BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Jenis Geosintetik

Geosintetik terdiri dari beberapa jenis bahan yang masing-masing mempunyai bentuk dan fungsi yang berbeda-beda :

1. ***Geotekstil.*** Merupakan bahan geosintetik yang paling banyak digunakan oleh manusia. Bentuknya seperti tekstil pada umunya tetapi terdiri dari serat-serat sintetis sehingga selain lentur juga tidak ada masalah penyusutan seperti pada material alam seperti : wol, katun ataupun sutra. Geotekstil berfungsi sebagai lapis pemisah (*sparation*), lapis penyaring (*filtration*), penyaluran air (*drainage*), perkuatan tanah (*reinforcement*), dan lapis pelindung (*moisture barrier*) bila terselimuti oleh barier. Berdasarkan cara pembuatannya, geotekstil digolongkan menjadi beberapa jenis, yaitu jenis geotekstil yang dianyam (*woven geotekstile*) dan geotekstil yang tidak dianyam (*non woven geotekstile*).

   a. **Geotekstil dianyam (*woven geotextiles*).** Umumnya terdiri dari dua seri benang yang sejajar dan dianyam tegak lurus satu dengan lainnya, tetapi dapat juga dibuat kedua seri benang itu membuat sudut tertentu. Pola dasar dari jalinan benang menentukan corak tenunannya, ada tiga dasar pola yaitu: plain, twil, dan satin. Kombinasi pola dasar ini dapat membentuk berbagi jenis *woven geotextiles*. Jenis benang sintetis yang dapat digunakan adalah *monofilament*, *multifilament*, dan *slitfilm yarn*.

b. Geotekstil tidak dianyam (*non woven geotextiles*).

Dibentuk dari serat-serat yang diatur dalam pola tertentu atau acak. Serat-serat tersebut saling berkaitan dengan menggunakan proses sebagai berikut ini :

1. Proses Penjaruman (*needle punch process*)

   Geotekstil yang dihasilkan dari proses penjaruman, dibuat dari serat web yang diletakkan dalam mesin yang dilengkapi jarum-jarum yang dirancang khusus. Saat serat web terletak diantara plat yang ditanam dan plat mesin pengupas, maka jarum akan menembus dan mengatur kembali arah serat sehingga terjadi ikatan mekanik pada serat-serat tersebut.

2. Proses Ikatan Leleh (*melt heat bonded*)

   Geotekstil ini terdiri dari filamen-filamen menerus atau serat yang panjang dan terikat. Peningkatan dicapai dengan operasi kalendering temperatur tinggi dilakukan dengan melewatkan bahan tersebut diantara dua roler panas. Geotekstil tipe tidak dianyam (*non woven geotextile*) ini kuat tariknya lebih kecil dibanding dengan geotekstil yang dianyam (*woven geotextile*), tetapi geotekstil tidak dianyam mempunyai sifat permeabilitas yang baik. Sesuai dengan karakteristik fisiknya, maka geotekstil tidak dianyam lebih banyak digunakan sebagai penyaring (*filtration*) dan sebagai pengalir (*drainage*). Sebagai alat untuk memperlancar proses mengalirnya air, maka fungsi geotekstil jenis tidak dianyam berfungsi sebagai

pengalir sekaligus penyaring, yaitu menyaring butiran tanah agar tidak ikut terbawa air.

2. ***Geomembran.*** Bahan ini merupakan kelompok kedua terbesar setelah geotekstil dari segi penjualan bahan geosintetik. *Geomembran* adalah bahan kedap air berupa lapisan tipis karet atau plastik. Fungsi utamanya untuk lapis pelindung (*moinsture barier*).
3. ***Geo-linear Element,*** yaitu bentuknya yang berupa jalur-jalur tunggal berdiri sendiri, baik berwujud pipih atau pipa. Dibuat dari susunan serat *polyester* yang dilindungi oleh bahan *heavy duty polyethylene*.
4. ***Geogrid.*** Adalah produk yang dibuat dengan proses memanasi dan menarik suatu serat polymer pada suatu arah atau lebih. Pada saat ini mulai banyak digunakan didalam konstruksi teknik sipil. Bentuknya seperti jaring atau net dengan spasi yang lebar pada daun-daunnya. Daun-daun tersebut terdiri dari tiga variasi bentuk tergantung dari penggunaannya, yang terdiri dari:
   a. *Nondseformed nets,* fungsi utamanya berhubungan dengan drainase
   b. *Deformed grids,* digunakan sebagai aplikasi perkuatan dan *sparator.*
   c. *Polymeric strips,* digunakan sebagai aplikasi perkuatan.

