

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Klasifikasi Tanah

Suatu klasifikasi mengenai tanah adalah perlu untuk memberikan gambaran sepintas mengenai sifat-sifat tanah. Jadi untuk maksud manfaat diperlukan suatu klasifikasi tanah yang dikelompokkan menurut suatu kriteria yang sama. Adapun klasifikasi tanah diperlukan antara lain bagi hal-hal sebagai berikut:

1. perkiraan hasil eksplorasi tanah (persiapan log-bor tanah dan peta tanah),
2. perkiraan standar kemiringan lereng dari penggalian tanah atau tebing,
3. perkiraan pemilihan bahan (penentuan tanah yang harus disingkirkan, pemilihan tanah dasar bahan timbunan),
4. perkiraan muai susut,
5. pemilihan jenis konstruksi dan peralatan untuk konstruksi (pemilihan cara penggalian dan rancangan penggalian),
6. perkiraan kemampuan peralatan untuk konstruksi,
7. rencana pekerjaan atau pembuatan lereng dan tembok penahan tanah (pemilihan jenis konstruksi dan perhitungan tekanan tanah).

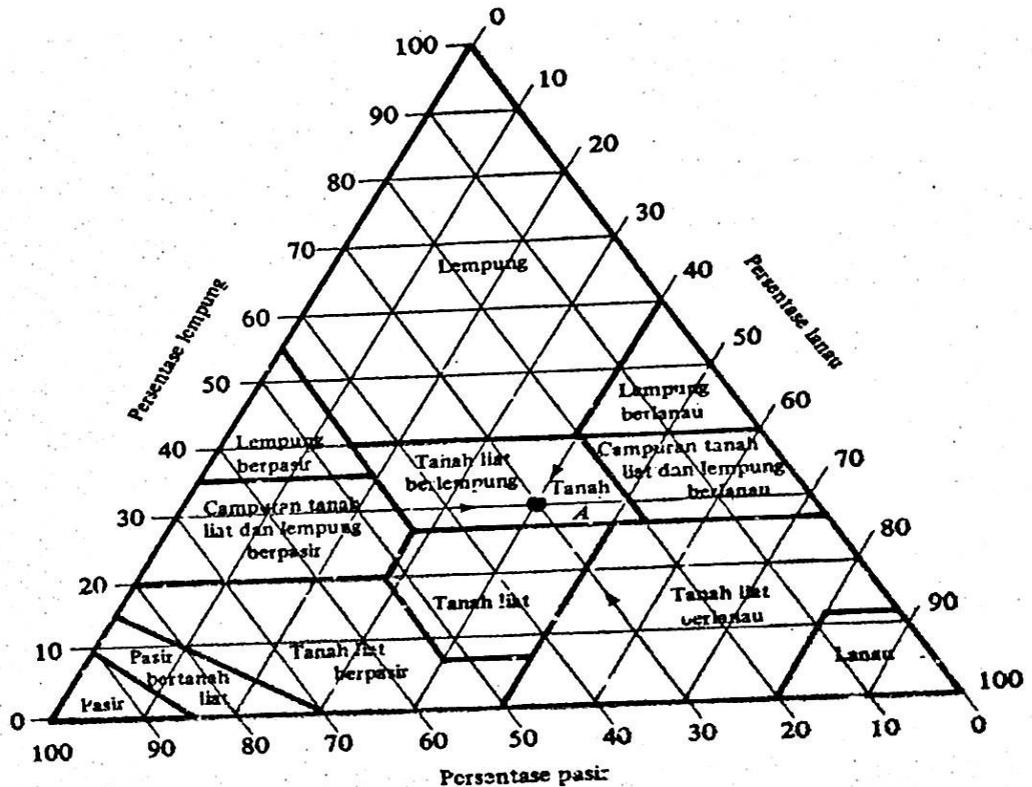
Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem penyusunan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok atau sub kelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi tanah digunakan untuk mengelompokkan tanah sesuai dengan perilaku umum dari tanah pada kondisi fisis tertentu. Untuk memperoleh hasil klasifikasi yang objektif biasanya tanah ini secara sepintas dibagi dalam tanah berbutir kasar dan halus berdasarkan suatu analisa mekanis.

2.2.1. Sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur

Tekstur tanah dipengaruhi oleh ukuran tiap-tiap butir yang ada di dalam tanah. Istilah tekstur adalah menyatakan bentuk dari tanah itu, ini dapat kita lihat dengan cara memegang tanah tersebut apakah terasa kasar, berpasir, halus, atau lembut. Dan juga menyatakan jumlah, perbandingan, atau proporsi dari berbagai ukuran partikel yang terdapat pada suatu tanah. Berdasarkan ukuran butirnya tanah dibagi dalam tiga kelompok, yaitu,

- pasir (*sand*) : butiran dengan diameter 2,0 mm sampai dengan 0,05 mm,
- lanau (*silt*) : butiran dengan diameter 0,05mm sampai dengan 0,002 mm,
- lempung (*clay*) : butiran dengan diameter lebih kecil dari 0,002 mm.

Pada umumnya tanah asli merupakan campuran dari butir-butir tanah dengan ukuran yang berbeda-beda. Tanah diberi nama atas dasar komponen utama yang dikandungnya, misalnya lempung berpasir (*sandy clay*), lempung berlanau (*silty clay*) dan seterusnya. Sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tanah dapat dilihat pada gambar 2.1. yang dikembangkan oleh USDA (*United States Department of Agriculture* = Departemen Pertanian Amerika).



Gambar 2.1. Klasifikasi tanah berdasarkan tekstur oleh USDA

Pemakaian bagan dalam gambar 2.1. ini dapat diterangkan secara jelas dengan menggunakan contoh. Apabila distribusi tanah A adalah : 30% pasir, 40% lanau, dan 30% butiran dengan ukuran lempung ($< 0,002$ mm), klasifikasi tekstur tanah yang bersangkutan dapat ditentukan dengan cara seperti yang ditunjukkan dengan anak panah dalam gambar 2.1. jenis tanah A termasuk dalam daerah tanah liat berlempung.

