

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Jenis Geosintetik

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

1. **Geotekstil.** Merupakan bahan geosintetik yang paling banyak digunakan oleh manusia. Bentuknya seperti tekstil pada umumnya tetapi terdiri dari serat-serat sintetis sehingga selain lentur juga tidak ada masalah penyusutan seperti pada material dari serat alam seperti : wol, katun, ataupun sutera. Definisi yang diberikan ASTM menyatakan bahwa geotekstile merupakan bahan yang menyerap air baik diatas permukaan maupun yang menembus didalam materialnya. Geotekstil berfungsi sebagai lapis pemisah (*separation*), lapis penyaring (*filtration*), penyaluran air (*drainage*), perkuatan tanah (*reinforcement*), dan lapis pelindung (*moisture barrier*) bila terselimuti oleh bitumen. Berdasarkan cara pembuatannya, geotekstil digolongkan menjadi beberapa jenis, yaitu jenis geotekstil yang dianyam (*woven geotextile*) dan geotekstil yang tidak dianyam (*non woven geotextile*).

- 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 dasar yaitu : plain, twill, dan satin. Kombinasi pola dasar ini dapat membentuk berbagai jenis *woven geotextiles*. Jenis benang sintetis yang dapat digunakan adalah *monofilament*, *multifilament*, dan *slit film 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 :

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. Pengikatan dicapai dengan operasi kalendering temperatur tinggi dilakukan dengan melewati 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 (*moisture barrier*).
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.** 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. *Nondeformed nets*, fungsi utamanya berhubungan dengan drainasi
 - 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-besar. Maka jika digunakan sebagai drainasi biasanya dilindungi/dilapisi dengan geotekstil yang berfungsi sebagai filter sehingga struktur tersebut menjadi susunan geokomposit.

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

3.1.1 Karakteristik Geosintetik Untuk Perencanaan

Sebagai acuan dalam perencanaan perlu diketahui bagaimana cara memilih bahan geosintetik. Pilihan tersebut berdasarkan dari karakteristik teknik bahan geosintetik. Karakteristik teknik tersebut meliputi antara lain karakteristik fisik (*physical characteristics*), karakteristik mekanik (*mechanical characteristics*), dan hidrolis (*hydraulic characteristics*) dan ketahanan dari bahan yang ditinjau. Beberapa karakteristik tersebut antara lain:

1. Karakteristik fisik:

Karakteristik fisik yang pokok meliputi:

- a. Massa per satuan volume** (*specific gravity*), didefinisikan sebagai perbandingan antara massa bahan sintesis dengan volume bahan sintesis. Beberapa nilai massa per satuan volume polimer utama yang digunakan dalam pembuatan geotekstil adalah (Korner, 1985):

<i>Polypropylen</i>	: $0,91 \times 10^6 \text{ g/m}^3$
<i>Polyester</i>	: $1,22 \times 10^6 \text{ s/d } 1,38 \times 10^6 \text{ g/m}^3$
<i>Nylon</i>	: $1,05 \times 10^6 \text{ s/d } 1,14 \times 10^6 \text{ g/m}^3$
<i>Polyethylene</i>	: $0,92 \times 10^6 \text{ s/d } 0,95 \times 10^6 \text{ g/m}^3$
<i>Polyvinyl alcohol</i>	: $1,26 \times 10^6 \text{ s/d } 1,32 \times 10^6 \text{ g/m}^3$
<i>Galss</i>	: $2,54 \text{ g/m}^3$

- b. Massa per satuan luas** (*mass per unit area*), adalah massa dari lembaran geosintetik per satuan luas, dengan satuan yang digunakan adalah g/m^2 . Massa per satuan luas geosintetik umumnya berkisar antara $50\text{-}70 \text{ g/m}^2$ untuk kelas ringan dan untuk yang lebih berat dapat mencapai $700\text{-}800 \text{ g/m}^2$. Untuk *geomembran* berkisar antara $600\text{-}3000 \text{ g/m}^2$, sedangkan untuk struktur geokomposit berkisar $400\text{-}3000 \text{ g/cm}^2$, (Suryolelono, 1991)
- c. Tebal** (*thickness*), yaitu jarak antar permukaan sampai bagian bawah geosintetik yang diukur dengan tekanan tertentu. Geotekstil umumnya mempunyai ketebalan berkisar antara 10 sampai 300 mils (1mil = 0,001"), (Korner, 1985).

