

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

2.1.1 Definisi tanah

Dalam persepsi Teknik Sipil, tanah yaitu berkumpulnya bahan organik, mineral, dan endapan yang cenderung lepas, yang berada di atas batuan dasar, relatif lemahnya ikatan di antara butiran bisa dipicu karena adanya zat organik, karbonat, atau oksida yang mengendap di antara partikel, ruang diantara partikel bisa berisikan udara, air, maupun keduanya, proses pelapukan batuan atau proses geologi lain yang muncul di dekat permukaan bumi yang terbentuk menjadi tanah. Pembentukan tanah dapat berupa proses kimia maupun fisika, yang berasal dari batuan induknya.

Proses pembentukan tanah secara fisik yang merubah batuan menjadi partikel lebih kecil, sebagai akibat terjadinya pengaruh manusia, es, air, erosi, atau kehancuran partikel tanah karena berubahnya cuaca ataupun suhu. Partikel-partikel kemungkinan bentuknya bergerigi, bulat. Umumnya, pelapukan akibat terjadinya proses kimia oleh pengaruh karbon dioksida, oksigen, air (utamanya yang terkandung alkali atau asam) dan proses kimia lainnya. Apabila output pelapukan terdapat pada tempat asal, sehingga tanah tersebut dinamakan sebagai tanah sisa jika tanah berbeda tempatnya (ada perpindahan tempat) dinamakan sebagai tanah terangkut. Istilah pasir, lumpur, lanau, atau lempung berguna sebagai penggambaran ukuran partikel dengan batas ukuran butirannya sudah ditetapkan, namun, istilah yang serupa pula dipakai sebagai penggambaran sifat tanah pada khususnya. Misalnya, lempung yaitu jenis tanah yang sifatnya plastis dan kohesif.

Secara umum dari hasil survey lapangan dan test laboratorium tanah memiliki sifat-sifat sebagai berikut (Braja M Das, 1998) :

- a. Permeabilitas tanah
- b. Kemampuan dan konsoliditas tanah
- c. Kekutan tegangan geser tanah.
- d. Klasifikasi Tanah

Secara umum tanah dapat diklasifikasikan menjadi 3 berdasarkan sifat lekatnya, yaitu tanah kohesif, tanah tidak kohesif (granular) dan tanah organik tanah. Sifat-sifat tanah kohesif adalah sebagai berikut :

1. Tanah Kohesif adalah tanah yang mempunyai sifat lekatan antara butir - butirnya seperti tanah lempung.
2. Tanah Non Kohesif adalah tanah yang tidak mempunyai atau sedikit sekali lekatan antara butir - butirnya atau hampir tidak mengandung lempung misal pasir.
3. Tanah Organik adalah tanah yang sifatnya sangat dipengaruhi oleh bahan - bahan organik (sifat tidak baik) seperti sisa-sisa hewani maupun tumbuhan.

Jenis tanah berdasarkan ukuran butir digolongkan menjadi :

1. Batu Kerikil (*gravel*)
2. Pasir (*sand*)
3. Lanau (*slit*)
4. Lempung (*clay*)

Batu kerikil dan pasir dikenal sebagai golongan bahan-bahan yang berbutir kasar/tidak kohesif, sedangkan lanau dan lempung di kenal sebagai golongan bahan-bahan yang berbutir halus/kohesif.

2.1.2 Tanah lanau

Tanah lanau biasanya terbentuk oleh dekomposisi kristal kuarsa berukuran pasir. Beberapa perpustakaan Indonesia menyebut benda ini sebagai debu. Lanau dapat membentuk sedimen yang mengapung di atas air atau tenggelam. Pembelahan alami melibatkan pelapukan kimia batuan dan batuan lapuk dan pelapukan fisik melalui es garam. Proses utama termasuk abrasi oleh padatan (gletser), cairan (endapan sungai) atau angin. Di daerah semi-kering, produksi lumpur biasanya tinggi.

