

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian

Lapisan perkerasan jalan ialah suatu lapisan yang berada di atas tanah dasar (*subgrade*) yang telah menjalani proses pemadatan dan bertujuan untuk mendukung beban lalu lintas dan meratakannya ke badan jalan agar tanah dasar tak menerima beban yang melebihi daya dukung tanah yang diijinkan. Tujuan dari pembuatan lapis perkerasan jalan adalah agar dicapai suatu kekuatan serta menyebarkan beban roda-roda kendaraan yang diterima ke tanah dasar. (Sukirman, 1993 dalam Irianto 2012).

Material struktur lapis perkerasan, seperti lapis pondasi (*base course*), lapis pondasi-bawah (*subbase course*), dan lapis permukaan harus terdiri dari campuran material granuler. Struktur pembentuk perkerasan yang stabil secara mekanis, umumnya terdiri dari campuran agregat kasar (kerikil, batu pecah, slag dan sebagainya), agregat halus (abu batu, pasir dan sebagainya), lanau, lempung, yang dicampur dengan proporsi tertentu dan didapatkan dengan baik, (Hardiyatmo, 2010 dalam Sudarmadi 2011).

Erizal (2010) mengatakan untuk meningkatkan kualitas suatu lapisan perkerasan lentur dilakukan suatu usaha antara lain dengan memperbaiki atau meningkatkan bahan subbase atau base course dengan bahan yang lebih baik, memperbaiki mutu subgrade asli dengan timbunan pilihan yang memiliki *CBR* lebih tinggi, mempertebal lapisan subbase dan base course, atau juga dengan cara modern dengan penggunaan lapisan penguat tipis antara *subgrade* dengan *subbase* atau *base course* dengan bahan geosintetik (geotekstil, geogrid, dan lain-lain). Material batu kapur telah diteliti oleh Negara dan Putra (2010) dalam Bahtiar (2012) mengenai penggunaannya sebagai lapisan subbase course struktur perkerasan jalan. Irianto (2012) menyimpulkan bahwa model struktur perkerasan jalan yang menggunakan batu kapur sebagai lapisan subbase course memiliki nilai *California Bearing Ratio (CBR)* dan nilai modulus reaksi subgrade tanah (k) yang cukup baik, sehingga memenuhi syarat untuk dijadikan lapisan *subbase course*.

Vertikal Modulus of subgrade reaction (k) didefinisikan sebagai nilai banding antara unit tegangan reaksi tanah terhadap penurunan yang terjadi. *Vertikal Modulus of subgrade reaction (k)*, digunakan dalam perhitungan pondasi elastik, yaitu pondasi yang dianggap

berperilaku elastik pada saat menerima pembebanan (Daud, dkk, 2009 dalam Sudarmadi 2011).

Variasi ketebalan lapisan *subbase course* telah disimulasikan oleh Bahtiar (2012), yang menggunakan lima variasi ketebalan lapisan subbase course, yakni 15 cm; 20 cm; 25 cm; 30 cm dan 35 cm. Lapisan *subbase course* tersebut diasumsikan berada di atas dua kondisi *subgrade* yang berbeda, yaitu kondisi *subgrade* tanah lunak dan kondisi *subgrade* tanah granuler. Kelima variasi tersebut ternyata belum menunjukkan adanya hubungan yang signifikan dengan perubahan nilai *CBR* dan *k*, dengan nilai koefisien determinasi yang sangat kecil ($R^2 = 0,03$ untuk subgrade tanah granuler dan $R^2 = 0,21$ untuk subgrade tanah lempung dengan perkuatan geosintetik). Bahtiar menyarankan penambahan variasi dan kondisi untuk penelitian selanjutnya.