Untuk tanah yang mengandung butiran berdiameter lebih besar dari 2 mm dalam persentase tertentu, maka perlu dikoreksi dulu. Sebagai contoh, apabila tanah B mempunyai pembagian ukuran butir : 20% kerikil, 10% pasir, 30% lanau, dan 40% lempung, komposisi tekstural yang dimodifikasi adalah :

$$\text{Pasir} = \frac{10 \times 100}{(100 - 20)} = 12,5\%$$

$$\text{lanau} = \frac{30 \times 100}{(100 - 20)} = 37,5$$

$$\text{lempung} = \frac{40 \times 100}{(100 - 20)} = 50,0\%$$

Berdasarkan pada persentase butiran yang dimodifikasi tersebut, sistem klasifikasi USDA menunjukkan bahwa tanah B adalah termasuk tanah lempung. Tetapi, karena persentase kerikil yang dikandung oleh tanah B cukup besar, maka tanah tersebut dapat dinamakan sebagai lempung berkerikil (*gravelly clay*).

2.1.2. Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO

Sistem klasifikasi tanah AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials Classification*) dikelompokkan kedalam tujuh kelompok besar, yaitu A-1 sampai A-7 tanah diklasifikasikan kedalam :

- tanah berbutir kasar (A-1 sampai dengan A-3), dimana 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No. 200,
- tanah lanau dan lempung (A-4 sampai dengan A-7), dimana lebih dari 35% butiran tanah lolos ayakan No.200.

Selanjutnya data dari analisa saringan dan batas-batas *Atterberg* dan dicocokkan dengan angka-angka yang diberikan pada tabel 2.1. Untuk mengevaluasi kualitas suatu jenis tanah sebagai lapisan *subgrade*, diperlukan suatu angka yang dinamakan *Group Index* (GI) dengan menggunakan 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 yang lolos ayakan No. 200
- LL = batas cair (*liquid limit*)
- PI = indeks plastisitas (*plasticity index*)

Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria ;

a. ukuran butir

kerikil adalah bagian tanah yang lolos ayakan 3 in (75 mm) dan tertahan pada ayakan No. 10 (2 mm)

pasir adalah bagian tanah yang lolos ayakan No. 10 dan tertahan pada ayakan No. 200 (0,075 mm)

lanau dan lempung adalah bagian tanah yang lolos ayakan No. 200

b. plastisitas

nama berlanau digunakan untuk tanah yang memiliki indeks plastisitas sebesar 10 atau kurang, sedangkan nama berlempung digunakan untuk tanah yang memiliki indeks plastisitas sebesar 11 atau lebih.

c. batuan yang ditemukan (diameter lebih besar dari 75mm) pada tanah yang akan ditentukan klasifikasinya harus dikeluarkan terlebih dahulu dan dicatat persentase beratnya.

Klasifikasi tanah menurut AASHTO adalah seperti yang digambarkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Klasifikasi Tanah AASHTO

Klasifikasi Umum	Bahan Bebutir Kasar					Bahan Berbutir Kasar						
	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7		
Klasifikasi Kelompok	A-1-a	A-1-b	35% atau kurang lewat No. 200		35% atau lebih lewat No. 200		35% atau lebih lewat No. 200					
Analisa saringan (%)												
lolos												
No. 10	50 max	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No. 40	30 max	50 max	51 max	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No. 200	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min	36 min
Sifat fraksi yang lolos												
Ayakan No. 40												
Batas cair												
Indeks Plastis	6 max		NP									
Tipe material yang paling dominan	Batu Pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			Tanah berlanau	Tanah berlanau	Tanah berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik			Cukup sampai buruk								
<p>CATATAN : Indeks Plastis untuk sub kelompok A-7-5 < LL-30</p> <p>Indeks Plastis untuk sub kelompok A-7-6 > LL-30</p>												

2.1.3. Sistem Klasifikasi Tanah USC

Sistem klasifikasi yang paling terkenal di lapangan para ahli teknik tanah dan pondasi adalah sistem klasifikasi tanah unified. Sistem ini pertama kali dikembangkan oleh Casagrande (1942) yang dikenal dengan sistem *Airfield*. Pada Tahun 1969 *American Society for testing and material* (ASTM) telah memakai sistem unified untuk maksud-maksud rekayasa (ASTM D-2487).

Sistem ini mengelompokkan tanah kedalam dua kelompok besar, yaitu :

1. tanah berbutir kasar (*coarse-grained-soil*), yaitu kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Simbol dari kelompok ini meliputi:
 - G, untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil,
 - S, untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir,
2. tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*), yaitu tanah dimana lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos saringan No. 200. symbol untuk kelompok ini meliputi :
 - M, untuk lanau (*silt*) anorganik
 - C, untuk lempung (*clay*) anorganik
 - O, untuk lanau organik dan lempung organik
 - Pt, untuk tanah gambut (*peat*)

Simbol-simbol lain yang dipakai untuk klasifikasi tanah berdasarkan Unified yaitu,

- W = tanah dengan gradasi baik (*well graded*)
- P = tanah dengan gradasi buruk (*poor graded*)
- L = tanah dengan plastisitas rendah, $LL < 50$ (*low plasticity*)
- H = tanah dengan plastisitas tinggi, $LL > 50$ (*high plasticity*)

Faktor-faktor yang harus diperhatikan untuk klasifikasi yang benar meliputi ;

- a. Persentase butiran yang lolos ayakan No. 200
- b. Persentase fraksi kasar yang lolos ayakan No. 40
- c. Batas cair (LL) dan indeks plastisitas (IP) untuk tanah lolos ayakan No. 40

Klasifikasi tanah menurut USC adalah seperti yang digambarkan pada tabel 2.2.

pertukaran ion yang tinggi, mengakibatkan lempung ekspansif memiliki potensi kembang susut apabila terjadi peningkatan dan pengurangan kadar air.

Tanah yang berbutir halus dapat berubah dari cair menjadi plastis, setengah padat dan padat. Pembatasan kandungan air pada bentuk-bentuk tanah tersebut, dikenal dengan *Atterberg Limit*, yaitu batas cair (*liquid limit*), dimana tanah berubah bentuk dari plastis ke cair, batas plastis (*plastis limit*), dimana tanah berubah bentuk dari semi padat ke plastis, dan batas susut (*shrinkage limit*), dimana tanah berubah bentuk dari padat ke semi padat. Sedangkan indeks plastisitas (*plasticity indeks*) adalah selisih nilai batas cair dan batas plastis. Batas-batas ini dapat menunjukkan tipe dan jumlah kandungan mineral lempung yang terdapat dalam tanah.

