

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

2.1.1 Pengertian Tanah

Tanah merupakan kumpulan butiran (agregat) mineral alami yang bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanik bila agregat tersebut diaduk dalam air atau kumpulan mineral, bahan *organic* dan endapan-endapan yang *relative* lepas (*loose*), yang terletak diatas batuan dasar (*bedrock*).

Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel yang lebih kecil disebabkan pengaruh erosi, angin, air, es, manusia, cuaca atau suhu. Partikelnya berbentuk bulat atau juga bergerigi. Pembentukan tanah secara kimia terjadi oleh pengaruh oksigen, karbondioksida, air (mengandung asam atau alkali). Ada berbagai macam jenis-jenis tanah untuk klasifikasi tanah dilapangan antara lain :

a. Pasir dan Kerikil

Pasir dan kerikil yaitu agregat tak berkohesi yang tersusun dari regmin-regmin sub angular atau angular. Partikel berukuran sampai 1/8 inci dinamakan pasir dan yang berukuran 1/8 inci sampai 6/8 inci disebut kerikil. Fragmen bergaris tengah lebih besar dari 8 inci disebut bongkah (*boulders*)

b. Hardpan

Hardpan merupakan tanah yang tahanan terhadap penetrasi alat pemboran besar sekali. Cirinya sebagian besar dijumpai dalam keadaan bergradasi baik, luar biasa padat, dan merupakan agregat partikel mineral yang kohesif

c. Lanau anorganik (*inorganic silt*)

Lanau anorganik merupakan tanah berbutir halus dengan plastisitas kecil atau sama sekali tak ada. Jenis yang plastisitasnya paling kecil biasanya mengandung butiran kuarsa sedimentasi, yang kadang-kadang disebut tepung batuan (*rockflour*), sedangkan yang sangat plastis mengandung partikel berwujud serpihan dan dikenal sebagai lanau plastis.

d. Lanau organik (*organic silt*)

Lanau organik merupakan tanah agak plastis, berbutir halus dengan campuran partikel-partikel bahan organik terpisah secara halus. Warna tanah bervariasi dari abu-abu terang ke abu-abu sangat gelap, di samping itu mungkin mengandung H_2S , CO_2 , serta berbagai gas lain hasil peluruhan tumbuhan yang akan memberikan bau khas kepada tanah. Permeabilitas lanau organik sangat rendah sedangkan kompresibilitasnya sangat tinggi.

e. Lempung

Tanah lempung merupakan agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi unsur-unsur penyusun batuan, dan bersifat plastis dalam selang kadar air sedang sampai luas. Dalam keadaan kering sangat keras, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Permeabilitas lempung sangat rendah.

f. Lempung organik

Tanah lempung organik merupakan lempung yang sebagian sifat-sifat fisis pentingnya dipengaruhi adanya bahan organik yang terpisah dalam keadaan jenuh. Lempung organik cenderung bersifat sangat kopiesibel tapi pada keadaan kering kekuatannya sangat tinggi. Warnanya abu-abu tua atau hitam, berbau menyolok.

g. Gambut (*peat*)

Tanah gambut merupakan agregat agak berserat yang berasal dari serpihan makroskopik dan mikroskopik tumbuh-tumbuhan. Warnanya coklat terang dan hitam bersifat kompresibel, sehingga tak mungkin menopang pondasi.

2.1.2 Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem Klasifikasi Tanah adalah suatu sistem penggolongan yang sistematis dari jenis-jenis tanah yang mempunyai sifat-sifat yang sama ke dalam kelompok-kelompok dan sub kelompok berdasarkan pemakaiannya (Braja M. Das, 1995).

Sistem klasifikasi tanah dibuat pada dasarnya untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisis tanah. Karena variasi sifat dan perilaku tanah yang begitu beragam, sistem klasifikasi secara umum mengelompokkan tanah ke dalam kategori yang umum dimana tanah memiliki kesamaan sifat fisis. Klasifikasi tanah juga berguna untuk studi yang lebih terperinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi dan sebagainya (Joseph E. Bowles, 1989)

Sistem klasifikasi bukan merupakan sistem identifikasi untuk menentukan sifat-sifat mekanis dan geoteknis tanah. Karenanya, klasifikasi tanah bukanlah satu-satunya cara yang digunakan sebagai dasar untuk perencanaan dan perancangan konstruksi. Adapun sistem klasifikasi tanah yang telah umum digunakan adalah :

1. Sistem Klasifikasi Kesatuan Tanah (*Unified soil classification system*)

Sistem ini pada mulanya diperkenalkan oleh *Casagrande* (1942) untuk dipergunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang yang dilaksanakan oleh *The Army Corps of Engineers*.

Sistem klasifikasi berdasarkan hasil-hasil percobaan laboratorium yang paling banyak dipakai secara meluas adalah sistem klasifikasi kesatuan tanah. Percobaan laboratorium yang dipakai adalah analisis ukuran butir dan batas-batas Atterberg. Semua tanah diberi dua huruf penunjuk berdasarkan hasil-hasil percobaan ini. Sistem ini mengelompokkan tanah ke dalam dua kelompok besar, yaitu :

- Tanah berbutir kasar (*coarse grained soil*), yaitu tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Symbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal **G**, adalah untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil dan **S**, adalah untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir.
- Tanah berbutir halus (*fine grained soil*), yaitu tanah dimana lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Symbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal **M** untuk lanau (*silt*) anorganik, **C** untuk lempung (*clay*) anorganik dan **O** untuk lanau-organik dan lempung-organik. Symbol **PT** digunakan untuk tanah gambut (*peat*), muck dan tanah-tanah lain dengan kadar organik tinggi.

