

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah

1. Pengertian Tanah

Menurut Craig (1991), tanah adalah akumulasi mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan antar partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan.

Tanah adalah kumpulan-kumpulan dari bagian-bagian yang padat dan tidak terikat antara satu dengan yang lain (diantaranya mungkin material organik) dan rongga-rongga diantara material tersebut berisi udara dan air. (Verhoef, 1994).

Pengertian tanah menurut Bowles (1991), tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut:

- a. Berangkal (*boulders*) adalah potongan batuan yang besar, biasanya berukuran 250 mm sampai 300 mm dan untuk ukuran 150 mm sampai 250 mm.
- b. Kerikil (*gravel*) adalah partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.

- c. Pasir (*sand*) adalah partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, yang berkisar dari kasar dengan ukuran 3 mm sampai 5 mm sampai halus yang berukuran < 1 mm.
- d. Lanau (*silt*) adalah partikel batuan yang berukuran dari 0,002 mm sampai 0,0074 mm.
- e. Lempung (*clay*) adalah partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm yang merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif.
- f. Koloid (*colloids*) adalah partikel mineral yang diam dan berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

Sedangkan tanah didefinisikan oleh Das (1998) sebagai material yang terdiri dari agregat mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut.

Tanah terjadi sebagai produk pecahan dari batuan yang mengalami pelapukan mekanis atau kimiawi. Pelapukan mekanis terjadi apabila batuan berubah menjadi fragmen yang lebih kecil tanpa terjadinya suatu perubahan kimiawi dengan faktor-faktor yang mempengaruhi, yaitu pengaruh iklim, eksfoliasi, erosi oleh angin dan hujan, abrasi, serta kegiatan organik. Sedangkan pelapukan kimiawi meliputi perubahan mineral batuan menjadi senyawa mineral yang baru dengan proses yang terjadi antara lain seperti oksidasi, larutan (*solution*), pelarut (*leaching*).

2. Klasifikasi Tanah

Menurut Das (1998), klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi ini menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi namun tidak ada yang benar-benar memberikan penjelasan yang tegas mengenai kemungkinannya.

Sistem klasifikasi tanah dimaksudkan untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisik tanah dasar serta mengelompokkannya sesuai dengan perilaku umum dari tanah tersebut. Tujuan klasifikasi tanah adalah untuk menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu serta untuk menginformasikan tentang keadaan tanah dari suatu daerah kepada daerah lainnya dalam bentuk berupa data dasar. Klasifikasi tanah juga berguna untuk studi yang lebih terinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1991).

Menurut Verhoef (1994), tanah dapat dibagi dalam tiga kelompok:

1. Tanah berbutir kasar (pasir, kerikil)
2. Tanah berbutir halus (lanau, lempung)
3. Tanah campuran

Perbedaan antara pasir/kerikil dan lanau/lempung dapat diketahui dari sifat-sifat material tersebut. Lanau/lempung sering kali terbukti kohesif

(saling mengikat) sedangkan material yang berbutir (pasir, kerikil) adalah tidak kohesif (tidak saling mengikat). Struktur dari tanah yang tidak berkohesi ditentukan oleh cara penumpukan butir (kerangka butiran). Struktur dari tanah yang berkohesi ditentukan oleh konfigurasi bagian-bagian kecil dan ikatan diantara bagian-bagian kecil ini.

Ada beberapa macam sistem klasifikasi tanah, antara lain:

a. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Ukuran Butir

Ukuran butir merupakan suatu metode yang jelas untuk mengklasifikasikan tanah dan kebanyakan usaha-usaha yang terdahulu untuk membuat sistem klasifikasi adalah berdasarkan ukuran butiran.

Tabel 1. Klasifikasi berdasarkan ukuran butiran

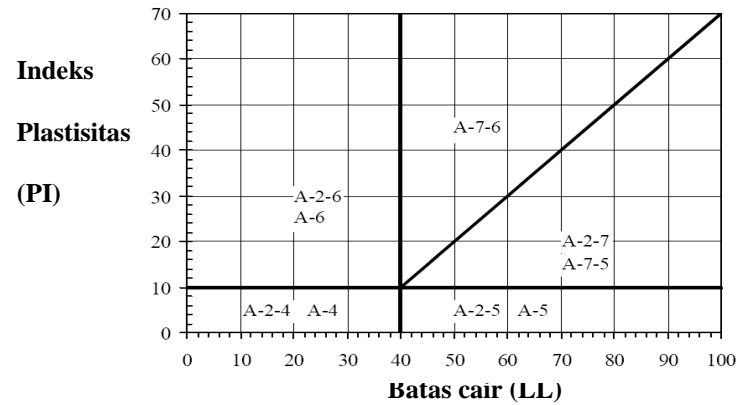
Sistem Klasifikasi	Ukuran Butir (mm)						
	100	10	1	0,1	0,01	0,001	0,0001
MIT	Kerikil		Pasir		Lanau		Lempung
	2		0,06		0,002		
AASHTO	Kerikil		Pasir		Lanau		Lempung
	75		2		0,05		0,002
Unified	Kerikil		Pasir		Fraksi halus (Lanau Lempung)		
	75		4,75		0,075		

