

BAB II

STUDI PUSTAKA

II.1. Tinjauan Tanah Ekspansif

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut.

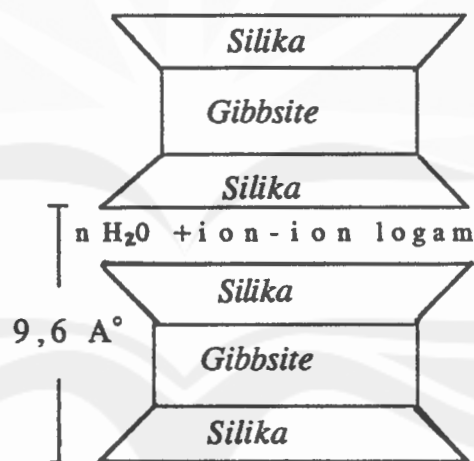
Tanah mempunyai sifat-sifat dasar yang berbeda-beda, seperti asal-usulnya, penyebaran ukuran butiran, kemampuan mengalirkan air, sifat kemampatan bila dibebani, kekuatan geser dan kapasitas daya dukung terhadap beban. Pada tugas-akhir ini yang akan dibahas adalah mengenai tanah ekspansif.

Tanah ekspansif adalah tanah yang mempunyai kemampuan untuk mengembang ataupun menyusut akibat pengaruh variasi kadar air. Ketika kadar air meningkat, tanah akan mengembang dan sebaliknya jika kadar airnya menurun tanah akan menyusut. Jumlah perubahan volume adalah sangat sukar untuk dievaluasi.

Komposisi mineral yang membentuk tanah ekspansif adalah mineral lempung. Mineral lempung ini merupakan produk pelapukan kimia dari feldspar, ferromagnesium dan berjenis-jenis mika. Mineral-mineral ini yang membentuk sifat-sifat plastis dari tanah.

Macam-macam mineral lempung adalah kaolinit, illit dan montmorillonit. Mineral lempung yang bersifat sangat ekspansif, dan yang membentuk tanah ekspansif adalah mineral lempung montmorillonit.

Mineral lempung montmorillonit adalah suatu unit dasar tiga lapis (kira-kira setebal $9,6 \text{ \AA}$ dan pada arah lain tidak tertentu) terbentuk dengan menempatkan sebuah lempeng *silika* di atas dan di bawah dari lempeng *gibbsite*. Struktur montmorillonit ditunjukkan dalam gambar 2.1. Ikatan antara tumpukan unit montmorillonit tiga lapis adalah oleh gaya *Van Der Waals*, karena itu sangat lemah dan air dapat masuk di antara unit-unit, menyebabkan mineral tersebut mengembang. Rumus umum montmorillonit adalah $\text{OH}_4\text{Si}_8\text{Al}_4\text{O}_{20} \cdot n\text{H}_2\text{O}$.



Gambar 2.1 Skema Montmorillonit

II.1.1. Klasifikasi Tanah Ekspansif

Klasifikasi tanah ekspansif ditetapkan dari beberapa pengujian terhadap tanah. Dari hasil pengujian ini, ada beberapa cara klasifikasi yang dikemukakan

oleh beberapa ilmuwan yang mendalami masalah geoteknik. Tanah berkategori CL atau CH menurut klasifikasi tanah sistem *Unified* dan kelompok A6 atau A7 menurut klasifikasi tanah sistem AASHTO, kemungkinan besar ekspansif. Klasifikasi tanah ekspansif, berdasarkan sifat indeks teknis, menurut potensi pengembangan tanah adalah sebagai berikut :

A. Menurut Holtz dan Gibbs

Klasifikasi menurut Holtz dan Gibbs berdasar hasil pengujian batas-batas Atterberg pada pengujian tanah tak terusik pada beban vertikal 1 psi (dapat dilihat pada tabel 2.1).

Tabel 2.1 Klasifikasi Berdasarkan Kadar Koloid, Indeks Plastisitas dan Batas Susut (Holtz dan Gibbs, 1956)

Kadar Koloid (% kurang 0,0001m)	Indeks Plastisitas	Batas Susut	Kemungkinan Pengembangan (% keseluruhan perubahan volume)	Tingkat Pengembangan
>28	>35	<11	>30	sangat tinggi
20 - 31	25 -41	7 - 12	20 - 30	tinggi
13 - 23	15 - 28	10 - 16	10 - 20	menengah
<15	<18	>15	<10	rendah

Sumber : Nelson, J.D, dkk, 1992

B. Menurut Altmeyer

Klasifikasi tanah ekspansif menurut Altmeyer (lihat tabel 2.2) tidak menggunakan prosentase lempung, karena beberapa laboratorium tidak memasukkan analisis hidrometer dalam program pengujian mereka.

Tabel 2.2 Klasifikasi Berdasar Batas Susut atau Susut Linier (Altmeyer, 1955)

Susut Linier	Batas Susut (%)	Kemungkinan Pengembangan (%)	Tingkatan Pengembangan
<5	>12	<0,5	tidak kritis
5 - 8	10 - 12	0,5 - 1,5	menengah
>8	<10	<1,5	kritis

Sumber : Nelson, J.D, dkk, 1992

C. Menurut Chen

Klasifikasi tanah ekspansif menurut Chen didasarkan pada prosentasi tanah lolos saringan no. 200, batas cair dan kekuatan penetrasi standar terhadap tanah-tanah batuan gunung (tabel 2.3). Selain itu Chen juga membuat klasifikasi pengembangan tanah semata-mata berdasarkan indeks plastisitas seperti terlihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.3 Klasifikasi Berdasarkan Prosentasi Tanah Lolos Saringan No.200, Batas Cair dan Kekuatan Penetrasi Standar Tanah-tanah dari Batuan Gunung (Chen, 1965)

Prosentasi Lewat Saringan no. 200	Batas Cair	Kekuatan Penetrasi Standar (Blows/Ft)	Kemungkinan Pengembangan	Tingkat Pengembangan
>95	>60	>30	>10	sangat tinggi
60 - 95	40 - 60	20 - 30	3 - 10	tinggi
30 - 60	30 - 40	10 - 20	1 - 5	menengah
<30	<30	<10	<1	rendah

Sumber : Nelson, J.D, dkk, 1992

Tabel 2.4 Klasifikasi Berdasarkan Indeks Plastisitas (Chen, 1988)

Potensi Pengembangan	Indeks Plastisitas
rendah	0 - 15
menengah	10 - 35
tinggi	20 - 55
sangat tinggi	35 keatas

Sumber : Nelson, J.D, dkk, 1992

D. Menurut Raman

Klasifikasi menurut Raman didasarkan pada indeks plastisitas dan indeks susut (tabel 2.5).