2. Karakteristik Mekanik

Karakteristik mekanik geosintetik merupakan tinjauan karakteristik yang sangat penting dalam perencanaan. Karakteristik mekanik meliputi:

a. Kompresibilitas (*compressibility*), merupakan fungsi ketebalan pada berbagai tekanan normal. Kemiringan (*slope*) dari bagian utama kurva merupakan modulus kompresibilitas (Korner, 1986).

b Kuat Tarik (*tensile strength*), merupakan suatu sifat yang sangat penting per unit lebar (lb/m, t/kg, kg/cm, dsb.), sedangkan regangan (*strain*) adalah nilai deformasi dibagi dengan lebar awal.

Dari hubungan tegangan-regangan akan diperoleh:

- 1) Kuat tarik maksimum (*maximum tensile strength*), sebagai indikasi dari kekuatan bahan (*fabrics strength*).
- 2) Regangan runtuh, biasanya diberikan dalam data perpanjangan maksimum (*maximum elongation*).
- 3) *Toughness*, yaitu luas bagian di bawah kurva tegangan-regangan.
- 4) Modulus atau kekakuan (*modulus of stiffness*), yaitu kemiringan dari bagian awal kurva tegangan-regangan.

Karena aplikasi penggunaan geotekstil beraneka ragam di lapangan, bahan geosintetik disyaratkan dilengkapi dengan berbagai macam kekuatan tarik dari berbagai macam tes kekuatan tarik diantaranya (ICI Fibers, 1986):

- 1) *Grab tensile strength*, untuk mengetahui kemampuan bahan geotekstil dalam menyebarkan beban tarik terpusat dengan arah sejajar lembaran geotekstil.

2) *Wide width tensile strength*, memberikan kemampuan tarik bahan dengan deformasi lateral sekecil-kecilnya. Tes ini biasanya dilakukan pada lebar lembaran 200 mm sampai 1000 mm. Tes ini biasa juga disebut sebagai *plant strain tensile test*.

c. **Kuat Pecah** (*burst strength*), yaitu kekuatan bahan dalam menerima beban terpusat dalam arah tegak lurus lembaran geosintetik. Beban terpusat ini dapat berupa beban pecah (*bursting load*) atau beban coblos (*Puncturing load*). Beban pecah terjadi bila geotekstil harus menerima beban terpusat pada luasan yang relatif sempit, arahnya tegak lurus lembaran geotekstil. Kemungkinan bursting dapat terjadi pada lekukan-lekukan diantara batuan atau lubang kecil. Beban coblos (*puncturing load*) adalah beban tegak lurus pada lembaran geotekstil pada muatan yang sudut runcing yang cenderung mencoblos lembaran. Kondisi ini dapat timbul akibat sudut-sudut yang runcing dari batuan/agregat dimana bahan geotekstil ini berfungsi sebagai separasi, *filler* atau *reinforce*. Oleh sebab itu kekuatan pecah dapat dicari dengan beberapa cara, antara lain:

- 1) *Mullen Bursting Test*, dilakukan dengan memaksa bola tertentu menekan permukaan geosintetik sampai bahan geosintetik pecah (*burst*).
- 2) *CBR Plunger Test*, dilakukan dengan menekan batang penetrasi CBR secara tegak lurus ke permukaan geosintetik yang dijepit kedua sisinya

sampai bahan pecah dan batang penetrasi CBR (3 cm) menembus bahan.

d. Kuat robek (*tear strength*), adalah ketahanan bahan terhadap menjalarnya robekan dalam kondisi menahan tensile. *Tear strength* juga diperlukan pada saat bahan geosintetik menerima beban coblos (*puncture*). Untuk maksud tersebut, kuat robek diberikan dari hasil:

- 1) *Trape Zoidal Test*, tes ini dilakukan dengan menarik bahan geosintetik yang sudah dirobek dengan pola tertentu. Kekuatan robek merupakan gaya dimana robekan mulai menjalar keseluruh lembaran.
- 2) *Cone Drop Test*, tes ini dilakukan dengan menjatuhkan sebuah kerucut berujung runcing tegak lurus di atas lembaran bahan geosintetik yang dijepit kedua sisinya. Tes ini untuk mendapatkan kekuatan coblos (*puncturing strength*) dari bahan geosintetik, meniru coblosan batuan runcing di lapangan.

e. Kuat geser terhadap bahan butiran, yaitu pengukuran yang dilakukan untuk mengetahui besarnya tahanan geser maksimum yang dapat terjadi antara bahan geosintetik dengan tanah. Biasanya yang diberikan adalah sudut geser dalam (ϕ) antara bahan geosintetik dengan tanah.

3. Karakteristik Hidrolis

Karakteristik hidrolis geosintetik dapat dibedakan sebagai berikut:

- a. Porositas (n), dari sekumpulan benang sintetis dapat ditentukan melalui persamaan sebagai berikut:

$$n = 1 - \frac{m}{\rho \times t} \dots\dots\dots (3.1)$$

Notasi:

n = Porositas

m = Massa per satuan luas (g/cm^2)

t = tebal geosintetik (m)

ρ = massa per satuan volume dari benang sintetis (g/m^3)

Porositas geosintetik umumnya sangat tinggi disbanding dengan porositas tanah, tetapi akan cenderung menurun apabila diberikan tekanan yang tinggi yaitu tinggal 70% untuk tekanan mencapai 500 Kpa, 40% untuk tekanan mencapai 900 Kpa (Suryolelono), 1991)

- b. **Apparent Opening Size** (AOS), adalah sebuah ukuran yang menunjukkan diameter tertentu pada lubang-lubang geosintetik. Bahan geosintetik yang berfungsi sebagai *filler* dan struktur drainasi umumnya berbentuk seperti penyaring dimana permukaan geosintetik tersebut mempunyai lubang-lubang dengan diameter yang kecil. Lubang-lubang tersebut besarnya sangat bervariasi mengingat pembuatannya dilakukan dengan mesin sehingga perlu dilakukan tes khusus untuk dapat mengetahui variasi dari diameter lubang pada geosintetik

tersebut. AOS dinyatakan dalam simbol O_n , maka untuk AOS pada O_{95} artinya diameter tersebut merupakan diameter lubang yang relatif besar pada permukaan bahan geosintetik sedemikian rupa sehingga 95% dari lubang-lubang filler yang lain mempunyai diameter yang relatif kecil dari O_{95} tersebut (Korner, 1991).

- c. **Persent Oppen Area** (POA), yaitu perbandingan antara seluruh lubang/pori diantara benang (total open aea) dengan seluruh permukaan bahan geosintetik (*total specimen area*) . Penggunaan POA hanya berlaku untuk bahan geosintetik jenis *monofilamen woven geotextile*.
- d. **Permeability**, adalah koefisien rembesan air tanah arah normal bidang geosintetik (tegak lurus bidang geosintetik).
- e. **Permittivity**, adalah harga koefisien permeabilitas arah normal bidang untuk tiap satuan tebal geosintetik. Perlu dikethui bahwa semakin tebal bahan geosintetik maka makin semakin kecil permeabilitasnya. Besarnya harga *permittivity* relatif konstan.
- f. **Transmissivity**, adalah koefisien rembesan air kearah sejajar bidang geosintetik untuk ketebalan tertentu dan jenis geosintetik yang digunakan.

Pada tabel 3.1 diberikan retang harga-harga dari beberapa karakteristik geosintetik yang ada dipasaran (Exxon, 1990)

Tabel 3.1 Rentang nilai dari beberapa nilai karakteristik teknis geosintetik yang ada dipasaran (Exxon,1990)