Sumber : Craig (1991)

b. Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO membagi tanah kedalam 7 kelompok, A-1 sampai A-7. Kelompok A-8 tidak diperlihatkan tetapi merupakan gambut ditentukan berdasarkan klasifikasi visual. Pengujian yang dilakukan hanya analisis saringan dan batas-batas

Atterberg. Kelompok tanah dapat dilihat berdasarkan hubungan indeks plastisitas dan batas cair seperti pada Gambar 1 di bawah ini :



Gambar 1. Rentang dari batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) untuk kelompok tanah (Das, 1998).

Indeks kelompok (*group index*) digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya. Indeks kelompok dihitung dengan persamaan:

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

Dimana:

GI = indeks kelompok (*group index*)

F = persentase butiran lolos saringan no. 200

LL = batas cair (*liquid limit*)

PI = indeks plastisitas

Bila nilai indeks kelompok (GI) semakin tinggi maka semakin berkurang ketepatan penggunaan tanahnya untuk suatu konstruksi.

Tabel 2. Sistem klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO

Klasifikasi umum	Bahan - bahan berbutir (35% atau kurang dari lolos saringan No. 200)							Bahan – bahan lanau lempung (lebih dari 35% lolos saringan No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5*
Analisis saringan (% lolos) : No.10 No.40 No.200	≤ 50 ≤ 30 ≤ 15	≤ 50 ≤ 25	≥ 51 ≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) : Indeks Plastisitas (PI) :	≤ 6		NP	≤ 40 ≤ 10	≥ 41 ≤ 10	≤ 40 ≥ 11	≥ 41 ≥ 11	≤ 40 ≤ 10	≥ 41 ≤ 10	≤ 40 ≥ 11	≥ 41 ≥ 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung				Tanah berlanau		Tanah Berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik							Biasa sampai jelek			

*A-7-5 ($PI \leq LL - 30$)

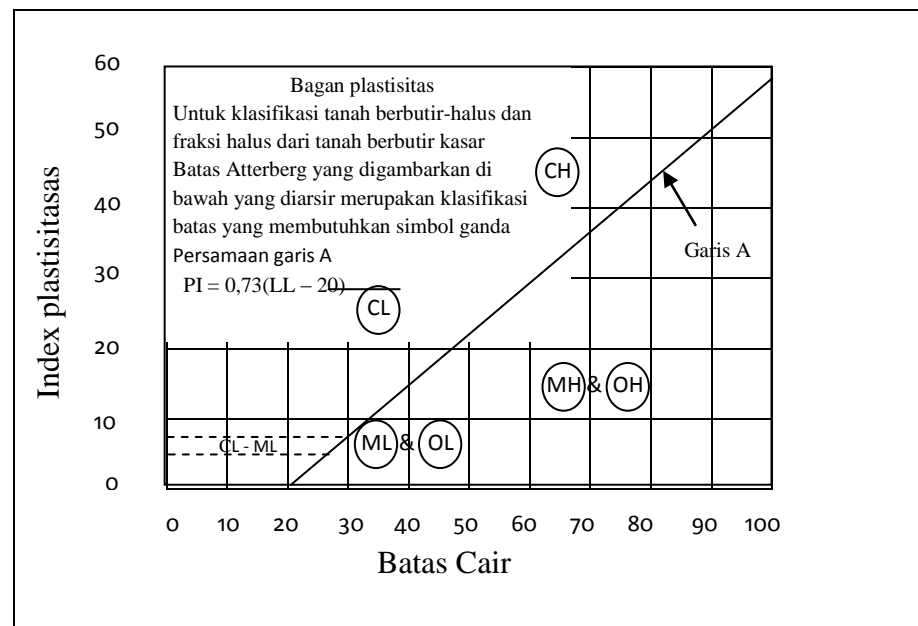
*A-7-6 ($PI \geq LL - 30$)