Tabel 2.5 Klasifikasi Berdasarkan Indeks Plastisitas dan Indeks Susut (Raman, 1967)

Indeks Plastisitas (%)	Indeks Susut (%)	Tingkat Pengembangan
<12	<15	rendah
12 - 23	15 - 30	menengah
23 - 32	30 - 40	tinggi
>32	>40	sangat tinggi

Sumber : Nelson, J.D, dkk, 1992

II.1.2. Identifikasi Tanah Ekspansif

Identifikasi tanah ekspansif dapat dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut :

A. Pengujian klasifikasi tanah

Pengujian yang dilakukan adalah pengujian batas-batas Atterberg dan analisa ukuran butir. Pengujian batas-batas Atterberg akan memperoleh nilai indeks

plastisitas, sedangkan analisis ukuran butir menghasilkan nilai kadar lempung. Menurut Skempton (1953) dari kedua hasil pengujian ini dapat menghasilkan parameter aktivitas yang dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Aktivitas} = \frac{\text{Indeks plastisitas}}{\% \text{ berat butir} < 2\mu\text{m}}$$

Identifikasi mineral lempung menurut tingkatan aktivitas (tabel 2.6).

Tabel 2.6 Hubungan Aktivitas dengan Jenis Mineral Lempung

Mineral	Aktivitas
Kaolinit	0,33 - 0,46
Illit	0,9
Montmorillonit (Ca)	1,5
Montmorillonit (Na)	7,2

Sumber : Nelson, J.D, dkk, 1992

B. Metode mineralogi

Uji mineralogi dengan cara difraksi X-Ray dapat memperlihatkan ketebalan masing-masing mineral lempung (tabel 2.7).

Tabel 2.7 Tebal dari Mineral Lempung

Kelompok Mineral	Tebal (A°)
Kaolinit	14,4
Illit	10
Montmorillanit	9,6

Sumber : Nelson, J.D, dkk, 1992

C. Kapasitas pertukaran kation

Identifikasi ini berdasarkan pada kebutuhan kation yang dapat ditukar untuk menyeimbangkan muatan negatif pada permukaan partikel lempung. Menurut

Mitchell (1976) hubungan kapasitas pertukaran kation atau *cation exchange capacity (CEC)* dengan identifikasi mineral lempung dapat dilihat pada tabel

2.8.

Tabel 2.8 Kapasitas Pertukaran Kation Mineral Lempung

Mineral Lempung	CEC (mg/100g)
Kaolinit	3 - 15
Illit	10 - 40
Montmorillonit	80 - 150

Sumber : Nelson J.D, dkk, 1992

II.1.3. Faktor-faktor Umum yang Mempengaruhi Pengembangan Tanah.

Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat pengembangan tanah lempung ekspansif terdiri dari :

1. Komposisi mineral

Besarnya pengembangan tanah tergantung dari jenis dan besarnya mineral ekspansif pada tanah. Tanah yang mengandung mineral kaolinit dan illit tidak bersifat ekspansif, tetapi tanah yang mengandung mineral montmorillonit mempunyai potensi pengembangan yang cukup besar.

2. Sifat fisik daripada tanah

Tanah yang mempunyai berat isi kering (γ_d) lebih besar mempunyai potensi pengembangan yang lebih besar. Tanah lempung utuh mempunyai potensi pengembangan lebih kecil dibandingkan dengan tanah yang sudah mengalami retak-retak karena air dengan cepat masuk melalui retakan sehingga menjadi jenuh.

3. Faktor lingkungan

Yang termasuk dalam faktor lingkungan adalah perbedaan periode musim dan besarnya curah hujan. Keadaan drainasi yang kurang baik akan mengakibatkan air tergenang sehingga tanah menjadi jenuh. Banyaknya jenis pohon yang menghisap air juga berpengaruh karena air tanah menyusut yang menyebabkan tanah retak.

II.1.4. Faktor-faktor Khusus yang Mempengaruhi Pengembangan dan Penyusutan Tanah

Hal - hal yang mempengaruhi pengembangan dan penyusutan tanah yang perlu diperhatikan pada analisis tanah lempung ekspansif antara lain adalah :

1. Kadar air (w)

Kandungan air yang ada dalam tanah asli, merupakan nilai kadar air asli, dimana kadar air ini sangat menentukan perilaku tanah khususnya pada proses pengembangannya. Pada umumnya tanah lempung mempunyai perbedaan tingkat kekerasan dan kelunakan sangat tinggi, ini disebabkan karena kemampuan dalam menyerap air, sehingga nilai kadar air sangat membantu menentukan sifat batas-batas konsistensi. Untuk tanah yang mempunyai kandungan lempung sangat tinggi akan menunjukkan gejala sensitivitas yang sangat tinggi terhadap perubahan kadar air yang terjadi. Perubahan kadar air ini akan memberikan perubahan sifat dari keadaan padat menjadi semi padat, plastis dan cair. Batas perubahan dari padat ke semi padat disebut batas susut (*Shrinkage Limit, SL*), dari semi padat ke plastis disebut batas plastis (*Plasticity*

Limit, PL) dan dari keadaan plastis ke cair disebut batas cair (*Liquid Limit, LL*).

Indek plastisitas dihitung dari ($LL - PL$).

2. Mekanisme pengembangan

Mekanisme pengembangan merupakan suatu proses dimana tanah lempung pada saat kering banyak menyerap air dan mengakibatkan mengembang dan saat melepaskan air terjadi susut besar. Sifat mengembang dan menyusutnya tanah sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Pengembangan ini dapat terjadi bila tanah menyerap air dari permukaan tanah yang selanjutnya akan mempengaruhi tingginya muka air tanah, khususnya untuk tanah lempung yang mempunyai daya serap air tinggi sehingga sangat mudah mengembang.

3. Tekanan pengembangan

Tekanan pengembangan adalah besarnya tekanan yang diperlukan untuk menahan pemuaian tanah sehubungan dengan pengaruh air, atau tekanan yang diperlukan untuk memampatkan suatu tanah yang mengalami suatu pemuaian hingga kembali pada kondisi kadar air semula.