Symbol-simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi *USCS*, adalah :

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

Tanah berbutir kasar ditandai dengan simbol kelompok seperti : *GW*, *GP*, *GM*, *GC*, *SW*, *SP*, *SM*, dan *SC*. Untuk klasifikasi yang benar, perlu diperhatikan faktor-faktor berikut :

1. Persentase butiran yang lolos ayakan No. 200 (ini adalah fraksi halus)
2. Persentase fraksi kasar yang lolos ayakan No. 40
3. Koefisien keseragaman (C_u) dan koefisien gradasi (C_c) untuk tanah dimana 0-12% lolos ayakan No. 200

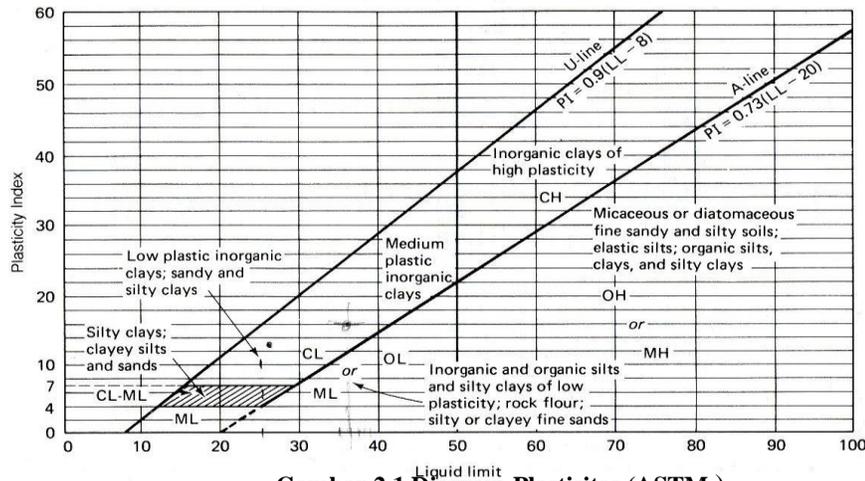
4. Batas cair (*LL*) dan indeks plastisitas (*IP*) bagian tanah yang lolos ayakan No. 40 (untuk tanah dimana 5% atau lebih lolos ayakan No. 200)

Bilamana persentase butiran yang lolos ayakan No. 200 adalah antara 5 sampai 12%, simbol ganda seperti : *GW-GM*, *GP-GM*, *GW-GC*, *GP-GC*, *SW-SM*, *SW-SC*, *SP-SM* dan *SP-SC* diperlukan. *Cassagrande* membagi tanah atas 3 (tiga) kelompok (Sukirman, 1992) yaitu :

- Tanah berbutir kasar, < 50% lolos saringan No. 200.
- Tanah berbutir halus, > 50% lolos saringan No. 200.
- Tanah organik yang dapat dikenal dari warna, bau dan sisa-sisa tumbuh-tumbuhan yang terkandung di dalamnya.

Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah Sistem USCS

Divisi	Simbol Kelompok	Nama Jenis	Kriteria Klasifikasi	
<p><i>Lebih dari 40% butiran ke-bawah id. ayakan No. 200</i></p> <p>Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar (tertahan saringan no. 4 (4,75 mm))</p>	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	<p>Kerikil gradasi: baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.</p> <p>$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$</p> <p>$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3</p>	
		GP	<p>Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.</p> <p>Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW</p>	
	Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	<p>Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$</p> <p>Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol</p>
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	<p>Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$</p>
	Pasir/lehi dari 50% fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4,75 mm)	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	<p>$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 60$</p> <p>$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ atau 1 dan 3</p>
		SP	Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	<p>Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW</p>
Pasir bersih kandungan butiran halus		SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	<p>Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$</p> <p>Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol</p>
	SC	Pasir berlanau, campuran pasir-lempung	<p>Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$</p>	
<p>Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)</p>	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung	<p>Diagram plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar. Batas atterberg yang termasuk dalam daerah yang diarsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.</p> <p>Batas Cair LL (%) Garis A: $PI = 0,73 (LL - 20)$</p>	
	CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ('clean clays')		
	OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah		
	MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis.		
	CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ('fat clays')		
	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi		
Tanah dengan organik tinggi		Gambut ('peat'), dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat ASTM Designation D-2488	



Gambar 2.1 Diagram Plastisitas (ASTM)

Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi Tanah USCS

Jenis Tanah	Prefiks	Sub kelompok	Sufiks
		Gradasi baik	W
Kerikil	G	Gradasi buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	wL < 50%	L
Organik	O	wL < 50%	H
Gambut	Pt		

(Sumber : Bowles, 1989)

2. Klasifikasi sistem AASHTO (*American Association Of State Highway and Transporting Official*)

Sistem ini pertama kali diperkenalkan oleh *Hoentogler* dan *Terzaghi*, yang akhirnya diambil oleh *Bureau Of Public Roads*. Pengklasifikasian sistem ini berdasarkan kriteria ukuran butir dan plastisitas. Maka dalam mengklasifikasikan tanah membutuhkan pengujian analisis ukuran butiran, pengujian batas cair dan batas palstis.

Sistem ini membedakan tanah dalam 8 (delapan) kelompok yang diberi nama dari A-1 sampai A-8. A-8 adalah kelompok tanah organik yang bersifat tidak stabil sebagai bahan lapisan struktur jalan raya, maka pada revisi terakhir oleh AASHTO diabaikan (Sukirman, 1992).