Sumber : Das, 1998

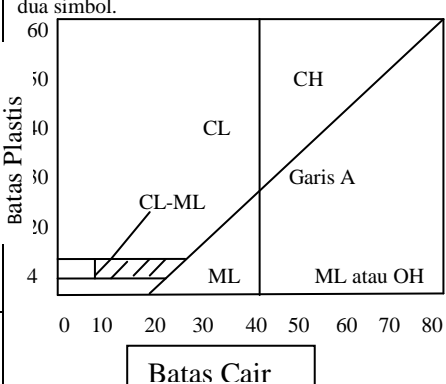
c. Klasifikasi tanah *Unified* (USCS)**Tabel 3.** Sistem klasifikasi tanah *Unified* (Bowles,1991)

Jenis Tanah	Prefiks	Subkelompok	Sufiks
Kerikil	G	Gradasi baik	W
		Gradasi buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	$wl < 50$ persen	L
Organik	O	$wl > 50$ persen	H
Gambut	Pt		

Hubungan antara batas cair (LL) dengan indeks plastisitas (PI) berdasarkan system *Unified* ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah ini

**Gambar 2.** Indeks plastisitas sistem *Unified*

Tabel 4. Klasifikasi tanah berdasarkan Sistem *Unified*

Divisi Utama		Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi		
Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran tertahan saringan No. 200	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	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ 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-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol	
			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 kedua kriteria untuk SW
				SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
	Pasir dengan butiran halus		SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir 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 $\leq 50\%$	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 di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.  Batas A : $PI = 0.73 (LL - 20)$
				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 $\geq 50\%$	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis		
CH			Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat 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 Designation D-2488			

Sumber : Hary Christady, 1996.

B. Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan tanah dengan ukuran mikrokonis sampai dengan sub mikrokonis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering, bersifat plastis pada kadar air sedang, sedangkan pada keadaan air yang lebih tinggi tanah lempung akan bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak.

Menurut DAS (1998), tanah lempung merupakan tanah yang terdiri dari partikel-partikel tertentu yang menghasilkan sifat plastis apabila dalam kondisi basah.

Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung adalah sebagai berikut (Hardiyatmo, 1999) :

- a. Ukuran butir halus, yaitu kurang dari 0,002 mm.
- b. Permeabilitas rendah.
- c. Kenaikan air kapiler tinggi.
- d. Bersifat sangat kohesif.
- e. Kadar kembang susut yang tinggi.
- f. Proses konsolidasi lambat.

Lempung merupakan tanah berbutir halus koloidal yang tersusun dari mineral-mineral yang dapat mengembang. Tanah lempung memiliki sifat khusus yaitu kapasitas pertukaran ion yang tinggi yang mengakibatkan lempung memiliki potensi pengembangan yang cukup tinggi apabila terjadi perubahan kadar air. Tanah lempung mengembang ketika kadar air bertambah

dari nilai referensinya. Sebaliknya, akan menyusut ketika kadar air berkurang dari nilai referensinya sampai batas susut. Dengan kata lain, lempung memiliki kepekaan yang sangat tinggi terhadap perubahan kadar air.

Berdasarkan ukurannya butirannya, tanah lempung merupakan golongan partikel yang berukuran antara 0,002 mm sampai 0,005 mm yang terdiri dari mineral-mineral lempung yang berukuran kurang dari 2 μm . Jenis mineral lempung yang biasanya terdapat pada tanah lempung adalah:

a. *Kaolinite*

Kaolinite merupakan anggota kelompok *kaolinite serpentin*, yaitu *hidrus alumino silikat* dengan rumus kimia $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$. Kekokohan sifat struktur dari partikel *kaolinite* menyebabkan sifat-sifat plastisitas dan daya pengembangan atau menyusut *kaolinite* menjadi rendah.

b. *Illite*

Illite dengan rumus kimia $\text{K}_y\text{Al}_2(\text{Fe}_2\text{Mg}_2\text{Mg}_3)(\text{Si}_{4y}\text{Al}_y)\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ adalah mineral bermika yang sering dikenal sebagai *mika tanha* dan merupakan mika yang berukuran lempung. Istilah *illite* dipakai untuk tanah berbutir halus, sedangkan tanah berbutir kasar disebut *mika hidrus*.

c. *Montmorilonite*

Mineral ini memiliki potensi plastisitas dan mengembang atau menyusut yang tinggi sehingga bersifat plastis pada keadaan basah dan keras pada keadaan kering.