2.2.2. Kriteria tanah lempung ekspansif

Ada beberapa pendapat yang dikemukakan oleh beberapa ahli tentang pengklasifikasian tanah lempung ekspansif, antara lain sebagai berikut :

1. Menurut Holtz dan Gibbs

Holtz dan Gibbs (1956) mengemukakan criteria dan klasifikasi tanah seperti yang tercantum pada table 2.3. berikut :

Tabel 2.3. Klasifikasi tanah ekspansif berdasarkan kandungan koloid, indeks plastisitas dan batas susutnya (Holtz dan Gibbs, 1956)

Data Dari Pengujian Indeks			Kemungkinan pengembangan total perubahan volume (%)	Derajat Pengembangan
Kandungan koloid (% < 0.0001 mm)	Indeks Plastisitas	Batas Susut		
> 28	> 35	< 11	> 30	Sangat Tinggi Tinggi Sedang Lambat
20 – 31	25 – 41	7 – 12	20 – 30	
13 – 23	15 – 28	10 – 16	10 – 20	
< 13	< 18	> 15	< 10	

2.2. Gambaran Umum Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan kumpulan partikel-partikel berukuran mikroskopik hingga submikroskopik yang berasal dari pelapukan kimia batuan. Beberapa sifat lempung diantaranya bila kadar air sedang akan bersifat plastis dalam keadaan kering lempung cenderung sangat keras dan pada keadaan air tinggi lempung sangat lunak dan bersifat kohesif (Sukoto, 1984). Adapun sifat-sifat tanah lempung antara lain :

1. ukuran butiran halus, kurang dari 0,002mm,,
2. permeabilitas rendah,
3. kembang susut tinggi,
4. bersifat kohesif,
5. proses konsolidasi lambat,
6. kenaikan air kapiler tinggi.

Ditinjau dari mineral pembentuknya lempung dibedakan menjadi lempung ekspansif dan lempung non-ekspansif. Tanah lempung ekspansif merupakan jenis tanah yang mempunyai sifat kembang susut yang tinggi dan perilakunya sangat dipengaruhi oleh adanya air. Menurut Nelson dan Miller (1992), tanah ekspansif (*ekspansive soil*) adalah satu istilah umum yang digunakan untuk tanah atau mineral batuan yang mempunyai satu potensi atau kemungkinan untuk mengembang dan menyusut akibat perubahan air.

2.2.1. Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif

Tanah lempung ekspansif didefinisikan sebagai tanah yang sebagian besar butirannya mempunyai diameter $< 2 \mu$. Kondisi beberapa jenis tanah di lapangan tidak selalu mempunyai kekuatan yang cukup untuk mendukung konstruksi yang akan diletakkan di atasnya. Salah satu jenis tersebut adalah tanah lempung ekspansif.

Lempung ekspansif merupakan salah satu jenis tanah berbutir halus ukuran koloidal yang terbentuk dari mineral-mineral ekspansif. Disamping mempunyai sifat-sifat umum seperti halnya jenis tanah lempung lainnya, lempung ekspansif juga memiliki sifat yang khas yakni kandungan mineral ekspansif yang mempunyai kapasitas

2. Menurut Raman

Raman (1967) mengemukakan derajat ekspansifitas sebagai suatu fungsi dari *plasticity index* dan *shrinkage index* seperti tercantum pada table 2.4. berikut :

Tabel 2.4. Klasifikasi tanah ekspansif berdasarkan indeks plastisitas dan Shrinkage Index

Plastis Indeks (%)	Shrinkage Index (%)	Derajat Ekspansitas
< 12	< 15	Lambat/kecil
12 – 23	15 – 30	Sedang
23 – 32	30 – 40	Tinggi
> 32	> 40	Sangat Tinggi

3. Menurut Chen

Chen (1975) juga menegaskan bahwa potensi pengembangan yang merupakan persentase pengembangan sample tanah kearah lateral sangat erat kaitannya dengan indeks plastis, sehingga klasifikasi potensi pengembangan tanah dapat didasarkan pada indeks plastisitasnya, seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.5. berikut:

Tabel 2.5. Hubungan antara potensi pengembangan dengan indeks plastistas

Indeks Platisitas	Potensi Pengembangan
0 – 10	Rendah
10 – 15	Sedang
20 – 35	Tinggi
> 35	Sangat Tinggi

Tanah lempung yang sangat kering dengan kadar air alami sekitar 15% biasanya menunjukkan tingkat kritis tanah karena lempung tersebut akan mudah sekali menyerap air hingga sebesar 35% sehingga dapat menimbulkan perluasan kerusakan pada struktur tanah. Sebaliknya lempung yang memiliki kadar air diatas 30% biasanya sudah mengalami pengembangan sehingga proses pengembangan selanjutnya dapat ditekan atau kecil (Chen, 1975)

4. Menurut Das

Berikut ini nilai berat spesifik tipikal dari beberapa mineral penting yang dikemukakan oleh Das (1983) yang dapat dilihat pada tabel 2.6. berikut :

Tabel 2.6. Berat spesifik mineral lempung

Mineral	Berat Spesifik
Quartz	2,65
Kaolinite	2,60
Illite	2,80
Montmorillonite	2,65 – 2,80
Halloysite	2,00 – 2,55
Pottasium Feldspar	2,57
Sodium & Calsium Feldspar	2,62 – 2,76
Chlotite	2,60 – 2,90
Biotite	2,80 – 3,20
Muscovite	2,76 – 3,10
Limunite	2,60 – 4,00
Olivine	3,27 – 3,37

5. Menurut Altmeyer

Altmeyer (1995) menghilangkan persentase pandangan mineral lempung dalam klasifikasi yang dikemukakannya sebab banyak dari percobaan lab tidak menambahkan hydrometer analysis. Klasifikasi menurut Altmeyer dapat dilihat pada tabel 2.7. berikut :

Tabel 2.7. Klasifikasi tanah ekspansif berdasarkan shrinkage limit dan linier shrinkage

Linier Shrinkage	Shrinkage Limit (%)	Potensi Pengembangan	Derajat Ekspansif
< 5	> 12	< 0,5	Low
5 – 8	10 – 12	0,5 – 1,5	Medium
> 8	< 10	> 1,5	High

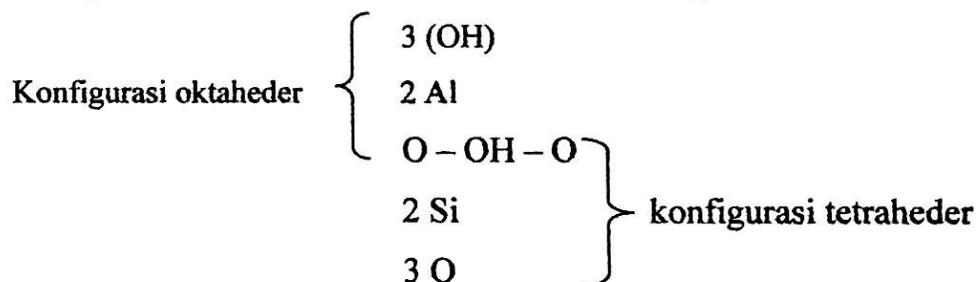
2.2.3. Mineral Pembentuk Lempung Ekspansif

Pengertian liat (*clay*) diartikan sebagai benda halus yang berukuran kurang dari 2μ atau suatu bentuk alam yang tersusun atas Si - tetrahedron dan Al - octahedron. Mineral liat merupakan salah satu komponen yang sangat penting, karena mineral liat dapat menentukan sifat fisik maupun sifat kimia tanah. Tanah dapat mengembang dan mengkerut, muatan tanah dan konsistensi tanah disebabkan oleh jenis mineral liat yang dominan dalam tanah.