Penelitian ini akan menggunakan dua variasi perbandingan yaitu antara perbandingan menggunakan plastik dan tanpa menggunakan plastik. Material batu kapur yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi untuk menstabilisasikan tanah dasar yang digunakan sebagai *subgrade* perkerasan jalan. Perbandingan yang dilakukan pada pengujian ini mengacu pada perbandingan stabilisasi tanah dasar menggunakan batu kapur dan perkuatan plastik maupun stabilisasi tanah menggunakan batu kapur tanpa perkuatan plastik.

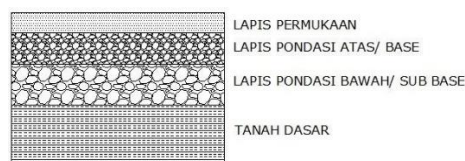
Penelitian ini diharapkan dapat menambah daya dukung kuat tanah dasar semakin membaik. Penelitian ini juga diharapkan dapat memperbaiki penelitian sebelumnya dengan menggunakan batu kapur sebagai bahan stabilisi tanah dasar dan memperbaiki nilai *CBR* (*California Bearing Ratio*) tanah dasar yang digunakan sebagai subgrade.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Struktur Lapis Perkerasan Jalan

Struktur perkerasan, umumnya terdiri atas: lapis pondasi bawah (*subbase course*), lapis pondasi (*base course*), dan lapis permukaan (*surface course*).

Susunan lapis perkerasan adalah seperti diperlihatkan pada **Gambar 2.1** berikut ini:



Gambar 2.1 Susunan Lapis Perkerasan Jalan
(sumber: <https://dwikusumadpu.files.wordpress.com>)

Perkerasan jalan raya dibuat berlapis-lapis bertujuan untuk menerima beban kendaraan yang melaluinya dan meneruskan kelapisan dibawahnya. Biasanya material yang digunakan pada lapisan-lapisan perkerasan jalan semakin kebawah akan semakin berkurang kualitasnya. Karena lapisan yang berada dibawah lebih sedikit menahan beban, atau menahan beban lebih ringan.

2.2.2 Lapisan Pondasi Atas (*base course*)

Lapisan pondasi atas adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan.

Lapisan pondasi atas ini berfungsi sebagai:

- bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan bawahnya,
- bantalan terhadap lapisan permukaan, bahan-bahan untuk lapis pondasi atas ini harus cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban-bena rodaatas ini harus cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban roda.

Penentuan bahan lapis pondasi ini perlu dipertimbangkan beberapa hal antara lain, kecukupan bahan setempat, harga, volume pekerjaan dan jarak angkut bahan ke lapangan. Penelitian ini menggunakan material agregat kelas A pada lapisan *base course*. Spesifikasi material agregat kelas A ditunjukkan pada **Tabel 2.1** dan **Tabel 2.2** berikut.

Tabel 2.1 Gradasi Lapis Pondasi Agregat

Ukuran saringan		Persen berat yang lolos, % lolos		
ASTM	(mm)	Kelas A	Kelas B	Kelas C
3"	75			100
2"	50		100	75-100
1½"	37,5	100	88 – 100	60-90
1"	25,0	77 – 100	70 – 85	45-78
3/8"	9,50	44 – 60	40 – 65	25-55
No.4	4,75	27 – 44	25 – 52	13-45
No.10	2,0	17 – 30	15 – 40	8-36
No.40	0,425	7 – 17	8 – 20	7-23
No.200	0,075	2 – 8	2 - 8	5-15

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2002

Tabel 2.2 Sifat-Sifat Lapis Pondasi Agregat

Sifat – sifat	Kelas A	Kelas B	Kelas C
Abrasi dari Agregat Kasar (SNI 03-2417-1990)	mak. 40%	mak. 40%	mak. 40%
Indek Plastis (SNI-03-1966-1990 dan SNI-03-1967-1990).	mak. 6	mak. 6	4 – 9
Hasil kali Indek Plastisitas dengan % Lolos Saringan No.200	mak. 25	--	--
Batas Cair (SNI 03-1967-1990)	mak. 25	mak. 25	mak. 35
Gumpalan Lempung dan Butir-Butir Mudah Pecah dalam Agregat (SNI- 03-4141-1996)	0%	mak. 1%	mak. 1%
CBR (SNI 03-1744-1989)	min. 90%	min. 65 %	min. 35%
Perbandingan persen lolos #200 dan #40	mak. 2/3	mak. 2/3	mak. 2/3