Hubungan antara sifat-sifat mineral lempung antara lain:

a. Hubungan Antara Plastisitas dan Dehidrasi

Partikel lempung hampir selalu terhidrasi, yaitu dikelilingi oleh lapisan-lapisan molekul air yang disebut air teradsorpsi (*adsorbed water*). Air tertarik ke lapisan dengan cukup kuat sehingga berperilaku lebih sebagai benda padat dari pada benda cair. Lapisan air ini dapat hilang pada temperature yang lebih tinggi dari 60°C sampai 100°C dan akan mengurangi plastisitas alamiah dari tanah. Sebagian air ini juga dapat hilang cukup dengan pengeringan udara saja. Pada umumnya, apabila lapisan ganda mengalami dehidrasi pada temperature rendah, sifat plastisitasnya dapat dikembalikan lagi dengan mencampur air yang cukup dan dikeringkan (*curing*) selama 24 sampai 48 jam. Apabila dehidrasi terjadi pada temperature yang lebih tinggi, sifat plastisitasnya akan turun atau berkurang untuk selamanya. (Bowles, 1991).

b. Hubungan Antara Plastisitas Dan Fraksi Lempung

Ketebalan air mengelilingi butiran tanah lempung tergantung dari macam mineralnya. Jadi dapat diharapkan plastisitas tanah lempung tergantung dari sifat mineral lempung yang ada pada butirannya dan jumlah mineralnya.

Berdasarkan pengujian laboratorium pada beberapa tanah diperoleh bahwa indeks plastisitas berbanding langsung dengan persen fraksi ukuran lempungnya (yaitu persen dari berat yang lebih kecil dari ukuran

0,002 mm). Nilai perbandingan tersebut dinamakan Aktivitas (A), demikian aktifitas dapat diartikan sebagai:

$$A = \frac{PI}{C}$$

dengan C adalah persentase berat dari fraksi ukuran lempung. Aktivitas tanah yang diuji akan merupakan fungsi dari macam mineral lempung yang dikandungnya. (Hardiyatmo, 1992)

c. Hubungan Antara Batas Kosistensi dan Potensi Perubahan Volume

Perubahan volume berhubungan langsung dengan batas susut dan sebagian berkaitan pula dengan batas plastis dan batas cair. Tabel 5 memberikan hubungan kasar yang telah dijumpai dan cukup dapat diandalkan untuk meramalkan terjadinya perubahan volume. (Bowles, 1991).

Tabel 5. Hubungan batas *Atterberg* dan potensi perubahan volume

Potensi perubahan volume	Indeks plastisitas		Batas susut w_s
	Daerah kering	Daerah lembab	
Kecil	0 – 15	0 – 30	> 12
Sedang	15 – 30	30 – 50	10 – 12
Tinggi	>30	>50	<10

C. Stabilisasi Tanah

Tanah merupakan salah satu bahan konstruksi yang langsung tersedia di lapangan sebagai timbunan dan apabila dapat digunakan akan sangat ekonomis. Namun tanah harus dipakai setelah melalui proses pengendalian

mutu. Apabila tanah ditimbun secara sembarangan akan mengakibatkan stabilitas yang rendah dan penurunan yang sangat besar.

Tanah yang terdapat di lapangan memiliki sifat yang beraneka ragam. Sifat tanah yang sangat lepas dan sangat mudah tertekan, mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai atau permeabilitas yang terlalu tinggi perlu dilakukan stabilisasi sebelum dilakukannya pembangunan di atas tanah tersebut. Stabilisasi tanah merupakan suatu metode untuk memperbaiki sifat tanah agar sesuai untuk suatu proyek konstruksi.

Stabilisasi dapat terdiri dari tindakan-tindakan berikut:

1. Meningkatkan kerapatan tanah.
2. Menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan/ atau tahanan gesek yang timbul.
3. Menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan/ atau fisis pada tanah.
4. Menurunkan muka air tanah.
5. Mengganti tanah yang buruk.

Usaha stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan salah satu cara atau kombinasi dari pekerjaan pekerjaan berikut (Bowles, 1991) :

1. Mekanis adalah pemadatan dengan berbagai jenis peralatan mekanis seperti mesin gilas (*roller*), benda berat yang dijatuhkan, ledakan tekanan statis, tekstur, pembekuan, pemanasan, dan sebagainya.
2. Bahan pencampur (*addtiver*) adalah penambahan bahan lain pada tanah. Bahan *additive* yang digunakan dapat berupa bahan kimiawi, seperti

semen, abu batubara, aspal, sodium, kalsium klorida, atau limbah pabrik kertas dan lain-lain sedangkan bahan nonkimia yang biasa digunakan antara lain gamping atau kerikil.

