

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mineral Lempung

Lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari 0,002 mm (=2 mikron), namun demikian, di beberapa kasus, partikel berukuran antara 0,002 mm sampai 0,005 mm juga masih digolongkan sebagai partikel lempung.¹¹ Dari segi mineralnya (bukan ukurannya), yang disebut tanah lempung (dan mineral lempung) ialah yang mempunyai partikel-partikel mineral tertentu yang menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air. Jadi, dari segi mineral, tanah dapat juga disebut sebagai tanah bukan lempung (*non clay soils*) meskipun terdiri dari partikel-partikel yang sangat kecil seperti partikel *quartz*, *feldspar*, dan mika dapat berukuran submikroskopis, tetapi umumnya mereka tidak dapat menyebabkan terjadinya sifat plastis dari tanah (Das, B.M., et .al,1999).

Mineral lempung merupakan senyawa aluminium silika kompleks yang terdiri dari satu atau dua unit dasar yaitu silika tetrahedra dan aluminium oktahedra. Setiap unit tetrahedra (bersisi empat) terdiri dari empat atom oksigen mengelilingi satu atom silikon. Kombinasi dari unit-unit silika tetrahedra tersebut membentuk lembaran silika (*silica sheet*). Tiga atom oksigen pada dasar setiap tetrahedra tersebut dipakai bersama oleh tetrahedra-tetrahedra yang bersebelahan. Unit-unit oktahedra (bersisi delapan) terdiri dari enam gugus ion hidroksil (OH) yang mengelilingi sebuah atom aluminium, dan kombinasi dari unit-unit hidroksi

aluminium berbentuk oktahedra itu membentuk lembaran oktahedra dan lembaran ini juga disebut lembaran *gibbsite* (Das, B.M., et.al,1999).

Beberapa mineral lempung yang yang biasa terdapat adalah:

1. Mineral *kaolinit*

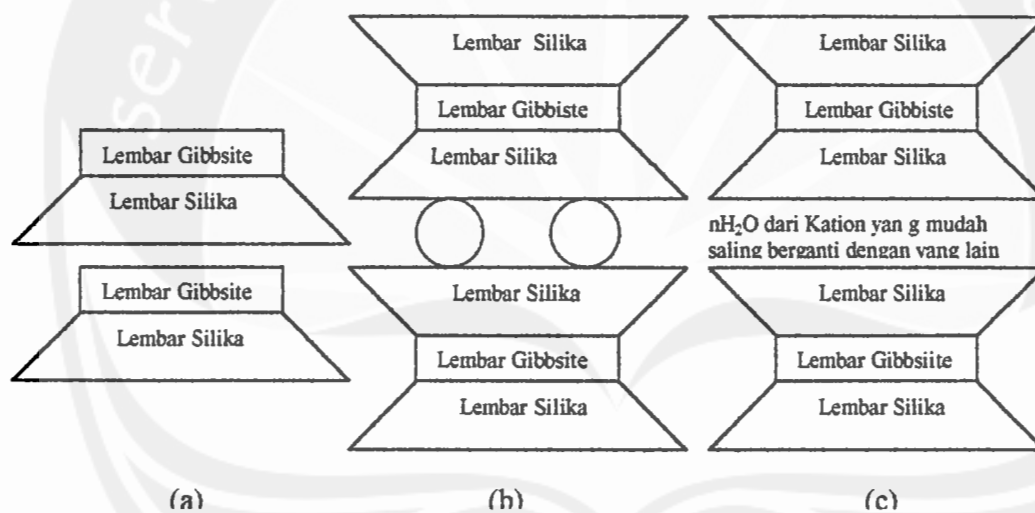
Mineral ini terdiri atas tumpukan lapisan-lapisan dasar lembaran-lembaran kombinasi silika-*gibbsite*. Setiap lapisan dasar itu mempunyai tebal kira-kira 7,2 Å ($1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$). Tumpukan lapisan-lapisan tersebut diikat oleh ikatan hidrogen (*hydrogen bonding*). Mineral *kaolinite* berwujud seperti lempengan-lempengan tipis, masing-masing dengan diameter kira-kira 1000 Å sampai 20.000 Å dan ketebalan dari 100 Å sampai 1000 Å. Luas permukaan per unit massa ini didefinisikan sebagai luasan spesifik, seperti yang terlihat pada Gambar 2.1 (a).

