

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah

Tanah adalah satu struktur yang mempunyai sifat dan karakteristik yang berbeda. Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersedimentasi (terikat secara kimia) satu sama lain (Das, 1994). Tanah juga sangat berguna sebagai bahan bangunan dan berfungsi sebagai pendukung pondasi dan bangunan di atasnya. Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang lepas, yang terletak diantara batuan dasar. Ikatan antar butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida yang mengendap di antara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi air udara ataupun keduanya. Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah. 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.

Istilah pasir, lempung, lanau atau lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas ukuran butiran yang telah ditentukan tetapi, istilah yang sama juga digunakan untuk menggambarkan sifat tanah yang khusus. Sebagai contoh, lempung adalah jenis tanah yang bersifat kohesif dan plastis, sedangkan pasir digambarkan sebagai tanah yang tidak kohesif dan tidak plastis (Hardiyatmo, 2002). Kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran atau lebih dari satu macam ukuran partikel. Tanah lempung belum tentu terdiri dari satu macam ukuran saja, akan tetapi dapat bercampur dengan butir-butiran ukuran lanau maupun pasir dan mungkin juga terdapat campuran bahan organik. Ukuran butiran tanah dapat bervariasi dari lebih besar 100 mm sampai dengan lebih kecil 0,001 mm. Gambar 3.1 menunjukkan batas interval ukuran butiran lempung, lanau, pasir dan kerikil menurut *Unified Soil Classification System*, ASTM, MIT, dan *Internasional Nomenclature*.

	2,0 mm	1,0	0,5	0,25	0,1	0,05	0,002 mm				
Bureau of Soils USDA	kerikil	kasar	sedang	halus	sangat halus	lanau				lempung	
	pasir										
ASTM	2,0 mm	0,420			0,075		0,005		0,001		
	pasir sedang		pasir halus			lanau		lempung		lempung koloidal	
MIT nomenclature	2,0 mm	0,6	0,2	0,06			0,006	0,002	0,0006	0,0002 mm	
	kasar	sedang	halus	kasar	sedang	halus	kasar	sedang	halus		
	pasir			lanau			lempung				
International nomenclature	2,0 mm	1,0	0,5	0,2	0,1	0,05	0,02	0,006	0,002	0,0006	0,0002 mm
	sangat kasar	kasar	sedang	halus	kasar	halus	kasar	halus	kasar	halus	sangat halus
	pasir				Mo		lanau		lempung		

Gambar 3.1 Klasifikasi Butiran Tanah Menurut *Unified Soil Classification System*, ASTM, MIT, dan *Internasional Nomenclature*

(Sumber: Hardyatmo, 2002)

3.2 Properties Tanah

Properties tanah merupakan komponen penyusunan massa tanah yang ada. Sifat fisik tanah dapat diketahui dengan melakukan pengujian sifat fisik tanah yang meliputi kadar air, berat volume, berat jenis, batas-batas konsistensi, analisis saringan, analisis hidrometer, dan kepadatan tanah.

3.2.1 Kadar Air

Secara umum, tanah terdiri dari tiga unsur yaitu butiran tanah atau partikel padat, air, dan udara. Kandungan air dan udara yang terdapat di dalam tanah menempati rongga yang terdapat di antara butiran, yang disebut pori tanah. Bila pori di dalam tanah dipenuhi oleh air, maka tanah dinyatakan dalam kondisi jenuh. Sebaliknya bila di dalam pori tanah tidak berisi air sama sekali, maka tanah dalam kondisi kering.

Besarnya kandungan air yang terdapat didalam suatu contoh tanah yang sering disebut kadar air. kadar air dinyatakan dalam persentase terhadap berat tanah dalam keadaan kering. Untuk dapat menghitung nilai kadar air pada suatu contoh tanah, digunakan Persamaan 3.1 berikut.