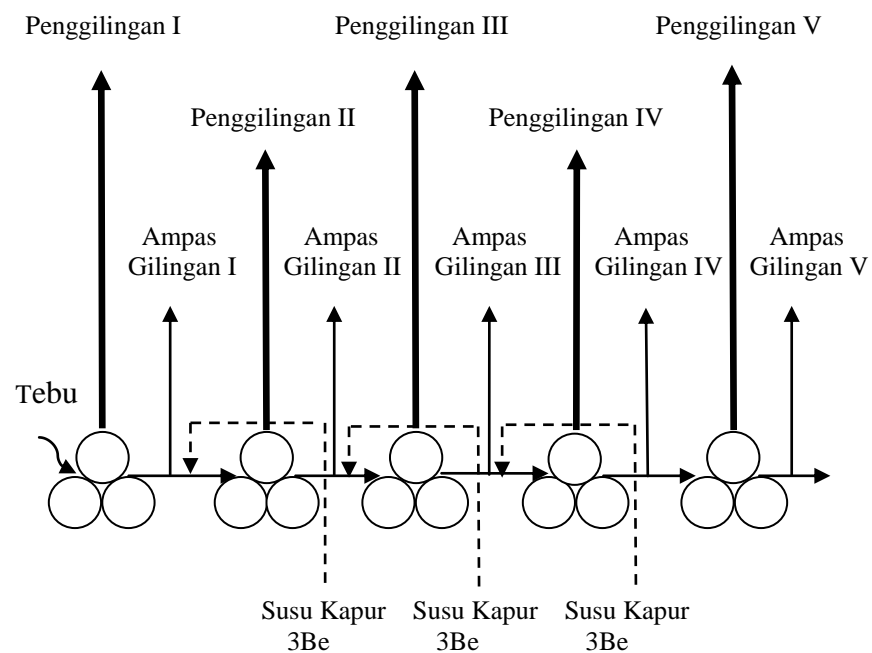
Upaya stabilisasi tanah lempung sudah banyak dilakukan dengan stabilisator yang beraneka ragam seperti kapur, semen, kombinasi semen dan abu terbang, aspal, dan lain-lain. Alasan penggunaan bahan-bahan tersebut adalah kesesuaiannya dengan jenis tanah, mudah didapat, harga murah, dan tidak mencemari lingkungan.

D. Abu Ampas Tebu

Abu ampas tebu merupakan limbah hasil pembakaran ampas tebu. Ampas tebu merupakan suatu residu dari proses penggilingan tanaman tebu setelah diekstrak atau dikeluarkan niranya pada industri pemurnian gula sehingga hasil samping sejumlah limbah berserat yang dikenal sebagai ampas tebu (*bagasse*).

Pada proses penggilingan tebu, terdapat lima kali proses penggilingan dari batang tebu sampai dihasilkan ampas tebu. Pada penggilingan pertama dan kedua dihasilkan nira mentah yang berwarna kuning kecoklatan. Kemudian pada proses penggilingan ketiga, keempat dan kelima dihasilkan nira dengan volume yang tidak sama. Setelah proses penggilingan awal, yaitu penggilingan pertama dan kedua dihasilkan ampas tebu basah. Untuk mendapatkan nira yang optimal, pada penggilingan ampas hasil gilingan kedua harus ditambahkan susu kapur 3Be yang berfungsi sebagai senyawa

yang mampu menyerap nira dari serat ampas tebu sehingga pada penggilingan ketiga nira masih dapat diserap meskipun volumenya lebih sedikit dari hasil gilingan kedua. Pada penggilingan seterusnya hingga penggilingan kelima ditambahkan susu kapur 3Be dengan volume yang berbeda-beda tergantung sedikit banyaknya nira yang masih dapat dihasilkan.



Gambar 3. Proses penggilingan tebu

Tiap berproduksi, pabrik gula selalu menghasilkan limbah yang terdiri dari limbah padat, cair dan gas. Limbah padat, yaitu ampas tebu (*bagasse*), abu boiler dan blotong (*filter cake*). Ampas tebu merupakan limbah padat yang berasal dari perasan batang tebu ini banyak mengandung serat dan gabus. Pembuangan ampas tebu dapat membawa masalah sebab ampas bersifat meruah sehingga menyimpannya perlu area yang luas. Ampas mudah terbakar sebab didalamnya banyak mengandung air, gula, serat, dan mikroba sehingga bila tertumpuk akan termentasi dan melepaskan panas. Untuk

mengatasi kelebihan ampas tebu adalah dengan membakarnya untuk mengurangi jumlah ampas tebu. Pembakaran ampas tebu inilah yang menghasilkan abu ampas tebu.

Abu ampas tebu (*baggage ash*) merupakan hasil perubahan kimiawi dari pembakaran ampas tebu murni yang terdiri dari garam-garam anorganik.