2. Mineral *Illite*

Mineral ini terdiri atas sebuah lembaran *gibbsite* yang diapit oleh dua buah lembaran silika. *Illite* ini juga kadang-kadang disebut mika lempung. Lapisan-lapisan *illite* terikat satu sama lain oleh ion-ion kalium. Muatan negatif yang diperlukan untuk mengikat ion-ion kalium tersebut didapat dengan adanya penggantian (substitusi) sebagian atom silikon pada lembaran tetrahedra oleh atom-atom aluminium. Partikel-partikel *illite* pada umumnya mempunyai dimensi mendatar berkisar antara 1000 Å sampai 5000 Å (juga umumnya berbentuk lempengan-lempengan tipis) dan ketebalan dari 50 Å sampai 500 Å. Luasan spesifik dari partikel adalah sekitar $80 \text{ m}^2/\text{gram}$, seperti pada Gambar 2.1 (b).

3. Mineral-mineral *montmorillonite*

Mineral ini mempunyai bentuk struktur yang sama dengan *illite*, yaitu satu lembaran *gibbsite* diapit oleh dua lembaran silika. Pada *montmorillonite* terjadi substitusi isomorf antara atom-atom magnesium dan besi menggantikan sebagian atom-atom kalium seperti pada *illite*, dan sejumlah besar molekul tertarik kepada ruangan di antara lapisan-lapisan tersebut. Partikel *montmorillonite* mempunyai dimensi mendatar dari 1000 Å sampai 5000 Å dan ketebalan 10 Å sampai 50 Å. Luasan spesifiknya adalah sekitar 800 m²/gram. seperti pada Gambar 2.1 (c).



Gambar 2.1. Struktur : (a) *kolinete*; (b) *ilite*; (c) *montmorillonite*.

Di samping mineral-mineral tersebut di atas, mineral-mineral tanah lempung yang lain yang umum dijumpai adalah *chlorite*, *halloysite*, *vermiculliter*, dan *attapulgit*. Umumnya partikel-partikel tanah lempung mempunyai muatan negatif pada permukaannya. Muatan negatif yang lebih besar dijumpai pada

partikel-partikel yang mempunyai luasan spesifik yang lebih besar (Das, B.M., et.al, 1999).

2.2 Tanah Lempung Ekspansif

Tanah lempung merupakan tanah berbutir halus yang menurut klasifikasi sistem AASHTO adalah tanah yang lolos saringan no.200 lebih dari 35%. Sifat karakteristik ini terutama diidentifikasi berdasarkan batas-batas konsistensinya.

Sifat sifat tanah lempung pada umumnya yaitu ukuran butir halus, kurang dari 0,002 mm, permeabilitas rendah, bersifat sangat kohesif, memiliki kembang susut yang tinggi serta proses konsolidasi lambat (Bowles, J.E., 1986).

Tanah lempung ekspansif adalah jenis tanah yang banyak menimbulkan masalah. Jenis tanah ini pada umumnya mengandung mineral yang memiliki potensi *swelling* tinggi. Tanah jenis ini adalah tanah lempung yang cenderung mengalami perubahan volume yang besar seiring dengan perubahan kadar air, yaitu kemampuan untuk mengembang (*swell*) pada musim hujan dan menyusut (*shrink*) pada musim kering. Mccarthy, 1993 (Suryandhini, F., 2000).

Pedoman untuk mengetahui karakteristik tanah adalah dengan distribusi ukuran partikel (gradasi). Tapi pada tanah berbutir halus, untuk menyatakan sifat dan mengklasifikasikan tidak cukup dengan gradasi butiran, tetapi diperlukan kondisi plastisitasnya (Supriyono, 1995).

2.2.1. Analisis Ukuran Butiran

Sifat-sifat tanah sangat bergantung pada ukuran butirannya. Besarnya butiran dijadikan dasar untuk pemberian nama dan klasifikasi tanahnya (Hardiyatmo, H.C., 1992). Oleh karena itu analisis butiran ini merupakan pengujian yang sangat sering dilakukan.

Analisis ukuran butiran tanah adalah penentuan persentase berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter lubang tertentu.