   Geogrid relatif lebih kaku daripada geotekstil sehingga fungsi dan penggunaannya akan menyesuaikan dengan karakteristik dari masing-masing bahannya.Geogrid tidak dapat digunakan sebagai filter karena mempunyai lubang jaring yang relatif lebih besar, maka digunakan sebagai drainasi biasanya dilindungi/dilapisi dengan geotekstil yang berfungsi sebagai filter sehingga struktur tersebut menjadi struktur geokomposit.

5. **Geokomposit**. Merupakan bahan gabungan yang berupa kombinasi dari *geotekstil* dan *geogrid* atau *geogrid* dan *geomembran*, atau antara *geotekstil*, *geogrid* dan *geomembran*. Fungsinya tergantung komponen pembentuknya, jadi dapat berfungsi sebagai lapis pemisah *(separation)*, perkuatan tanah *(reinforcement)*, penyaring *(filtration)*, penyaluran air *(drainage)*, dan pelindung *(moinsture barrier)*.

Untuk lebih jelas lihat tabel 3.1 berikut :

Tabel 3.1 Hubungan antara bentuk dan fungsi geosintetik (Exxon, 1990)

Bentuk	Fungsi
1. GEOTEXTILE	a.Perkuatan Tanah *(soil reinforcement)* b.Penyaringan *(filtration)* c.Lapisan Pemisah *(separation)* d.Pengendali Erosi *(erotion control)* e.Penyalur air *(drainage)*
2. GEOMEMBRANE	a.Lapisan Pemisah *(sparation)* b.Perkuatan Tanah *(soil reinforcement)*
3. GEOGRID	a.Perkuatan Tanah *(soil reinforcement)* b.Pengendali Erosi *(erotion control)*
4. GEOLINER	a.Perkuatan Tanah *(soil reinforcement)*
5. GEOKOMPOSIT	a.Penyalur air *(drinage)* b.Pengendali Erosi *(erotion control)* c.Penyaringan *(filtration)* d.Perkuatan Tanah *(soil reinforcement)*

3.1.1 Geotekstil

Geotekstil adalah suatu material geosintetik atau bahan yang berasal dari polimer sintetik seperti *polypropilen, polyetilen, nylon, polyvynil*, dari dua tahap:

1. Membentuk/membuat elemen-elemen garis seperti filament, serat (*fiber*) dan benang (*Yarn*) yang berasal dari bahan-bahan polymer seperti *polypropylene* dan *polyetilen*.

2. Elemen-elemen garis ini kemudian dikombinasikan menjadi satu material bidang yang kemudian disebut kain/tenunan, melalui suatu proses pabrikasi yang memenuhi standar sesuai persyaratan yang telah ditentukan.

Selain itu geotekstil juga memiliki struktur yang lebih kasar dibandingkan dengan geotekstil itu sendiri. Produk-produk tersebut antara lain:

1. **Geogrid** adalah produk yang dibuat dengan proses memanasi dan menarik suatu serat polymer pada suatu arah atau lebih.
2. **Produk Alternatif Geogrid** adalah produk yang dibuat dari benang yang dikombinasikan dalam dua arah yang saling tegak lurus untuk membentuk suatu jaring.
3. **Geotekstil Rajutan** ***(knitted geotextile)*** adalah produk yang dibuat dengan merajut beberapa benang bersama-sama untuk membentuk suatu struktur bidang atau kain.

Keuntungan penggunaan geotekstil menurut Bob Barret (1990) dalam bidang geoteknik antara lain :

a. geotekstil adalah relatif tidak mahal sebagai elemen perkuatan,
b. pemanfaatan bahan tersebut dengan tanah setempat (dilokasi pekerjaan) dapat menghemat biaya 50% atau lebih dibanding dengan pemanfaatan beton pasangan batu, selain keuntungan tambahan berupa penghematan material batuan,
c. geotekstil yang digunakan sebagai dinding penahan tanah dapat ditempatkan dekat permukaan tanah, yang akan mengurangi biaya galian dan mengurangi tinggi total konstruksi.