4. Susut secara linier

Susut secara linier menunjukkan karakteristik penyusutan dari pada tanah

II.1.5. Penggembungan Tanah

Yang dimaksud dengan penggembungan tanah adalah besarnya penggembungan pada permukaan tanah maupun jalan. Hal ini terjadi karena tanah terdesak ke atas (mengalami tekanan ke atas) sebagai akibat dari sifat ekspansif daripada tanah terutama jika musim hujan tiba. Penggembungan tanah tergantung

kondisi muka air tanah selama musim kering dan musim hujan serta besarnya % pengembangan di permukaan tanah. Nilai % pengembangan di permukaan tanah lebih besar dibandingkan dengan % pengembangan di bawah permukaan tanah karena makin dekat permukaan, tekanan vertikal lebih kecil.

II.1.6. Penanggulangan Pengembangan Tanah Ekspansif

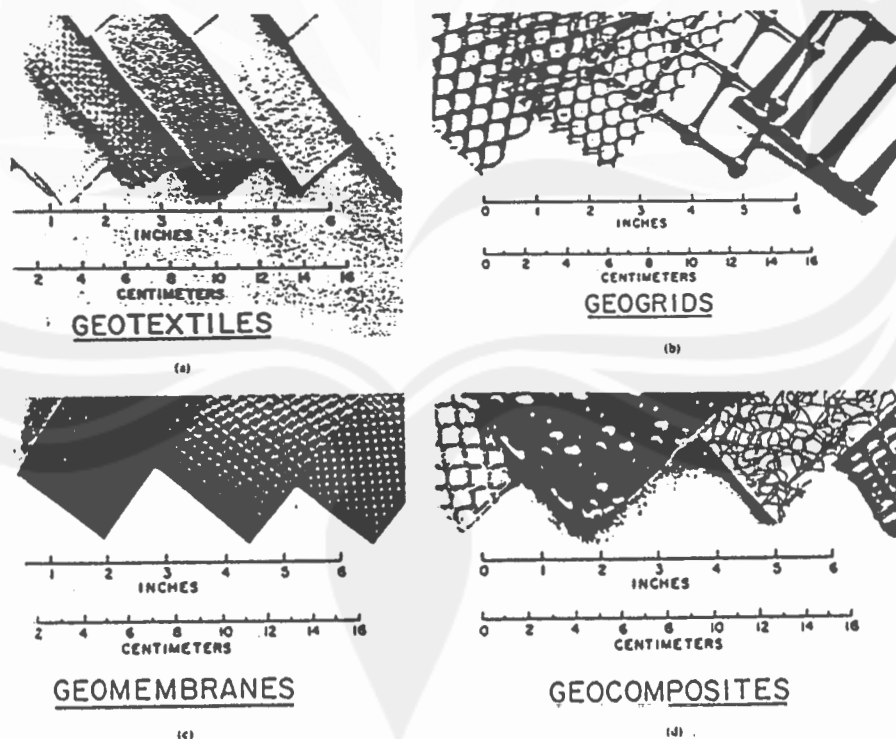
Pengembangan pada tanah ekspansif dapat dikendalikan sebagian dengan cara-cara berikut :

1. Menaikkan kadar air tanah mencapai suatu nilai yang tinggi sebelum pelaksanaan pembangunan dan dijaga agar tetap konstan, namun hal ini sukar dilakukan terutama pada struktur-struktur dimana penguapan tidak dimungkinkan dan aliran air tidak terkontrol.
2. Merancang struktur sedemikian sehingga tegangan-tegangan tanah lebih besar dari tekanan pengembangan dalam tanah.
3. Menstabilkan tanah dengan injeksi bahan kimia atau pemadatan. Apabila pemadatan yang digunakan, maka harus berhati-hati agar tidak terjadi pemadatan berlebihan. Pemadatan berlebihan dapat terjadi jika kadar air optimum digunakan dan jika usaha pemadatan terlalu besar. Tanah-tanah ekspansif yang dipadatkan berlebihan dapat menjadi sangat mengembang apabila kemudian ditambah air. Pemadatan yang tepat harus menggunakan tenaga pemadatan yang relatif kecil. Pada kondisi-kondisi ini tanah akan mempunyai daya dukung yang lebih rendah, tetapi ini lumayan daripada suatu potensial pengembangan yang tinggi.

II.2. Tinjauan Umum Geotekstil

Geotekstil adalah suatu nama umum yang diberikan untuk barang-barang tenunan dari bahan polimer yang dipakai sebagai bahan bangunan sipil khususnya yang berhubungan dengan tanah. Geotekstil umumnya mempunyai bentuk seperti kain dengan lebar 2 - 5 m dan panjang 50 - 200 m, dikemas dalam bentuk rol atau bentuk-bentuk lain.

Geotekstil adalah bagian dari bentuk geosintetik. Geosintetik adalah bahan sintesis yang digunakan dalam pekerjaan teknik yang berhubungan dengan tanah. Geosintetik dapat dibagi menjadi geotekstil, geomembran, geogrid dan geokomposit. Macam-macam geosintetik dapat dilihat pada gambar 2.2.

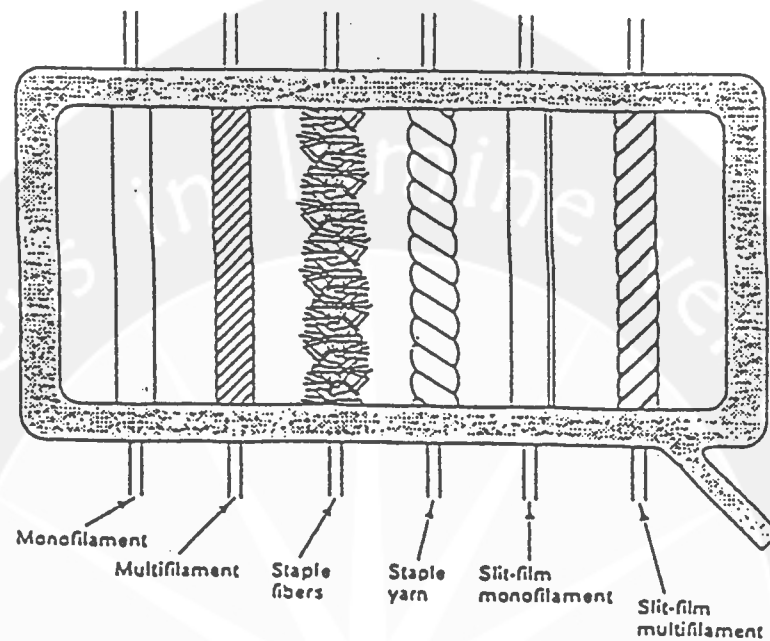


Gambar 2.2 Bentuk-bentuk Geosintetik

Perkembangan geosintetik berawal dari peristiwa alam antara lain adalah adanya sarang burung walet yang terbuat dari lumpur dan jerami, kemudian berkembang dengan digunakannya tikar alang-alang oleh orang Romawi kuno dalam membuat jalan, yaitu dengan menghamparkannya di atas tanah rawa sebelum dilapisi batu. Di negara-negara tropis juga sering digunakan perkuatan tanah lunak berlumpur di daerah pantai dengan menggunakan pipa bambu yang dipancangkan. Dari sinilah orang mulai berpikir untuk mengganti bahan-bahan tersebut dengan barang tiruan yang mempunyai nilai keuntungan di segala segi.