Adapun mineral pembentuk lempung ekspansif antara lain :

1. Kaolinite

Rumus umumnya ialah $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ atau $\text{Al}(\text{SiO}_5)(\text{OH})_4$, paket lapisan mineral terdiri dari lempeng aluminium hidroksida yang pada satu sisi tertutup oleh lempeng silica atau dengan kata lain satu lapisan silikat $\text{Si}_2\text{O}_3(\text{OH})_2$ disela lapisan itu. Jadi seluruh kristal merupakan tumpukan dari paket lapisan yang seperti di atas. Bagan lapisan konfigurasi octahedron dan tetrahedron adalah sebagai berikut :

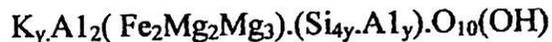


Berdasarkan konfigurasi tersebut maka terdapat dua bidang penyusun dari kaolinit yaitu, 1 lembar Si - tetrahedron dan 1 lembar Al - octahedron.

Sifat penting dari mineral liat ini adalah peristiwa penyerapan pada kondisi kemasaman alam PH 4 - 8 ternyata kaolinit tidak begitu aktif. Gaya pertukaran kation sangat rendah akan tetapi bila kemasaman diturunkan hingga kondisi alkalis maka pertukaran kation agak tinggi sekitar 25 me per 100 gram. Mineral kaolinite ini terbentuk pada tanah atau batuan yang terletak di daerah tropis lembab.

2. Illite

Illite merupakan anggota kelompok mika yang rumus kimianya secara umum dapat ditulis :



Nilai y bervariasi antara 1,0 – 1,5. Illite membentuk struktur sandurich dengan dua lapis silikon-Oksigen Tetrahedra, mempunyai kapasitas pertukaran ion – 0,4 mequiv/gram, pada umumnya terdapat pada batuan serpih.

Illite dapat dibentuk langsung dari bahan asalnya yakni Feldspar kalium, disamping itu Illite dapat dibentuk dari montmorillonite dengan cara melepaskan kalium.

3. Montmorillonite

Montmorillonite termasuk anggota kelompok smectite, terbentuk pada daerah dengan curah hujan rendah. Rumus kimia mineral montmorillonite adalah :



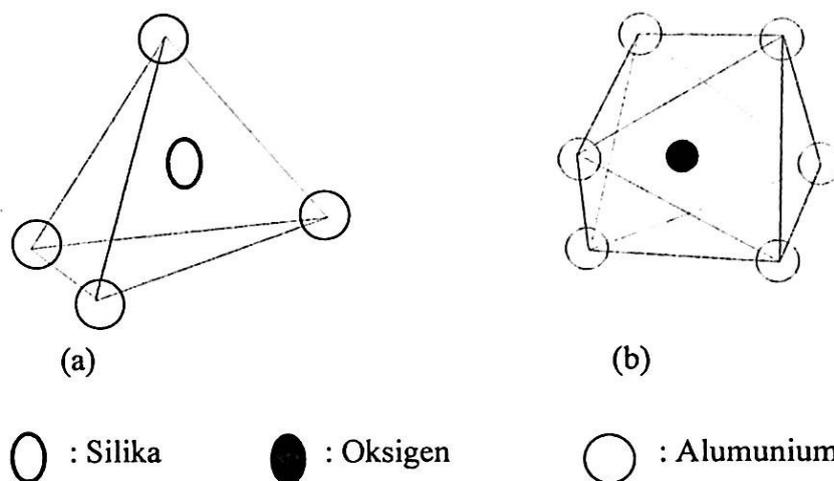
Mineral Montmorillonite mempunyai ukuran lebih halus dibanding Illite dan Kaolinite, berbentuk pipih dengan tebal 0,001 micron dan panjang $\pm 0,003$ micron. Ukuran yang sangat halus Montmorillonite bersifat sangat plastis dan sangat aktif. Mineral Montmorillonite ini mempunyai kapasitas pertukaran ion sebesar 0,8-1,5 mequiv/gram. Montmorillonite adalah indikator utama pembentuk lempung ekspansif (*expansive Clay*).

4. Bentonite

Bentonite adalah salah satu anggota kelompok montmorillonite yang terbentuk dari proses perubahan mineral pembentuk abu vulkanis. Warna bentonite ini mineral utamanya montmorillonite, ukuran butir koloidalnya ultra halus. Bentonite mempunyai daya serap air yang sangat tinggi, misalnya sodium bentonite dapat menyerap 600%-700% air sedang kalsium bentonite dapat menyerap 200%-300% air.

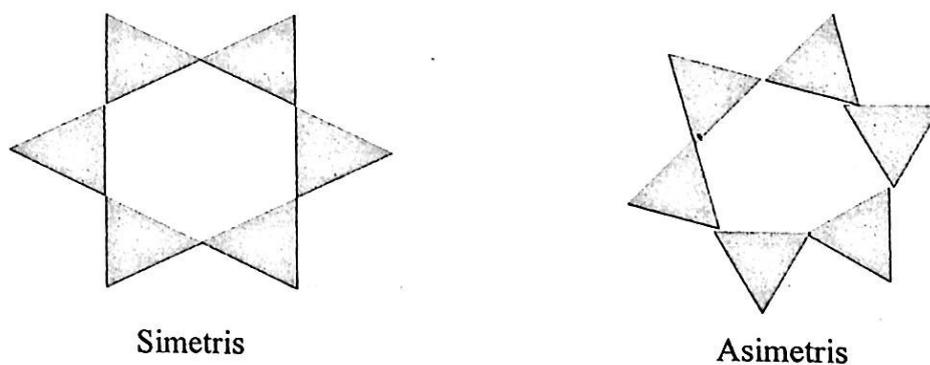
2.2.4. Kristal Mineral Lempung Ekspansif