3.2 Tanah

3.2.1 Komposisi dan Klasifikasi Tanah

Sifat-sifat suatu macam tanah tertentu banyak tergantung kepada ukuran butirnya. Karena itu pengukuran besarnya butir tanah merupakan suatu percobaan yang sangat sering dilakukan dalam bidang mekanika tanah. Besarnya butir juga merupakan dasar untuk klasifikasi atau pemberian nama kepada macam-macam tanah tertentu. Analisis ukuran butiran tanah adalah penentuan persentase berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter lubang tertentu.

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

Distribusi ukuran butiran dari tanah berbutir halus atau bagian berbutir halus dari tanah berbutir kasar, dapat ditentukan dengan cara *sedimentasi*, yaitu tanah dicampur dengan air dan dibiarkan mengendap. Cara ini disebut analisis basah *(wet analysis)* atau percobaan hidrometer *(hydrometer analyasis).* Akan tetapi sifat-sifat tanah lempung dan lanau secara langsung tidak ada hubungannya dengan ukuran butirnya, sebabnya ialah karena sifat lempung dan lanau lebih tergantung dari komposisi zat mineral daripada ukuran butirnya.

Tanah secara umum dapat diklasifikasikan sebagai:

1. Tanah kohesif adalah tanah berbutir halus, seperti : lanau, lempung
2. Tanah tidak kohesif adalah tanah berbutir kasar, seperti : pasir, kerikil

Tanah merupakan campuran dari partikel-partikel dari salah satu atau seluruh jenis berikut :

1. Berangkal (*boulders*), yaitu potongan batuan yang besar, biasanya diambil lebih besar dari 250 sampai 300 mm. Untuk kisaran ukuran 150 sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles*) atau *pebbles*.
2. Kerikil (*gravel*), yaitu partikel batuan yang berukuran 5 sampai 150 mm.
3. Pasir (*sand*), yaitu partikel batuan berukuran 0,0074 sampai 5 mm. Dengan gradasi kasar 3 sampai 5 mm, hingga gradasi halus yang berukuran kurang dari 1 mm.
4. Lanau "(*Silt*), yaitu partikelbatuan yang berukuran dari 0,002 sampai 0,074. Deposit loose terjadi bila angin mengangkut partikel lanau ke suatu lokasi. Angkutan oleh angin ini dapat membatasi ukuran partikel yang dibawanya sehingga dihasilkan deposit lanau yang homogen.
5. Lempung (*Clay*), yaitu partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesi.
6. Koloid (*colloids*), yaitu partikel tanah yang diam dalam arti merupakan partikel tanah yang dianggap paling kecil, berukuran lebih dari 0,001 mm.

Apabila dalam suatu deposit diberi nama sesuai dengan jumlah partikel terbanyak, maka deposit diberi nama sesuai dengan jumlah partikel terbanyak yang dikandungnya.

3.2.1.1 Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO

Tabel 3.2 Klasifikasi tanah sistem AASHTO

Klasifikasi umum	**Material granuler (<35% lolos saringan no.200)**				**Tanah-tanah lanau – lempung (>35% lolos saringan no.200)**			
Klasifikasi kelompok	A -1	A-3	A-2		A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a A-1-b		A-2-4 A-2-5	A-2-6 A-2-7				A-7-5 A-7-6
Analisis saringan (% lolos) 2,00 mm (no.10) 0,425 mm (no.40) 0,075 mm (no.200)	 50 maks 30 maks 50 maks 15 maks 25 maks	 51 min 10 maks	 35 maks 35 maks	 35 maks 35 maks	 3 min	 36 min	 36 min	 36 min
Sifat fraksi lolos saringan no.40 Batas cair (LL) Indeks plastis (PI)	 - 6 maks	 np	 40 maks 41 min 10 maks 10 maks	 40 maks 41 min 11 min 11 min	 40 maks 10 maks	 4 min 10 maks	 40 maks 11 min	 41 min 11 min
Indeks kelompok (GI)	**0**	**0**	**0**	**4 maks**	**8 maks**	**12 maks**	**16 maks**	**20 maks**
Tipe material yang pokok pada umumnya	Pecahan batu, kerikil dan pasir	Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir		Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik				Sedang sampai buruk			