Geosynthetic	Tensile Strength (kN/m)	Maximum Extension (%)	Apparent Opening Size (AOS) (mm)	Volume Water Permeability (liter/m ² /s)	Unit Weight (g/m ²)
GEOTEKSTILES					
Woven	8 – 800	5 – 35	0,05 – 2,50	5 – 2000	100 – 1300
Non-woven	3 – 90	20 – 80	0,01 – 0,35	20 – 300	70 – 2000
Knitteds	2 – 120	12 – 600	0,1 – 1,2	60 – 800	-
Stitch-bonded	15 – 800	15 – 30	0,04 – 0,4	30 – 80	250 – 1200
GEOMEMBRANES					
Nonreinforced	10 – 50	100 – 500	Zero	Zero	300 – 1500
Reinforced	20 – 200	10 – 30	Zero	Zero	600 – 1200
GEO-LINIER Elements					
	50 – 500	3 – 15	Zero	Zero	600 – 2000
GEOGRIDS					
	10 – 200	3 – 25	25 – 27	V. high	150 – 900

3.1.2 Fungsi Geotekstil

Penggunaan geotekstil pada suatu konstruksi umumnya dirancang berdasarkan fungsinya yang berhubungan dengan sifat-sifat tertentu dari geotekstil, yaitu :

- a. **Lapisan pemisah** (*separation*) dibutuhkan pada saat geotekstil diletakkan diantara dua jenis material yang berbeda. Kegunaannya untuk menghindarkan terjadinya kontaminasi dan pencampuran yang mungkin terjadi diantara kedua material tersebut. Contohnya pada penggunaan geotekstil didalam konstruksi jalan untuk memisahkan agregat dengan lapisan tanah dasar yang mempunyai daya dukung lemah. Sifat geotekstil yang perlu diperhatikan pada kondisi tersebut adalah : kekuatan terhadap pukulan (*puncture strength*), kekuatan terhadap

sobek (*breaking strength*), tahan pecah (*burst resistance*), dan tembus air (*water permeability*).

- b. **Lapis penyaring** (*filtration*) adalah kemampuan geotekstil untuk meloloskan air, tetapi menahan partikel tanah yang ikut terbawa aliran dari satu sisi permukaan kesisi lainnya. Dalam beberapa kasus geotekstil juga dibutuhkan untuk meloloskan aliran tanpa rintangan, seperti dalam keadaan dimana tekanan air pori yang berlebihan tidak diijinkan. Contoh penggunaannya dapat dilihat pada geotekstil yang digunakan untuk membangun drainasi pada konstruksi drainasi jalan. Sifat geotekstil hasil dari rancangan berdasarkan fungsi tersebut adalah *permittivity* dan *Equivalent Opening Size* (EOS).
- c. **Penyaluran air** (*drainage*) pada saluran drainasi umumnya, terdapat butiran kasar dan halus yang mempunyai fungsi ganda, yaitu sebagai saringan berarti akan menghalangi aliran air. Dua fungsi tersebut sulit dipadukan, dimana untuk fungsi saringan berarti akan banyak Lumpur atau bahan lain yang tersaring sehingga akan menghalangi aliran aliran air. Biasanya masuknya tanah sekitar kedalam saluran drainasi karena terbawa oleh aliran air tanah yang menuju saluran air tersebut. Dengan kemampuan geotekstil yang tembus air dan mempunyai kemampuan menyaring maka bahan ini sangat tepat untuk berfungsi sebagai filter, yaitu menahan butiran tanah yang terbawa aliran tanah agar tidak masuk kedalam saluran drainasi, sedangkan untuk drainasi vertikal biasanya digunakan *geocomposite* yang terdiri dari geotekstil yang berfungsi filter dan rangka yang berfungsi sebagai saluran air. Sifat geotekstil hasil dari desain

berdasarkan fungsi tersebut adalah *transmissivity* harga ukuran bukan (*equivalent opening size*, EOS).

