainase
	Kelas A	Kelas B	Kelas S	
Abrasi dari Agregat Kasar (SNI 2417:2008)	0 - 40 %	0 - 40 %	0 - 40 %	0 - 40 %
Butiran pecah, tertahan ayakan No.4 (SNI 7619:2012)	95/90 <sup>1)</sup>	55/50 <sup>2)</sup>	55/50 <sup>2)</sup>	80/75 <sup>3)</sup>
Batas Cair (SNI 1967:2008)	0 - 25	0 - 35	0 - 35	-
Indek Plastisitas (SNI 1966:2008)	0 - 6	4 - 10	4 - 15	-
Hasil kali Indek Plastisitas dng. % Lolos Ayakan No.200	maks.25	-	-	-
Gumpalan Lempung dan Butiran-butiran Mudah Pecah (SNI 4141:2015)	0 - 5 %	0 - 5 %	0 - 5 %	0 - 5 %
CBR rendaman (SNI 1744:2012)	min.90 %	min.60 %	min.50 %	-
Perbandingan Persen Lolos Ayakan No.200 dan No.40	maks.2/3	maks.2/3	-	-
Koefisien Keseragaman : $C_v = D_{60}/D_{10}$	-	-	-	> 3,5

#### 2.4. Korelasi antara hasil pengujian CBR laboratorium dan CBR Lapangan

Mengacu pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Helmi dkk., dalam menganalisis korelasi antara hasil pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) Mekanis dan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP), maka dalam penelitian ini digunakan metode garis regresi linier sederhana sebagaimana dijabarkan dalam jurnal penelitian tersebut.

Metode garis regresi linier sederhana ialah suatu metode yang digunakan untuk melihat hubungan antar satu variabel independen (bebas) dan mempunyai hubungan garis lurus dengan variabel dependennya (terikat). Disini variabel bebasnya adalah hasil pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) Konvensional sedangkan variabel terikatnya adalah hasil dari pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) Lapangan. Data yang diperoleh dari pengujian dilapangan ditampilkan dalam bentuk tabel seperti dibawah ini :

**Tabel 2.7** Hasil pengujian CBR konvensional dan CBR lapangan (Helmi, 2016)

No. Titik	CBR Konvensional $X_i$	CBR Lapangan $Y_i$
1		
2		
...		

Keterangan :

- Kolom 1 menunjukkan penomoran sekaligus titik pengujian
- Kolom 2 menunjukkan nilai/hasil dari pengujian CBR Konvensional
- Kolom 3 menunjukkan nilai/hasil dari pengujian CBR Lapangan

Koefisien korelasi dihitung dengan rumus :

$$r = \frac{\sum X_i Y_i}{\sqrt{(\sum X_i^2 \cdot \sum Y_i^2)}} \quad (2.7)$$

Dimana :

$$x_i = x_i - \text{xrt}$$

$$y_i = y_i - \text{yrt}$$

$x_i$  : nilai x pada data ke 1

$y_i$  : nilai y pada data ke 1

xrt : nilai rata-rata x

yrt : nilai rata-rata y

Setelah didapatkan nilai koefisien korelasi, maka dapat ditentukan kekuatan hubungan antar variable yang dapat dilihat pada tabel 2.8 dibawah ini :

**Tabel 2.8** Nilai koefisien korelasi dan kekuatan hubungan antar variabel (Helmi, 2016)

Nilai Koefisien korelasi	Keterangan
1	Hubungan positif sempurna
0,6 – 1	Hubungan langsung positif baik
0 – 0,6	Hubungan langsung positif lemah
0	Tidak terdapat hubungan linier
-0,6 – 0	Hubungan langsung negatif lemah
-1 - -0,6	Hubungan langsung negatif baik
-1	Hubungan langsung negatif sempurna