Sistem Klasifikasi tanah AASHTO pada mulanya dikembangkan pada tahun 1920-an oleh U.S.Bureau of Public Roads guna mengklasifikasikan tanah untuk pemakaian lapisan dasar jalan raya. Sistem ini mula-mula mengklasifikasikan tanah ke dalam delapan, A-1 sampai A-8. Kelompok A-1 dianggap yang paling baik yang sesuai untuk dipakai sebagai lapisan dasar jalan raya. Tanah-tanah yang berkurang kesesuaiannya diberi nomor kelompok yang lebih besar. Setelah diadakan beberapa perbaikan, sistem ini dipakai oleh The American Association of State Highway Official dalam tahun 1945. Bagan yang tercantum dalam Tabel 3.2 merupakan penunjukkan AASHTO M145-73, dipakai dalam tahun 1973.

Suatu tanah diklasifikasikan dengan memproses dari kiri kekanan pada bagan tersebut sampai menemukan kelompok pertama yang data pengujian bagi tanah tersebut memenuhinya.

Indeks kelompok = $(F - 35)\{0,2 + 0,005\ (LL - 40)\} + 0,01(F - 15)(PI - 10)$

dimana : F = persen lewat ayakan 0,075 mm (No.200)

LL = batas cair

PL = indeks plastisitas

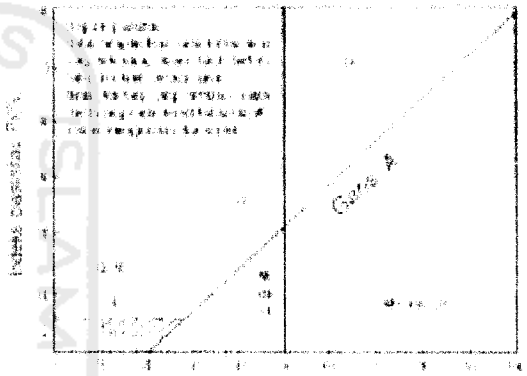
3.2.1.2 Klasifikasi Tanah Sistem Unified

Pada sistem *Unified,* suatu tanah diklasifikasikan kedalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika lebih dari 50% tinggal dalam saringan No.200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau dan lempung) jika lebih dari 50% lewat saringan No.200. Selanjutnya, tanah diklasifikasikan kedalam sejumlah kelompok dan subkelompok yang dapat dilihat padaTabel 3.3 (Mektan 1, H.C.Hardiyatmo):

Tabel 3.3. Klasifikasi tanah sistem Unified

Divisi Utama			Simbol Kelompok	Nama Jenis		Kriteria Klasifikasi	
Tanah berbutir kasar 50% butiran tertahan saringan no. 200 (0.075 mm)	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4.75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus. Kurang dari 50% lolos saringan no. 200: GM, GP, SW, SP. Lebih dari 12% lolos saringan no. 200: GM, GC, SM, SC. 5% - 12% lolos saringan no. 200. Batasan klasifikasi yang memperoleh simbol dobel	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3	
			GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus		Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir-lanau		Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PI < 4	Bila batas Atterberg berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lempung		Batas-batas Atterberg di atas garis A atau PI > 7	
	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4.75 mm)	Pasir bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus		$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3	
			SP	Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus		Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
		Pasir banyak kandungan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau		Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PI < 4	Bila batas Atterberg berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol
			SC	Pasir berlanau, campuran pasir-lempung		Batas-batas Atterberg di atas garis A atau PI > 7	

[illegible]	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau tak organik atau pasir halus [illegible]
		CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung lanau, lempung kurus (clean clay)
	Lanau dan lempung batas cair 50%	OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah
		MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomae atau elastis
		CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (fat clay)
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi
Tanah dengan kadar organik tinggi		PT	Gambut (peat), [illegible] dengan kandungan organik tinggi