Lanau yang terbentuk secara glasial (oleh gletser) dalam Bahasa Inggris kadang-kadang disebut *rock flour* atau *stone dust*. Dalam hal komposisi mineral, lanau terdiri dari feldspar kuarsa. Sifat fisik lanau umumnya antara lempung dan

pasir. Selain itu, lanau adalah tanah berbutir halus kurang dari 0,074 mm (No. 200). Ada dua jenis Lanau, yaitu lanau anorganik, yang merupakan tanah berbutir halus dengan plastisitas kecil, yang mengandung partikel kuarsa sedimen, kadang-kadang disebut bubuk batu dan lanau organik, semacam mikroplastisitas dengan campuran partikel tanah berbutir halus. Bahannya dipisahkan dengan halus, dan warna tanahnya bervariasi dari abu-abu muda hingga abu-abu gelap. lanau adalah tanah berbutir halus yang batas cair dan indeks plastisitasnya lebih rendah dari garis A, dan liat lebih tinggi dari garis A. Kelompok ML dan MH adalah tanah yang diklasifikasikan sebagai lanau pasiran, lanau lempung atau lanau anorganis dengan plastisitas relative rendah. Juga termasuk tanah jenis butiran lepas, bubuk batu, tanah yang mengandung mika juga beberapa jenis lempung (Darwis, 2017).

2.2 Stabilisasi Tanah

Secara umum stabilisasi tanah diartikan sebagai proses pencampuran tanah yang berbahan dasar tertentu berguna sebagai perbaikan sifat-sifat teknis tanah. Seluruh tindakan merubah sifat asli dari tanah, untuk sesuai akan kebutuhan konstruksi yaitu termasuk tindakan yang tergolong sebagai upaya menstabilisasi tanah. Menurut Darwis (2017), definisi lebih luas dari stabilisasi tanah yaitu “metode rekayasa tanah yang tujuannya sebagai peningkatan dan pertahanan sifat-sifat tertentu dari tanah, supaya selalu terpenuhinya syarat teknis yang dibutuhkan”.

Secara garis besarnya, apabila dilihat dari mekanisme global yang muncul pada tindakan stabilisasi tanah, sehingga dapat dibedakan dua macam klasifikasi tindakan stabilisasi tanah diantaranya:

- 1) Perkuatan tanah, yaitu jenis stabilisasi tanah yang bertujuan sebagai perbaikan ataupun pertahanan kinerja dan kapasitas tanah sesuai kriteria diperlukan, dengan memberi material sisipan ke lapisan tanah.
- 2) Perbaikan tanah, yakni jenis stabilisasi tanah yang dimaksudkan untuk sebagai perbaikan dan pertahanan kinerja dan kemampuan tanah sesuai kriteria teknis yang diperlukan, dengan mempergunakan penyaluran energi

- 3) statis/dinamis ke dalam tanah (fisik), pengeringan tanah, pencampuran tanah, ataupun mempergunakan bahan kimiawi.

Namun apabila dilihat dari proses yang muncul dalam pelaksanaan stabilisasi tanah, sehingga dibedakan kedalam tiga jenis stabilisasi tanah, yaitu berikut ini:

- 1) Stabilisasi Mekanis.
- 2) Stabilisasi Kimia.
- 3) Stabilitas fisik.

2.3 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah yaitu sistem pengaturan sejumlah jenis tanah yang berbeda namun mempunyai sifat sama ke dalam kelompok-kelompok serta subkelompok-subkelompok menurut penggunaannya (Das, 1995). Klasifikasi tanah ditetapkan salah satunya dari perbandingan jumlah fraksi-fraksi (lempung, lanau, pasir, dan kerikil) dan sifat plastisitas butirannya halus. Ada dua sistem klasifikasi yang seringkali dipakai bagi klasifikasi tanah, yakni berikut ini.

a) *Unified Soil Classification System (USCS)*

Dalam sistem Unified, tanah dibagi dari tanah yang butirannya kasar (pasir serta kerikil) apabila <50% lolos saringannya nomor 200, serta tanah yang butirannya halus (lempung) apabila > 50% lolos saringannya nomor 200 (0,075 mm). Tanah yang butirannya kasar (*coarse-grained – soil*), simbol kelompok ini yaitu pula dinyatakan gradasi tanah yang bersimbol P (bai tanah bergradasi buruk) dan W (bagi tanah bergradasi baik).

Tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*), merupakan tanah yang lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan nomor 200 (0,075 mm) simbol kelompok ini yaitu O (bagi lanau organik), dan C (bagi lempung anorganik), plastisitas dinyatakan dalam H (tinggi) dan L (rendah).

Untuk klasifikasi yang benar, perlu memperhatikan factor-faktor berikut ini :

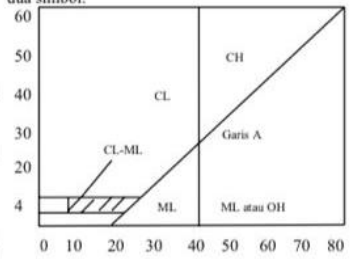
1. Persentase butiran yang lolos ayakan no.40
2. Persentase fraksi kasar yang lolos ayakan no.40

3. Koefisien keseragaman (*Uniformity coefficient, Cu*) dan koefisien gradasi (*Gradation Coefficient, Cc*) untuk tanah dimana 0 – 12% lolos ayakan nomor 200

Tabel 2. 1 Simbol Klasifikasi Tanah Sistem USCS

Simbol	Nama Klasifikasi Tanah
G	Kerikil (<i>gravel</i>)
S	Pasir (<i>sand</i>)
C	Lempung (<i>Clay</i>)
M	Lanau (<i>Silt</i>)
O	Lanau atau lempung organik (<i>organic silt or clay</i>)
Pt	Tanah gambut dan tanah organik tinggi (<i>peat and highly organic clay</i>)
L	Plastisitas rendah (<i>low plasticity</i>)
H	Plastisitas tinggi (<i>high plasticity</i>)
W	Bergradasi baik (<i>well graded</i>)
P	Bergradasi buruk (<i>poor graded</i>)

(sumber: DAS, 1991)

Divisi Utama	Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi		
Tanah berbutir kasar ≥ 50% butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil 50% ≥ fraksi kasar tertahan saringan No. 4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
		Kerikil dengan Butiran halus	GP		
		Kerikil dengan Butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas Atterberg berada didaerah arsis dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	
	Pasir ≥ 50% fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	SW	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW
			Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	SP	
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas Atterberg berada didaerah arsis dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	
	Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung batas cair ≤ 50%	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	ML	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang di arsis berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol. 
			Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clays</i>)	CL	
Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah			OL		
Lanau dan lempung batas cair > 50%		Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis	MH		
		Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat clays</i>)	CH		
		Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi	OH		
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		

Gambar 2. 1 Klasifikasi Tanah Sistem Unified (DAS, 1991)

b) *American of state highway and transportation officials classification (AASHTO)*

Adapun pembagian sistem klasifikasi AASHTO menjadi 7 kelompok besar, yakni A-1 hingga A-7. Dimana tanahnya dikelompokkan menjadi A-1, A-2, dan A-3 yaitu tanah dengan butiran 35% atau kurang dari banyaknya butir tanah

tersebut lolos ayakan No.200. Dimana tanah yang melebihi 35% butiran yang lolos ayakan No.200 dikelompokkan menjadi kelompok A-4,A-5,A-6, dan A-7. Dengan butirannya dalam kelompok A-4 hingga A-7 tersebut mayoritas yakni lempung serta lanau.