Bahan dasar geosintetik pada umumnya adalah serat sintetis dalam bentuk polimer seperti *polyester*, *polypropylene*, *polyethylene*, *polyamide*, *nylon*, *polyvinylchlorida*. Polimer sintetis tersebut terdiri dari molekul-molekul makro yang tersusun dari satuan-satuan kecil dan berbentuk seragam dalam jumlah besar (*monomers*) melalui suatu proses yang disebut polimerisasi. Serat-serat utama yang digunakan untuk pembuatan geotekstil adalah *monofilament*, *multifilament*, *staple fibers*, *staple yarn*, *silt film monofilament* dan *silt film multifilament*. Serat-serat utama ini dapat dilihat pada gambar 2.3.

Geotekstil merupakan bahan geosintetik yang paling luas pemakaiannya dalam bidang teknik sipil. Geotekstil menurut sifatnya ada yang bersifat tak tembus air (*impermeable*) dan bersifat tembus air (*permeable*). Bersifat tak tembus air dalam bentuk lembaran plastik ekstursi dan dalam bentuk *inter woven* atau *wibbing*.



Gambar 2.3 Serat-serat Utama Pembentuk Geosintetik

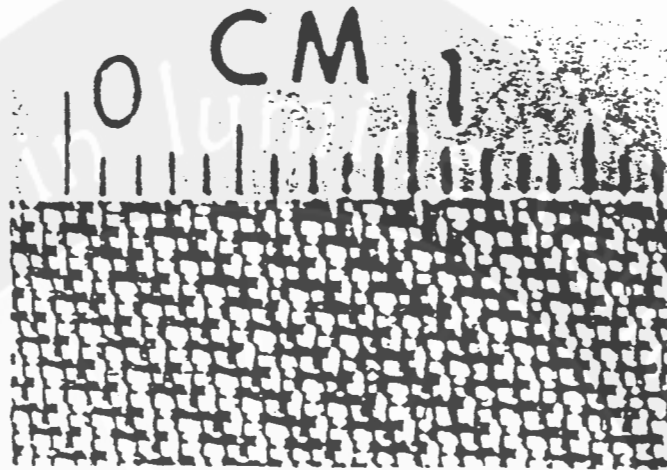
II.2.1. Jenis-jenis Geotekstil

Berdasarkan pembuatannya, geotekstil dapat digolongkan menjadi beberapa jenis yaitu :

a. Geotekstil yang ditenun (*woven*)

yaitu geotekstil yang pembuatannya merupakan gabungan dari benang-benang paralel yang ditenun sistematis untuk dapat membentuk suatu struktur bidang (gambar 2.4). Geotekstil yang dibentuk merupakan suatu material yang

mempunyai sifat dua arah, yaitu arah *warp* dan arah *weft*. *Warp* yaitu arah memanjang geotekstil dan *weft* adalah arah lebar/tegak lurus dari *warp*.



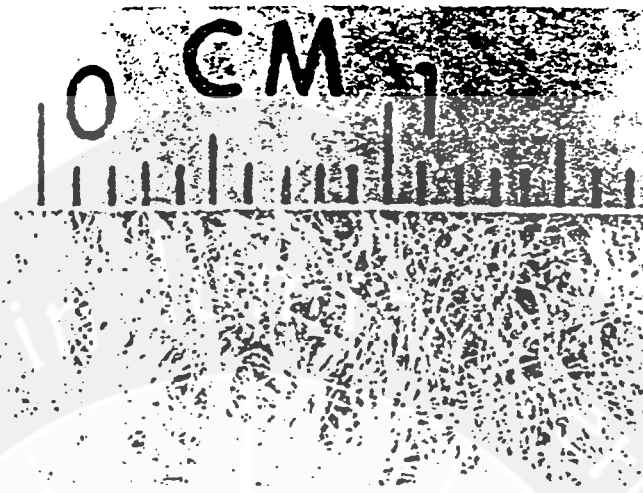
Gambar 2.4 Geotekstil *Woven*

b. Geotekstil yang tidak ditenun (*non woven*)

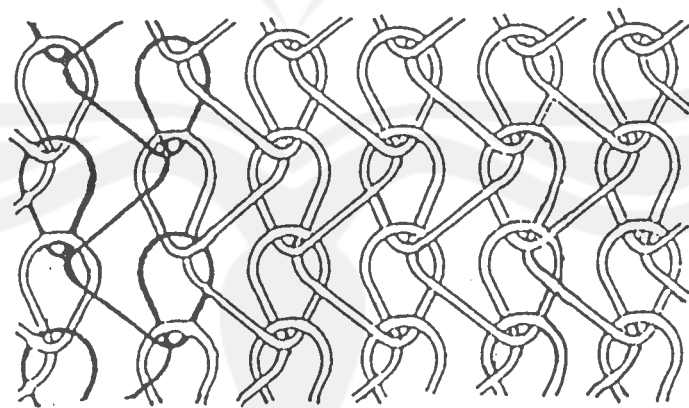
yaitu geotekstil yang pembuatannya tidak dengan ditenun tetapi serat-serat pembentuknya dilekatkan satu sama lain dengan diikat atau dengan bahan perekat. Jenis geotekstil tidak ditenun dapat dilihat pada gambar 2.5

c. Geotekstil yang dirajut (*knitted*)

yaitu geotekstil yang dibentuk dengan cara merajutkan benang-benang atau serabut yang menerus satu dengan yang lain membentuk serangkaian lubang-lubang yang saling berpegangan membentuk struktur bidang. Jenis ini dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.5 Geotekstil *non Woven*



Gambar 2.6 Geotekstil *Knitted*

IL2.2. Sifat-sifat Geotekstil

Bahan geotekstil terdiri dari serat-serat, oleh sebab itu karakteristik dari serat-serat tersebut perlu diperhatikan, walaupun geotekstil yang dihasilkan belum tentu mempunyai karakteristik yang sama dengan serat-serat tersebut. Karakteristik geotekstil juga dipengaruhi oleh proses pembuatannya. Karakteristik ini perlu diketahui untuk memilih jenis geotekstil yang diperlukan sesuai dengan keperluannya.