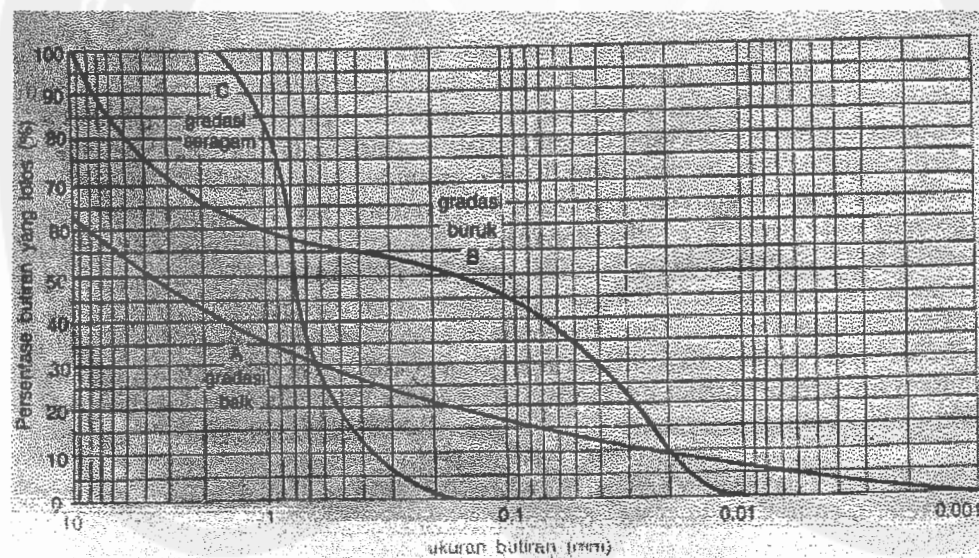
a. Tanah berbutir kasar

Distribusi ukuran butir dari tanah berbutir kasar dapat ditentukan dengan cara menyaringnya. Tanah benda uji disaring lewat saringan standar untuk pengujian tanah. Berat tanah yang tinggal pada masing-masing saringan ditimbang dan persentase terhadap berat kumulatif pada tiap saringan dihitung.

b. Tanah berbutir halus

Cara yang biasa digunakan yaitu cara hirometer, yaitu dengan memperhitungkan berat jenis suspensi yang tergantung dari berat butiran tanah dalam suspensi pada waktu tertentu. Pengujian laboratorium dilakukan dengan menggunakan gelas ukuran dengan kapasitas 1000 ml yang diisi dengan larutan air, bahan pendispersi dan tanah yang akan diuji. Distribusi ukuran butiran tanah digambarkan dalam bentuk kurva semi logaritmis. Ordinat grafik merupakan persentase berat dari ukuran butir yang lebih kecil daripada ukuran butiran yang diberikan dalam absisnya. Untuk tanah yang terdiri dari campuran butiran halus dan kasar, gabungan antara analisis saringan dan sedimentasi dapat digunakan. Dari hasil penggambaran kurva yang diperoleh,

tanah berbutir kasar digolongkan sebagai gradasi baik bila tidak ada kelebihan butiran pada sembarang ukurannya dan tidak ada yang kurang pada ukuran butiran sedang. Umumnya tanah bergradasi baik jika distribusi ukuran butirannya meluas pada ukuran butirannya. Tanah berbutir kasar digambarkan sebagai gradasi buruk, bila jumlah berat butiran sebagian besar mengelompok di dalam batas interval diameter butir yang sempit (disebut dengan tanah seragam). Dan juga dikatakan bergradasi buruk jika butiran besar maupun kecil ada, tapi dengan perbandingan butiran yang relatif rendah pada ukuran sedang. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Analisis Distribusi Ukuran Butiran

Dari bentuk kurva sesuatu tanah dapat dibaca keadaan gradasinya sebagai berikut:

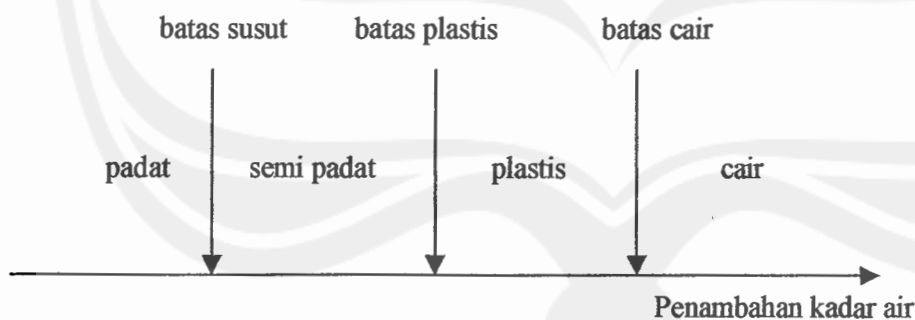
1. Makin ke kiri kurva suatu tanah, berarti makin kasar butir-butirnya, makin ke kanan makin halus.
2. Tanah dengan kurva makin tegak, berarti variasi ukuran butir-butirnya makin sedikit, atau butir-butirnya makin seragam (*uniform*) seperti pada kurva C.
3. Kurva makin landai berarti ukuran butir makin banyak variasinya, gradasi makin baik seperti pada kurva A, sebaliknya gradasi buruk jika butiran besar maupun kecil ada, tapi dengan pembagian butiran yang relatif rendah pada ukuran sedang, seperti pada kurva B.
4. Persentasi dari masing-masing fraksi tanah ditunjukkan ordinat (garis tegak).
 - a. Kerikil : 75 mm # 3"
 - b. Pasir : 4,75 mm # 4"
 - c. Lanau : 0,075 mm # 200"
 - d. Lempung : 0,005 mm
5. Banyaknya (persentasi) suatu fraksi yang ada dalam tanah dapat diketahui dari perpotongan kurva dengan batas-batas butir fraksi.
6. Di alam tanah selalu terdiri atas campuran dari beberapa fraksi, namun tanah tersebut akan dinamakan sebagai berikut:
 - a. Jika kandungan fraksi > # 200 lebih dari 50 % disebut tanah butir kasar.

- b. Jika kandungan fraksi < # 200 lebih dari 50 % disebut tanah butiran halus

2.2.2. Batas-batas Atterberg

Suatu hal yang penting pada tanah berbutiran halus adalah sifat plastisitasnya. Plastisitas disebabkan oleh adanya partikel mineral lempung dalam tanah. Istilah plastisitas digambarkan sebagai kemampuan tanah dalam menyesuaikan perubahan bentuk pada volume yang konstan tanpa retak-retak atau remuk (Hardiyatmo, H.C., 1992).

Tergantung pada kadar airnya, tanah mungkin berbentuk cair, plastis, semi padat, atau padat. Kedudukan kadar air transisi bervariasi pada berbagai jenis tanah. Kedudukan fisik tanah berbutiran halus pada kadar air tertentu disebut konsistensi. Kedudukan batas konsistensi dari tanah kohesif dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Batas-batas Atterberg

1. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (LL), didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis.

Batas cair biasanya ditentukan dari pengujian Casagrande.

Tanah dengan:

$LL < 50\%$ → disebut tanah plastisitas rendah

$LL > 50\%$ → disebut tanah plastisitas tinggi

2. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis (PL), didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antar daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung.

3. Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Batas susut (SL), didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah semi padat dan padat, yaitu persentase kadar air di mana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume Tanahnya. Tanah dengan SL makin kecil menunjukkan tanah bersifat kembang susut makin besar.

4. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks plastisitas (PI) adalah selisih batas cair dan batas plastis, atau

$PI = LL - PL$. Indeks plastisitas akan merupakan interval kadar air di mana tanah masih bersifat plastis. Karena itu indeks plastis menunjukkan sifat keplastisan tanahnya. Jika tanah mempunyai interval kadar air daerah plastis yang kecil, maka keadaan ini disebut dengan tanah kurus. Kebalikannya, jika tanah mempunyai interval kadar air daerah plastis yang besar disebut tanah gemuk. Hubungan antara potensi pengembangan tanah dan indeks plastisitas (Peck, R.B., et.al, 1973) dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Hubungan antara Potensi Pengembangan Tanah dan Indeks Plastisitas

Potensi Pengembangan	Indeks Plastisitas
Rendah	0-15
Sedang	10-35
Tinggi	20-55
Sangat Tinggi	35 dan lebih

LL, PL, SL dan PI berguna untuk memperkirakan sifat dan mengetahui jenis tanah butir halus.