Mineral lempung ekspansif merupakan kristal yang mempunyai beberapa macam bentuk polihedron. Seperti misalnya mineral montmorillonite mempunyai bentuk tetrahedron dan octahedron seperti pada gambar 2.2 berikut :



Gambar 2.2. bagan silikat tetrahedron (a) dan alumina Oktahedron (b)

Jika dibuat penampang melalui suatu bidang tertentu, kristal Montmorillonite akan mempunyai beberapa macam bentuk pula, baik yang bersifat simetris ataupun asimetris, seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Penampang kristal montmorillonite (Muljadi dan Junica, 1997)

2.2.5. Struktur Butiran Mineral Lempung Ekspansif

Butiran mineral lempung ekspansif tersusun dari kristal-kristal, membentuk beberapa sistem lapisan, yang diselingi dengan sisipan lapisan air. Ditinjau dari strukturnya, terdapat dua sistem lapisan yaitu struktur lapisan tunggal dan struktur lapisan ganda.

2.2.6. Sifat-sifat Fisik Lempung Ekspansif

Sifat-sifat tanah berbutir kasar (non kohesif) sangat bergantung pada ukuran butirannya, sehingga distribusi ukuran butir adalah sifat yang dipakai untuk mengklasifikasikan jenis tanah tersebut. Namun hal ini tidak berlaku bagi tanah kohesif yang berbutir halus (tanah ekspansif). Untuk menyatakan sifat-sifat dan mengklasifikasikan tidak cukup hanya dengan menganalisa butirannya tetapi perlu diketahui nilai konsistensinya.

Beberapa pengujian yang dapat dilakukan di laboratorium untuk mengetahui karakteristik tanah ekspansif dan campurannya adalah uji berat spesifik dan batas konsistensi.

1. Berat Spesifik (GS)

Berat spesifik merupakan rasio antara berat unit suatu bahan dengan berat unit air pada temperatur 4° C. Berat spesifik dalam mekanika tanah juga didefinisikan sebagai rasio antara berat zat pada partikel dengan berat unit air, seperti ditunjukkan dalam persamaan berikut :

$$G_s = W_s / V_s \cdot \gamma_w \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

G_s = Berat Spesifik

W_s = Berat Butiran padat

γ_w = Berat volume pada temperatur 4°C (gram/cm³)

V_s = Volume butiran padat

Berat jenis juga dapat didefinisikan sebagai berat jenis total dan berat jenis kering. Berat jenis total, γ , merupakan perbandingan antara berat tanah total, W , dengan volume tanah total, V seperti terlihat pada persamaan berikut :

$$\gamma(\text{gr/cm}^3) = \frac{W(\text{gr})}{V(\text{cm}^3)} \dots\dots\dots(2.2)$$

Sedangkan berat jenis kering γ_d didefinisikan sebagai perbandingan antara berat tanah kering, W_s , dengan volume total V , seperti yang terlihat dalam persamaan berikut :

$$\gamma_d(\text{gr/cm}^3) = \frac{W_s(\text{gr})}{V(\text{cm}^3)} \dots\dots\dots(2.3)$$

Nilai maksimum dan minimum berat jenis kering dari beberapa jenis tanah dapat dilihat pada tabel 2.8 berikut :

Tabel 2.8. Tipikal nilai berat jenis kering beberapa jenis tanah (hough, 1969)

Tipe Tanah	Berat jenis tanah	
	maksimum	minimum
Tanah Lempung		
a. Lempung (ukuran 30-50%)	1794	801
b. Lempung berkoloid (0,002 mm \geq 50%)	1698	308
Tanah Organik		
a. Lanau Organik	1762	641
b. Lempung Organik (Ukuran 30-50%)	1602	481

Catatan : $G_s = 2,70$ untuk tanah lempung, dan $G_s = 2,60$ untuk tanah organik

2. Kadar Air

Fenomena utama dari lempung adalah bahwa massanya yang telah mengering dari suatu kadar air awal mempunyai kekuatan yang cukup besar. Apabila bongkahan ini

dipecah-pecah menjadi partikel-partikel kecil, bahan-bahan tersebut akan berperilaku sebagai bahan yang tidak kohesif. Apabila air ditambahkan kembali, bahan tersebut akan menjadi plastis dengan kekuatan yang lebih kecil dibandingkan kekuatan bongkahan yang kering dan kuat. Dalam pengeringan, tarikan permukaan sudah tentu menarik partikel-partikel kedalam kotak yang maksimum dengan jarak antar partikel yang sangat minimum, sehingga gaya antar partikel akan maksimum. Ternyata bahwa kerapatan yang lebih tinggi akibat pemampatan dan jarak antara partikel yang sangat dekat yang menimbulkan pengaruh maksimum dari tarikan gaya antar partikel, akan memberikan kekuatan yang sangat tinggi.

Kandungan air sangat mempengaruhi perilaku tanah khususnya proses pengembangannya. Lempung dengan kadar air rendah memiliki potensi pengembangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan lempung berkadar air lebih tinggi (Supriyono, 1993). Hal ini disebabkan karena lempung dengan kadar air alami lebih berpotensi untuk menyerap air.

3. Batas-batas konsistensi

Dengan pengujian batas-batas konsistensi akan diketahui nilai-nilai batas cair, batas plastis, batas susut dan indeks plastisitas tanah yang diuji. Pengujian ini didasarkan pada kadar air yang terkandung pada mineral tanah. Umumnya lempung memiliki perbedaan tingkat kekerasan dan kelunakan yang sangat tinggi tergantung dari kemampuan dalam menyerap air. Tanah dengan kandungan lempung yang tinggi menunjukkan kepekaan yang tinggi pula terhadap perubahan kadar air. Konsistensi dari lempung dan tanah-tanah kohesif lainnya sangat dipengaruhi oleh kadar air tanah. Pengaruh ini tampak apabila suatu bubuk lempung yang secara perlahan dikeringkan, akan melalui tahapan dari keadaan cair ke keadaan plastis dan akhirnya memasuki keadaan semi padat dan keadaan padat. Batas perubahan dari keadaan padat ke semi padat disebut batas susut, dari semi padat ke plastis disebut batas plastis, perubahan dari keadaan plastis ke cair disebut batas cair. Sedangkan indeks plastis adalah selisih nilai batas cair dan nilai batas plastis.

2.3 Mekanisme kembang susut Tanah Lempung ekspansif

2.3.1. Kapasitas Pertukaran Kation

Dalam teknologi tanah telah kita ketahui bahwa massa tanah terdiri dari tiga fase, yaitu : fase-fase padat, udara, air. Perubahan kandungan air dalam struktur mineral ekspansif mengakibatkan perubahan volume.