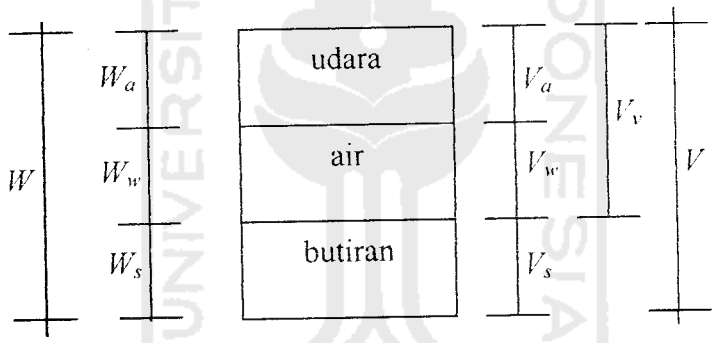
Batas Cair (LL, %)

Garis A: PI = 0.73 (LL - 20)

Metoda untuk identifikasi secara visual [illegible] di dalam ASTM Designation D-2488

3.2.2 Sifat Fisik Tanah

Pada segumpal tanah dapat terdiri dari dua atau tiga bagian. Dalam tanah yang kering, hanya akan terdapat dua bagian, yaitu butir-butir tanah dan pori-pori udara. Dalam tanah yang jenuh terdapat juga dua bagian, yaitu bagian padat atau butiran dan air pori. Dalam keadaan tidak jenuh, tanah terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian padat atau butiran, pori-pori udara dan air pori. Bagian-bagian dari tanah itu sendiri dapat kita gambarkan dalam bentuk diagram fase, seperti yang ditunjukan gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Fase Tanah (H.C. Hardiyatmo, 1992)

Dari gambar tersebut diatas didapat persamaan berikut :

$W = W_s + W_w$ dan

$V = V_s + V_w + V_a$

$V_v = V_w + V_a$

dengan :

W_s = berat butiran padat

W_w = berat air

V_s = volume butiran padat

V_w = volume air

V_a = volume udara

V_v = volume pori

Berat udara (W_a) dianggap sama dengan nol

Beberapa definisi dan istilah yang dipakai yang menyatakan hubungan-hubungan antara jumlah butir air dan udara dalam tanah adalah sebagai berikut :

a. Angka Pori (e)

Angka pori, juga disebut *void ratio* didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori (V_v) dan volume partikel padat (V_s)

$$e = \frac{V_V}{V_S} \quad \text{.....} \quad (3.1)$$

dimana : $0 < e \ll \infty$

b. Kadar Air (w)

Kadar air (w) juga disebut *water content* didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air (W_w) dengan berat butiran padat (W_s) dari volume tanah.

$$w = \frac{W_w}{W_s} x100\% \quad \text{.....} \quad (3.2)$$

c. Berat Volume Kering (γ_d)

Berat volume kering (γ_d), juga disebut *dry density* didefinisikan sebagai perbandingan antara berat butir tanah (W_s) dengan isi tanah seluruhnya (V).

$$\gamma_d = \frac{W_S}{V} \quad \text{.....} \quad (3.3)$$

d. Berat Volume Basah (γ_b)

Berat volume basah (γ_b), didefinisikan sebagai perbandingan antara berat total tanah (W) dengan isi tanah seluruhnya (V).

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \quad \text{.....} \quad (3.4)$$

dengan : $W = W_w + W_s + W_a$ (W_a = berat udara = nol)

e. Berat Volume Butiran Padat (γ_s)

Berat volume butiran padat, juga disebut *unit weight of particles* didefinisikan sebagai perbandingan antara berat butir padat (W_s) dengan isi butiran padat (V_s).

$$\gamma_S = \frac{W_S}{V_S} \quad \text{.....} \quad (3.5)$$

f. Berat jenis (G_s)

Berat jenis, juga disebut *specific gravity* didefinisikan sebagai perbandingan antara berat volume butiran padat (γ_s) dengan berat volume air (γ_w).

$$Gs = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{W_s}{V_s \cdot \gamma_w} \quad \text{.....} \quad (3.6)$$

Dengan : G_s berkisar : 2,65 – 2,72

g. Porositas (n)