2.2.3. Klasifikasi Tanah

Umumnya, penentuan sifat-sifat tanah banyak dijumpai dalam masalah teknis yang berhubungan dengan tanah. Ada dua sistem klasifikasi yang dapat digunakan. Keduanya adalah *Unified Soil Classification System* dan AASHTO. Sistem-sistem ini menggunakan sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran, batas cair dan indeks plastisitasnya.

1. Sistem Klasifikasi *Unified*

Pada sistem *Unified*, suatu tanah diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika lebih dari 50 % tinggal dalam saringan nomor 200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau dan lempung) jika lebih dari 50 % lewat

saringan nomor 200 (Hardiyatmo, H.C., 1992). 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 (*highly-plasticity*)

L = plastisitas rendah (*low-plasticity*)

2. Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Official Classification) berguna untuk menentukan kualitas tanah guna perencanaan timbunan jalan, *subbbase* dan *subgrade* (Hardiyatmo, H.C., 1992).

Sistem klasifikasi tanah AASHTO membagi tanah dalam 7 kelompok (Sukirman, S., 1992). A-1 sampai A-7 termasuk sub-sub kelompok. Pengujian yang digunakan hanya analisis saringan dan batas-batas Atterberg. Pada garis besarnya tanah dikelompokkan menjadi 2 kelompok besar yaitu kelompok tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus.

Kelompok tanah berbutir kasar dibedakan atas:

- A-1, adalah kelompok tanah yang terdiri dari kerikil dan pasir kasar dengan sedikit atau tanpa butir-butir halus, dengan atau tanpa sifat-sifat plastis.
- A-3, adalah kelompok tanah yang terdiri dari pasir halus dengan sedikit sekali butir-butir halus lolos No.200 dan tidak plastis.
- A-2, Sebagai kelompok batas antara kelompok tanah berbutir kasar dengan tanah berbutir halus .
Kelompok A-2 ini terdiri dari campuran kerikil/pasir dengan tanah berbutir halus yang cukup banyak (<35%).

Sedangkan kelompok tanah berbutir halus dibedakan atas :

- A-4, adalah kelompok tanah lanau dengan sifat plastisitas rendah.
- A-5, adalah kelompok tanah lanau yang mengandung lebih banyak butir-butir plastis, sehingga sifat plastisnya lebih besar dari kelompok A-4
- A-6, adalah kelompok tanah lempung yang masih mengandung butir-butir pasir dan kerikil, tetapi sifat perubahannya cukup besar.
- A-7, adalah kelompok tanah lempung yang lebih bersifat plastis. Tanah ini mempunyai sifat perubahan yang cukup besar.

Kelompok tanah A-4 sampai dengan A-7 (tanah >35% lolos No.200) sangat ditentukan dari sifat plastisitas tanahnya.

Sistem klasifikasi AASHTO dapat dilihat dalam tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi Tanah untuk Lapisan Tanah Dasar Jalan Raya (sistem AASHTO).

Tabel 3.1 Klasifikasi Tanah untuk Lapisan Tanah Dasar Jalan Raya (Sistem AASHTO).

Klasifikasi umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)						
	A-1		A-2	A-3			
	A-1-a	A-1-b		A-3-4	A-3-5	A-3-6	A-3-7
Analisis ayakan (% lolos) No. 10 No. 40 No. 200	Maks 50 Maks 90 Maks 15	Maks 50 Maks 25	Min 51 Maks 40	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40 Batas cair (LL) Indeks plastisitas (PI)	Maks 6		NP	Maks 40 Maks 10	Min 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						

Klasifikasi umum	Tanah lanau - lempung (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)			
	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7.5* A-7.6†
Analisis ayakan (% 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 plastisitas (PI)	Maks 40 Maks 10	Maks 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah bertanau		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek			

*Untuk A-7.5, $PI \leq LL - 20$

†Untuk A-7.6, $PI > LL - 20$

2.3 Abu Ampas Tebu

Jenis limbah dari pabrik gula dengan bahan baku tebu, bisa dilihat dari bentuknya yang terdiri atas :

1. Limbah cair

Berupa air bekas kondensan (air bekas penguapan) dan air cuci tapisan yang langsung dibuang menuju saluran pembuangan sebagai air kotor.

2. Limbah gas

Berupa asap cerobong dan gas sisa pembakaran ketel uap yang dapat digolongkan sebagai aerosol.