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad (3.1)$$

dengan :

w = Kadar air (gr)

W_w = Berat air (gr)

W_s = Berat tanah dalam keadaan kering (gr)

3.2.2 Berat Volume Tanah

Berat volume tanah adalah nilai perbandingan antara berat tanah total termasuk air yang terkandung di dalamnya dengan volume tanah total. Untuk menghitung nilai berat volume tanah, dapat menggunakan Persamaan 3.2 berikut.

$$\gamma_b = \frac{w_2 - w_1}{V} \quad (3.2)$$

dengan :

γ_b = Berat volume tanah (gr/cm³)

W_1 = Berat ring (gr)

W_2 = Berat ring + tanah basah (gr)

v = Volume (cm³)

3.2.3 Berat Jenis Tanah

Berat jenis tanah adalah perbandingan antara masa kering butiran tanah dan masa air suling pada volume yang sama dengan volume butiran tersebut. Nilai berat jenis (G_s) dapat ditentukan dengan Persamaan 3.3 berikut

$$G_s = \frac{W_s}{W_w} \quad (3.3)$$

dengan :

G_s = Berat jenis tanah

W_s = Berat Tanah kering (gr)

W_w = Berat air (gr)

3.3 Klasifikasi Tanah

Penentuan sifat-sifat tanah banyak dijumpai dalam masalah teknis yang berhubungan dengan tanah. Dalam banyak masalah teknis seperti perencanaan perkerasan jalan, bendungan dalam urugan, dan lain-lainnya, pemilihan tanah-tanah ke dalam kelompok ataupun subkelompok yang menunjukkan sifat atau kelakuan yang sama akan sangat membantu. Pemilihan ini disebut klasifikasi. Klasifikasi tanah sangat membantu perancangan dalam memberikan pengarahan melalui cara empiris yang tersedia dari hasil pengalaman yang telah lalu.

Sistem klasifikasi yang sering digunakan, yaitu USCS (*Unified Soil Classification System*) dan AASHTO (*American Association of State Highway Transportation Officials*). Sistem-sistem ini menggunakan sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran, batas cair dan indeks plastisitas. Klasifikasi tanah dari Sistem Unified mula-mula diusulkan oleh Casagrande (1942), kemudian direvisi oleh kelompok teknis dari USBR (*United State Bureau Of Reclamation*).

3.2.1 Sistem Klasifikasi USCS

Sistem klasifikasi USCS, tanah diklasifikasikan kedalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika kurang dari 50% lolos saringan nomor 200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau/lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan nomor 200. Tanah diklasifikasikan dalam sejumlah kelompok dan subkelompok yang dapat di lihat dalam Tabel 3.1. Simbol-simbol yang digunakan adalah :

G = Kerikil (*gravel*)

S = Pasir (*sand*)

C = lempung (*clay*)

M = lanau (*silt*)

O = lanau atau lempung organik (*organic silt or clay*)

Pt = tanah gambut dan tanah organik tinggi (*peat and highly organic soil*)

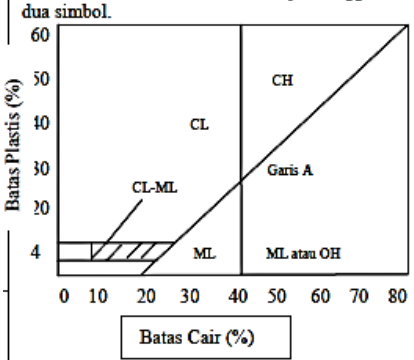
W = gradasi baik (*well graded*)

P = gradasi buruk (*poorly graded*)

H = plastisitas tinggi (*high plasticity*)

L = plastisitas rendah (*low plasticity*)

Tabel 3.1 Sistem Klasifikasi Tanah *Unified*

Divisi Utama		Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi				
Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran tertahan saringan No. 200 Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar lolos saringan No.4	Kerikil $50\% \geq$ fraksi kasar tertahan saringan No.4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW Batas-batas <i>Atterberg</i> di garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol			
			GP	Krikil 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				
			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	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW Batas-batas <i>Atterberg</i> di garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol			
			SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus				
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau				
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung				
			Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No.200	Lanau dan lempung batas $\leq 50\%$		ML	Lanau organik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	<p>Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.</p>  <p>Garis A : $PI = 0.73 (LL-20)$</p>
						CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clay</i>)	
OL	lanau -organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah							
Lanau dan lempung batas cair $\geq 50\%$	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis						
	CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat clay</i>)						
	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi						
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	Peat (gambut), muck, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi		Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488				

(Sumber: Hardyatmo, 2002)

Kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran atau lebih dari satu macam ukuran partikel. Tanah lempung belum tentu terdiri dari partikel lempung saja, akan tetapi dapat bercampur dengan butir-butiran ukuran lanau maupun pasir dan mungkin juga terdapat bahan organik. Ukuran partikel tanah dapat bervariasi dari lebih besar 100 mm sampai dengan lebih kecil dari 0,001 mm.