Menurut Dunn (1992) daya permukaan memegang peranan penting pada perilaku tanah lempung. Struktur kristalin lempung membentuk partikel pipih kecil yang bermuatan negatif netto pada permukaan datar partikel. Permukaan yang bermuatan ini menarik kation yang ada di dalam air pori dan bahkan cenderung mengarahkan molekul-molekul air menjadi suatu susunan yang terstruktur.

Kapasitas pertukaran kation ini berhubungan dengan mineralogi lempung. Nilai kapasitas pertukaran kation yang tinggi menunjukkan tingginya aktivitas mineral lempung. Umumnya, peningkatan potensi pengembangan akan sama dengan peningkatan kapasitas pertukaran kation. Menurut Woodward-Clyde (1967), susunan kapasitas pertukaran kation untuk Tiga mineral dasar pembentuk lempung dapat dilihat pada tabel 2.9.

Tabel 2.9. Kapasitas Pertukaran Kation pada Mineral Lempung

Mineral Lempung	Ketebalan Partikel	Diameter Partikel	Permukaan Spesifik (m^2/g)	Kapasitas Pertukaran Kation (meg/100g)
Kaolinite	0,5 – 2 μ	0,5 – 4 μ	10 – 20	3 – 5
Illite	0,003 – 0,1 μ	0,5 – 10 μ	65 – 180	10 – 40
Montmorillonite	< 95 A	0,05 – 10 μ	50 – 840	80 – 150

Dari tabel 2.9. diatas, terlihat bahwa mineral montmorillonite memiliki kapasitas penyerapan kation 10 kali lebih besar dibandingkan mineral kaolinite karena besarnya muatan negatif yang terdapat pada mineral montmorillonite dan permukaan spesifiknya yang lebih besar dibandingkan mineral Kaolinite dan Illite.

Menurut W.A. White (1958), antara sifat-sifat tanah seperti pada *Atterberg Limits*, tipe mineral lempung dan ion-ion kation akan muncul suatu hubungan tertentu, yang dapat dilihat pada tabel 2.10.

Tabel 2.10. Nilai *Atterberg limits* mineral lempung dengan beberapa macam kation

Mineral Lempung	Na ⁺		K ⁺		Ca ²⁺		Mg ²⁺	
	LL (%)	IP (%)	LL (%)	IP (%)	LL (%)	IP (%)	LL (%)	IP (%)
Kaolinite	29	1	35	7	34	8	39	11
Illite	61	27	81	38	90	50	83	44
Montmorillonite	344	251	161	104	166	101	158	99

Dari tabel 2.9. dan 2.10. terlihat bahwa kapasitas pertukaran kation lempung mempunyai hubungan yang jelas dengan *Atterberg limits*. Semakin besar kapasitas pertukaran kation lempung maka semakin besar pengaruh perubahan absorpsi kation. Dengan kata lain, prinsip dasar dalam stabilisasi secara kimia pada tanah ekspansif adalah adanya peningkatan dalam konsentrasi ion.

2.3.2. Pengembangan (*Swelling*)

Pengembangan yang terjadi di dalam tanah ekspansif merupakan penambahan volume, berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan Van Der Merwe, potensi penambahan volume tanah akibat peningkatan air tergantung pada indeks plastisitas, gradasi butir dan tekanan overburden.

Snethen (1984) menyatakan, potensi pengembangan sebagai keseimbangan perubahan volume vertical atau deformasi pada pengujian menggunakan alat oedometer yang dibatasi secara lateral. Potensi pengembangan dinyatakan sebagai persentase perubahan tinggi terhadap ketinggian awal dari sampel terusik dengan kadar air dan kepadatan alami tertentu yang dijenuhkan dibawah tekanan yang sama dengan tekanan di lapangan.

Definisi yang diberikan Snethen (1984) ditunjukkan dalam persamaan berikut :

$$S = \frac{\Delta h}{h}$$

Dimana :

S = potensi pengembangan

Δh = perubahan tinggi sample setelah dijenuhkan (m)

H = tinggi awal sampel (m)

Secara Umum besarnya pengembangan tanah tergantung :

1. jenis mineral yang dikandung tanah
2. banyaknya kation bebas dalam tanah
3. kation berfungsi sebagai pengikat antara partikel yang dapat menahan kecenderungan pengembangan partikel karena tekanan osmosis.

Untuk mengurangi sifat kembang susut tanah dapat dilakukan dengan menambah jumlah kation yang ada di dalam tanah asli dengan mencampur tanah tersebut dengan senyawa yang mengandung kation (ion positif) seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+} , K^{+} . Makin banyak kation yang ada maka makin kecil nilai kembang susut tanah tersebut.

2.3.3. Penyusutan (*Shrinkage*)

Penyusutan (*Shrinkage*) adalah pengurangan volume tanah akibat berkurangnya kadar air. Penyusutan ini terjadi apabila kadar air tanah berkurang dan nilainya lebih kecil dari batas susutnya (*shrinkage limit*). Penyusutan terjadi karena :

1. Tanah “mengering” ($S_r < 100\%$)
2. Peristiwa kapiler menyebabkan naiknya σ' (tegangan efektif)
3. Tanah berubah Volume.

2.4 Teori Kuat Geser Tanah

Kekuatan geser tanah merupakan parameter yang paling tinggi untuk menilai kestabilan struktur yang mengandung berbagai mineral. Parameter kuat geser dapat diuji dengan melakukan pengujian di laboratorium atau di lapangan untuk menyelidiki kegagalan struktur.

2.4.1. Pengertian Kuat Geser Tanah

Kekuatan geser tanah (*shear strength*) adalah perlawanan maksimum yang dapat diberikan oleh tanah untuk menahan tegangan akibat geseran yang terjadi pada tanah itu. Rumus umum tegangan geser adalah :

$$\text{Tegangan geser } (\tau) = \frac{\text{Gaya geser (T)}}{\text{Luas Bidang (A)}}$$

Di dalam tanah jika terjadi gaya geser (tegangan geser) yang besarnya sedemikian rupa sehingga melebihi kekuatan geser tanah, maka akan terjadi kelongsoran atau pergeseran. Sebagai contoh, suatu lereng galian/timbunan tanah yang tinggi dan terlalu curam akan menimbulkan tanah longsor.