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2002

2.2.3 Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah adalah bagian dari struktur perkerasan lentur yang terletak antara tanah dasar dan lapis pondasi. Biasanya terdiri atas lapisan dari material berbutir (granular material) yang dipadatkan, distabilisasi ataupun tidak, atau lapisan tanah yang distabilisasi. Fungsi lapis pondasi bawah antara lain:

- sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebar beban roda, lapisan ini harus cukup kuat mempunyai $CBR < 20\%$,
- mencapai efisiensi penggunaan material yang relative murah agar lapisan-lapisan diatasnya dapat dikurangi ketebalannya (penghemat biaya konstruksi),
- mencegah tanah dasar masuk ke lapis pondasi,
- membagi lapis pertama agar pelaksanaan konstruksi berjalan lancar

Tabel 2.3 Tebal *Sub-base course* Berdasarkan Mutu Tanah Dasar

Jenis <i>subgrade</i>	Defenisi	Tebal <i>sub base</i> minimum
Lemah	<i>Sub grade dengan $CBR \leq 2\%$</i>	150mm
Normal	<i>Sub grade dengan $2\% \leq CBR \leq 15\%$</i>	80mm
Stabil	<i>$CBR \geq 15\%$</i>	0mm

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2002

2.2.4 Lapis Tanah Dasar (*subgrade*)

Tanah dasar atau sub grade adalah lapisan tanah paling bawah yang berfungsi sebagai tempat perletakan lapis perkerasan dan mendukung konstruksi perkerasan jalan di atasnya.

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung pada sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Dalam pedoman ini diperkenalkan *Vertikal Modulus of subgrade reaction (k)* sebagai parameter tanah dasar yang digunakan dalam perencanaan. *Vertikal Modulus of subgrade reaction (k)* tanah dasar juga dapat diperkirakan dari *CBR* standar.

Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, atau tanah urugan yang didatangkan dari tempat lain atau tanah yang distabilisasi dan lain lain. Ditinjau dari muka tanah asli, maka lapisan tanah dasar dibedakan atas :

- a. lapisan tanah dasar, tanah galian,
- b. lapisan tanah dasar, tanah urugan,
- c. lapisan tanah dasar, tanah asli.

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Umumnya persoalan mengenai tanah dasar adalah sebagai berikut:

- a. perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) akibat beban lalu lintas,
- b. sifat mengembang dan menyusutnya tanah akibat perubahan kadar air,
- c. daya dukung akibat adanya perbedaan sifat-sifat tanah pada lokasi yang berdekatan atau akibat kesalahan pelaksanaan misalnya kepadatan yang kurang baik.

Tabel 2.4 Nilai CBR terhadap Kekuatan Subgrade Jalan

Nilai CBR	Kekuatan <i>subgrade</i>	Komentar
<3%	Jelek / Lunak	Pemadatan diperlukan
3% - 5%	Normal	Perlu tidaknya pemadatan tergantung kategori jalan
5% - 15%	Bagus / Keras	Pemadatan secara normal tidak diperlukan kecuali untuk lalu lintas berat