Sistem klasifikasi ini berdasarkan kriteria yaitu:

a. Ukuran butiran

Kerikil : bagian tanah yang lolos ayakan yang diameternya 75 mm (3 inch) dan tertahan di ayakan No 20 (2 mm)

Pasir : bagian tanah yang tertahan pada ayakan No. 200 (0,0075 mm) serta yang lolos ayakan No.10 (2 mm).

b. Plastisitas

Dipakainya nama berlanau jika bagian yang halus dari tanah memiliki 10 atau kurang indeks plastisitasnya. Nama berlempung digunakan jika sebesar 11 atau lebih indeks plastisitas dalam bagian yang halus dari tanah.

c. jika batu batuan (ukurannya melebihi 75mm) dijumpai di dalam contoh tanah yang akan ditetapkan klasifikasi tanahnya, sehingga harus mengeluarkan terlebih dulu batuan-batuan tersebut, namun persentase dari pengeluaran batuan tersebut harus dilakukan pencatatan.

Dalam setiap kelompok tanah dinilai ke dalam indeks kelompoknya yang diukur menggunakan rumus empiris. Indeks kelompok ini berguna sebagai penilaian kelanjutan tanah dalam kelompoknya, adapun persamaannya,

$$GI = (F - 35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,01 (F - 15) (PI - 10) \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

GI = indeks kelompok (*group index*)

F = persen butiran lolos saringan no. 200

LL = batas cair

PI = indeks plastisitas

Klasifikasi Umum	material berbutir (<35% lolos saringan no.200)							tanah lanau-lempung (>35% lolos saringan no.200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Analisis ayakan (% lolos) No. 10 No. 40 No. 200	50 maks 30	----- 50 maks	51 maks	----- 35 maks	----- 35 maks	----- 35 maks	----- 35 maks	----- 36 min	----- 36 min	----- 36 min	----- 36 min
Sifat Fraksi yang lewat : # No.40 : Batas Cair Indeks Plastisitas	----- 6 maks	----- 6 maks	N.P	40 maks 10 maks	41 min 10 maks	40 maks 11 min	41 min 11 min	40 maks 10 maks	40 min 10 maks	40 maks 11 min	41 min 11 min
Jenis Umum	Fragmen batuan Kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil atau pasir lanauan atau lempungan				Tanah lanauan		Tamah lempungan	
Tingkat umum sebagai Tanah dasar	Sangat baik sampai baik							Cukup baik sampai buruk			

Gambar 2. 2 Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO (Das, 1991)

2.4 Kapur

Kapur adalah bahan *stabilizer* yang sifatnya basa secara kimiawi. Prinsip perbaikan tanah dari kapur yaitu pencampuran kapur untuk memanfaatkan kelebihan karakteristik teknis dari bahan kapur, dimana tanah mempunyai karakteristik kurang baik, berupa kompresibilitas yang tinggi, tanah dengan plastisitas tinggi, potensi ekspansi yang tinggi, dan lainnya.

Mengacu persyaratan pada SNI 03-4147-1996, jenis kapur yang dianjurkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan memperbaiki tanah yaitu kapur tohor dan padam. Seperti halnya yang diketahui bahwa terdapat sejumlah jenis kapur, diantaranya:

- 1) Kapur tohor, yang berkomposisi mayoritas berupa kalsium karbonat, yang merupakan kapur dari hasil pembakaran batu kapur di temperatur $\pm 90^{\circ}\text{C}$;

- 2) Kapur padam, yakni dari hasil memadamkan kapur tohor dengan air, maka akan menjadi bentuk senyawa Kalsium Hidrat;
- 3) Kapur tipe I, yakni yang memuat kandungan kadar Magnesium Oksida tertinggi 4% berat serta kalsium hidrat $[Ca(OH)_2]$ tinggi;
- 4) Kapur tipe II, yakni kapur Domit yang memuat kandungan Magnesium Oksida melebihi 4% dan tertinggi 36% berat.

2.5 Abu Sekam padi

Abu sekam padi ialah sisa pembakaran dari sekam padi, sekam padi diartikan sebagai lapisan keras yang tertutupi butir keras. Dalam proses penggilingan padi, sekam padi akan dipisahkan dari butir beras lalu akan berubah jadi bahan limbah, maka pada dasarnya abu sekam adalah limbah sisa pembakaran.