3.2.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association Of State Highway And Transportation Officials Classification*) ini dikembangkan dalam tahun 1929 sebagai *Public Road Administration Classification System*. Sistem kualifikasi ini berguna untuk menentukan kualitas tanah untuk perencanaan timbunan jalan, *subbase*, dan *subgrade*. Karena sistem ini ditujukan untuk pekerjaan jalan tersebut, maka penggunaan sistem ini dalam prakteknya harus dipertimbangkan terhadap maksud aslinya. Sistem ini membagi tanah ke dalam 7 kelompok utama yaitu A-1 sampai dengan A-7. Tanah-tanah dalam tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus-rumus empiris. Pengujian yang dilakukan adalah analisis saringan dan batas-batas *Atterberg*. Sistem klasifikasi AASHTO, dapat dilihat dalam Tabel 3.2.

Indeks kelompok (GI) digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya. Indeks kelompok dihitung dengan Persamaan 3.4 berikut.

$$GI = (F - 35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,01 (F - 15) (PI - 10) \quad (3.4)$$

dengan :

GI = Indeks kelompok (*group indeks*)

F = Persen butiran lolos saringan no. 200 (0,075 mm)

LL = Batas cair

PI = Indeks plastisitas

Semakin tinggi nilai indeks kelompok (GI), maka semakin berkurang ketepatan dalam penggunaan tanahnya. Tanah granuler diklasifikasikan kedalam klasifikasi A-1 sampai A-3. Tanah A-1 merupakan tanah granuler yang bergradasi baik, sedangkan A-3 adalah pasir bersih yang bergradasi buruk. Tanah A-2 termasuk

tanah granuler (kurang dari 35% lolos saringan no. 200), tetapi masih mengandung lanau dan lempung. Tanah berbutir halus diklarifikasikan dari A-4 sampai A-7, yaitu tanah lempung lanau.

Tabel 3.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

Klasifikasi Umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
	A-1		A-3	A-2			
Klasifikasi Kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis Ayakan (% lolos)							
No.10	Maks 50						
No.40	Maks 30	Maks 50	Min 51				
No.200	Maks 15	Maks 25	Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat Frasaksi yang lolos ayakan No.40							
Batas Cair (LL)				Maks 40	Min 41	Maks 40	Min 41
Indeks Plastisitas (PI)	Maks 6		NP	Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11
Tipe Material yang paling dominan	Batu Pecah, kerikil dan pasi		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						
Klasifikasi Umum	Tanah Berbutir (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)						
	A-4		A-5		A-6	A-7	
Klasifikasi Kelompok						A-7-5	A-7-6
Analisis Ayakan (% lolos)							
No.10							
No.40							
No.200	Min 36		Min 36		Min 36	Min 36	
Sifat Frasaksi yang lolos ayakan No. 40.							
Batas Cair (LL)	Maks 40		Min 41		Maks 40	Min 41	
Indeks Plastisitas (PI)	Maks 10		Maks 10		Min 11	Min 11	
Tipe Material yang paling dominan	Tanah Berlanau				Tanah Berlempung		
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa Sampai Jelek						

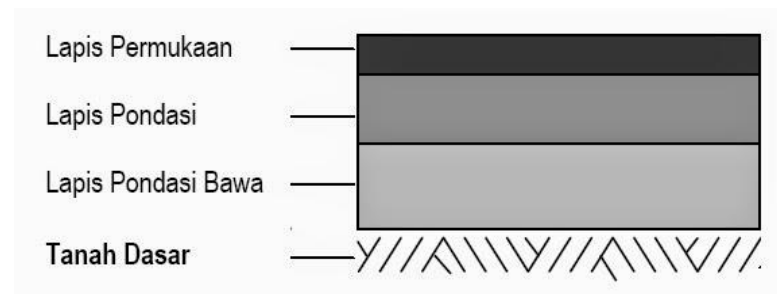
(Sumber: Hardyatmo, 2002)

3.4 Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar atau *subgrade* adalah lapisan tanah paling bawah yang berfungsi sebagai tempat perletakan lapis perkerasan dan mendukung konstruksi perkerasan jalan di atasnya, seperti pada Gambar 3.2. Kekuatan dan keawetan konstruksi

perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Lapisan tanah dasar dibedakan atas :

1. tanah galian,
2. tanah timbunan, dan
3. tanah asli.