Untuk mengetahui sifat-sifat bahan geotekstil, dilakukan pengujian di laboratorium terhadap bahan tersebut, dimana setiap negara mempunyai standar uji sendiri. Untuk saat ini semua standar geotekstil mengikuti ASTM D35. Percobaan pengujian kekuatan geotekstil di laboratorium antara lain pengujian tarik jalur (*strip tensile test*), pengujian regangan bidang (*plane strain test*), pengujian tarik cengkram bidang (*grap tensile test*), pengujian robekan tarik (*wing tear test*), pengujian ledakan Mullen (*Mullen burst test*). Sifat-sifat geotekstil yang perlu diketahui adalah sebagai berikut :

A. Sifat - sifat fisis (*physical properties*)

Sifat - sifat fisis yang perlu diketahui antara lain adalah berat jenis, berat (berat per satuan luas), ketebalan. Berat jenis dari geotekstil tergantung dari jenis polimernya (lihat tabel 2.9). Berat geotekstil per satuan luas mempunyai rentang nilai antara 135 - 680 gram/m² (ASTM D1910). Sedangkan ketebalan geotekstil adalah jarak antara permukaan bawah dan atas, diukur pada suatu tekanan tertentu. Metode ASTM D1777 menyatakan bahwa ketebalan diukur dengan ketelitian sekurang-kurangnya 0,001" (0,02mm) pada tekanan tertentu. Tekanan

standar yang digunakan pada 0,29 psi (2,0 kPa). Geotekstil umumnya mempunyai ketebalan berkisar antara 10 - 300 mils (1 mil = 0,001").

Tabel 2.9 Berat Jenis Menurut Bahan Pembuat Geotekstil

<i>Material</i>	Berat jenis
<i>polypropylene</i>	0,91
<i>polyester</i>	1,22 - 1,38
<i>nylon</i>	1,05 - 1,14
<i>polyethylene</i>	0,92

Sumber : Koerner, R.M, 1986

B. Sifat - sifat mekanis

Sifat - sifat mekanis yang perlu diketahui antara lain adalah :

1. Kompresibilitas

Pengertian kompresibilitas selalu berhubungan dengan ketebalan dari bahan geotekstil pada berbagai tekanan normal yang bekerja. Sifat ini penting diketahui untuk bahan geotekstil yang digunakan sebagai drainasi.

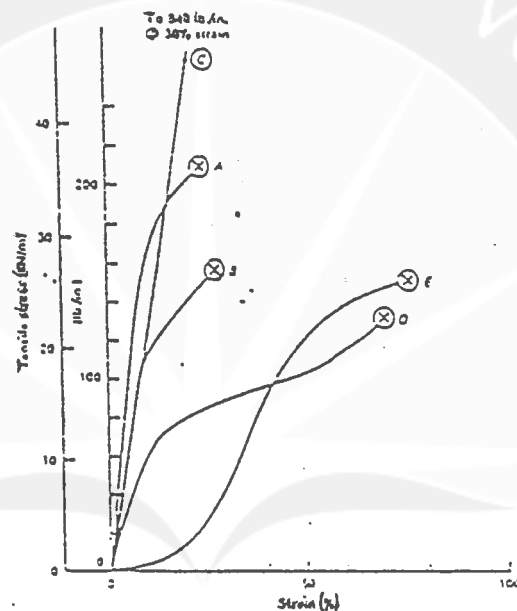
2. Kuat tarik

Sifat kuat tarik ini sangat penting untuk diketahui, yang didapat dari hubungan tegangan dan regangan. Tegangan biasanya diukur dalam satuan gaya per unit lebar (lb/m, t/m, kg/cm. dsb), sedangkan regangan adalah nilai deformasi dibagi dengan lebar awal. Dari hubungan tegangan regangan akan diperoleh :

- a. kuat tarik maksimum (*maximum tensile strength*), sebagai indikasi kuat bahan (*fabric's strength*).

- b. regangan runtuh, biasanya diberikan dalam data perpanjangan maksimum (*maximum elongation*).
- c. *toughness*, yaitu luas bagian di bawah kurva tegangan - regangan.
- d. modulus atau kekakuan yaitu kemiringan dari bagian awal kurva tegangan - regangan.

Karakteristik tegangan - regangan dapat dilihat pada gambar 2.7.



Legend

Curve	Manufacturing Type	Mass / Unit area (oz/yd ²)	Thickness (mils)
A	Woven, monofilament	6	15
B	Woven, slit film	5	10
C	Woven, multifilament	8	28
D	Nonwoven, heat bonded	4	13
E	Nonwoven, needle punched	6	25

Gambar 2.7 Karakteristik Tegangan - Regangan Geotekstil

3. Kuat lelah (*fatigue strength*)

Kuat lelah didefinisikan sebagai kemampuan geotekstil menahan beban berulang sebelum mengalami kehancuran/kerusakan.

4. Kuat pecah (*burst strength*)

Peristiwa pecah terjadi pada saat bahan geotekstil tidak mampu lagi berdeformasi. Uji yang banyak digunakan adalah *Mullen burst test*.

5. Kejut (*Impact*)

Geotekstil harus mampu menahan beban kejut, sesuai dengan fungsinya.

Untuk uji kejut mengikuti ASTM D256.

6. Kuat sobek (*tear strength*)

Kuat sobek adalah kekuatan dari geotekstil untuk menahan sobekan.

Terjadinya sobek karena beban luar yang bekerja padanya melampaui daya tahan dari geotekstil, yang menyebabkan terputusnya benang-benang atau serabut sehingga terjadi kerusakan.

7. Kuat tusuk (*puncture strength*)

Kuat tusuk adalah kemampuan dari geotekstil menahan tekanan tusuk yang dialaminya.

8. Gesekan antara geotekstil dengan tanah (*soil-to-fabric-friction*).

Gesekan antara geotekstil dan tanah penting untuk diketahui, dimana hal ini menyatakan kemampuan geotekstil menahan gesekan. Biasanya dilakukan uji seperti uji geser langsung pada pengujian kuat geser tanah.

C. Sifat - sifat hidrolik

Bilamana bahan geotekstil diperlukan sebagai filter dan drainasi, perlu diketahui sifat-sifat hidrolik antara lain :

1. Porositas

Porositas didefinisikan sebagai ratio dari volume pori terhadap volume keseluruhan geotekstil. Rumus untuk menghitung porositas adalah :

$$n = 1 - \frac{m}{\rho \cdot t}$$

keterangan :

n = porositas

m = massa per luas

t = tebal geotekstil

ρ = densitas geotekstil

2. Percent open area (POA)

POA adalah perbandingan antara *total open area* (seluruh lubang antara benang) dengan *total specimen area* (seluruh permukaan). Penggunaan *POA* hanya berlaku untuk *monofilament woven geotextile*.