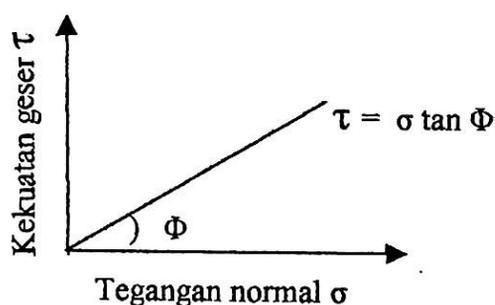
Kekuatan geser dapat dibagi dalam nilai yang tergantung pada tahanan geser antara butiran-butiran tanah dan kohesi pada permukaan butiran tanah tersebut. Jadi, kekuatan geser tanah berubah-ubah sesuai dengan jenis dan kondisi tanah tersebut. Kekuatan geser dapat dianggap terdiri dari dua bagian atau komponen, yaitu :

1. gesekan dalam, yang sebanding dengan tegangan efektif yang bekerja pada bidang geser
2. kohesi, yang tergantung kepada jenis tanah dan kepadatannya.

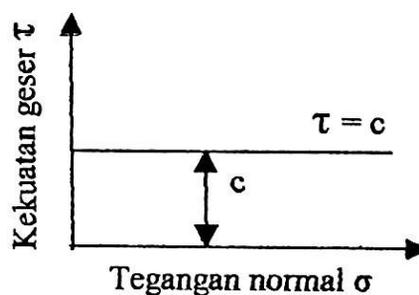
Kohesi dari lempung seringkali disebabkan oleh gravitasi listrik dan sifat-sifat dari air yang diserap pada permukaan partikel lempung. Bilamana tanah dalam keadaan tidak jenuh, meskipun tanah tidak kohesif, maka sifat kohesi itu kadang-kadang dapat terlihat sebagai tegangan permukaan dari air yang terdapat dalam pori-pori. Jadi, kekuatan geser tanah berubah-ubah sesuai dengan jenis dan kondisi tanah itu.

Dalam kondisi tanah yang tidak kohesif, kekuatan geser tanah hanya terletak pada gesekan antara butir tanahnya saja ($c = 0$), kondisi ini dapat dilihat pada gambar 2.4. di bawah ini.

Sedangkan pada tanah berkohesi dalam kondisi jenuh, maka $\Phi = 0$ dan tegangan geser sama dengan kohesi ($\tau = c$), sehingga grafik kuat gesernya dapat terlihat pada gambar 2.5. berikut :



Gambar 2.4. grafik kuat geser tanah non kohesif



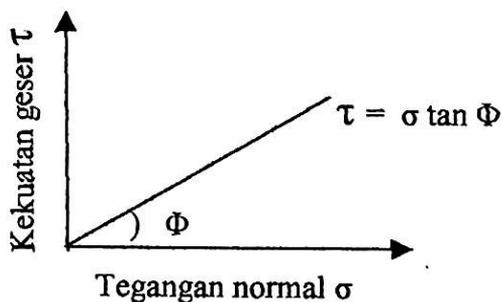
Gambar 2.5. Grafik kuat geser tanah kohesif

Hipotesa mengenai kekuatan geser tanah diajukan oleh Coulomb (tahun 1773) sebagai berikut :

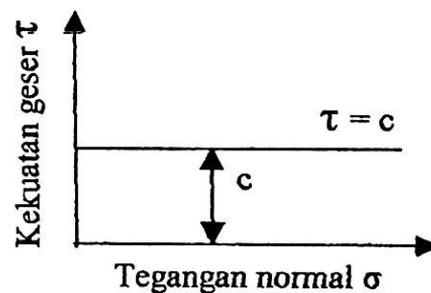
Kohesi dari lempung seringkali disebabkan oleh gravitasi listrik dan sifat-sifat dari air yang diserap pada permukaan partikel lempung. Bilamana tanah dalam keadaan tidak jenuh, meskipun tanah tidak kohesif, maka sifat kohesi itu kadang-kadang dapat terlihat sebagai tegangan permukaan dari air yang terdapat dalam pori-pori. Jadi, kekuatan geser tanah berubah-ubah sesuai dengan jenis dan kondisi tanah itu.

Dalam kondisi tanah yang tidak kohesif, kekuatan geser tanah hanya terletak pada gesekan antara butir tanahnya saja ($c = 0$), kondisi ini dapat dilihat pada gambar 2.4. di bawah ini.

Sedangkan pada tanah berkohesi dalam kondisi jenuh, maka $\Phi = 0$ dan tegangan geser sama dengan kohesi ($\tau = c$), sehingga grafik kuat gesernya dapat terlihat pada gambar 2.5. berikut :

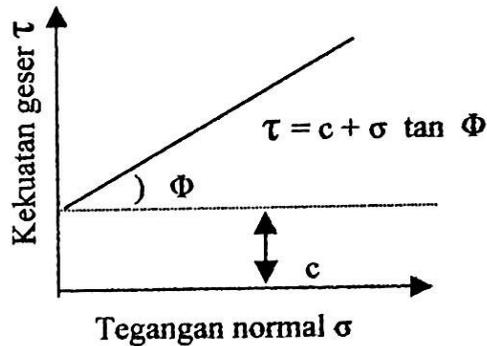


Gambar 2.4. grafik kuat geser tanah non kohesif



Gambar 2.5. Grafik kuat geser tanah kohesif

Hipotesa mengenai kekuatan geser tanah diajukan oleh Coulomb (tahun 1773) sebagai berikut :



Gambar 2.6. Grafik kuat geser tanah

Dari gambar 2.6 diatas didapat persamaan kekuatan geser sebagai berikut :

$$\tau = c + \sigma \tan \Phi \dots\dots\dots(2.4.)$$

dimana :

τ = tegangan geser

c = kohesi tanah

Φ = sudut geser tanah

σ = tegangan normal yang bekerja

2.4.2. Pengujian Karakteristik Kuat Geser Tanah

Dalam kebanyakan pengujian kuat geser di laboratorium, sampelnya diutamakan sample dengan deformasi yang rata-rata tetap pada saat perubahan beban diukur, dan jika perlu perubahan volume dan tekanan air porinya ditentukan (khera, 1998).