Gambar 3.2 Struktur Lapisan Perkerasan Jalan

Tanah dasar yang mempunyai kekuatan dan stabilitas yang rendah akan mengakibatkan perkerasan mudah mengalami deformasi dan retak. Tanah dengan sifat yang kurang baik sangat tidak ekonomis dan tidak mendukung apabila dijadikan sebagai tanah dasar suatu konstruksi bangunan sipil. Kemampuan tanah dasar yang kurang baik dalam memikul beban akan menyebabkan tebal lapisan perkerasan yang dibutuhkan semakin besar. Oleh sebab itu perlu dilakukan stabilisasi untuk memperbaiki tanah baik secara mekanis maupun kimiawi. Daya dukung tanah dasar dipengaruhi oleh jenis tanah, tingkat kepadatan, kadar air, kondisi drainase, dan lain-lain. Daya dukung tanah dasar untuk perencanaan tebal perkerasan jalan di Indonesia ditentukan dengan pemeriksaan CBR dengan nilai minimal CBR sebesar 6% sesuai dengan spesifikasi Bina Marga.

3.5 Stabilisasi Tanah

Kondisi di lapangan, upaya perbaikan tanah untuk memenuhi spesifikasi desain dapat dilakukan ketika menemui tanah yang bermasalah. Upaya perbaikan tanah salah satunya dapat dilakukan dengan metode stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah bertujuan untuk meningkatkan kekuatan tanah dan meningkatkan ketahanan terhadap kadar air yang dikandungnya (Sherwood, 1993). Stabilisasi tanah diukur

dari perubahan karakteristik teknis tanah antara lain kapasitas dukung, kompresibilitas, permeabilitas, kemudahan dikerjakan, potensi pengembangan dan sensitivitas terhadap perubahan kadar air (Hardiyatmo, 2010). Metode-metode stabilisasi yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut.

3.5.1 Stabilisasi Mekanis

Metode stabilisasi mekanis dicapai melalui proses fisik dengan mengubah sifat fisik tanah di lapangan. Salah satu proses fisik yang dapat dilakukan yaitu pemadatan tanah. Tanah hasil stabilisasi secara mekanis akan mengalami peningkatan kekuatan dan ketahanan terhadap beban yang bekerja di atasnya. Hal ini disebabkan karena adanya kaitan dan geseran antara butiran tanah kasar dengan butiran tanah halus. Kestabilan tanah hasil stabilisasi mekanis akan tercapai setelah dilakukan pemadatan.

3.5.2 Stabilisasi Kimiawi

Terjadi reaksi antara bahan stabilisasi dengan tanah dalam stabilisasi kimiawi. Stabilisasi kimiawi dilakukan dengan cara penambahan bahan stabilisasi yang dapat mengubah sifat kurang menguntungkan dari tanah. Bahan stabilisasi yang dapat digunakan di antaranya semen *portland*, kapur, abu batubara (*fly ash*), aspal, dan lain-lain. Metode ini biasanya digunakan pada tanah berbutir halus.

Tebal lapis tanah dasar atau *subgrade* yang distabilisasikan dapat ditentukan dengan menggunakan Tabel 3.3 berikut

Tabel 3.3 Perbaikan Tanah Dasar dan Tipikal Lapisan Penopang

CBR Tanah Dasar	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Deskripsi Struktur Fondasi Jalan (Tanah Asli dan Peningkatannya)	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Lalu Lintas Lajur Desain Umur Rencana 40 tahun (juta ESA pangkat 5)			Stabilisasi Tanah Dasar ⁽⁵⁾
			< 2	2 - 4	> 4	
			Tebal Minimum Perbaikan Tanah Dasar (mm)			
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar meliputi bahan stabilisasi semen atau timbunan pilihan (pemadatan berlapis ≤ 200 mm tebal lepas)	Tidak perlu perbaikan			150 mm Stabilisasi Tanah Dasar di atas 150 mm Timbunan Pilihan
5	SG5		-	-	100	
4	SG4		100	150	200	
3	SG3		150	200	300	
2,5	SG2,5		175	250	350	
Tanah ekspansif (pengembangan potensial > 5%)			400	500	600	Berlaku ketentuan yang sama dengan Perbaikan Tanah Dasar Perkerasan Lentur
Perkerasan lentur di atas tanah lunak ⁽¹⁾	SG1 aluvial ⁽²⁾	Lapis penopang (<i>capping layer</i>) ⁽³⁾⁽⁴⁾	1000	1100	1200	
		atau Lapis Penopang dan Geogrid ⁽³⁾⁽⁴⁾	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau Burda untuk jalan raya minor (nilai minimum - ketentuan lain digunakan)		Lapis penopang berbutir ⁽³⁾⁽⁴⁾	1000	1250	1500	