Tabel 2.3 Klasifikasi tanah untuk tanah dasar jalan raya, AASHTO

Klasifikasi Umum	Bahan-bahan berbutir (35% atau kurang lolos No.200)						
	A-1		A-3	A-2			
Klasifikasi Kelompok	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis Saringan Persen lolos :							
No.10	≤ 50						
No. 40	≤ 30	≤ 50	≤ 51				
No. 200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35
Karakteristik fraksi Lolos No.40							
Batas Cair				≤ 40	≤ 41	≤ 40	≤ 41
Indeks Plastisitas	≤ 50		N.P	≤ 10	≤ 10	≤ 11	≤ 10
Indeks Kelompok	0		0	0		≤ 4	
Jenis-jenis bahan Pendukung utama	Fragmen batu pasir dan kerikil		Pasir halus	Kerikil dan pasir berlanau atau berlempung			
Tingkatan umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik						

(Sumber: Mekanika Tanah I, Hardiyatmo)

Tabel 2.4 Klasifikasi tanah Sistem AASHTO

Klasifikasi Umum	Tanah Granuler	Tanah mengandung Lanau-Lempung				
		A-2	A-4	A-5	A-6	A-7
Kelompok	A-2-7					A-7-5 ^b A-7-5 ^c
	Persen Lolos Saringan					
No. 10						
No. 20						
No. 200	35 max	36	36	36 min	36	36 min
Batas Cair ²	41 min	40	41	40 min	40	41 min
Indeks Plastisitas ³	11 min	10 min	10	10 min	10	11 min
Fraksi Tanah	Kerikil, pasir		Lanau		Lempung	
Kondisi Kuat	Sangat Baik		Kurang baik hingga jelek			

(Sumber : Bowles, 1989)

2.2 Tanah Lempung

2.2.1 Pengertian Tanah Lempung

Menurut *Terzaghi* (1987) 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, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Permeabilitas lempung sangat rendah, bersifat plastis pada kadar air sedang. Di Amerika bagian barat, untuk lempung yang keadaan plastisnya ditandai dengan wujudnya yang bersabun atau seperti terbuat dari lilin disebut “gumbo”. Sedangkan pada keadaan air yang lebih tinggi tanah lempung akan bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak.

Sedangkan menurut *Hardiyatmo* (1992) mengatakan Mengatakan sifat-sifat yang dimiliki dari tanah lempung yaitu antara lain ukuran butiran halus lebih kecil dari 0,002 mm, permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, bersifat sangat kohesif, kadar kembang susut yang tinggi dan proses konsolidasi lambat. Dengan adanya pengetahuan mengenai mineral tanah tersebut, pemahaman mengenai perilaku tanah lempung dapat diamati.

Dalam klasifikasi tanah secara umum, partikel tanah lempung memiliki diameter 2 μm atau sekitar 0,002 mm (*USDA, AASHTO, USCS*). Namun demikian, dibebberapa kasus partikel berukuran antara 0,002 mm sampai 0,005 mm masih digolongkan sebagai partikel lempung (*ASTM-D-653*). Disini tanah diklasifikasikan sebagai lempung hanya berdasarkan ukuran saja, namun belum tentu tanah dengan ukuran partikel lempung tersebut juga mengandung mineral-mineral lempung. Jadi, dari segi mineral tanah dapat juga disebut sebagai tanah bukan lempung (*non clay soil*) meskipun terdiri dari partikel-partikel yang sangat kecil (partikel-partikel *quartz, feldspar, mika* dapat berukuran sub mikroskopis tetapi umumnya tidak bersifat plastis). Partikel-partikel dari mineral lempung umumnya berukuran koloid, merupakan gugusan kristal berukuran mikro, yaitu < 1 μm (2 μm merupakan batas atasnya). Tanah lempung merupakan hasil proses pelapukan mineral batuan induknya, yang salah satu penyebabnya adalah air yang mengandung asam atau alkali, oksigen, dan karbondioksida.

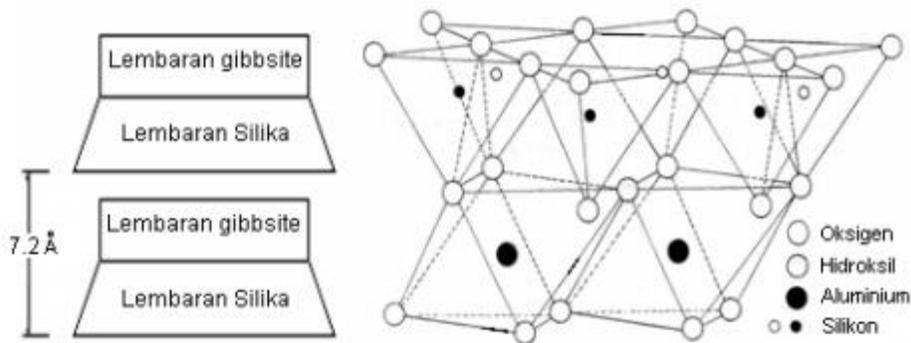
2.2.2 Susunan Tanah Lempung

Pelapukan tanah akibat reaksi kimia menghasilkan susunan kelompok partikel berukuran koloid dengan diameter butiran lebih kecil dari 0,002 mm, yang disebut mineral lempung. Partikel lempung berbentuk seperti lembaran yang mempunyai permukaan khusus, sehingga lempung mempunyai sifat yang dipengaruhi oleh gaya – gaya permukaan. Terdapat kira – kira 15 macam mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung (Kerr, 1959). Diantaranya terdiri dari kelompok- kelompok: *montmorillonite, illite, kaolinite dan polygorsski*. Terdapat pula kelompok lain, misalnya: *chlorite, vermiculite, dan halloysite*.