3. Limbah padat

Ada dua macam limbah padat yang dihasilkan oleh pabrik pengolahan tebu, yaitu abu ampas, sebagai sisa pembakaran ampas tebu ketel uap dan blotong yang merupakan sisa dari tebu basah yang diperas untuk diambil sarinya.

Proses terjadinya abu ampas tebu akan diuraikan secara garis besarnya saja (Suryandhini, F., 2000). Pertama-tama gelondongan tebu diperah distasiun gilingan Pemerahan nira untuk diambil cairannya yang mengandung gula (nira mentah), setelah diproses melalui beberapa stasiun gilingan akhirnya ampas tebu yang sudah diambil niranya, dipisahkan. Ampasnya yang berat sekitar 30% tebu digunakan sebagai bahan bakar stasiun ketel (pembangkit tenaga) dengan suhu pembakaran antara 600⁰C sampai 700⁰C. Pembakaran ampas tebu digunakan sebagai penghasil tenaga dan panas untuk ketel pipa air. Uap yang dihasilkan dipakai untuk menggerakkan turbin-turbin, mesin uap, dan pompa-pompa. Uap

bekasnya digunakan untuk memanaskan dan menguapkan nira dalam panci penguapan dan masakan.

Dari ketel uap, ampas atau limbah padat dapat berupa ampas sisa (abu) yang diambil dari bawah tungku ketel (*bottom ash*) dan abu atas tungku ketel (*fly ash*) yang mempunyai karakteristik berat yang lebih ringan.

Ketika pertama kali ampas tebu dipanaskan, kehilangan berat terjadi sampai suhu 100°C karena penguapan air. Pada suhu 350°C zat-zat yang mudah menguap mulai terbakar, sehingga menyebabkan bertambahnya kehilangan berat. Dari suhu 400°C sampai 500°C ampas tebu mengalami kehilangan yang terbesar, dan silika pada abu masih dalam bentuk tak beraturan. Di atas suhu 600°C silika dalam bentuk *quartz* dapat dideteksi. Ketika suhu bertambah, perubahan silika ke bentuk kristal yang lain berkembang, yang pertama berbentuk *crystalite* dan kemudian pada suhu yang lebih tinggi berbentuk *tridymite*.

Jika pemanasan diperpanjang sampai melebihi suhu 800°C akan menghasilkan sifat-sifat dasar silika. Abu tidak akan meleleh sampai suhu 1700°C , sedangkan alkali-alkali dalam tebu telah menguap dan hilang. Swamy, 1986 (Suryandhini, F., 2000).

Perubahan bentuk silika dalam abu tidak hanya tergantung pada suhu pembakaran tetapi juga tergantung pada selang waktu. Swamy, 1986 (Suryandhini, F., 2000) menguraikan bahwa seluruh silika yang berbentuk tak beraturan dapat dihasilkan dengan pemeliharaan suhu pembakaran kurang dari suhu 500°C di bawah kondisi oksidasi untuk periode yang lama, atau di atas suhu 680°C dengan

memberikan pengaruh waktu kurang dari 1 jam. Pada suhu 1000°C dengan selang waktu lebih dari 5 menit dapat menghasilkan bentuk kristal silika.

Bentuk kristal silika dalam abu biasanya diselidiki menggunakan teknik defraksi sinar-X. Terlepas dari pengaruh tingkatan/bentuk kristal-kristal silika dalam abu, hubungan waktu dan suhu juga mempengaruhi luas permukaan abu. Luas permukaan abu sangat berpengaruh terhadap reaksi kimia pada abu ampas tebu sedangkan lingkungan pembakaran mempengaruhi luas permukaan abu tersebut. Lingkungan pembakaran yang dimaksud adalah ketersediaan O_2 untuk menjamin terjadinya proses oksidasi. Oleh karena itu, faktor suhu, waktu, dan lingkungan pembakaran harus dipertimbangkan dalam memproses abu ampas tebu sehingga memiliki tingkat reaktivitas maksimum.

Abu ampas yang dipakai dalam penelitian ini berupa *bottom ash*, dengan pengidentifikasian abu yang banyak berwarna putih. Abu ini banyak mengandung silika, sekitar 80 %, sedangkan abu dengan warna hitam mengandung arang yang tidak ada manfaatnya. Pencampuran tanah dengan abu ampas tebu ini diharapkan dapat mengurangi tekanan pengembangan.