Tabel 6. Komposisi abu pembakaran ampas tebu

Senyawa Kimia	Presentase (%)
SiO ₂	71
Al ₂ O ₃	1,9
Fe ₂ O ₃	7,8
CaO	3,4
MgO	0,3
KzO	8,2
P ₂ O ₅	3,0
MnO	0,2

(Sumber : Dubey dan Varma *Sugar By-Products & Subsidiary Industries* dalam Kian dan Susesno. 2002)

E. Semen

Semen merupakan salah satu bahan perekat yang jika dicampur dengan air mampu mengikat bahan-bahan padat seperti pasir dan batu menjadi suatu kesatuan. Fungsi semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Sifat pengikatan semen ditentukan oleh susunan kimia

yang dikandungnya. Adapun bahan utama yang dikandung semen adalah kapur (CaO), silikat (SiO₂), alumunium oksida (Al₂O₃), ferro oksida (Fe₂O₃), magnesit (MgO), serta oksida lain dalam jumlah kecil (Lea and Desch, 1940).

Jenis-jenis semen menurut semen adalah adalah :

1. Semen abu atau semen *portland* adalah bubuk/*bulk* berwarna abu kebiruan-biruan, dibentuk dari bahan utama batu kapur berkadar kalsium tinggi yang diolah dalam tanur yang bersuhu dan bertekanan tinggi. Semen ini biasa digunakan sebagai perekat untuk memplester. Semen ini berdasarkan prosentase kandungan penyusunnya terdiri dari 5 (lima) tipe, yaitu tipe I sampai dengan tipe V.
2. Semen putih (*gray cement*) adalah semen yang lebih murni dari abu dan digunakan untuk pekerjaan penyelesaian (*finishing*) seperti sebagai *filler* atau pengisi. Semen jenis ini dibuat dari bahan utama kalsit (*calcite*) *limestone* murni.
3. *Oil well cement* atau semen sumur minyak adalah semen khusus yang digunakan dalam proses pengeboran minyak bumi atau gas alam, baik di darat maupun di lepas pantai.
4. *Mixed & fly ash cement* adalah campuran semen dengan *pozzolan* buatan (*fly ash*). *Pozzolan* buatan (*fly ash*) merupakan hasil sampingan dari pembakaran batubara yang mengandung *amorphous* silika, aluminium oksida, besi oksida dan oksida lainnya dalam berbagai variasi jumlah. Semen ini digunakan sebagai campuran untuk membuat beton sehingga menjadilebih keras.

Pada Tabel 7 dijelaskan beberapa unsure kimia serta komposisi kimia pembentuk semen *Portland*

Tabel 7. Komposisi kimia tipikal semen *Portland* biasa

Nama Kimia	Rumus Kimia	Notasi	Berat (%)
<i>Tricalcium silicate</i>	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S	50
<i>Dicalcium silicate</i>	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S	25
<i>Tricalcium aluminate</i>	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A	12
<i>Tetracalcium aluminoferrite</i>	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF	8
<i>Calcium sulfate dihydrate</i>	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	CSH_2	3,5

F. Pemadatan Tanah

Pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel.

Manfaat dari pemadatan tanah adalah memperbaiki beberapa sifat teknik tanah, antara lain:

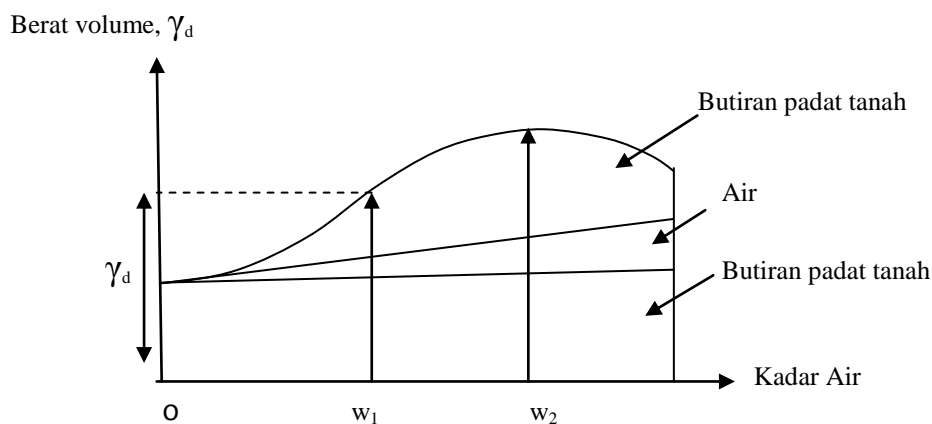
1. Memperbaiki kuat geser tanah yaitu menaikkan nilai θ dan C (memperkuat tanah).
2. Mengurangi kompresibilitas yaitu mengurangi penurunan oleh beban.
3. Mengurangi permeabilitas yaitu mengurangi nilai k .
4. Mengurangi sifat kembang susut tanah (lempung).