1. *Kaolinite*

Kaolinite merupakan hasil pelapukan sulfat atau air yang mengandung karbonat pada temperatur sedang. Warna *kaolinite* murni umumnya putih, putih kelabu, kekuning-kuningan atau kecoklat-coklatan. *Kaolinite* disebut sebagai

mineral lempung satu banding satu (1:1). Bagian dasar dari struktur ini adalah lembaran tunggal silika tetrahedral yang digabung dengan satu lembaran alumina oktahedran (gibbsite) membentuk satu unit dasar dengan tebal kira-kira 7,2 Å ($1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$) seperti yang terlihat pada gambar, hubungan antar unit dasar ditentukan oleh ikatan hidrogen dan gaya bervalensi sekunder. Mineral kaolinite berwujud seperti lempengan-lempengan tipis, masing-masing dengan diameter 1000 Å sampai 20000 Å dan ketebalan dari 100 Å sampai 1000 Å dengan luasan spesifik per unit massa $\pm 15 \text{ m}^2/\text{gr}$.

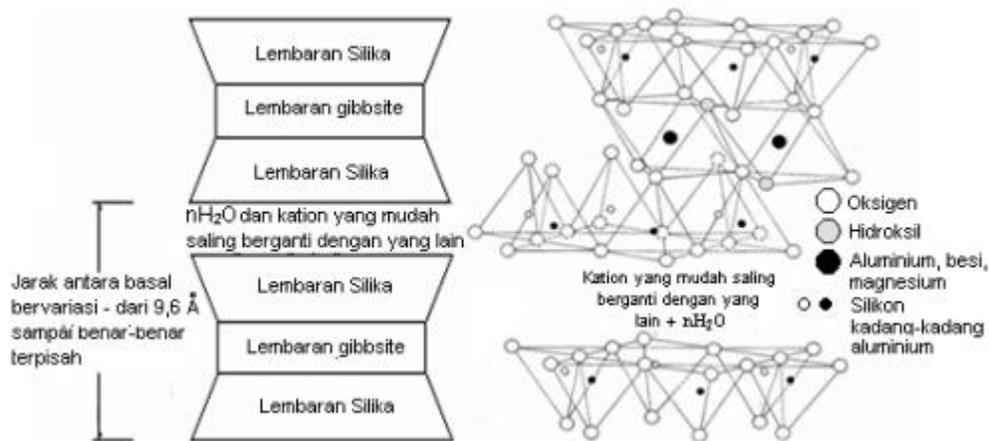


Gambar 2.2 Struktur *Kaolinite* (Das Braja M, 1988)

2. *Montmorillonite*

Montmorillonite disebut juga mineral dua banding satu (2:1) karena satuan susunan kristalnya terbentuk dari susunan dua lempeng silika tetrahedral mengapit satu lempeng alumina oktahedral ditengahnya. Struktur kisinya tersusun atas satu lempeng Al_2O_3 diantara dua lempeng SiO_2 . Karena struktur inilah Montmorillonite dapat mengembang dan mengkerut menurut sumbu C dan mempunyai daya adsorpsi air dan kation lebih tinggi. Tebal satuan unit adalah 9,6 Å ($0,96 \mu\text{m}$), seperti ditunjukkan gambar dibawah ini sebagaimana dikutip Das. Braja M (1988). Hubungan antara satuan unit diikat oleh ikatan gaya Van der Walls, diantara ujung-ujung atas dari lembaran silika itu sangat lemah, maka lapisan air ($n\text{H}_2\text{O}$) dengan kation yang dapat bertukar dengan mudah menyusup

dan memperlemah ikatan antar satuan susunan kristal mengakibatkan antar lapisan terpisah. Ukuran unit massa sangat besar, dapat menyerap air dengan sangat kuat, mudah mengalami proses pengembangan.

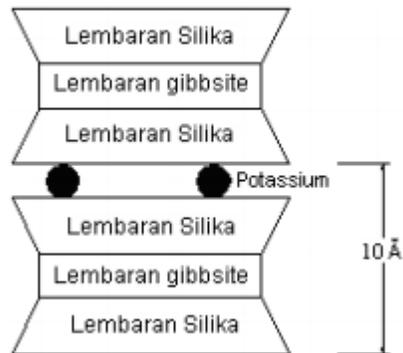


Gambar 2.3 Struktur *montmorillonite* (Das Braja M, 1988)

3. *Illite*

Mineral *illite* mempunyai hubungan dengan mika biasa, sehingga dinamakan pula hidrat-mika. *Illite* memiliki formasi struktur satuan kristal, tebal dan komposisi yang hampir sama dengan *montmorillonite*. Perbedaannya ada pada :

- Pengikatan antar unit kristal terdapat pada kalium (K) yang berfungsi sebagai penyeimbang muatan, sekaligus sebagai pengikat.
- Terdapat $\pm 20\%$ pergantian silikon (Si) oleh aluminium (Al) pada lempeng tetrahedral.
- Struktur mineralnya tidak mengembang sebagaimana montmorillonite



Gambar 2.4 Struktur *illite* (Das Braja M, 1988)

Substitusi dari kation-kation yang berbeda pada lembaran oktahedral akan mengakibatkan mineral lempung yang berbeda pula. Apabila ion-ion yang disubstitusikan mempunyai ukuran yang sama disebut *ishomorphous*. Bila sebuah anion dari lembaran oktahedral adalah *hydroxil* dan dua per tiga posisi kation diisi oleh aluminium maka mineral tersebut disebut *gibbsite* dan bila magnesium disubstitusikan kedalam lembaran aluminium dan mengisi seluruh posisi kation, maka mineral tersebut disebut *brucite*.