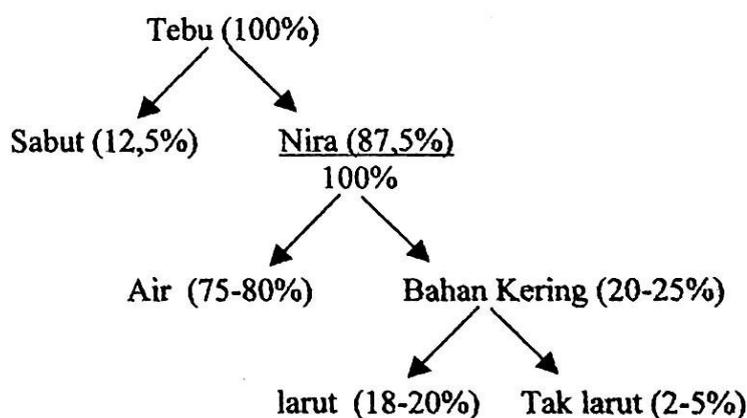
Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk menentukan kekuatan geser tanah pada keadaan kritis saat terjadi keruntuhan oleh tegangan geser sekaligus menentukan perubahan volume atau deformasi sewaktu terjadi keruntuhan. Ada bermacam-macam pengujian yang dapat dilakukan untuk menentukan kekuatan geser tanah antara lain : pengujian kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test*), pengujian triaxial (*Triaxial Test*), pengujian geser langsung (*Direct Shear Test*).

Karakteristik tanah tergantung pada jenis tanah, kerapatan, kadar air tanah dan tekanan efektif atau kondisi sewaktu di adakan pengujian.

Untuk pengujian dengan contoh tidak terganggu, maka perlu dipilih contoh *undisturb*. Tetapi, ada kemungkinan bahwa oleh perubahan tekanan atau suhu sewaktu contoh ditarik kepermukaan tanah, gas yang larut dalam contoh keluar, sehingga tanah akan menunjukkan karakteristik yang berbeda dengan karakteristik di dalam tanah. Jadi saat memeriksa hasil pengujian, hal tersebut perlu diperhatikan.

2.5. Abu Ampas Tebu

Tebu atau *Saccharum Officinarum* termasuk dalam famili *Gramineae* atau keluarga rumput-rumputan, secara morfologi tanaman tebu dapat dibagi menjadi beberapa bagian yaitu batang, daun, akar dan bunga. Mulai dari pangkal sampai ujung batangnya tebu mengandung air gula dengan kadar gula mencapai 20%. Bila tebu dipotong akan terlihat serat-serat dan terdapat cairan yang manis. Serat dan kulit biasanya disebut sabut dengan persentase 12,5% dari bobot tebu, cairannya disebut nira dengan persentase 87,5%.



Gambar 2.7. Persentase komponen tebu

Ampas tebu merupakan hasil samping dari proses ekstraksi (pemerahan) cairan tebu. Dari satu pabrik dapat dihasilkan ampas tebu sekitar 35%-40% dari berat tebu yang digiling, mengingat begitu banyak jumlahnya maka ampas tebu akan memberikan nilai tambah untuk pabrik bila diberi perlakuan lebih lanjut. Pada umumnya pabrik gula di Indonesia memanfaatkan ampas tebu sebagai bahan bakar (*boiler*) bagi pabrik yang bersangkutan, setelah ampas tersebut mengalami pengeringan. Disamping untuk bahan bakar ampas tebu juga banyak digunakan sebagai bahan baku pada industri kertas, *particle board*, *fibre board* dan lain-lain.

2.6. Stabilisasi tanah

Stabilisasi tanah secara umum adalah tindakan yang dilakukan bukan hanya untuk menaikkan kekuatan tanah, tetapi juga termasuk mempertahankan kekuatan yang telah dimiliki tanah tersebut. Ada beberapa cara teknik stabilisasi tanah antara lain (DPU 1985)

1. Stabilisasi tanah dengan cara kimia

Metode ini biasanya digunakan pada lapisan permukaan, penggunaan bahan campuran ini telah terbukti mempertinggi karakteristik tanah *subgrade* atau *subbase*, sehingga mengurangi ketebalan perkerasan, menambah stabilitas lereng, mengurangi erosi, menaikkan stabilitas volume dan sebagainya. Hasil stabilitas dari hasil pencampuran dan pemadatan dengan *admixture* akan sangat tergantung pada jenis atau komposisi *admixture* untuk mengubah sifat kimia tanah. Perubahan komposisi tanah ini dapat diukur dari kenaikan *density* dan kenaikan kohesi tanah. Bahan campuran (*admixture*) yang sudah banyak diuji antara lain : kapur (*lime*), semen (*cement*), *fly ash* dan lain-lain. Sedangkan dalam penelitian ini *admixture* yang digunakan adalah Abu Ampas Tebu yang diambil dari pabrik gula Cinta Manis Ogan Ilir Palembang.

2. Stabilisasi tanah dengan cara mekanis

Stabilisasi dengan cara ini adalah mempertinggi kerapatan tanah dengan memakai energi mekanis untuk menghasilkan pemadatan partikel. Pemadatan itu sendiri berfungsi untuk meningkatkan kekuatan tanah sehingga demikian meningkatkan daya dukung tanah tersebut.

3. Stabilisasi tanah dengan cara *Inclusion*

Perbaikan tanah dengan cara ini meliputi perkuatan tanah dengan memakai *geotextile*, pemakaian perbaikan tanah dengan inklusi ini diterapkan umumnya untuk perkuatan lereng dan tembok penahan tanah

4. Stabilisasi tanah dengan cara hidrolis

Salah satu perbaikan tanah dengan cara hidrolis adalah dengan cara preloading tanpa drainase vertikal atau dengan drainase vertikal (PVD), tujuan penggunaan preloading ini adalah untuk mempercepat *settlement* dan menaikkan kuat geser tanah.

Dari berbagai jenis metode stabilitas tanah di atas dipilihlah mana kira-kira metode yang cocok untuk tanah yang akan distabilkan.

2.7. Pengaruh Penambahan Zat Additive pada Tanah

Proses penambahan zat additif pada tanah dikategorikan ke dalam stabilisasi tanah secara kimia. Metode stabilisasi ini akan dapat memperbaiki lapisan dasar dan meningkatkan kekuatan serta ketahanan tanah berbutir halus.

Penambahan zat additif ini dapat menyebabkan beberapa reaksi kimia dan perbaikan dari sifat-sifat tanah, seperti peningkatan plastisitas, kemudahan dalam pengerjaan, kekuatan dan sifat perubahan bentuk (deformasi). Hal ini dapat diatasi dengan menambahkan zat additif sebagai bahan pengikat. Menurut Thomas (1996), tanah yang dapat bereaksi dengan baik dengan zat additif akan menghasilkan penambahan kekuatan yang besar. Kekuatan tanah ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yang saling berhubungan, misal, jenis tanah, jenis additif, masa pemeliharaan dan suhu (Moore, et al, 1971)