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan nomor 04/SE/Db/2017

Catatan :

1. Ditandai oleh kepadatan yang rendah dan CBR lapangan yang rendah
2. Nilai CBR lapangan karena CBR rendaman tidak relevan
3. Permukaan lapis penopang di atas tanah SG1 dan gambut diasumsikan mempunyai daya dukung setara nilai CBR 2,5%, dengan demikian ketentuan perbaikan tanah SG2,5 berlaku. Contoh: untuk lalu lintas rencana > 4 juta ESA (pangkat 5), tanah SG1 memerlukan lapis penopang setebal 1200 mm untuk mencapai daya dukung setara SG2,5 dan selanjutnya perlu ditambah lagi setebal 350 mm untuk meningkatkan menjadi setara SG6.
4. Tebal lapis penopang dapat dikurangi 300 mm jika tanah asli dipadatkan pada kondisi kering.
5. Untuk perkerasan kaku, material perbaikan tanah dasar berbutir halus (klasifikasi tanah

3.6 Tanah Pasir

Pasir (*sand*) adalah partikel batuan yang berukuran 0.074 mm sampai dengan 5 mm. Jenis tanah yang termasuk tipe pasir atau kerikil seringkali disebut tanah berbutir kasar. Tanah pasir dapat ditentukan melalui teksturnya, dan dengan berdasarkan penampilan tekstur ini pula tanah pasir lebih mudah untuk diklasifikasikan. Pasir merupakan jenis tanah non kohesif (*loose*), hal ini ditunjukkan dengan butiran tanah yang akan terpisah-pisah apabila dikeringkan. Tanah non

kohesif tidak mempunyai garis batas antara keadaan plastis dan tidak plastis, karena tanah ini tidak plastis untuk semua nilai kadar air. Beberapa kondisi tertentu suatu tanah yang tidak kohesif dengan kadar air yang cukup tinggi dapat bersifat sebagai suatu cairan kental.

Tarikan permukaan memberikan tanah-tanah yang tidak kohesif suatu kohesi semu yang disebut demikian karena kohesi tersebut akan hilang apabila tanah tersebut benar-benar kering atau benar-benar jenuh. Dari segi pandangan praktis, tanah yang tidak kohesif dengan kohesi semu ini (lembab sampai basah tapi tidak jenuh), dapat di temukan ketika menggali tanah secara vertikal untuk kedalaman yang dangkal atau dibor dengan lubang yang tetap utuh. Ketika tanah tersebut mengering, kohesi semu itu akan hilang dan pinggir-pinggir galian atau lubang bor tadi akan runtuh.

3.7 Aspal *Cutback* SC₆₀₋₇₀

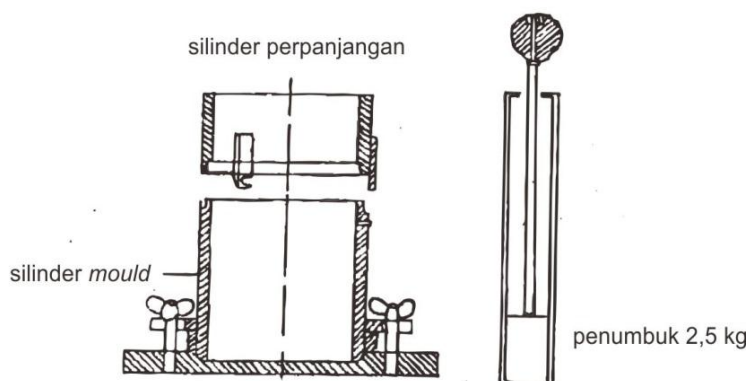
Aspal merupakan bahan hidro karbon yang bersifat melekat (*adhesive*), berwarna hitam kecoklatan, tahan terhadap air, dan viskoelastis. Aspal sering juga disebut bitumen merupakan bahan pengikat pada campuran beraspal yang dimanfaatkan sebagai lapis permukaan lapis perkerasan lentur. Aspal berasal dari alam atau dari pengolahan minyak bumi. Aspal memiliki beberapa sifat, salah satunya adalah adhesi. Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat partikel lain, oleh karena itu aspal biasa digunakan sebagai bahan pengikat pada butiran agregat yang dimanfaatkan sebagai lapis permukaan perkerasan lentur. Berdasarkan cara mendapatkannya aspal terbagi menjadi aspal alam dan aspal buatan.