Sumber: *Guide to Highways Maintenance, 2000*

2.2.5 Stabilisasi Tanah

Dalam konstruksi perkerasan jalan, sering ditemukan lapisan tanah yang memiliki daya dukung rendah yang sangat berpengaruh pada berbagai tahapan dalam konstruksi jalan, seperti pada tahap perencanaan (*design*), tahap pelaksanaan (*perform*), serta tahap operasional dan pemeliharaan (*operational and maintenance*). Tanah yang memiliki daya dukung rendah sangat dipengaruhi oleh minerologi tanah tersebut, dimana minerologi tanah terbentuk dari proses pelapukan material batuan (anorganik) dan/atau material organik. Hasil pelapukan material tersebut akan membentuk lapisan tanah disuatu tempat, bisa berupa

material lapukan setempat (*residual soil*) atau hasil lapukan yang terangkut dari tempat lain (*transported soil*). Dalam proses pembentukan lapisan tanah, keberadaan kedua jenis material lapukan tersebut akan sangat berpengaruh pada sifat-sifat tanah di suatu tempat, baik sifat fisis maupun sifat mekanisnya. Bila tanah memiliki kondisi yang tidak memenuhi kualitas persyaratan yang dibutuhkan oleh suatu konstruksi jalan, maka diperlukan usaha untuk memperbaiki sifat-sifat dari tanah tersebut.

Menurut Darwis (2017 : 5-6), semua tindakan mengubah sifat-sifat asli daripada tanah, untuk disesuaikan dengan kebutuhan konstruksi adalah merupakan tindakan yang dapat dikategorikan sebagai upaya stabilisasi tanah. Secara khusus pengertian stabilisasi tanah dapat dilihat dari berbagai definisi yang dikemukakan beberapa ahli, antara lain:

- a. Lambe (dikutip dalam Darwis, 2017), mendefinisikan stabilisasi tanah sebagai perubahan dari setiap properti tanah untuk memperbaiki kinerja teknisnya (*soil stabilization as “the alteration of any property of a soil to improve it’s engineering performance”*). Dalam pengertian ini Lambe memaknai sifat-sifat tanah (*soil property*) mencakup sifat mikroskopis dan makroskopis dari massa tanah.
- b. Jon A. Epps et al. (dikutip dalam Darwis, 2017), mengartikan stabilisasi tanah adalah tindakan untuk memperbaiki sifat rekayasa tanah (*soil properties*). Tanah lempung memiliki tegangan geser dan permeabilitas yang rendah sekitar $1 \times 10^{-8} - 1 \times 10^{-9}$ m/s, namun plastisitas lempung tinggi.
- c. Ingles & Metcalf (dikutip dalam Darwis, 2017), mengatakan bahwa perubahan sifat tanah untuk memenuhi persyaratan teknis tertentu, dikenal sebagai stabilisasi tanah.
- d. Punmia (dikutip dalam Darwis, 2017), menyatakan bahwa stabilisasi tanah dalam pengertian luas mencakup berbagai metode yang digunakan untuk memodifikasi sifat tanah untuk memperbaiki kinerja teknisnya. Dalam hal ini menurut Punmia bahwa tujuan utama dari stabilisasi tanah adalah untuk meningkatkan kekuatan atau stabilisasi tanah dan mengurangi biaya konstruksi dengan memanfaatkan sebaik-baiknya bahan yang tersedia secara lokal.
- e. Winterkorn (dikutip dalam Darwis, 2017), menyatakan bahwa stabilisasi tanah adalah istilah kolektif, untuk metode fisik, kimia, atau biologi, atau kombinasi metode semacam itu, yang digunakan untuk memperbaiki sifat tertentu dari tanah alami agar sesuai dengan tujuan rekayasa yang tepat.

- f. *Ruston Paving Company Inc.* (dikutip dalam Darwis, 2017), mengartikan bahwa “stabilisasi tanah adalah perubahan fisik dan kimia permanen dari tanah dan agregat untuk meningkatkan sifat teknisnya sehingga meningkatkan daya dukung dan beban *subgrade* atau *subbase* untuk mendukung perkerasan dan pondasi”.