4. Unsur Kimia Tanah Lempung

Adapun susunan unsur kimia yang terdapat di dalam tanah lempung bisa dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.5 Unsur Kimia Tanah Lempung

Unsur/Senyawa	Lempung (%)
Silica (SiO ₂)	75.40
Kalsium Oksida (CaO)	0.70
Magnesium Oksida (MgO)	0.71
Besi Oksida (Fe ₂ O ₃)	0.01
Aluminium Karbonat (Al ₂ O ₃)	14.10

(Sumber : Edriani ; 2012)

2.2.3 Karakteristik Fisik Tanah Lempung Lunak

Menurut Bowles (1989), mineral-mineral pada tanah lempung umumnya memiliki sifat-sifat:

1. Hidrasi.

Partikel mineral lempung biasanya bermuatan negatif sehingga partikel lempung hampir selalu mengalami hidrasi, yaitu dikelilingi oleh lapisanlapisan molekul air yang disebut sebagai air teradsorpsi. Lapisan ini pada umumnya mempunyai tebal dua molekul karena itu disebut sebagai lapisan difusi ganda atau lapisan ganda. Lapisan difusi ganda adalah lapisan yang dapat menarik molekul air atau kation disekitarnya. Lapisan ini akan hilang pada temperatur yang lebih tinggi dari 600 sampai 1000C dan akan mengurangi plastisitas alamiah, tetapi sebagian air juga dapat menghilang cukup dengan pengeringan udara saja.

2. Aktivitas.

Hasil pengujian index properties dapat digunakan untuk mengidentifikasi tanah ekspansif. Hardiyatmo (2006) merujuk pada Skempton (1953) mendefinisikan aktivitas tanah lempung sebagai perbandingan antara Indeks Plastisitas (IP) dengan prosentase butiran yang lebih kecil dari 0,002 mm yang dinotasikan dengan huruf C, disederhanakan dalam persamaan:

$$\text{Aktifitas} = \frac{\text{Indeks Plastisitas}}{C}$$

Untuk nilai $A > 1,25$ digolongkan aktif dan sifatnya ekspansif. Nilai $1,25 < A < 0,75$ digolongkan normal sedangkan nilai $A < 0,75$ digolongkan tidak aktif. Aktivitas juga berhubungan dengan kadar air potensial relatif. Nilainilai khas dari aktivitas dapat dilihat pada Tabel 2.6

Tabel 2.6 Aktivitas tanah lempung

Minerologi tanah lempung	Nilai Aktifitas
Kaolinite	0,4 – 0,5
Illite	0,5 – 1,0
montmorillonite	1,0 – 7,0

(Sumber : Skempton, 1953)

3. Flokulasi dan Dispersi.

Apabila mineral lempung terkontaminasi dengan substansi yang tidak mempunyai bentuk tertentu atau tidak berkristal maka daya negatif netto, ion- ion H^+ dari air gaya Van der Waals dan partikel berukuran kecil akan bersama-sama tertarik dan bersinggungan atau bertabrakan di dalam larutan tanah dan air. Beberapa partikel yang tertarik akan membentuk flok (flock) yang berorientasi secara acak atau struktur yang berukuran lebih besar akan turun dari larutan itu dengan cepatnya membentuk sedimen yang lepas. Flokulasi adalah peristiwa penggumpalan partikel lempung di dalam larutan air akibat mineral lempung umumnya mempunyai $pH > 7$. Flokulasi larutan dapat dinetralisir dengan menambahkan bahan-bahan yang mengandung asam (ion H^+), sedangkan penambahan bahan-bahan alkali akan mempercepat flokulasi. Untuk menghindari flokulasi larutan air dapat ditambahkan zat asam.

4. Pengaruh Zat cair

Fase air yang berada di dalam struktur tanah lempung adalah air yang tidak murni secara kimiawi. Pada pengujian di laboratorium untuk batas Atterberg, ASTM menentukan bahwa air suling ditambahkan sesuai dengan keperluan. Pemakaian air suling yang relatif bebas ion dapat membuat hasil yang cukup berbeda dari apa yang didapatkan dari tanah di lapangan dengan air yang telah terkontaminasi. Air yang berfungsi sebagai penentu sifat plastisitas dari lempung. Satu molekul air memiliki muatan positif dan muatan negative pada ujung yang

berbeda (dipolar). Fenomena hanya terjadi pada air yang molekulnya dipolar dan tidak terjadi pada cairan yang tidak dipolar seperti karbon tetraklorida (CCl_4) yang jika dicampur lempung tidak akan terjadi apapun.

5. Sifat kembang susut (*swelling potensial*)

Plastisitas yang tinggi terjadi akibat adanya perubahan sistem tanah dengan air yang mengakibatkan terganggunya keseimbangan gaya-gaya didalam struktur tanah. Gaya tarik yang bekerja pada partikel yang berdekatan yang terdiri dari gaya elektrostatis yang bergantung pada komposisi mineral, serta gaya van der Waals yang bergantung pada jarak antar permukaan partikel. Partikel lempung pada umumnya berbentuk pelat pipih dengan permukaan bermuatan listrik negatif dan ujung-ujungnya bermuatan positif. Muatan negatif ini diseimbangkan oleh kation air tanah yang terikat pada permukaan pelat oleh suatu gaya listrik. Sistem gaya internal kimia-listrik ini harus dalam keadaan seimbang antara gaya luar dan hisapan matrik. Apabila susunan kimia air tanah berubah sebagai akibat adanya perubahan komposisi maupun keluar masuknya air tanah, keseimbangan gaya-gaya dan jarak antar partikel akan membentuk keseimbangan baru. Perubahan jarak antar partikel ini disebut sebagai proses kembang susut.