Porositas didefinisikan sebagai perbandingan antara air pori (V_v) dengan isi tanah seluruhnya (V).

$$n = \frac{V_v}{V} x100\% \quad \text{.....} \quad (3.7)$$

h. Derajat Kejenuhan (S_r)

Derajat kejenuhan, juga disebut *degree saturation* didefinisikan sebagai perbandingan antara volume air (V_W) dengan volume pori (V_V).

$$Sr = \frac{V_W}{V_V} x100\% \quad \text{.....} \quad (3.8)$$

3.2.3 Batas Konsistensi Tanah

Konsistensi dapat diartikan suatu ukuran relatif dimana tanah dapat berubah bentuk, yang banyak digunakan untuk tanah berbutir halus. Konsistensi banyak dihubungkan dengan kadar air yang menunjukan kekentalan tanah itu.

Seorang ahli tanah berkebangsaan Swedia. A.Atterberg (1911), mengusulkan lima keadaan konsistensi tanah. Batas-batas konsistensi tanah didasarkan pada kadar air, yaitu

1. Batas Cair/*Liquid Limit (LL)*

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

2. Batas Plastis/*Plastic Limit (PL)*

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

3. Batas Susut/*Shrinkage Limit (SL)*

Batas susut didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah semi padat dan padat, yaitu presentase kadar air dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah. Batas susut dinyatakan dalam persamaan :

$$SL = \frac{(m_1 - m_2)}{m_2} - \frac{(V_1 - V_2).\gamma_w}{m_2} x100\% \quad \text{.....} \quad (3.9)$$

dengan :

m_1 = berat tanah basah dalam cawan percobaan (gr)

m_2 = berat tanah kering dalam oven (gr)

V_1 = volume tanah basah dalam cawan (cm^3)

V_2 = volume tanah kering oven (cm^3)

γ_w = berat jenis air(gr/cm^3)

4. Indeks Plastisitas/*Plasticity Indeks (PI)*

Indeks plastisitas adalah selisih antara batas cair dan batas plastis atau perbedaan antara batas cair dan batas plastis suatu tanah. Indeks plastisitas didapat berdasar rumus :

$$PI = LL - PL \quad \text{.....} \quad (3.10)$$

dengan : PI = indeks plastisitas

LL = batas cair

PL = batas plastis

5. Batas Lengket /*Sticky Limit (SL)*

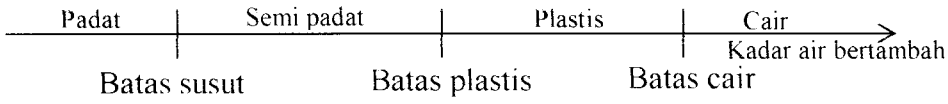
Batas lengket didefinisikan sebagai kadar air dimana tanah kehilangan sifat adhesifnya dan tidak dapat lengket lagi pada benda lainnya. Batas lengket sama dengan batas kohesi *(cohesion limit)*.

Batasan mengenai indeks plastis, sifat, macam tanah, dan kohesinya diberikan oleh Atterberg terdapat dalam Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah

PI	Sifat	Macam tanah	Kohesi
0	Nonplastis	Pasir	Nonkohesif
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7 – 17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
> 17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

Sumber : Mektan 1, Hary Christady, 2002



Gambar 3.2 Batas-batas Atterberg (B.M.Das, 1998)