Selain pengertian atau definisi yang dikutip dari beberapa ahli di atas, masih banyak pengertian yang dikemukakan oleh beberapa ahli lain. Namun secara umum dapat diartikan bahwa stabilisasi tanah adalah proses pencampuran tanah dengan bahan tertentu untuk memperbaiki sifat-sifat mekanis tanah (*engineering properties*). Stabilisasi tanah juga usaha untuk mengubah atau memperbaiki sifat-sifat mekanis tanah (*engineering properties*) agar memenuhi syarat teknis tertentu. Menurut Darwis (2017: 7), pengertian lebih luas dari stabilisasi tanah adalah “suatu metode rekayasa tanah yang bertujuan untuk meningkatkan dan/atau mempertahankan sifat-sifat tertentu pada tanah, agar selalu memenuhi syarat teknis yang dibutuhkan”.

Secara umum, ditinjau dari mekanisme yang terjadi pada tindakan stabilisasi tanah, maka klasifikasi tindakan stabilisasi tanah dapat dibedakan atas 2 macam, yaitu:

- a. Perbaikan tanah (*soil improvement*) adalah suatu jenis stabilisasi tanah yang dimaksudkan untuk memperbaiki atau mempertahankan kemampuan dan kinerja tanah sesuai syarat teknis yang dibutuhkan, dengan menggunakan bahan tambah atau *additive* (kimiawi), pencampuran tanah (*re-gradation*), pengeringan tanah (*dewatering*) atau melalui penyaluran energi statis/dinamis ke dalam lapisan tanah (fisik).
- b. Perkuatan tanah (*soil reinforcement*) adalah suatu jenis stabilisasi tanah yang dimaksudkan untuk memperbaiki atau mempertahankan kemampuan dan kinerja tanah sesuai syarat teknis yang dibutuhkan, dengan memberikan material sisipan ke dalam lapisan tanah tersebut.

Dari kedua pengklasifikasian di atas, terlihat korelasi antara keduanya, bahwa perbaikan tanah (*soil improvement*), relevan dengan stabilisasi kimia dan stabilisasi fisik, sedangkan perkuatan tanah (*soil reinforcement*), relevan dengan stabilisasi mekanis. Namun apabila ditinjau dari proses yang terjadi dalam pelaksanaannya, maka stabilisasi tanah dapat dibedakan menjadi 3 macam, sebagai berikut:

- a. Stabilisasi kimia, yaitu menambahkan bahan kimia tertentu (*additive*) dengan material tanah, sehingga terjadi reaksi kimia antara tanah dengan bahan

pencampurnya, yang akan menghasilkan material baru yang memiliki sifat teknik yang lebih baik. Misalnya penambahan padi dan serbuk *gypsum*.

- b. Stabilisasi fisik, yaitu mengaplikasikan energi dari beban dinamis atau beban statis ke dalam tanah, sehingga terjadi dekomposisi baru dalam massa tanah yang akan memperbaiki karakteristik lapisan tanah sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai.
- c. Stabilisasi mekanis, yaitu stabilisasi dengan memasukkan material sisipan ke dalam tanah sesuai dengan tujuan tindakan stabilisasi yang dicapai. Karena keberadaan material sisipan ke dalam lapisan tanah inilah, sehingga stabilisasi mekanis disebut juga sebagai perkuatan tanah (*soil reinforcement*). Misalnya stabilisasi dengan *metal strip*, *geotextile*, *geomembrane*, *geogrid*, *vertical drain*, dan lain sebagainya.

2.2.6 Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah menjadi penting dalam menentukan jenis kelompok tanah. Pengklasifikasian ini berguna untuk menggolongkan tanah berdasarkan karakteristik dan sifat fisik tanah secara singkat tanpa penjelasan terperinci. Sistem klasifikasi dibagi menjadi dua yaitu klasifikasi berdasarkan tekstur dan klasifikasi berdasarkan pemakaian. Klasifikasi berdasarkan tekstur adalah sistem klasifikasi USDA, sedangkan klasifikasi berdasarkan pemakaian yaitu sistem klasifikasi AASHTO dan sistem klasifikasi USCS. Klasifikasi USDA biasanya digunakan untuk keperluan bidang pertanian, sedangkan sistem klasifikasi AASHTO dan USCS biasanya digunakan untuk keperluan bidang geoteknik yang berkaitan dengan teknik sipil.