- d. **Perkuatan tanah** (*reinforcement*). Pada umumnya tanah tidak mampu menahan tegangan tarik. Jika dijumpai kondisi tersebut diatas, maka akan dibuat suatu konstruksi geoteknik yang biasanya cukup mahal. Sebagai contoh adalah pembuatan lereng yang sangat curam, jika lereng tersebut terbuat alami dengan nilai kohesi yang tinggi, mungkin masih aman. Tetapi jika dibuat dengan tanah urugan, maka biasanya diperkuat dengan tembok penahan tanah (*retaining wall*). Tembok penahan tanah dari pasangan batu akan membutuhkan dimensi yang relatif besar sehingga membutuhkan areal yang cukup luas, jika dibuat dengan beton bertulang, membutuhkan waktu yang lama, biaya yang mahal serta kecermatan penulangan. Dengan kemampuan geotekstil yang mampu menahan tarikan dan mampu menahan geser (karena gesekan tanah), maka bahan tersebut dapat digunakan sebagai perkuatan (penulangan) pada tanah. Sifat geotekstil hasil dari rancangan berdasarkan fungsi tersebut adalah kuat (*strength*), perpanjangan (*elongation*), tahan rangkak (*creep resistanse*) dan modulus yang dibutuhkan.
- e. **Pelindung air** (*moisture barrier*), terjadi bila bahan tersebut diletakkan diatas aspal yang lama sebelum dihamparkan aspal yang baru. Contoh penggunaannya adalah sebagai lapisan pemisah yang berfungsi untuk mencegah terjadinya retak refleksi (*reflection crecking*) pada lapis ulang aspal (*overlay*).

Untuk lebih jelasnya lihat tabel 3.2 berikut :

Tabel 3.2 Hubungan antara bentuk dan fungsi geosintetik (Exxon, 1990)

Bentuk	Fungsi
1. GEOTEXTILE	<ul style="list-style-type: none"> a. Perkuatan Tanah (<i>soil reinforcement</i>) b. Penyaringan (<i>filtration</i>) c. Lapisan Pemisah (<i>separation</i>) d. Pengendali Erosi (<i>erotion control</i>) e. Penyalur Air (<i>drainage</i>)
2. GEOMEMBRANE	<ul style="list-style-type: none"> a. Lapisan Pemisah (<i>sparation</i>) b. Perkuatan Tanah (<i>soil reinforcement</i>)
3. GEOGRID	<ul style="list-style-type: none"> a. Perkuatan Tanah (<i>soil reinforcement</i>) b. Pengendalian Erosi (<i>erotion control</i>)
4. GEOLINIER	<ul style="list-style-type: none"> a. Perkuatan Tanah (<i>soil reinforcement</i>)
5. GEOKOMPOSIT	<ul style="list-style-type: none"> a. Penyaluran Air (<i>drainage</i>) b. Pengendalian Erosi (<i>erotion control</i>) c. Penyaringan (<i>filtration</i>) d. Perkuatan Tanah (<i>soil reinforcement</i>)

3.1.3 Tinjauan terhadap bentuk fisisnya.

Geotekstil dibentuk oleh unsur-unsur buatan manusia yang kemudian diproses seperti pada pembuatan tekstil. Bahan dari komponen dasar geotekstil berupa polymer sintetis yaitu : *polypropylene*, *polyester*, *polyethylene*, *polyamide* dan *nylon*. Bahan-bahan buatan manusia ini sangat tahan terhadap pengaruh lingkungan biologis dan degradasi kimia yang biasanya terjadi didalam alam.

Proses produksi dari geotekstil dibagi atas dua langkah. Langkah pertama membentuk komponen dasar seperti serat (*viber*) dan benang (*yarn*) sintetis. Langkah kedua adalah menggabungkan komponen-komponen tersebut menjadi suatu struktur tertentu yang umumnya disebut tenunan atau kain.

Ada tiga jenis serat sintetis, yaitu :

- a. *Filaments*, yaitu serat sintetis yang terbentuk dengan mengeluarkan lelehan polimer melalui lubang-lubang kecil pada alat pintal. Setelah mengeras, kemudian *filaments* ditarik pada arah longitudinal, sehingga molekul-molekulnya dapat menyesuaikan diri pada arah yang sama.
- b. *Staple fibers*, didapat dari filaments yang dipotong-potong sehingga mempunyai panjang antara 2-10 cm.
- c. *Slit films*, berupa serat berbentuk pipih, tipis seperti pita kaset dengan lebar antara 1-3 mm, dibentuk dengan sayatan pada selaput plastik. Setelah disayat, serat-serat seperti pita tersebut ditarik. Penarikan tersebut akan membuat molekulnya menyesuaikan diri pada arah yang sama. Benang sintetis terbuat dari satu atau gabungan beberapa serat sintetis.