Aspal buatan atau aspal minyak adalah dalah aspal yang merupakan residu destilasi minyak bumi. Hasil destilasi minyak bumi menghasilkan bensin, minyak tanah, dan solar yang diperoleh pada temperatur berbeda-beda, sedangkan aspal merupakan residunya. Residu aspal berbentuk padat, tetapi dapat pula berbentuk cair atau emulsi pada temperatur ruang. Jadi, jika dilihat bentuknya pada temperatur ruang, maka aspal dibedakan atas beberapa bagian, yaitu aspal padat, aspal cair, dan aspla emulsi.

Aspal cair atau aspal *cutback* adalah aspal yang berbentuk cair pada suhu ruang. Aspal *cutback* adalah suatu bahan yang dibuat dari aspal dengan menambahkan minyak pelarut untuk mereduksi kekentalannya secara sementara. Aspal *cutback* umumnya berbentuk cair dan dapat diaplikasikan pada temperatur rendah. Aspal *cutback*, bila berhubungan dengan udara luar (tekanan atmosfer) minyak pelarutnya menguap meninggalkan semen aspalnya guna menjalankan fungsinya sebagai bahan pengikat dan penahan/pencegah air. Minyak pelarut dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu *Slow Curing* dengan bahan pencair solar, *Medium Curing* dengan bahan pencair minyak tanah, dan *Rapid Curing* dengan bahan pencair bensin. Aspal cair *slow curing* adalah aspal cair yang paling lama menguap. Aspal cair *slow curing SC₆₀₋₇₀* adalah aspal semen yang dicampur atau dilarutkan dengan solar hingga mencapai angka viskositas 60 cm²/s sampai dengan 70 cm²/s.

3.8 Proktor Standar

Uji pemadatan Proktor adalah metode laboratorium untuk menentukan eksperimental kadar air yang optimal di mana suatu jenis tanah tertentu akan menjadi paling padat dan mencapai kepadatan kering maksimum. Proctor (1933) telah mengamati bahwa ada hubungan yang pasti antara kadar air dan volume kering tanah padat. Untuk berbagai jenis tanah pada umumnya, terdapat satu nilai kadar air optimum tertentu untuk mencapai berat volume kering maksimumnya.



Gambar 3.3 Alat Uji Standar Proctor

(Sumber: Hardyatmo, 2002)

Pengujian pemadatan dilaboratorium dilakukan dengan berpedoman pada standar pengujian ASTM D 698-70, dengan menggunakan silinder berukuran tertentu menggunakan alat penumbuk tertentu seperti pada Gambar 3.3. Pengujian pemadatan dilakukan dengan menggunakan cetakan, tanah yang digunakan lolos saringan no. 4. Tanah dipadatkan dalam tiga lapisan dengan tiap lapisan ditumbuk 25 kali pukulan. Adapun analisis dari pengujian proktor sebagai berikut.

1. Perhitungan berat volume tanah basah (kepadatan tanah), dapat dilihat pada Persamaan 3.5 berikut.

$$\gamma = \frac{W_2 - W_1}{V_o} \quad (3.5)$$

dengan :

γ = Berat volume tanah basah (gr/cm³)

W_1 = Berat cetakan (gr)

W_2 = Berat cetakan + tanah basah (gr)

V_o = Volume (cm³)

2. Perhitungan kadar air dapat dilihat pada Persamaan 3.6 berikut.

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad (3.6)$$

dengan :

w = Kadar air (%)

W_w = Berat air (gr)

W_s = Berat butiran padat (gr)

3. Derajat kejenuhan tanah diukur dari berat volume keringnya. Hubungan berat volume kering (γ_d) dengan berat volume basah (γ_b) dan kadar air (w), dinyatakan dalam Persamaan 3.7 berikut.