Widhiarto dkk (2015) mengungkapkan bahwasanya abu sekam padi banyak memuat kandungan material pozzolan dan silika dikarenakan memuat kandungan unsur kapur bebas yang bisa menjadi keras secara sendiri, selain terkandung unsur aluminium dioksida yang keduanya adalah unsur yang mudah bereaksi bersama kapur. Silika adalah unsur pokok abu sekam yang memberi keuntungan, dikarenakan dalam keadaan yang cocok bisa bereaksi dengan kapur bebas akan menjadi bentuk gel yang sifatnya selaku bahan ikat. menurut Balai Besar Institut Kimia (1982, dalam Widhiarto dkk., 2015), unsur-unsur kimia yang terkandung pada abu sekam padi disajikan pada tabel berikut ini

Tabel 2. 2 Unsur-Unsur Yang Terkandung Dalam Abu Sekam

Unsur	Kandungan (%)
SiO ₂	21,6
Al ₂ O ₃	4,6
Fe ₂ O ₃	2,8
CaO	62,8
MgO	3,2
SO ₄	2,1
CaO bebas	1,2

Unsur	Kandungan (%)
Na ₂ O	0,41
K ₂ O	0,24

(Sumber: Balai Besar Institut Kimia, 1982)

2.6 Kadar Air

Kadar air ialah perimbangan antara berat air yang termuat di tanah dimana berat butiran tanah keringnya dinyatakan berbentuk persen (%). Dalam praktikum ini pengujian kadar air mempergunakan standar ASTM D2216-92 (1996). Tanah diartikan sebagai material yang meliputi butiran mineral padat yang tak tersementasikan dengan yang lainnya dan terletak di atas batuan dasarnya. Relatif lemah ikatan butirannya dikarenakan terdapatnya ruang (rongga) di antara partikel-partikel butiran di tanah. Ruang tersebut berisikan udara dan air atau berisikan kedua-duanya. Jika tanah telah betul-betul mengering sehingga tidak akan adanya air sekalipun di porinya. Kondisi ini sudah sulit dijumpai di tanah yang masih berkondisi asli atau tanah di porinya. Air hanya bisa hilang dari tanah jika adanya pengambilan khusus untuk tujuan tersebut, misal dipanaskan ke dalam oven.

Memadainya penyelidikan tanah adalah sebuah pekerjaan pendahuluan yang sangatlah krusial dalam merencanakan sebuah proyek. Maka karenanya diperlukan adanya pengujian kadar air di tanah supaya derajat kejenuhan dari tanah tidak kacau oleh kadar, yakni perimbangan antara berat air dalam contohnya beratnya butiran. Terdiri atas 2 sampai 3 bagian dalam segumpal tanah dalam keadaan jenuh air, keadaan kering, tanah meliputi 2 bagian yaitu air pori serta butiran tanah. Dalam keadaan natural, tanah meliputi 3 bagian, yaitu butir tanah, air pori sekaligus pori udara. Hubungan volume dengan berat yang dipakai pada mekanika tanah yaitu: berat jenis derajat kejenuhan, angka pori, porositas, berat volume, kadar, lainnya.

2.7 Pengujian Berat Jenis

Perbandingan berat volume antara butiran padat (γ_s) dan air (γ_w) di suhu 40°C G_s , dari berbagai jenis tanah kisaran berat jenisnya kisaran 2,65 hingga 2,75, tidak memiliki dimensi disebut sebagai berat jenis *specific gravity* tanah (G_s). Senilai 2,67 nilai berat jenisnya yang secara umum dipakai untuk tanah yang tidak

berkohesi, sementara kisaran 2,68 hingga 2,72 bagi tanah kohesif tak organik. Adapun tabel 2.3 yang menjelaskan nilai berat jenis dari berbagai jenis tanah.