Tanah-tanah yang banyak mengandung lempung mengalami perubahan volume ketika kadar air berubah. Perubahan itulah yang membahayakan bangunan. Tingkat pengembangan secara umum bergantung pada beberapa faktor yaitu:

1. Tipe dan jumlah mineral yang ada di dalam tanah.
2. Kadar air.
3. Susunan tanah.
4. Konsentrasi garam dalam air pori.
5. Sementasi.
6. Adanya bahan organik, dll.

2.3 Limbah Cangkang Kerang

Penambahan zat additive dalam penelitian stabilisasi tanah lempung ini adalah menggunakan limbah kerang yang berupa cangkang kerang. Limbah Cangkang kerang ini sendiri diolah dengan cara dicuci terlebih dahulu kemudian ditumbuk. Penambahan limbah Cangkang Kerang ini juga dimaksudkan untuk menambahkan nilai CBR tanah yang diuji.

Tabel 2.7 Komposisi Kimia Kulit Kerang

Komponen	Kadar (% berat)
CaO	66,70
SiO ₂	7,88
Fe ₂ O ₃	0,03
MgO	22,28
Al ₂ O ₃	1,25

Sumber : Siregar;2009

Cangkang kerang yang digunakan untuk percobaan didapat dari Jalan Telaga Swidak Kelurahan 10 ULU, dimana disana terdapat sentra pengupasan kulit kerang.

Adapun penambahan cangkang kerang pada tanah lempung didapat unsur kimia sebagai berikut.

Tabel 2.8 Komposisi Kimia Tanah Lempung Penambahan Kulit Kerang

Unsur/Senyawa	Kadar (%)
Silica (SiO ₂)	79.60
Kalsium Oksida (CaO)	1.74
Magnesium Oksida (MgO)	3.54
Besi Oksida (Fe ₂ O ₃)	0.02
Aluminium Karbonat (Al ₂ O ₃)	15.10

(Sumber : Edriani ; 2012)

2.4 Stabilisasi Tanah Dasar

Pada sampel tanah yang didapat dari Tanjung Api-Api kemungkinan untuk beberapa tahun kedepan konstruksi yang akan dibangun diatas tanah dasar ini merupakan jalan provinsi dikarenakan akses untuk menuju ke bandara mempunyai jarak tempuh yang dekat. Adapun proses stabilisasi tanah asli ini meliputi, antara lain:

- a. Penggantian tanah asli yaitu dengan mengganti tanah dengan tanah yang baik atau sesuai spesifikasi
- b. Perbaikan gradasi butiran
- c. Stabilisasi dengan bahan kimia

Stabilisasi dengan pemadatan. Tujuan perbaikan tanah tersebut adalah untuk mendapatkan tanah dasar yang stabil pada semua kondisi. Usaha stabilisasi dilakukan hanya seperlunya saja, tidak menguntungkan secara ekonomis untuk membuat sesuatu bagian konstruksi yang lebih kuat dari yang diperlukan

Metode-metode stabilisasi yang dikenal yaitu :

- **Stabilisasi mekanis**

Stabilisasi mekanis adalah tanah yang telah distabilisasikan secara mekanis adalah yang telah berhasil dibuat memiliki daya dukung tanah tertentu terhadap deformasi oleh muatan, disebabkan karena adanya kait mengait (*interlock*) dan geseran antar butir tanah serta daya ikat antar butir oleh bagian tanah yang halis atau tanah liat. Beberapa usaha penambahan kekuatan atau daya dukung tanah

dengan stabilisasi mekanis seperti mengganti jenis tanah eksisting, mengatur gradasi tanah atau melakukan pemadatan (*compaction*).

- **Perbaikan Gradasi Butiran**

Perbaikan dilakukan dengan menambahkan butiran tertentu sehingga dicapai gradasi butiran yang sesuai dengan spesifikasi (*well graded*). Sebelum penambahan, dilakukan pengambilan sampel tanah dasar untuk diteliti gradasi butirannya, bila ditemukan pada butiran tertentu kurang baik, maka dilakukan penambahan butiran pada butiran tersebut. Perbaikan ini penting mengingat bahwa setiap jenis gradasi memiliki fungsi yang berbeda, yang saling melengkapi satu sama lain. Fungsi dari butir-butir yang termasuk fraksi kasar (tertahan di atas saringan no 4) adalah sebagai kerangka dari lapisan konstruksi dan meneruskan pengaruh gaya-gaya muatan kepada lapisan di bawahnya. Mengingat fungsinya yang demikian, maka butir-butir kasar ini harus cukup keras dan tidak lapuk oleh rendaman air yang mungkin tertahan di dalam massa lapisan untuk waktu yang lama, makin butir-butir ini berbentuk bersegi, makin besar kestabilan masa yang dapat dicapai. Butir-butir yang termasuk fraksi halus (lewat saringan no 40) khususnya yang lewat saringan no 200 berfungsi sebagai pengisi ruangan kosong yang terjadi oleh bentuk dari butir-butir fraksi kasar tadi. Dengan terisinya ruang-ruang kosong tadi (*air voids*) maka massa menjadi stabil. Dan juga butir-butir halus ini mempunyai kemampuan untuk mengikat butir-butir kasar dengan sifat kohesifnya. Untuk tanah yang berbutir lebih kecil dari saringan no 40 (yang terpengaruh oleh kadar air) dengan fungsi pengisi rongga-rongga kosong dan bahan pengikat, tidak boleh diberikan terlalu banyak. Untuk ayakan yang melewati saringan no 200 tidak boleh melebihi dua per tiga dari seluruh bagian yang melewati saringan no 4.