3.2 Struktur Tanah dan Mineral Lempung

3.2.1 Struktur tanah dan teksturnya

Struktur tanah adalah susunan geometrik dan kerangka dari partikel, atau butiran mineral, dan gaya antar partikel yang mungkin bekerja padanya. Struktur tanah meliputi gradasi, susunan partikel, angka pori, bahan perekat, dan gaya listrik, dan yang berhubungan dengan itu. Struktur adalah suatu sifat yang menghasilkan respon terhadap perubahan eksternal di dalam lingkungan, seperti beban air, temperatur, dan faktor-faktor lainnya.

3.2.2 Struktur tanah kohesif

Suatu tanah kohesif dapat didefinisikan sebagai kumpulan partikel mineral yang mempunyai indeks plastisitas sesuai dengan batas *Atteberg* yang pada waktu mengering membentuk suatu massa yang bersatu sedemikian rupa sehingga diperlukan gaya untuk memisahkan setiap butir mikroskopisnya.

Campuran yang diperlukan untuk membuat suatu deposit tanah menjadi bersifat kohesif adalah mineral lempung, kadang-kadang disebut bahan *argillaceous*. Besarnya kohesi tergantung pada ukuran relatif dan jumlah berbagai butiran tanah dan bahan *argillaceous* yang ada. Pada umumnya apabila lebih dari 50 % dari deposit mengandung partikel-partikel berukuran 0,002 mm dan lebih kecil, deposit tersebut disebut “lempung”. Dengan presentase relatif ini, partikel-partikel tanah yang lebih besar akan terlarut dalam matrik tanah berbutir halus. Apabila 80% sampai 90% dari bahan deposit tersebut lebih kecil dari saringan no.200 (0,075 mm), cukup 5 sampai 10 % lempung yang ada telah menyebabkan tanah tersebut kohesif.

Dari studi tekstur, perkiraan-perkiraan diadakan untuk penentuan besarnya gaya antar partikel. Gaya antar partikel terlihat seolah-olah terbentuk dari tiga jenis aliran listrik yang berbeda :

1. Rekatan *ionic*. Rekatan akibat kurangnya elektron bagian luar dari atom-atom yang membentuk satuan tanah dasar.
2. Rekatan *Van der Waals*. Rekatan akibat berubah-ubahnya elektron pada setiap saat pada salah satu bagian dari inti atom.

3. Lain-lain. Termasuk rekatan hidrogen dan daya tarik gravitasi antara dua benda.

Mineral-mineral lempung terutama terdiri dari silikat aluminium dan atau besi dan magnesium. Beberapa juga mengandung alkali dan atau tanah alkalin sebagai komponen dasarnya. Beberapa mineral lempung yang biasa terdapat adalah :

a. Kaolinit (*Kaolinite*)

Satuan struktur kaolinit terdiri dari *tetrahedral silica* yang berganti-ganti dengan puncak tertanam di dalam suatu *octahedral alumina (gipsit)*. Lapisan gipsit dan silica yang berganti-ganti ini menghasilkan apa yang kadang-kadang disebut satuan dasar 1:1. Rumus yang dihasilkan adalah :



Kombinasi rekatan hydrogen dan gaya *van der waals* menghasilkan kekuatan dan stabilitas yang cukup besar dengan antar lapisannya sedikit cenderung menghisap air dan mengembang (disebut "aktif"), yang dapat menyebabkan "buku" mineral ini menjadi setebal 500 sampai 1000Å. Kaolinit adalah mineral lempung paling tidak aktif yang pernah diamati. Kaolinit dapat dihasilkan oleh pelapukan beberapa mineral lempung yang lebih aktif atau dapat juga terbentuk langsung dari produk sampingan pelapukan batuan.

b. Illit (*Illite*)

Illit adalah istilah umum untuk kelompok lempung yang pertama kali dijumpai di Illionis. Mineral lempung ini mempunyai persamaan umum :