Tabel 2. 3 Nilai-Nilai Berat Jenis Tanah

Macam Tanah	Berat Jenis Gs
Kerikil	2,65 - 2,68
Pasir	2,65 - 2,68
Lanau Tak organic	2,62 - 2,68
Lempung Organic	2,58 - 2,65
Lempung Tak Organic	2,68 - 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 - 1,80

(Sumber : Hardiyatmo, 1992)

2.8 Pengujian Batas-batas Konsistensi

Potensi tanah dalam penyesuaian perubahan bentuk dengan volume konstan dengan tidak harus terjadinya keretakan di tanah tersebut disebut sebagai plastisitas tanah. Konsistensi tanah mendapat pengaruh dari kadar air dimana bisa berwujud padat, semi padat, plastis, dan cair. Konsistensi yaitu kedudukan fisik tanah berbutir dalam kadar air tertentu. Konsistensinya bergantung dari gaya tarik antar partikel lempung di tanah. Di tahun 1911, Atterberg memberi metode yang dipakai sebagai penggambaran batasan konsistensi tanah dengan butiran halus menggunakan pertimbangan kandungan kadar air di tanah. Batas-batas tersebut diistilahkan sebagai “batas Atterberg” meliputi; *shrinkage limit*, *liquid plastis*, dan *liquid limit*.

A. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Ini merupakan nilai air tanah dalam kedudukannya antara kondisi cair dengan kondisi plastis tanah, atau nilai batas atas di daerah plastis. Dilakukannya uji batas air dapat menggunakan Uji *Casagrande* (1948), dimana contohnya dengan memasukkan tanah ke cawan *Casagrande* lalu meratakan permukaannya, serta di alur (*grooving*) tepat di tengah. Berikutnya,

mengetukkan pada landasannya menggunakan alat penggetar cawan tersebut sebanyak 25 ketukan dengan tingginya jatuh 1 cm. Jika alur dengan lebar 12,7 mm yang ada di tengah tertutup hingga sebatas 25 ketukan, sehingga kadar air tanah sewaktu itu adalah “batas cair”. Dikarenakan tidaklah mudah menyesuaikan alur tertutup tepat di ketukan 25 kali dalam membuat percobaannya, sehingga diperlukan adanya percobaan secara berulang dimana pengambilan nilai ketukan antara 15 hingga 35 ketukan ketika alur tertutup. Kemudian membuat grafik semilog dari data tersebut, lalu mencari besarnya nilai kadar di ketukan ke-25.

B. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Ini merupakan nilai kadar air di kedudukannya antara daerah plastis dan semi padat. Penentuan nilai batas plastis ini menggunakan uji coba penggulungan tanah sampai berdiameter 3,2 mm dimana biasanya akan terjadi retak-retak. Nilai “batas plastis” tanah ini ditunjukkan dari kadar air tanah yang digulung dalam kondisi tersebut diatas.

C. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Ini merupakan selisih antara batas cair dengan plastis di tanah.

$$PI = LL - PL \dots\dots\dots(2.2)$$

Sifat keplastisan tanah ditunjukkan dari indeks plastisitas, apabila rendahnya nilai PI sehingga tanah akan terkandung banyak lanau, namun bila tingginya nilai PI sehingga tanah memuat banyak lempung. Tanah lanau memiliki ciri dan sifat yaitu sedikitnya kadar air maka tanah akan lebih mudah kering. Menurut Atterberg adaoun pemberian batas-batas nilai Indeks Plastisitas dengan ragam tanah, sifat-sifat beserta kohesifitasnya, bisa diketahui dalam Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Nilai Indeks Plastisitas dan Ragam Tanah

PI	Sifat	Ragam 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

(Sumber : Dasar-Dasar Mekanika Tanah)

2.9 Pemadatan

Pemadatan merupakan peristiwa penambahan berat volume kering di tanah sebagai akibat dari beban dinamis. Sebagai akibatnya beban dinamis butir tanah akan merapatkan satu sama lainnya, maka berakibat pada rongga udara di tanah yang berkurang. Sehingga pemadatan diartikan sebagai aplikasi energi mekanis pada maka dapat sebagai pengurangan angka pori tanah dan perbaikan susunan partikelnya. Hakikatnya pemadatan tanah termasuk upaya yang diterapkan sebagai perbaikan karakteristik fisik tanah, serta meningkatkan kekuatan geser. Secara terinci adapun tujuan pemadatan tanah diantaranya:

- 1) Kurangnya perubahan volume di tanah dari akibat berubahnya kadar air tanah, dimana adanya pori yang semakin kecil akan membuat angka pori berubah lebih kecil juga.
- 2) Kurangnya kompresibilitas tanah: dimana pemadatan tanah dapat menjadikan berubahnya angka pori sebelum dan sesudah beban bangunan yang bekerja semakin lebih kecil, maka akan menurunkan juga koefisien pemampatan (av).
- 3) Ditingkatkannya daya kuat geser tanah: dimana penambahan berat volume tanah dapat menambah tegangan tanah, serta menurunnya angka pori tanah dapat mengurangi juga tekanan pori di tanah.
- 4) Kurangnya permeabilitas tanah: dimana adanya penyusutan angka pori dapat mengurangi debit air yang membuat massa tanah dapat ditembus

- 5) Ditingkatkannya daya dukung tanah: yang mana pemadatan bisa berakibat pada peningkatan berat volume tanah, maka daya dukung tanah akan lebih diperbesar.

2.10 CBR (*California Bearing Ratio*)

Pada tahun 1928 pertama kali CBR dipopulerkan oleh *California Division of Highways*. Sementara metode CBR ini diperkenalkan lebih luas oleh O. J. Porter. CBR merupakan perimbangan di antara beban yang diperlukan dalam penetrasi seperti tanah senilai 0,1"/0,2" pada penetrasi 0,1"/0,2" beban dari penahanan batu pecah standar. Pengujian CBR adalah perbandingan antara beban penetrasi (*test load*) suatu bahan dengan beban standard (*standard load*) dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama.

Nilai CBR dihitung pada penetrasi sebesar 0,1 inci dan penetrasi sebesar 0,2 inci dan selanjutnya hasil kedua perhitungan tersebut dibandingkan sesuai dengan SNI 03-1744-2012 diambil hasil terbesar. Nilai CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standard berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100%. Ada 2 macam pengukuran CBR yaitu :

1. Nilai CBR untuk tekanan penetrasi pada 0,254 cm (0,1") terhadap penetrasi standard sebesar 70,37 kg/cm² (1000 psi)

$$\text{Nilai CBR} = (\text{PI}/70,37) \times 100\% \quad (\text{PI dalam kg/cm}^2)$$

2. Nilai CBR untuk tekanan penetrasi pada 0,508 cm (0,2") terhadap penetrasi standard yang besarnya 105,56 kg/cm² (1500 psi)

$$\text{Nilai CBR} = (\text{PI}/105,56) \times 100\% \quad (\text{PI dalam kg/cm}^2)$$

Dari kedua hitungan tersebut digunakan nilai terbesar

CBR laboratorium dibedakan atas 2 macam, yaitu CBR laboratorium terendam (*soaked*) dan CBR laboratorium tidak terendam (*unsoaked*).

- a. CBR laboratorium terendam (*soaked*) dilakukan perendaman selama 4 hari (96 jam), perendaman ini bertujuan untuk membuat tanah menjadi jenuh air (SNI 1744-2012).

- b. CBR laboratorium tidak terendam (*unsoaked*) dilakukan langsung setelah tanah dipadatkan untuk pengujian.

Beban standar adalah beban yang didapat dari uji pada batu yang pecah dengan memiliki nilai CBR 100%. Bisa diketahui dalam Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Beban Standar Pada Berbagai Penetrasi CBR

Penetration (inchi)	Beban standar (lb)	Penetrasi plunger (mm)	Beban standar (kg)	Beban standar (kN)
0,10	3000	2,25	1370	13,50
0,20	4500	5,00	2055	20,00
0,30	5700	7,50	2630	25,50
0,40	6900	10,00	3180	31,00
0,50	7800	12,50	3600	35,00