2.4. Stabilisasi Tanah

Apabila suatu tanah yang terdapat di lapangan bersifat sangat lepas atau sangat mudah tertekan, atau apabila ia mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai, mempunyai permeabilitas yang terlalu tinggi, atau mempunyai sifat lain yang tidak diinginkan sehingga tidak sesuai kondisinya untuk suatu proyek pembangunan, maka tanah tersebut harus distabilisasikan (Soekoto, I., 1973).

Stabilisasi dapat terdiri dari salah satu tindakan berikut :

1. menambah kerapatan tanah,
2. menambah material untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan fisis dari material tanah,
3. mengganti tanah-tanah yang buruk, dan
4. merendahkan muka air (drainase tanah).

Pada umumnya, stabilisasi dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu: stabilisasi mekanis dan stabilisasi kimiawi/elektriks. Stabilisasi mekanis mengandalkan penambahan kekuatan dan daya dukung tanah dengan mengatur gradasi butir dari tanah yang dimaksud, sedangkan stabilisasi kimiawi/ elektris mengandalkan kepada sesuatu bahan stabilisator (*stabilizing agent*) yang dapat mengubah/mengurangi sifat – sifat tanah yang kurang menguntungkan didalam mencapai kestabilan yang tinggi yang biasanya juga disertai dengan pengikatan (*cementing action*) terhadap masing-masing butir tanah yang satu dengan yang lainnya.

Ada beberapa upaya perbaikan atau stabilisasi tanah lempung yang pernah dilakukan, yaitu stabilisasi kimiawi dengan menambahkan bahan antara lain oleh Suryandhini, F., (2000) menguji tekanan pengembangan tanah dengan mencampur tanah yang berasal dari daerah Kulon Progo dengan abu ampas tebu. Surbakti, R., (2002) menggunakan limbah karbid sebagai bahan stabilisasi tanah lempung asal daerah Kulon Progo, Yogyakarta. Wardhana, K., (2001) dengan menambahkan serbuk marmer sebagai bahan campur pada tanah lempung yang berasal dari Solo-Purwodadi.

Hatmoko, P.D., (1999) menggunakan oli bekas, dan Laswihakso, P., (1999) menggunakan pasir sebagai bahan campur untuk stabilisasi tanah lempung ekspansif yang berasal dari daerah Boto Batu Retno, Wonogiri. Sedangkan pada penelitian ini dilakukan pengujian menggunakan abu ampas tebu, dengan pengambilan tanah berasal dari desa klangkapan I, Kabupaten Sleman, Yogyakarta.

2.5 Pematatan

Tanah, kecuali berfungsi sebagai pendukung pondasi bangunan, juga digunakan sebagai bahan timbunan sebagai bahan timbunan seperti tanggul, bendungan dan jalan. Untuk situasi keadaan lokasi aslinya membutuhkan perbaikan guna mendukung bangunan di atasnya, ataupun karena digunakan sebagai bahan timbunan, maka pematatan sering dilakukan (Hardiyatmo, H.C., 1992). Maksud pematatan tanah antara lain:

1. Mempertinggi kuat geser tanah
2. Mengurangi sifat mudah mampat (kompresibilitas)
3. Mengurangi permeabilitas
4. Mengurangi Perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air.

Lempung padat mempunyai permeabilitas yang rendah dan tanah ini tidak dapat dipadatkan dengan baik pada waktu basah.

Pematatan merupakan proses bertambahnya berat volume kering tanah sebagai akibat memadatnya partikel yang diikuti oleh pengurangan volume udara dengan volume air tetap tidak berubah