3.3 Penelitian Sifat Mekanis Tanah

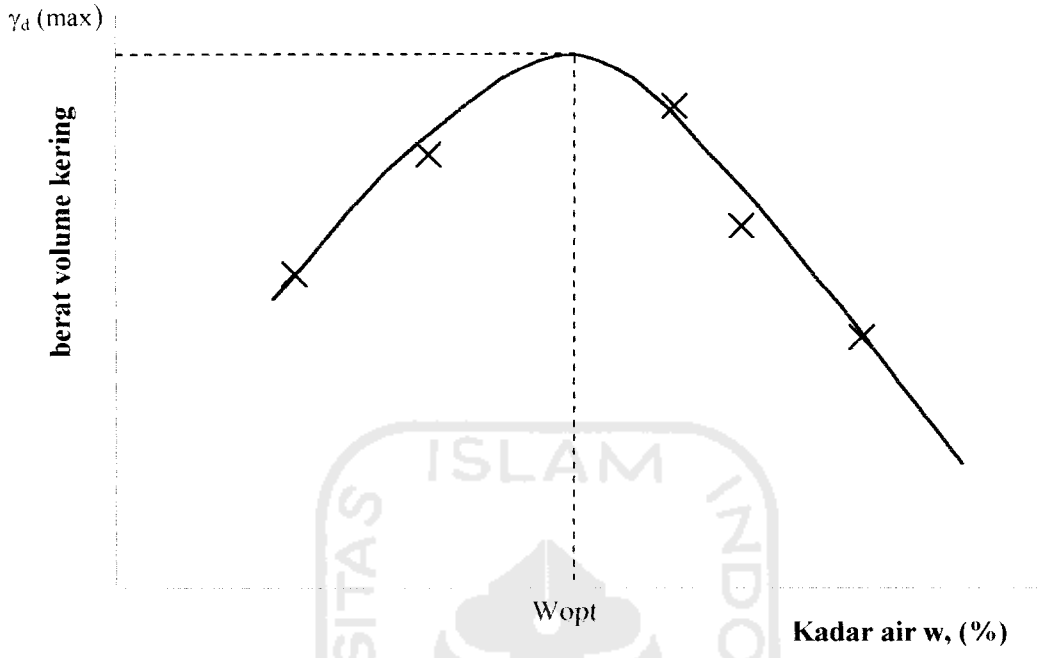
3.3.1 Uji Proktor Standar

Pemadatan adalah suatu usaha penting untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanik untuk menghasilkan pemampatan partikel. Proktor (1933) 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), berat volume basah (γ_b) dan kadar airnya (w), dinyatakan :

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1+w} \quad \text{.....} \quad (3.11)$$

Dalam pengujian pemadatan, percobaan diulang paling sedikit lima kali dengan kadar air tiap percobaan divariasikan. Selanjutnya, digambarkan sebuah grafik hubungan kadar air dan berat volume keringnya. Sifat khusus kurvanya dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.



Gambar 3.3 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, 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 didalam tanah dapat dipaksa keluar pada waktu pemadatan, tanah akan berada dalam keadaan jenuh dan nilai berat volume kering akan menjadi maksimum.

3.3.2 Pengujian Tekan Bebas

Pengujian Tekan Bebas bermaksud untuk menentukan besarnya sudut gesek dalam (ϕ), kohesi tanah (c) dan kuat tekan tanah. Kuat tekan bebas tanah adalah besarnya axial (kg/cm^2) yang diperlukan untuk menekan suatu silinder tanah sampai pecah atau besarnya tekanan yang memberikan pemendekan tanah hingga 20%, apabila tanah samapi pemendekan 20% tanah tersebut tidak pecah. Pengujian tekan bebas ini termasuk hal yang khusus dari pengujian triaksial *unconsolidated-undrained* (tanpa konsolidasi tanpa drainase).

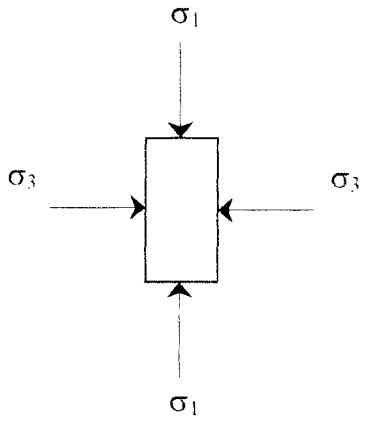
Pengujian Tekan Bebas ini hanya cocok terhadap jenis tanah lempung jenuh, dimana pada pembebanan cepat, air tidak sempat mengalir keluar dari benda ujinya. Tegangan aksial yang diterapkan berangsur ditambah sampai benda uji mengalami keruntuhan. Pada saat keruntuhannya, karena $\sigma_3 = 0$, maka :