Dalam penelitian ini hanya digunakan sistem klasifikasi AASHTO dan sistem klasifikasi USCS. Hal ini karena berkaitan dengan tujuan penelitian yaitu untuk stabilisasi tanah yang merupakan bagian dari bidang teknik sipil.

A. Klasifikasi tanah menurut AASHTO

Sistem klasifikasi tanah AASHTO dikembangkan sejak tahun 1929 adalah sistem yang biasa digunakan untuk keperluan jalan raya. Sistem ini membagi tanah menjadi tujuh kelompok besar yaitu A-1 sampai dengan A-7. Tanah diklasifikasikan berdasarkan persentase jumlah butiran tanah yang lolos no. 200 dan nilai batas *atterberg*-nya (PI dan LL). Untuk lebih jelas dalam pengklasifikasian tanah berdasarkan AASHTO dapat dilihat pada **Tabel 2.5** berikut:

Tabel 2.5 Klasifikasi Tanah untuk Lapisan Tanah Dasar Jalan Raya (Sistem AASHTO)

Klasifikasi Umum	Tanah Berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan no200)						
Klasifikasi kelompok	A-1		A-3	A-2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis ayakan no.200 (%lolos) No. 10 No. 40 No. 200	Maks 50 Maks 30 Maks 15	Maks 50 Maks 25	Min 51 Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang lolos ayakan no.40 Batas cair(LL) Indeks Plastis (PI)	Maks 6		NP	Maks 40 Maks 10	Min 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11
Tipe material yang palingdominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilaiansebagai tanah dasar	Baik sekali sampai baik						
Klasifikasikelompok	A-4		A-5	A-6		A-7 A-7-5*A-7-6'	
Analisis ayakan no. 200 (%lolos) No. 10 No. 40 No. 200	Min 36		Min 36	Min 36		Min 36	
Sifat fraksi yang lolos ayakan no.40 Batas cair (LL) Indeks Plastis (PI)	Maks 40 Maks 10		Min 41 Maks 10	Maks 40 Min 11		Min 41 Min 11	
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau			Tanah berlempung			
Penilaian sebagai tanah dasar	Biasa sampai jelek						

Sumber: Das, 1995

Keterangan :

* untuk A-7-5, $PI \leq LL-30$ ' untuk A-7-6, $PI > LL-30$

B. Klasifikasi tanah menurut USCS

Sistem klasifikasi tanah menurut USCS, membagi tanah menjadi dua kelompok tanah, yaitu :

1. Tanah berbutir kasar, yaitu persentase tanah yang tertahan pada ayakan no 200 lebih dari 50 %. Simbol yang digunakan adalah G (*gravel* atau tanah berkerikil) dan S (*sand* atau tanah berpasir).
2. Tanah berbutir halus , yaitu persentase tanah yang lolos pada ayakan no 200 50% atau lebih. Simbol yang digunakan adalah M (*silt* atau lanau), C (*clay* atau lempung), O (organik bisa berupa lempung organik atau lanau organik), dan PT digunakan untuk tanah gambut atau tanah yang memiliki nilai kadar organik tinggi.