2.5 Prosedur Pengujian Laboratorium

Dalam suatu pengujian apalagi pengujian laboratorium terdapat beberapa

prosedur kerja yang harus diikuti sesuai dengan langkah-langkah kerja yang ada sebelumnya, sehingga pengujian yang dilakukan menghasilkan nilai yang sebenarnya.

2.5.1 Pengujian Indeks Properti

Pada pengujian ini dilakukan pada sample tanah yang akan digunakan yaitu pengujian penidentifikasian tanah ekspansif. Adapun pengujian ini terdiri dari :

1. Pengujian Berat spesifik

Pengujian ini dilakukan Rumus :

$$\text{Berat Jenis} = \frac{W_2 - W_1}{(W_3 - W_1) - (W_4 - W_2)}$$

Keterangan :

W_1 = Berat piknometer kosong + tutup

W_2 = Berat piknometer + tanah kering + tutup

W_3 = Berat piknometer + tanah kering + air + tutup

W_4 = Berat piknomter + air + tutup

2. Pengujian kadar air

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

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{Beratair}(gr)}{\text{Berat tanah kering}(gr)} \times 100\%$$

Perhitungan :

$$\text{Kadar air} = \frac{w_2 - w_3}{W_3 - W_1} \times 100\%$$

Dimana :

w_1 = Berat cawan kosong

w_2 = Berat cawan + tanah basah

w_3 = Berat cawan + tanah kering

3. Analisa Saringan

Analisa saringan ini dimasukkan untuk menentukan pembagian butiran pada sample tanah yang digunakan. Tujuannya adalah untuk menentukan pembagian ukuran butiran suatu contoh tanah.

Perhitungan :

- Presentase tanah yang tertinggal pada masing-masing ayakan

$$= \frac{\text{berat tanah yang tertinggal}}{\text{berat total}} \times 100 \%$$

- Presentase komulatif tanah yang tertinggal pada ayakan
= jumlah presentase tanah yang tertinggal pada semua ayakan yang lebih besar

4. Pengujian batas – batas konsistensi

Pengujian atterberg limit dilakukan pada tanah terganggu (*disturbed*). Pengujian ini bertujuan untuk mencari nilai batas cair, batas plastis, batas susut, indeks plastisitas serta aktivitas sample tanah.

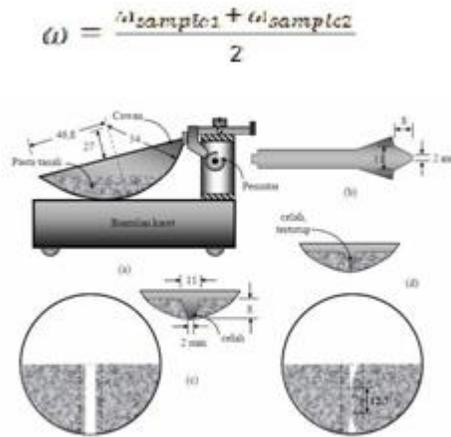
- Batas Cair (ASTM D 423 – 66)

Pengujian batas cair dilakukan untuk mengetahui kadar air tanah pada batas keadaan cair. Tujuannya adalah untuk menentukan dimana tanah berada pada batas keadaan cair.

Perhitungan :

1. Tentukan kadar air tiap-tiap contoh dan gambarkan dalam grafik
2. Tarik garis lurus melalui titik tersebut

Kadar air didapatkan pada jumlah ketukan tertentu.



Gambar 2.5 Skema uji batas cair

- Batas Plastis (ASTM D 424 – 74) 0

Pengujian batas plastis ini dilakukan untuk nilai kadar air terendah pada saat tanah masih dalam keadaan plastis. Tujuannya adalah untuk menentukan dimaana tanah berada dalam keadaan plastis.

- Indeks Plastisitas

Indeks Plastis = batas cair – batas plastis

Tabel 2.9 Potensi Pengembangan Berbagai Nilai Indeks Plastisitas

Indeks Plastisitas (PI)	Potensi Pengembangan
0-15	Rendah
20-Oct	Sedang
20-35	Tinggi
>35	Sangat tinggi

Sumber : Chen, 1975 (dalam Lashari, 2000)

Tabel 2.10 Harga-harga batas Atterberg untuk Mineral Lempung

Mineral	Batas cair	Batas Plastis
Montmorillonite	100-900	50 – 100
Illite	60 - 120	35 - 60
Nontronite	37-72	19 - 27
Kolinite	30 - 110	25 - 40

Sumber : Mitchell 1976

- Analisa Hidrometer

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan pembagian ukuran butir dari tanah yang lolos saringan no.200.

a. Untuk % Lebih Halus

$$\frac{GS}{GS-1} - \frac{V}{WS} \gamma_c (R1 - R2) * 100\%$$

Dimana:

Gs = *Specific Gravity*

V = Volume Suspensi Ws= Berat Tanah Kering

γ_c = Berat jenis air pada temperatur percobaan (umumnya 20° C)

R1 = Pembacaan *hydrometer* pada suspense

R2 = Pembacaan *hydrometer* pada air

2.5.2 Pemadatan (*Compaction*)

Pemadatan merupakan proses dimana tanah yang terdiri dari butiran tanah, air, dan udara diberi energy mekanik seperti penggilasan (*rolling*) dan pergetaran (*vibrating*) sehingga volume tanah akan berkurang dengan mengeluarkan udara pada pori-pori tanah. Untuk pemadatan di lapangan dapat dilakukan dengan berbagai macam cara salah satunya dengan cara menggilas. Sedangkan untuk pemadatan di laboratorium dapat dilakukan dengan cara, yaitu *Standart Compaction Test* dan *Modified Compaction Test*.