$$\sigma_1 = \Delta_3 + \Delta\sigma_f = \Delta\sigma_f = q_u$$

dengan q_u adalah kuat geser tanah pada pengujian kuat tekan bebas. Secara teoritis, nilai dari $\Delta\sigma_f$ pada lempung jenuh seharusnya sama seperti yang diperoleh dari pengujian-pengujian triaksial *unconsolidated undrained* dengan benda uji yang sama. Jadi,

$$\boxed{s_u = c_u = q_u/2} \qquad (3.12)$$

Dimana s_u dan c_u adalah kuat geser undrined dari tanahnya



Gambar 3.4 Skema pengujian tekan bebas

3.4 Kapur Karbit

Kapur karbit dihasilkan dari reaksi kimia kalsium oksida (CaO) dengan unsur Karbon (C).

$$CaO + 3C \longrightarrow CaC_2 + Co$$

Kemudian apabila kapur karbit ini (CaC_2) dicampur dengan air akan menghasilkan gas asetilin (C_2H_2) dan kapur susu ($Ca(OH)_2$). Adapun reaksi kimianya adalah sebagai berikut:

$$CaC_2 + H_2 \longrightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2$$

("Compressed Cias Association, 1970")

Dari hasil reaksi kapur karbit yang menghasilkan kapur susu dimana rumus kimianya sama dengan kapur padam yang sudah populer digunakan, yaitu

kapur padam berupa kawur ("bulk") dengan rumus kimia $Ca(OH)_2$ (Dept. Perindustrian SII 0024, 1973).

Pada penelitian ini diambil kapur karbit yang berasal dari limbah hasil industri pabrik PT. Iga Murni Sejahtera.

3.5 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 untuk suatu proyek pembangunan, maka tanah tersebut harus distabilisasikan. *Stabilisasi* dapat terdiri dari salah satu tindakan berikut :

1. Menambah kerapatan tanah.
2. Menambah material yang tidak aktif sehingga mempertinggi kohesi dan atau tahanan geser yang timbul.
3. Menambah material untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan fisis dari material tanah.
4. Merendahkan muka air (drainase tanah).
5. Mengganti tanah-tanah yang buruk.

Setiap sifat fisis atau teknis dari massa tanah akan membutuhkan penyelidikan alternatif-alternatif ekonomis seperti relokasi tempat bangunan atau mempergunakan tempat bangunan alternatif. Pada saat ini sebagian besar lokasi bangunan di daerah perkotaan telah dipergunakan sehingga lokasi alternatif mungkin tidak akan praktis. Pada saat ini tempat-tempat seperti bekas penimbunan tanah, rawa-rawa, teluk, semak belukar, tepi bukit, dan areal yang kurang baik lainnya telah dipakai sebagai tempat konstruksi, dan gejala ini terlihat telah berlangsung menerus dan malahan makin banyak terjadi. Apabila tempat alternatif tidak tersedia atau pertimbangan-pertimbangan lingkungan, oposisi dari masyarakat, dan pengaturan zone telah sangat membatasi yang tersedia, maka makin dibutuhkan modifikasi atau stabilisasi suatu lokasi untuk mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan. Suatu penyelesaian yang secara ekonomis menguntungkan adalah suatu tantangan bagi para insinyur geoteknik.

Stabilisasi tanah dapat terdiri dari salah satu atau kombinasi dari pekerjaan berikut:

1) Cara mekanis, dapat dilakukan dengan pemadatan dengan berbagai jenis peralatan mekanis seperti mesin gilas (*roller*), benda-benda yang dijatuhkan, eksplosif, tekanan statis, tekstur, pembekuan, pemanasan dan sebagainya.

2) Cara penambahan bahan campur (*additives*), dapat dilakukan dengan menambahkan kerikil untuk tanah kohesif; lempung untuk tanah berbutir kasar; dan pencampuran kimiawi seperti semen portland, kapur karbit, gamping, abu batubara (produk sampingan dari pembakaran batu bara), semen aspal, sodium, dan kalsium klorida, limah-limbah pabrik kertas, dan lainnya (mengandung sodium silikat, polifosfat, dan sebagainya).

Pada penelitian yang akan kami lakukan dengan penambahan kapur karbit adalah menggunakan cara penambahan bahan campur, sedangkan penambahan geotekstil adalah perkuatan tanah.