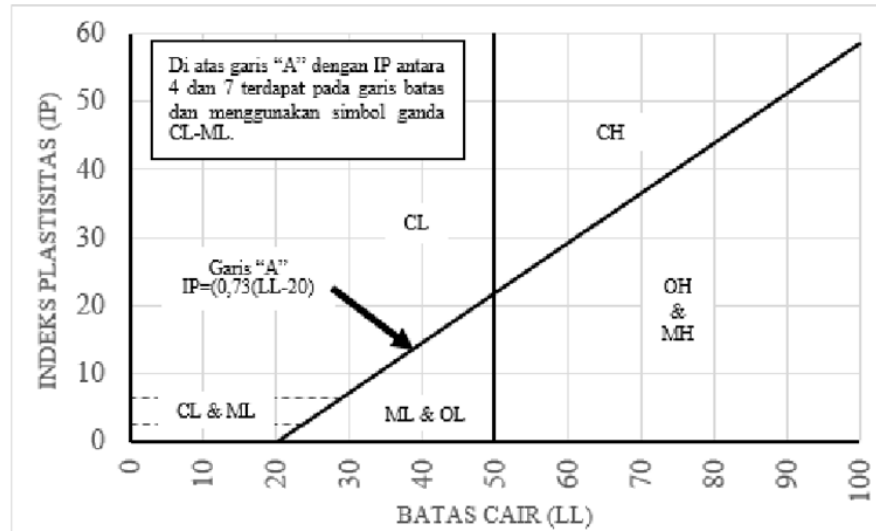
Dalam klasifikasi USCS dikenal simbo-simbol berikut : W (*well graded* atau tanah bergradasi baik), P (*poorly graded* atau tanah bergradasi buruk), L (*lowplasticity* atau tanah berplastisitas rendah) dan H (*high plasticity* atau tanah berplastisitas tinggi). Untuk lebih jelas dalam penglasifikasian tanah berdasarkanUSCS dapat dilihat pada Tabel 2.6 berikut:

Tabel 2.6 Sistem Klasifikasi Tanah menurut USCS

Pembagian Jenis			Nama Jenis	Simbol
Tanah Berbutir Kasar Lebih dari setengah materialnya lebih kasar dari ayakan no 200	Kerikil Lebih dari setengah fraksi kasaih kasar dari ayakan no 4	Kerikil bersih, (tanpa atau sedikit mengandung bahan halus)	Kerikil, kerikil campur pasir bergradasi baik tanpa atau dengan sedikit pasir halus.	Gw
			Kerikil, kerikil campur pasir bergradasi buruk tanpa atau dengan sedikit pasir halus.	GP
		Kerikil dengan bahan halus (banyak mengandung bahan halus)	Kerikil lanauan, kerikil campur pasir atau lanau.	GM
			Kerikil lempungan, kerikil campur pasir atau lempung.	GC
	Pasir Lebih dari setengah fraksi kasaih halus dari ayakan no 4	Pasir bersih (tanpa atau sedikit mengandung bahan halus)	Pasir, pasir kerikil bergradasi baik tanpa atau dengan sedikit bahan halus	SW
			Pasir, pasir kerikil bergradasi buruk tanpa atau dengan sedikit bahan halus	SP
		Pasir dengan bahan halus (banyak mengandung bahan halus)	Pasir kelanauan, pasir campur lanau.	SM
			Pasir kelempungan, pasir campur lempung.	SC
Tanah Berbutir Halus Lebih dari setengah materialnya lolos dari ayakan no 200		Batas cair kurang dari 50 %	lanau organik dan pasir sangat halus, tepung batu, pasir halus kelanauan atau kelempungan atau lanau kelempungan sedikit plastis.	ML