3. Apparent opening size (AOS)

AOS menunjukkan suatu diameter tertentu pada lubang-lubang geotekstil yang dinyatakan dengan simbol O_n .

4. Transmisivitas

Adalah koefisien rembesan air arah sejajar bidang geosintetik, untuk tebal tertentu dari geosintetik yang digunakan.

5. Permittivitas

Adalah harga koefisien permeabilitas arah normal bidang untuk tiap satuan tebal geotekstil. Makin tebal geotekstil makin kecil permeabilitasnya.

D. Sifat-sifat ketahanan (*Endurance properties*)

Sifat ini dimaksudkan untuk mengetahui perilaku geotekstil terhadap waktu.

Biasanya dilakukan beberapa uji, seperti *creep test*, *abrasion test*, *long term flow test*, *gradien ratio test*.

E. Sifat-sifat lingkungan (*Environmental properties*)

Sifat ini dimaksudkan untuk mengetahui perilaku geotekstil atas adanya perubahan lingkungan, seperti ketahanan terhadap bahan kimia, ketahanan terhadap temperatur, ketahanan terhadap cahaya dan iklim, ketahanan terhadap bakteri, ketahanan terhadap pengrusakan dalam tanah.

Sifat-sifat ini perlu dikalikan faktor keamanan yang diambil dari pendekatan dengan faktor aman global tertinggi atau faktor aman parsial (lihat tabel 2.14), pada nilai pengujian yang diperoleh di laboratorium untuk menjadikan nilai ijin spesifik lapangan. Pendekatan yang diambil akan mengacu pada nilai laboratorium umum yang diperoleh sebagai suatu nilai ultimit untuk memodifikasinya dengan faktor aman parsial menjadi suatu nilai ijin, untuk kuat tarik dihitung dengan :

$$T_{ijin} = T_{ult} \left[\frac{1}{FS_{ID} \times FS_{CR} \times FS_{CD} \times FS_{BD}} \right]$$

dimana : T_{ijin} = kuat tarik yang diijinkan

T_{ult} = kuat tarik ultimit



FS_{ID} = faktor keamanan untuk *installation damage* (kerusakan pemasangan)

FS_{CR} = faktor keamanan untuk *creep*

FS_{CD} = faktor keamanan untuk *chemical degradation* (degradasi kimiawi)

FS_{BD} = faktor keamanan untuk *biological degradation* (degradasi biologis)

Tabel 2.10 Faktor Keamanan Parsial yang Disarankan

<i>Application Area</i>	<i>Partial Faktors of Safety Installation Damage</i>	<i>Partial Faktors of Safety Creeps*</i>	<i>Partial Faktors of Safety Chemical Degradation</i>	<i>Partial Faktors of Safety Biological Degradation</i>
<i>Separation</i>	<i>1.1 to 2.5</i>	<i>1.5 to 2.5</i>	<i>1.0 to 1.5</i>	<i>1.0 to 1.2</i>
<i>Cushioning</i>	<i>1.1 to 2.0</i>	<i>1.2 to 1.5</i>	<i>1.0 to 2.0</i>	<i>1.0 to 1.2</i>
<i>Unpaved roads</i>	<i>1.1 to 2.0</i>	<i>1.5 to 2.5</i>	<i>1.0 to 1.5</i>	<i>1.0 to 1.2</i>
<i>Walls</i>	<i>1.1 to 2.0</i>	<i>2.0 to 4.0</i>	<i>1.0 to 1.5</i>	<i>1.0 to 1.3</i>
<i>Embankment</i>	<i>1.1 to 2.0</i>	<i>2.0 to 3.5</i>	<i>1.0 to 1.5</i>	<i>1.0 to 1.3</i>
<i>Bearing capacity</i>	<i>1.1 to 2.0</i>	<i>2.0 to 4.0</i>	<i>1.0 to 1.5</i>	<i>1.0 to 1.3</i>
<i>Slope stabilization</i>	<i>1.1 to 1.5</i>	<i>2.0 to 3.0</i>	<i>1.0 to 1.5</i>	<i>1.0 to 1.3</i>
<i>Pavement overlays</i>	<i>1.1 to 1.5</i>	<i>1.0 to 2.0</i>	<i>1.0 to 1.5</i>	<i>1.0 to 1.1</i>
<i>Railroads</i>	<i>1.1 to 3.0</i>	<i>1.0 to 1.5</i>	<i>1.0 to 2.0</i>	<i>1.0 to 1.2</i>
<i>Flexible forms</i>	<i>1.1 to 1.5</i>	<i>1.5 to 3.0</i>	<i>1.0 to 1.5</i>	<i>1.0 to 1.1</i>
<i>Silt fences</i>	<i>1.1 to 1.5</i>	<i>1.5 to 2.5</i>	<i>1.0 to 1.5</i>	<i>1.0 to 1.1</i>

* Batas bawah FS menunjuk pada aplikasi-aplikasi yang mempunyai umur pelayanan relatif singkat dan/atau situasi-situasi dimana deformasi *creep* tidak penting terhadap semua pelaksanaan sistem (Koerner, R.M, 1994).

II.2.3. Fungsi Geotekstil

Ada bermacam-macam fungsi yang diberikan geotekstil bila diletakkan dalam suatu konstruksi. Geotekstil akan menjadi bagian dari konstruksi tersebut yang bekerja bersama-sama. Fungsi dari geotekstil antara lain :

1. Sebagai lapis pemisah (*separator*)

Geotekstil berfungsi untuk memisahkan macam-macam lapisan tanah yang berbeda ukuran partikelnya, agar tidak bercampur sehingga masing-masing lapisan akan dapat berfungsi sesuai yang direncanakan.

2. Perkuatan tanah (*reinforcement*)

Pada umumnya tanah tidak mampu menahan tegangan geser yang besar, apalagi menahan tegangan tarik. Untuk itu diperlukan Geotekstil, karena geotekstil mampu menahan tarikan dan mampu menahan geser.

3. Penyaluran air (*drainage*)

Geotekstil berfungsi menjamin pemindahan dan pengontrolan gerak air tanah di dalam maupun di permukaan tanah.

4. Penyaring (*filtration*)

Geotekstil berfungsi menyaring partikel-partikel tanah yang terbawa aliran air yang melewatinya.