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

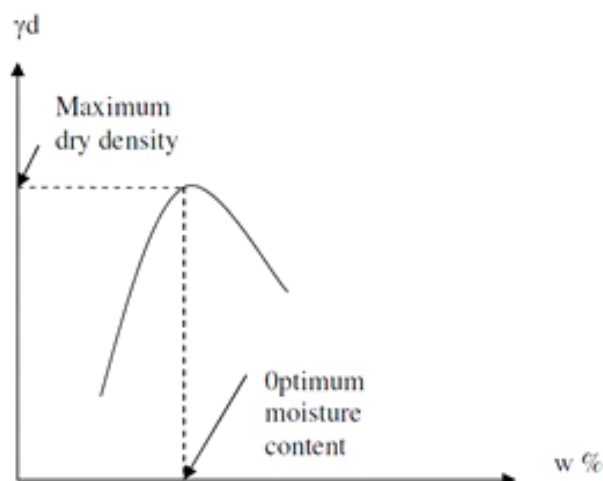
dengan :

γ_d = Berat volume tanah kering (gr/cm^3)

γ = Berat volume tanah basah (gr/cm^3)

w = kadar air (%)

Dalam uji pemadatan, percobaan diulang paling sedikit 5 kali dengan kadar air tiap percobaan divariasikan. Kemudian, digambarkan sebuah grafik hubungan kadar air dan berat volume keringnya seperti pada Gambar 3.4. Kurva yang dihasilkan dari pengujian memperlihatkan nilai kadar air yang terbaik (w_{opt}) untuk mencapai berat volume kering terbesar atau kepadatan maksimum.



Gambar 3.4 Kurva Hubungan Kadar Air dan Berat Volume Kering

(Sumber: Hardyatmo, 2002)

Pada nilai kadar air rendah, untuk kebanyakan tanah, tanah cenderung bersifat kaku dan sulit dipadatkan. Setelah kadar air ditambah, tanah menjadi lebih lunak. Pada kadar air yang tinggi, berat volume air berkurang. Bila seluruh udara di dalam tanah dipaksa keluar pada aktu pemadatan, tanah akan berada dalam kedudukan jenuh dan nilai berat volume kering akan menjadi maksimum. Akan tetapi dalam praktek, kondisi ini sulit dicapai.

3.9 California Bearing Ratio (CBR)

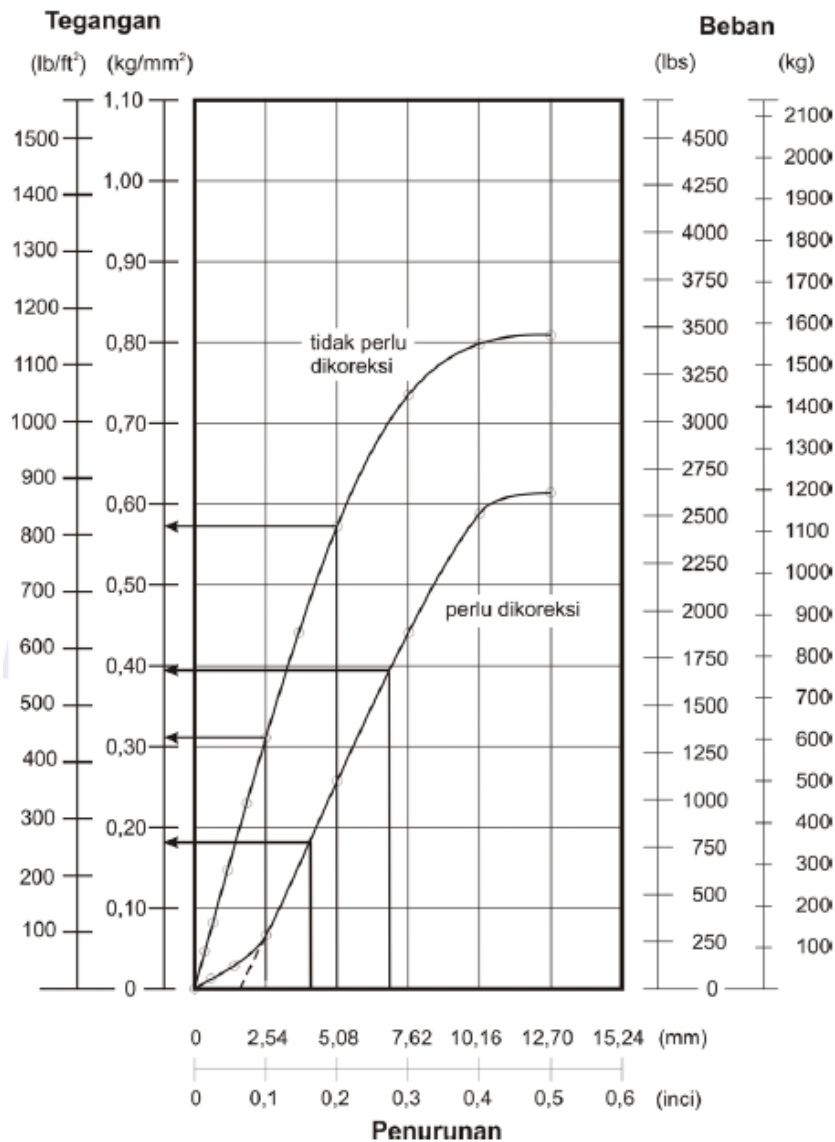
Metode CBR ini awalnya oleh diciptakan O.J Poter lalu dikaji ulang oleh California State Highway Departement. Kemudian dikembangkan dan dimodifikasi