Tujuan pemadatan adalah untuk memperbaiki sifat-sifat teknis massa tanah. Beberapa keuntungan yang didapatkan dengan adanya pemadatan ini adalah:

1. Berkurangnya penurunan permukaan tanah.
2. Bertambahnya kekuatan tanah.
3. Penyusutan berkurang akibat berkurangnya kadar air dari nilai patokan pada saat pengeringan.

Kerugian utamanya adalah adanya pemuaiian (bertambahnya kadar air dari) dan kemungkinan pembekuan tanah akan membesar.

Tingkat pemadatan tanah diukur dari berat volume kering tanah yang dipadatkan. Bila air ditambahkan pada tanah yang sedang dipadatkan, air tersebut akan berfungsi sebagai unsur pembasah (pelumas) pada partikel-partikel tanah. Kadar air mempunyai pengaruh yang besar terhadap tingkat kepadatan yang dapat dicapai oleh suatu tanah. Selain kadar air, faktor-faktor lain yang mempengaruhi pemadatan adalah jenis tanah dan usaha pemadatan. Dengan dilakukannya pengujian pemadatan tanah maka akan terdapat hubungan antara kadar air dengan berat volume seperti Gambar 5. berikut:



Gambar 4. Prinsip umum pemadatan tanah (hubungan antara kadar air dengan berat volume)

Berdasarkan tenaga pemadatan yang diberikan, pengujian *proctor* dibedakan menjadi 2 macam:

1. Proktor Standar.
2. Proktor Modifikasi.

Rincian mengenai persamaan ataupun perbedaan dari kedua *proctor* tersebut, diperlihatkan dalam Tabel 8.

Tabel 8. Elemen-elemen uji pemadatan di laboratorium (Das, 1988)

	Proctor Standar (ASTM D-698)	Proctor Modifikasi (ASTM D-1557)
Berat palu	24,5 N (5,5 lb)	44,5 N (10 lb)
Tinggi jatuh palu	305 mm (12 in)	457 mm (18 in)
Jumlah lapisan	3	5
Jumlah tumbukan/lapisan	25	25
Volume cetakan	1/30 ft ³	
Tanah	saringan (-) No. 4	
Energi pemadatan	595 kJ/m ³	2698 kJ/m ³

G. *California Bearing Ratio (CBR)*

Metode perencanaan perkerasan jalan yang umum digunakan yaitu dengan cara-cara empiris, yang biasa dikenal adalah cara CBR (*California Bearing Ratio*). Metode ini dikembangkan oleh *California State Highway Departement* sebagai cara untuk menilai kekuatan tanah dasar jalan (*subgrade*).

CBR adalah perbandingan antara beban yang dibutuhkan untuk penetrasi tanah contoh sebesar 0,1” atau 0,2”. Jadi harga CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai sebesar 100% dalam memikul beban. Nilai CBR akan digunakan untuk menentukan tebal lapisan perkerasan. Untuk menentukan tebal lapis perkerasan dari nilai CBR digunakan grafik-grafik yang dikembangkan untuk berbagai muatan roda kendaraan dengan intensitas lalu lintas.

Berdasarkan cara mendapatkan contoh tanah, CBR dapat dibagi atas :

1. CBR lapangan (*CBR in place* atau *field CBR*).

CBR lapangan memiliki kegunaan untuk mendapatkan nilai CBR asli di lapangan sesuai dengan kondisi tanah pada saat itu. Umumnya digunakan untuk perencanaan tebal lapis perkerasan yang lapisan tanah dasarnya sudah tidak akan dipadatkan lagi.

2. CBR lapangan rendaman (*undisturbed soaked CBR*).

CBR lapangan rendaman ini berguna untuk mendapatkan nilai CBR asli di lapangan pada keadaan jenuh air dan tanah yang mengalami pengembangan (*swelling*) yang maksimum. Pemeriksaan ini dilaksanakan pada musim kemarau dan kondisi tanah dasar tidak dalam keadaan jenuh air. Dan digunakan pada badan jalan yang sering terendam air pada musim hujan.