5. Pelindung terhadap air (*moisture barrier*)

Geotekstil berfungsi sebagai pelindung terhadap air terjadi bila bahan tersebut diletakkan di atas aspal yang lama sebelum dihamparkan aspal baru. Pada penggunaan geotekstil, supaya menjadi tak tembus air diberi semprotan *bitumen*, *rubber-bitumen*, atau campuran polimerik dalam geotekstil secara baik.

Ini sangat bermanfaat untuk merintangikan aliran air pada tanah yang sensitif terhadap perubahan air.

6. Fungsi gabungan

geotekstil sering memberikan fungsi gabungan seperti pada :

- a. pencegahan retak refleksi pada pelapisan ulang perkerasan aspal, dimana bekerja fungsi sebagai perkuatan dan pelindung terhadap air.
- b. di bawah ballast kereta api, dimana bekerja fungsi sebagai pemisah, perkuatan, filtrasi dan drainasi.

II.2.4. Aplikasi Tipikal Geotekstil

Dalam pemakaiannya, geotekstil dapat digunakan untuk melayani beberapa fungsi, namun hanya satu fungsi tertentu yang menonjol. Aplikasi tipikal geotekstil antara lain :

A. Stabilisasi tanah dasar konstruksi jalan

Tanah dasar (*subgrade*) pada konstruksi jalan sangat mempengaruhi stabilitas konstruksi jalan. Terkadang di dalam pembangunan jalan harus dihadapkan pada masalah tanah lunak yang berbutir halus yang basah dan jenuh air, serta sangat peka terhadap gangguan. Geotekstil dapat memberikan stabilisasi dengan cara mencegah kontaminasi dan mempertahankan ketebalan agregat pada lapisan perkerasan jalan. Contoh pemakaian geotekstil untuk konstruksi jalan dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. Stabilisasi Tanah Dasar Konstruksi Jalan

B. Filtrasi dan drainasi tanah dasar

Dalam sistem drainasi, geotekstil dapat ditempatkan diantara agregat drainasi dan tanah yang akan di drainasi. Geotekstil dapat menahan butiran tanah asli sekaligus mengalirkan air ke dalam sistem drainasi sepanjang umur sistem.

Contoh pemakaian geotekstil untuk filter dan drainasi dapat dilihat pada gambar 2.9.

C. Perkuatan lereng dan timbunan

Pada kemiringan yang diinginkan, lereng tanpa perkuatan mungkin tidak stabil.

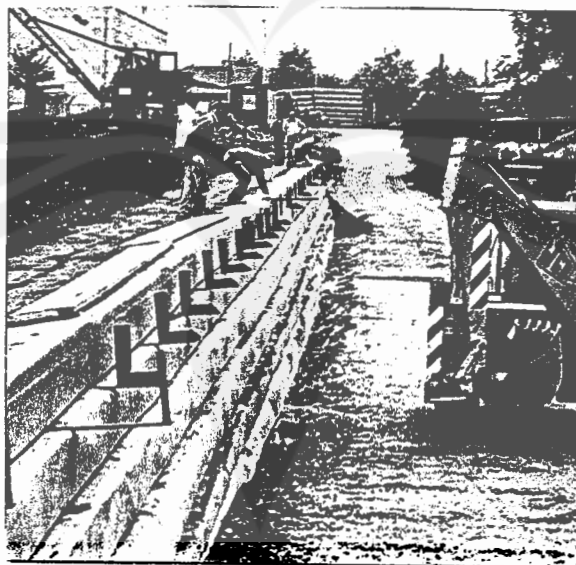
Di samping itu, erosi dan keruntuhan permukaan dapat terjadi pada tepi lereng.

Salah satu cara penyelesaiannya adalah dengan pembuatan lapisan-lapisan geotekstil yang ditempatkan pada lereng yang akan memperkuat tanah dan

meningkatkan stabilitas lereng tersebut. Contoh pemakaian geotekstil untuk perkuatan lereng dan timbunan dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.9 Filtrasi dan Drainasi Tanah Dasar



Gambar 2.10 Perkuatan Lereng dan Timbunan

D. Pelindung geomembran

Lapisan impermeabel geomembran mudah jebol dan robek pada pembebanan dinamis dan statis saat pemasangan, pelaksanaan dan tahapan operasional selanjutnya. Instalasi geomembran di atas tanah dengan kandungan gas atau muka air tanah yang tinggi merupakan hal yang sulit dilaksanakan. Dengan dipakainya geotekstil sebagai lapisan bantalan yang melindungi geomembran terhadap tusukan dinamis maupun statis juga efektif dalam menyalurkan gas dan air rembesan (gambar 2.11).



Gambar 2.11 Pelindung Geomembran

E. Filter pada perlindungan pantai dan tepian sungai

Erosi tanah banyak terjadi pada tepian sungai, pesisir pantai, pilar dan abutmen jembatan, di belakang sistem bronjong serta pada parit dan saluran-saluran. Penyebab utama erosi adalah gaya gelombang, banjir, aliran permukaan, piping akibat air rembesan, arus aliran sungai dan hempasan pasang surut.

Dengan dipakainya geotekstil dapat melindungi struktur dari erosi tanah, apabila digunakan bersama-sama batu pelindung, plat beton, bronjong atau jenis material pelindung yang biasa digunakan untuk pengendalian erosi seperti terlihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Filter pada Perlindungan Pantai dan Tepian Sungai

F. Rekayasa jalan rel kereta api

Formasi jalan rel kereta api yang dibangun diatas tanah jenuh air dapat runtuh karena agregat *ballast* terkontaminasi akibat pembebanan dinamis berulang yang berat. Kontaminasi agregat *ballast* akan mengakibatkan deformasi pada alinemen. Biasanya, tidak mungkin menutup jalan rel kereta api dan membangunnya kembali, serta diperlukan pemeliharaan berkala dan pembersihan *ballast* yang mahal. Untuk itu dengan dipasangnya geotekstil sebagai pemisah di antara tanah dasar dan *ballast* akan mencegah butiran halus tanah dasar

terpompa ke atas dan mengkontaminasi *ballast* (gambar 2.13). Hilangnya agregat ke dalam tanah dasar yang lunak dapat dicegah dan juga air dapat di drainasi secara lateral menjauhi sumbu jalur rel. Dengan demikian siklus pemeliharaan berkala dapat diperpanjang atau bahkan dihilangkan.