Pengujian pemadatan ini dilakukan untuk mengurangi kompresibilitas dan permeabilitas tanah serta untuk menentukan kadar air optimum yaitu nilai kadar air pada berat kering maksimum. Kadar air optimum yang didapat dari hasil pengujian pemadatan ini digunakan untuk penelitian uji kuat tekan bebas.

Pemadatan tanah ini dilakukan pada asli dan campuran yang menggunakan metode *Standart Compaction Test*. Pengujian ini dipakai untuk menentukan kadar air optimum dan berat isi kering maksimum. Pemadatan ini dilakukan dalam cetakan dengan memakai alat pemukul dengan tinggi jatuh tertentu.

$$\text{Berat isi bersih} = \frac{\text{Berat tanah}}{1000}$$

$$\text{Berat isi kering} = \frac{\text{Berat isi basah}}{100 + (\text{kadar air sebenarnya})}$$

$$\text{Volume tanah kering} = \frac{\text{Berat tanah kering}}{G_s}$$

$$ZAV = \frac{GS \times \gamma_w}{1 + \left(\frac{\text{kadar air asumsi}}{100} \right)} \times G$$

2.5.3 Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)

CBR dikembangkan oleh California State Highway Departement sebagai cara untuk menilai kekuatan tanah dasar jalan (*subgrade*). CBR menunjukkan nilai relatif kekuatan tanah, semakin tinggi kepadatan tanah maka nilai CBR akan semakin tinggi. Walaupun demikian, tidak berarti bahwa sebaiknya tanah dasar dipadatkan dengan kadar air rendah supaya mendapat nilai CBR yang tinggi, karena kadar air kemungkinan tidak akan konstan pada kondisi ini. Pemeriksaan CBR bertujuan untuk menentukan harga CBR tanah yang dipadatkan di laboratorium pada kadar air tertentu. Disamping itu, pemeriksaan ini juga dimaksudkan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah. Pemeriksaan CBR Laboratorium mengacu pada AASHTO T-193-74 dan ASTM-1883-73. Untuk perencanaan jalan baru, tebal perkerasan biasanya ditentukan dari nilai CBR dari tanah dasar yang dipadatkan. Nilai CBR yang digunakan untuk perencanaan ini disebut “*design CBR*”.

Cara yang dipakai untuk mendapat “*design CBR*” ini ditentukan dengan perhitungan dua faktor (Wesley, 1977) yaitu:

- a. Kadar air tanah serta berat isi kering pada waktu dipadatkan.
- b. Perubahan pada kadar air yang mungkin akan terjadi setelah perkerasan selesai dibuat.

Nilai CBR sangat bergantung kepada proses pemadatan. Selain digunakan untuk menilai kekuatan tanah dasar atau bahan lain yang hendak dipakai, CBR juga digunakan sebagai dasar untuk menentukan tebal lapisan dari suatu perkerasan serta untuk menilai subgrade yang dipadatkan hingga mencapai kepadatan kering maksimum, dan membentuk profil sesuai yang direncanakan.

Hasil pengujian dapat diperoleh dengan mengukur besarnya beban pada penetrasi tertentu. Besarnya penetrasi sebagai dasar menentukan CBR adalah 0,1” dan 0,2”. Dari kedua nilai perhitungan digunakan nilai terbesar dihitung dengan persamaan berikut

1 Penetrasi 0,1” (0,254 cm)

$$\text{CBR}(\%) = \frac{P1}{1000} \times 100 \%$$

o Penetrasi 0,2 “ (0,508 cm)

$$\text{CBR}(\%) = \frac{P2}{1500} \times 100\%$$

Dimana :

P1 : tekanan pada penetrasi 0,1 : (psi)

P2 : tekanan pada penetrasi 0,2 : (psi)

1000 psi : angka standar tegangan penetrasi pada penetrasi 0,1 in

1500 psi : angka standar tegangan penetrasi pada penetrasi 0,2 in

Perhitungan :

- Kadar air rencana = kadar air optimum – kadar air asli
- Penambahan Air = kadar air rencana x berat sampel tanah
- Penambahan *additive* = persentase additive x berat sampel tanah

Maka didapat jumlah penambahan air dan limbah cangkang kerang dengan kadar air optimum dan γ_{maks} yang konstan. Setelah itu dilanjutkan dengan pengujian CBR (*California Bearing Ratio*).

2.5.4 Uji Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*)

Kuat tekan bebas adalah tekanan aksial benda uji pada saat mengalami keruntuhan atau pada saat regangan aksial mencapai 20%. Untuk menentukan kekuatan tanah pada percobaan ini dapat ditentukan dengan memasukkan benda uji sedikit demi sedikit kedalam tabung yang diberi oli sambil ditekan-tekan dengan jari lalu dikeluarkan dan diletakkan dibawah mesin tekan, dan untuk

selanjutnya dilakukan pembacaan pada jarum dial dan jarum proving ring sampai benda uji mengalami keruntuhan.

2.6 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji asli dengan mencampur tanah asli yaitu tanah lempung organik dengan penambahan cangkang kerang sebagai additive dan air dengan presentase penambahan additive pada penelitian ini sebesar 0%, 2.5%, 7.5%, 10%, 12.5%, dan 15%

2.7 Analisa dan Pembahasan

Pada tahapan analisa dan pembahasan dilakukan perbandingan nilai CBR yang didapat dari hasil pengujian di laboratorium antara pengaruh penambahan cangkang kerang pada tanah lempung organik.