oleh Corps insinyur-insinyur tentara Amerika Serikat. Prinsip pengujian ini adalah pengujian penetrasi dengan menusukkan benda ke dalam benda uji, maka didapat nilai kekuatan tanah dasarnya.

California bearing ratio adalah kelanjutan dari uji pemadatan tanah sehingga pengujian dilakukan dengan menggunakan sampel tanah yang telah dipadatkan dengan pemadatan proktor. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui nilai CBR pada kepadatan dan kadar air tertentu. Dengan kata lain, harga CBR akan menentukan sejauh mana tanah dapat menahan beban struktur di atasnya.

Pengujian CBR menggunakan sampel tanah yang lolos saringan no. 4 dan yang di masukan ke dalam mould berbentuk silinder dengan diameter 152 mm dengan dipadatkan dalam 3 lapis, dengan masing-masing ditumbuk dengan penumbuk standar sebanyak 56 kali. Benda uji diletakan beserta keping alas di atas mesin penetrasi dan meletakan keping pemberat diatas permukaan benda uji seberat minimal 4,5 kg (10 pound). Arloji penunjuk penetrasi dan arloji penunjuk beban diatur hingga menunjukan angka nol. Pembebanan diberikan secara teratur sehingga kecepatan penetrasi mendekati kecepatan 1,27 mm/menit. Pembacaan pembebanan dilakukan pada interval penetrasi 0,025 inch (0,64 mm), hingga mencapai penetrasi 0,5 inch (12,7 mm).

Pada kejadian permulaan kurva beban cekung akibat kurang rataanya permukaan pada saat pemadatan benda uji atau sebab-sebab yang lain, dalam keadaan ini titik nolnya harus dikoreksi seperti pada Gambar 3.5 berikut ini.



Gambar 3.5 Kurva Hubungan Beban dan Penetrasi pada Pengujian CBR

(Sumber : SNI 1738 : 2011)

Grafik yang telah dibuat, digunakan untuk menghitung harga CBR dengan cara membagi masing-masing beban dengan beban standar CBR pada penetrasi 0,1" atau 2,54 mm dengan beban standar 70,31 kg/cm² atau 1000 psi dan penetrasi 0,2" atau 5,08 mm dengan beban standar 105,47 kg/cm² atau 1500 psi dan dikalikan dengan 100%. Adapun cara untuk menentukan nilai CBR sebagai berikut :

1. CBR pada penetrasi 0,1” atau 2,54 mm dengan beban standar 70,31 kg/cm² atau 1000 psi. Perhitungan nilai CBR pada penetrasi 0,1” atau 2,54 mm dapat menggunakan Persamaan 3.8 berikut.

$$\text{CBR } 0,1'' = \frac{P_1}{3 \times 1000} \times 100\% \quad (3.8)$$

2. CBR pada penetrasi 0,2” atau 5,08 mm dengan beban standar 105,47 kg/cm² atau 1500 psi. Perhitungan nilai CBR pada penetrasi 0,1” atau 2,54 mm dapat menggunakan Persamaan 3.9 berikut.

$$\text{CBR } 0,2'' = \frac{P_2}{3 \times 1500} \times 100\% \quad (3.9)$$

Pada umumnya nilai CBR diambil pada penetrasi 0,1” atau 2,54 mm dengan beban standar 70,31 kg/cm² atau 1000 psi, namun pada keadaan tertentu bila nilai CBR pada penetrasi 0,1” atau 2,54 mm lebih kecil dari pada penetrasi 0,2” atau 5,08 mm maka pengujian harus diulang dan apabila pada pengujian kedua ini nilai CBR pada penetrasi 0,2” atau 5,08 mm masih lebih besar dari CBR penetrasi 0,1” atau 2,54 mm, maka nilai CBR yang dipakai adalah nilai CBR terbesar atau pada penetrasi 0,2” atau 5,08 mm