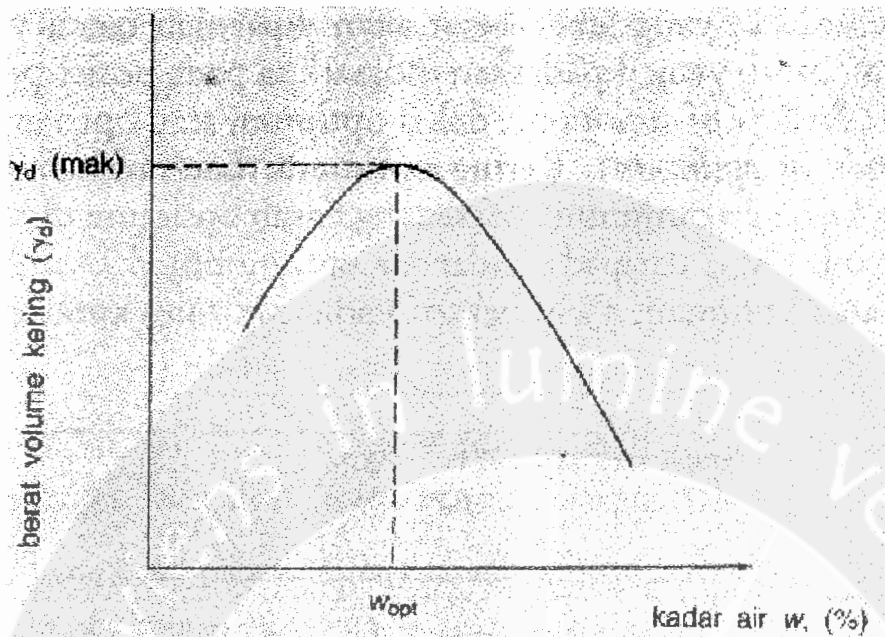
Untuk mencari hubungan kadar air dan berat volume, dan untuk mengevaluasi tanah agar memenuhi persyaratan kepadatan, perlu diadakan pengujian pemadatan (Hardiyatmo, 1992).

Proctor, 1993 (Hardiyatmo, 1992) telah mengamati bahwa ada hubungan yang pasti antara kadar air dan berat volume kering supaya tanah padat. Selanjutnya, terdapat satu nilai kadar air optimum tertentu untuk mencapai nilai berat volume kering maksimumnya.

Derajat kepadatan 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 (2-1) berikut :

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w} \quad \dots\dots\dots(2-1)$$

Berat volume tanah kering setelah pemadatan bergantung pada jenis tanah, kadar air dan usaha yang diberikan oleh alat pemadatnya. Karakteristik kepadatan tanah dapat dinilai dari pengujian standar laboratorium yang disebut dengan pengujian proctor. Grafik hubungan kadar air dan berat volume keringnya, dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Kurva Hubungan Kadar Air dan Berat volume kering

Kurva yang dihasilkan dari pengujian memperlihatkan nilai kadar air yang terbaik untuk mencapai berat volume kering terbesar atau kepadatan maksimum. Kadar air pada keadaan ini disebut kadar air optimum.

Pada nilai kadar air yang 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 kering berkurang. Bila seluruh udara di dalam tanah dapat dipaksa keluar pada waktu pemadatan, tanah akan berada dalam kedudukan jenuh dan nilai berat volume kering akan menjadi maksimum.

2.6. California Bearing Ratio (CBR)

CBR adalah perbandingan beban penetrasi pada suatu bahan dengan beban dan bahan standar pada penetrasi dan kecepatan pembebanan yang sama. (Suryadharma, H., et.al, 1999).

Uji CBR dilakukan dilapangan dan di laboratorium. Uji yang dilakukan dilapangan dilaksanakan setelah *subgrade* selesai dipampatkan dan pengukuran dilaboratorium dikaitkan dengan percobaan pemampatan atau *CBR design*.

Cara pengujian CBR di lapangan dilakukan dengan dongkrak mekanis berupa sebuah piston penetrasi dari logam diameter 2 inci ditekankan masuk pada permukaan tanah yang telah dipampatkan. Pembebanan dimulai dengan teratur. Kecepatan piston 0,05 inci/menit, luas piston 3 inci persegi. Pembacaan pembebanan pada penetrasi dicatat, sehingga diperoleh daftar hubungan antara beban dan kedalaman penurunan yang terjadi. Sedangkan cara mengukur CBR di laboratorium dibedakan pada tanah asli dan tanah tidak asli. Pada tanah asli, tanah asli diambil dari lapisan pada bagian permukaan (*sub grade*) dan ditutup rapat lalu diadakan uji CBR dengan mencatat angka yang dibaca pada arloji pengukurnya. Sedangkan pada tanah tidak asli, misalnya pada tanah untuk bahan timbunan atau tanah yang sudah terusik perlu dicari CBRnya dulu. Contoh tanah diambil dan diadakan percobaan pemampatan untuk menentukan kadar air optimalnya dan kepampatan maksimal.