(Sumber : Stabilisasi Tanah Lempung Campur Kapur Dan Abu Sekam Padi Berdasarkan Uji Cbr Laboratorium)

Alat percobaan berguna sebagai pengukuran besaran CBR seperti alat yang memiliki pistol yang dimainkan dengan lajunya 0,05 in/min, vertikal ke bawah. Proving ring dipakai sebagai pengukuran beban yang diperlukan di penetrasi tertentu dengan pengukurannya menggunakan arloji ukur. Peralatan yang dipakai antaranya, arloji pengukur penetrasi, keping beban, alat ukur pengembangan, alat penumbuk, cetakan logam yang dilengkapi leher sambung, mesin penetrasi yang dilengkapi alat ukur beban, dan lainnya.

Sebagaimana yang dikemukakan Proctor, dalam Das (1995:235) umumnya uji coba di laboratorium dilaksanakan guna memperoleh berat volume kering maksimum sekaligus kadar air optimum yakni Proctor Compaction Test. Berikutnya prosedur pengujian pemadatan, salah satunya:

- a. Uji Proctor (*standard proctor test*)

Digunakannya cetakan silinder dengan volumenya 1/30 ft (=943,3 cm³) untuk tanah dipadatkan. Berdiameter cetakan 4 in (=101,6 mm). Ada campuran tanah dengan air yang memiliki kadar tidak sama, selanjutnya digunakan penumbuk khusus untuk memadatkannya. Lalu melakukan

pemadatan dalam 3 lapisan (kisaran 1,0 in tebalnya) dan setiap lapisan ditumbuk sebanyak 25 kali. Sebesar 5,5 lb (massa = 2,5 kg) dari berat penumbuk dan 12 in (=304,8 mm) tinggi jatuh.

b. Uji Proctor Dimodifikasi

Dalam menjalankan pengujian Proctor dimodifikasi, digunakannya cetakan serupa dimana volumenya $1/3 \text{ ft}^3$ (=944 cm^3) seperti halnya dalam pengujian Proctor standar. Dengan dimanfaatkannya penumbuk dengan berat 10 lb (massa = 4,54 kg) untuk memadatkan tanah dalam 5 lapisan. Sebesar 18 in(457,2 mm) merupakan tinggi jatuh penumbuk.

2.11 Penelitian Terdahulu

Penggunaan kapur dan abu sekam padi sebagai stabilisator dalam upaya peningkatan daya dukung tanah merupakan bidang penelitian yang aktif. Beberapa penelitian terdahulu yang menjadi bahan pertimbangan dalam penelitian ini seputar peningkatan daya dukung dan stabilisasi tanah dikarenakan adanya kesamaan metode, sampel tanah dan beberapa campuran *additive* yang digunakan, antara lain:

- 1) Indrayani. *et al.*, (2021) dengan judul Upaya Peningkatan Nilai CBR Tanah Lempung Menggunakan Kapur, Abu Sekam Dan Serat Fiber. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan persentase tanah pada uji CBR *soaked* mengalami peningkatan. Untuk variasi bahan tambah terbesar CBR didapatkan pada campuran variasi tanah asli + serat 0,1% + abu sekam 2,5% kapur 5% sebesar 52,49.
- 2) Katrinnada *et al.*, (2021) dengan judul pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi dan Kapur Terhadap Nilai Daya Dukung Tanah Lunak Gambut Dikabupaten Barito Kuala. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya peningkatan nilai daya dukung tanah pada tanah lunak gambut dengan campuran abu sekam padi dan kapur dengan menggunakan tes CBR Laboratorium mengalami peningkatan puncak sebesar 50% dari tanah asli.

- 3) Fitridawati *et al.*, (2017) dengan judul Stabilisasi Tanah Dengan Variasi Penambahan Kapur Dan Waktu Pemeraman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama waktu pemeraman maka akan membuat semakin besar pula nilai cbr yang terjadi, nilai CBR terbesar terjadi pada variasi penambahan kapur 15% dengan lama waktu pemeraman 14 hari yaitu sebesar 79,27%.