Dimana y bernilai antara 1 dan 1,5. Illit diturunkan dari *muscovite* (mika) dan *biotit* (*biotito*), dan kadang-kadang disebut lempung mika. Mineral lempung Illit terdiri dari lapisan *gibsit octahedral* yang terletak diantara dua lapisan *silica tetrahedral*. Ini menghasilkan mineral 1:2 dengan tambahann perbedaaan dimana beberapa posisi silica akan terisi oleh atom-atom aluminium, dan ion-ion potasium ikut berada di dalam lapisan-lapisan untuk mengatasi kekurangan muatan. Rekatan seperti ini mengakibatkan kondisi yang kurang stabil jika dibandingkan dengan kaolinit, dan karena itu aktifitas Illit adalah lebih besar.

c. Montmorilonit (*Montmorilonite*)

Montmorilonit adalah nama yang diberikan untuk suatu mineral lempung yang dijumpai di Montmorillon, Perancis (1847), dengan rumus umum



dimana $n \text{ H}_2\text{O}$ adalah air yang berada dalam lapisan-lapisan (n lapis). Rekatan antar lapisan terutama disebabkan oleh gaya *Vander Waals*, dan karena itu sangat lemah jika dibandingkan dengan rekatan hidrogen atau rekatan ion lainnya.

3.2.2 Sifat umum mineral lempung

a. Hidrasi

Partikel lempung hampir selalu terhidrasi, yaitu dikelilingi oleh lapisan-lapisan molekul air yang disebut “air terabsorpsi” (*adsorbed water*). Lapisan ini umumnya mempunyai tebal dua molekul dan disebut “lapisan difusi” (*difusi layed*), “lapisan difusi ganda”, atau “lapisan ganda”. Air tertarik ke lapisan ini dengan cukup kuat, dan atau mengandng ion-ion logam. Difusi “kation terabsorpsi” dari

mineral lempung meluas keluar dari lapisan lempung sampai kelapisan air. Pengaruhnya adalah pengadaan muatan netto (+) didekat partikel mineral dan muatan (-) pada jarak yang lebih jauh. Difusi kation ini merupakan fenomena yang sangat serupa dengan difusi pertemuan antara permukaan air bebas dan atmosfer dimana bahan yang mengalami difusi adalah molekul air. Air ini sering tertarik dengan kuatnya sehingga berperilaku lebih sebagai benda padat daripada benda cair, dan beberapa peneliti melaporkan bahwa kerapatannya $\rho = 1,4 \text{ g/cm}^3$.

Mineral lempung mempunyai daya tarik yang cukup terhadap ion-ion H^+ sehingga suatu lapisan air setebal 400\AA dapat mengelilingi partikel tersebut. Ini secara kualitatif menunjukkan perbedaan antara lempung kaolinit dan montmorilinit dalam hal kadar air di lapangan dan nilai-nilai batas cair yang mungkin.

b. Aktivitas

Tepi-tepi mineral lempung mempunyai muatan negatif netto. Ini mengakibatkan terjadinya usaha untuk menyeimbangkan muatan ini dengan kation. Tarikan ini akan sebanding dengan kekurangan muatan netto dan dapat dihubungkan dengan aktivitas lempung tersebut. Aktivitas ini dapat didefinisikan sebagai

$$\text{Aktivitas} = \frac{\text{Indekplastisitas}}{\text{Presentasilempung}} \dots\dots\dots (3.5)$$

Dimana presentase lempung diambil sebagai fraksi tanah yang kurang dari $2 \mu\text{m}$. Aktivitas juga berhubungan dengan kadar air potensi relatif. Nilai aktivitas dari persamaan di atas adalah sebagai berikut :

Kaolinit	0,4 - 0,5
Illit	0,5 - 1,6
Montmorilonit	1,0 - 7,0

c. Flokulasi dan depresi

Mineral lempung hampir selalu menghasilkan larutan tanah dan air yang bersifat alkalin ($\text{pH} > 7$) sebagai akibat dari muatan negatif netto pada satuan mineral. Beberapa perkecualian mungkin terjadi apabila mineral itu terkontaminasi dengan substansi yang tidak mempunyai bentuk tertentu atau tidak berkristal (*amorphous*), akibat adanya muatan ini, ion-ion H^+ di dalam air, gaya *van der waals*, dan partikel berukuran kecil akan bersama-sama tertarik dan bersinggungan atau bertabrakan di dalam larutan ini.