Gambar 2.13 Rekayasa Jalan Rel Kereta Api

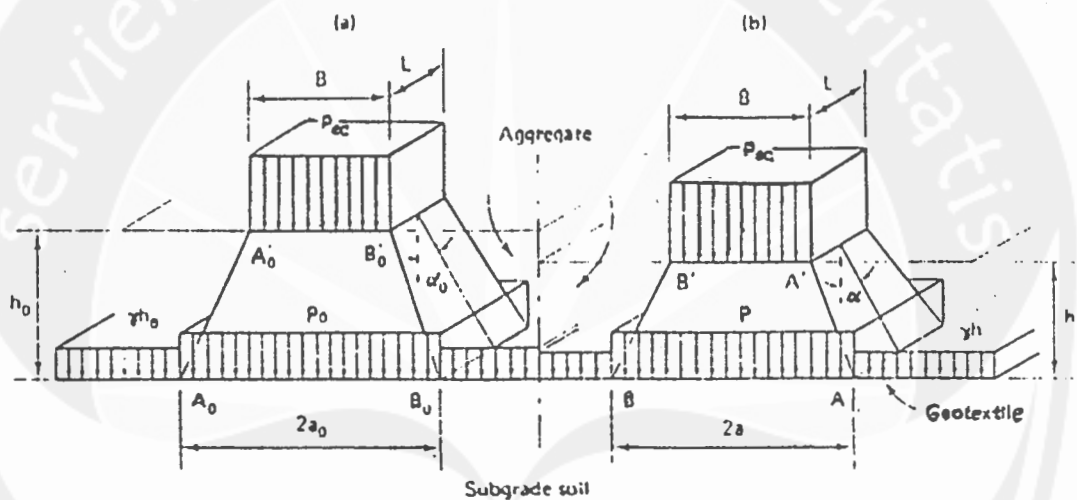
IL.2.5. Metode Analisa Perencanaan Perkuatan Struktur Jalan Sementara

Metode analisa menurut Giroud dan Noiray dalam analisa tegangan dengan menggunakan model geometrik seperti pada gambar 2.14. Tekanan P_{ec} yang bekerja pada luasan $B \times L$, yang disebarkan lewat batuan dasar setebal h_0 pada struktur tanpa geotekstil, dan batuan dasar setebal h pada struktur dengan

geotekstil. Pada tanah dasar akan terjadi tegangan sebesar p_0 tanpa geotekstil dan p dengan geotekstil. Besarnya p_0 dan p adalah sebagai berikut :

$$p_0 = \frac{P}{2(B+2h_0 \tan \alpha_0)(L+2h_0 \tan \alpha_0)} + \gamma \cdot h_0$$

$$p = \frac{P}{2(B+2h \tan \alpha)(L+2h \tan \alpha)} + \gamma \cdot h_0$$



Gambar 2.14. Penyebaran Tekanan oleh Lapis Pondasi Dengan dan Tanpa geotekstil (Koerner, R.M, 1986)

Pada keseluruhan analisa ini, tanah berada pada kondisi *undrained* sehingga kekuatan gesernya sama dengan kohesi tanah tersebut ($\tau = c$). Dalam metode desain ini, diasumsikan bahwa tanpa geotekstil tekanan maksimum yang diijinkan untuk p_0 merupakan daya dukung elastis dari tanah, yaitu :

$$P_0 = \pi \cdot c + \gamma \cdot h_0$$

sedangkan dengan pemakaian geotekstil meningkat sebesar daya dukung ultimitnya, yaitu :

$$p^* = (\pi + 2) c + \gamma \cdot h_0$$

Sehingga persamaan untuk menentukan tebal agregat pondasi tanpa menggunakan geotekstil yaitu :

$$\pi \cdot c = \frac{P}{2(B+2h_0 \tan \alpha_0)(L+2h_0 \tan \alpha_0)}$$

bilamana menggunakan geotekstil, karena terjadi perubahan bentuk dari geotekstil yang tertarik, akan menimbulkan tegangan sebesar :

$$p_g = \frac{E \cdot \epsilon}{a \sqrt{1 + \left(\frac{a}{S}\right)^2}}$$

sehingga tegangan yang bekerja pada subgrade menjadi $p - p_g$, maka persamaan untuk menentukan tebal agregat dengan menggunakan geotekstil adalah :

$$(\pi + 2) c = \frac{P}{2(B+2h \tan \alpha)(L+2h \tan \alpha)} + \frac{E \cdot \epsilon}{a \sqrt{1 + \left(\frac{a}{S}\right)^2}}$$

dengan :

P = beban gandar

c = kohesi tanah dasar

h = tebal agregat pondasi dengan geotekstil

h_0 = tebal agregat pondasi tanpa geotekstil

B = panjang

L	= lebar
γ	= berat unit agregat batuan
α_0	= sudut distribusi beban tanpa geotekstil
α	= sudut distribusi beban dengan geotekstil
a	= geometrik (lihat gambar 2.14)
E	= modulus elastis geotekstil
ε	= pertambahan panjang geotekstil
S	= kedalaman jejak roda
p_0	= tegangan pada tanah dasar tanpa geotekstil
p	= tegangan pada tanah dasar dengan geotekstil
P_0	= tegangan maksimum yang diijinkan tanpa geotekstil
p^*	= tegangan maksimum yang diijinkan dengan geotekstil
p_g	= tegangan geotekstil

Metode analisa ini juga digunakan dalam perencanaan jalan permanen.

IL.2.6. Pencegahan Retak Refleksi pada Pelapisan Ulang Perkerasan Dengan

Bitumen

Pelapisan kembali pada perkerasan yang mengalami retak berlebihan dapat dilakukan dengan cara pemakaian geotekstil. Pelaksanaan dari pekerjaan ini pada penggunaan geotekstil pada seluruh lebar perkerasan mempunyai prosedur umum sebagai berikut :

1. Kerusakan yang ada pada tanah pondasi harus diperbaiki sebelum pelapisan kembali dikerjakan,
2. Retak dalam perkerasan yang ada harus diisi dengan aspal *hot mix* atau *cold patch*,
3. Sebelum geotekstil dihamparkan, perkerasan lama disemprot dulu dengan *asphaltic sealant* secara merata. *Asphaltic sealant* antara lain adalah *asphaltic cement* (AC-5 atau AC-20), *cationic asphalt emulsions* (CRS-2 atau CRS-1h) dan *anionic asphalt emulsions* (RS-2 atau RS-1)
4. Geotekstil dihamparkan di atasnya, jika *asphaltic sealant* merembes lewat pori geotekstil perlu dihamparkan pasir untuk menyerap *asphaltic sealant*.
5. Pelapisan *hot mix* ditempatkan langsung pada geotekstil. Temperatur *hot mix* seharusnya antara 300° F - 325° F

Prosedur di atas tidak mutlak harus dilaksanakan, tetapi pelaksanaan disesuaikan dengan kondisi yang dihadapi.