Pembagian Jenis			Nama Jenis	Simbol
			Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung kerikilan, lempung pasiran, lempung lanauan, lempung humus.	CL
			Lempung organik dan lempung lanauan organik dengan plastisitas rendah.	OL
		Batas cair lebih dari 50 %	Lempung anorganik, tanah pasiran halus atau tanah lanauan mengandung mika atau diatome lanau elastis.	MH
			Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung ekspansif	CH
			Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi, lanau organik.	OH
Tanah Organik			Gambut dan tanah organik lainnya.	Pt
KRITERIA KLASIFIKASI LABORATORIUM				
Tentukan persentase kerikil dan pasir dari kurva pembagian butir, berdasarkan pada persentase bahan halus (fraksi lebih halus dari ayakan No. 200). Tanah berbutir kasar diklasifikasikan sebagai berikut : GW, GP, SW, SP GM, GC, SM, SC pada garis batas menggunakan simbol ganda Kurang dari 5% Lebih dari 12% 5% sampai 12%		$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}^2}$ lebih besar dari 4 $Cu = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3		
		Tidak ditemukan semua persyaratan gradasi untuk GW		
		Batas atterberg di bawah garis “A” atau IP kurang dari 4	Di atas garis “A” dengan IP antara 4 dan 7 terdapat pada garis batas dan menggunakan simbol ganda GM-GC	
		Batas atterberg di atas garis “A” atau IP lebih besar dari 7		
		$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}^2}$ lebih besar dari 6 $Cu = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3		
		Tidak ditemukan semua persyaratan gradasi untuk SW		
		Batas atterberg di bawah garis “A” atau IP kurang dari 4	Di atas garis “A” dengan IP antara 4 dan 7 terdapat pada garis batas dan menggunakan simbol ganda SM-SC	
		Batas atterberg di atas garis “A” atau IP lebih besar dari 7		

Sumber: Hendarsin, 2000



Gambar 2.2 Kurva Index Plastisitas dan Batas Cair

Sumber: Hendarsin, 2000

2.2.7 Batu Kapur (Limestone)

Limestone adalah carbonate mineral yang terdiri dari *calcium magnesium carbonat* $CaMg (CO_3)_2$. Umumnya terdapat pada batuan sedimen yang disebut dolostone. Limestone mempunyai karakteristik fisik, yaitu berwarna kuning, merah muda, putih, coklat, merah dan berkilat.



Gambar 2.3 Batuan Kapur

(sumber: <https://dwikusumadpu.files.wordpress.com>)

2.2.8 California Bearing Ratio (CBR)

California Bearing Ratio adalah rasio dari gaya perlawanan penetrasi (*penetration resistance*) dari tanah terhadap penetrasi sebuah piston yang ditekan secara kontinu dengan gaya perlawanan penetrasi serupa pada contoh tanah standard berupa batu pecah di

California. Rasio tersebut diambil pada penetrasi 2,5 dan 5,0 mm (0,1 dan 0,2 in) dengan ketentuan angka tertinggi yang digunakan. Rumus perhitungan hasil *CBR* ditunjukkan pada Persamaan 2.1.

$$CBR = \frac{\text{Gaya Terukur}}{\text{Standar Gaya}} \times 100\% \dots\dots\dots (\text{Pers. 2.1})$$

Menurut Head 1986 nilai *CBR* dilaporkan dengan aturan sebagai berikut:

- a. untuk nilai *CBR* dibawah 30% dibulatkan ke 1% terdekat, contohnya 25,3% dilaporkan 25%,
- b. untuk nilai *CBR* antara 30% dibulatkan 100% dibulatkan ke 5% terdekat, contohnya 42% dilaporkan 40%,
- c. untuk nilai *CBR* diatas 100% dibulatkan ke 10% terdekat, contohnya 104% dilaporkan menjadi 100%.

Pengujian *CBR* menggunakan prinsip penetrasi geser dengan kelajuan konstan, dimana standar *plunger* didorong masuk kedalam tanah dengan kelajuan konstan dan gaya yang dibutuhkan untuk mempertahankan kelajuan diukur tiap interval tertentu. Hubungan antara beban dengan penetrasi diplot ke suatu grafik, mulai pemberian beban menjadi penetrasi standar beban tidak dibaca dan ditunjukkan sebagai perbandingan dari beban standar.

Nilai *CBR* dapat melebihi 100%, hal ini terjadi pada pemadatan slag (limbah peleburan logam) pecah dan tanah yang telah distabilkan. Kesimpulannya, nilai *CBR* merupakan rerata dari pengumpulan data grafik beban penetrasi sebagai kuantitas numerik (harga) tunggal.