3. CBR laboratorium (*laboratory CBR*).

CBR laboratorium dapat disebut juga CBR rencana titik. Tanah dasar yang diperiksa merupakan jalan baru yang berasal dari tanah asli, tanah

timbunan atau tanah galian yang dipadatkan sampai mencapai 95% kepadatan maksimum. Dengan demikian daya dukung tanah dasar merupakan kemampuan lapisan tanah yang memikul beban setelah tanah itu dipadatkan. Oleh karena itu, nilai CBR laboratorium adalah nilai CBR yang diperoleh dari contoh tanah yang dibuat dan mewakili keadaan tanah tersebut setelah dipadatkan.

Pemeriksaan CBR laboratorium dilaksanakan dengan dua macam metode yaitu CBR laboratorium rendaman (*soaked design CBR*) dan CBR laboratorium tanpa rendaman (*unsoaked design CBR*) (Sukirman, 1992). Hal yang membedakan pada dua macam metode tersebut adalah contoh tanah atau benda uji sebelum dilakukan pemeriksaan CBR.

Untuk metode CBR rendaman, contoh tanah di dalam cetakan direndam dalam air sehingga air dapat meresap dari atas maupun dari bawah dan permukaan air selama perendaman harus tetap kemudian benda uji yang direndam telah siap untuk diperiksa. Dan untuk metode CBR tanpa rendaman, contoh tanah dapat langsung diperiksa tanpa dilakukan perendaman (ASTM D-1883-87).

Uji CBR metode rendaman adalah untuk mengasumsikan keadaan hujan atau saat kondisi terjelek di lapangan yang akan memberikan pengaruh penambahan air pada tanah yang telah berkurang airnya, sehingga akan mengakibatkan pengembangan (*swelling*) dan penurunan kuat dukung tanah.

Pengujian kekuatan CBR dilakukan dengan alat yang mempunyai piston dengan luas 3 sqinch dengan kecepatan gerak vertikal ke bawah 0,05 inch/menit, *proving ring* digunakan untuk mengukur beban yang dibutuhkan pada penetrasi tertentu yang diukur dengan arloji pengukur (*dial*). Penentuan nilai CBR yang biasa digunakan untuk menghitung kekuatan pondasi jalan adalah penetrasi 0,1” dan penetrasi 0,2” dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Nilai CBR pada penetrasi 0,1''} = \frac{A}{3000} \times 100\%$$

$$\text{Nilai CBR pada penetrasi 0,2''} = \frac{B}{4500} \times 100\%$$

Dimana :

A = pembacaan dial pada saat penetrasi 0,1”

B = pembacaan dial pada saat penetrasi 0,2”

Nilai CBR yang didapat adalah nilai yang terkecil diantara hasil perhitungan kedua nilai CBR.

Berikut ini adalah tabel beban yang digunakan untuk melakukan penetrasi bahan standar.

Tabel 9. Beban penetrasi bahan standar

Penetrasi (inch)	Beban Standar (lbs)	Beban Standar (lbs/inch)
0,1	3000	1000
0,2	4500	1500
0,3	5700	1900
0,4	6900	2300
0,5	7800	6000

H. Tinjauan Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian laboratorium yang menjadi bahan pertimbangan dan acuan penelitian ini dikarenakan adanya kesamaan metode dan sampel tanah yang digunakan serta penggunaan bahan *additive* pada penelitiannya.

Hasil penelitian di laboratorium menunjukkan bahan stabilisasi menggunakan abu ampas tebu 5 %, 10 %, dan 15 % dapat memperbaiki sifat fisik dan mekanik tanah lunak. Pada pengujian fisik seperti batas-batas *Atterberg* mengalami penurunan setelah distabilisasi. Sementara pada pengujian mekanik, penggunaan abu ampas tebu cukup efektif dalam meningkatkan daya dukung tanah lunak. Dari hasil pengujian CBR rendaman atau tanpa rendaman, tanah yang telah distabilisasi dengan campuran abu ampas tebu dapat digunakan sebagai tanah dasar pada konstruksi jalan dikarenakan nilai CBRnya ≥ 6 % (Zulya Safitri, 2012).

Sementara berdasarkan penelitian menggunakan campuran abu ampas tebu dan semen 6 %, 9 %, dan 12 % dengan perbandingan abu ampas tebu dan semen adalah 2 : 1 pengujian fisik seperti berat jenis mengalami kenaikan dan batas-batas *Atterberg* mengalami penurunan setelah distabilisasi. Sementara pada pengujian mekanik, penggunaan abu ampas tebu dan semen dapat meningkatkan daya dukung tanah tersebut. Dari hasil pengujian CBR rendaman atau tanpa rendaman, tanah yang distabilisasi dengan abu ampas tebu dan semen memiliki nilai CBR ≥ 6 % (Eka Fitriani Sari, 2012)