

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Globalisasi dalam perekonomian dunia berjalan cepat dan dinamis, Indonesia, salah satu negara anggota *World Trade Organization* (WTO) merasakan dampak perekonomian dunia yang mengglobal ini. Persaingan industri untuk mendapatkan akses pasar domestik, regional maupun internasional makin keras. Perlu melakukan inovasi dan kreativitas agar mampu bersaing dengan para kompetitor.

Industri tekstil sebagai salah satu sektor penghasil devisa juga perlu melakukan hal yang sama agar mampu bersaing dengan kompetitor dari negara lain seperti China, India, Vietnam, Kamboja. Konsentrasi industri tekstil Indonesia perlu diperluas. Sebagian besar berkecimpung pada produk sandang, sedangkan industri tekstil non sandang jarang dilirik oleh pelaku pasar, industri tekstil non sandang khususnya *technical textile* sangat berprospektif. Salah satu faktor penunjang adalah perkembangan teknologi serat yang mengakibatkan perluasan dan peningkatan aplikasi material serat untuk material bangunan, keperluan peralatan medis, pertanian, komponen otomotif dan lain-lain.

Berdasarkan estimasi data David Rigby & Associates sebaran wilayah konsumsi untuk *technical textile* meliputi AS, Eropa, Asia dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1.1. Konsumsi Dunia Terhadap *Technical Textile* dan Nonwoven Berdasarkan Wilayah (1000 Ton)

Wilayah	Tahun				Persentase kenaikan dalam periode lima tahun		
	1995	2000	2005	2010	95-00	00-05	05-10
AS	4.288	5.031	5.777	6.821	3,2 %	2,8 %	3,4 %
Eropa	3.949	4.162	4.773	5.577	3,6 %	2,8 %	3,2 %
Asia	5.716	6.963	8.504	10.645	4,0 %	4,1 %	4,6 %
Lainnya	473	558	628	730	3,3 %	2,4 %	3,1 %
Total	13.971	16.714	19.683	23.774			
Rata-rata kenaikan dalam periode lima tahun					3,7 %	3,3 %	3,8 %

(Sumber : David Rigby Associates, *Technical Textile and Nonwoven : World Market Forecast To 2010*, <http://www.fiber2fashion.com/industry-article>)

Sedangkan konsumsi *technical textile* berdasarkan aplikasinya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1.2. Konsumsi Dunia Terhadap *Technical Textile* dan Nonwoven Berdasarkan Aplikasinya (1000 Ton)

Aplikasi	Tahun				Persentase kenaikan dalam periode lima tahun		
	1995	2000	2005	2010	95-00	00-05	05-10
Agriculture	1.173	1.381	1.615	1.958	3,3 %	3,2 %	3,9 %
Building	1.261	1.648	2.033	2.591	5,5 %	4,3 %	5,0 %
Apparel	1.072	1.238	1.413	1.656	2,9 %	2,7 %	3,2 %
Geotextile	196	255	319	413	5,4 %	4,6 %	5,3 %
Home textile	1.864	2.186	2.499	2.853	3,2 %	2,7 %	2,7 %
Industrial	1.864	2.205	2.624	3.257	3,6 %	3,5 %	4,4 %
Medical	1.228	1.543	1.928	2.380	4,7 %	4,6 %	4,3 %
Transport	2.117	2.479	2.828	3.338	3,2 %	2,7 %	3,4 %
Packaging	2.189	2.552	2.990	3.606	3,1 %	3,2 %	3,8 %
Protective	184	238	279	3.405	3,0 %	3,3 %	4,0 %
Sport	841	989	1.153	1.382	3,3 %	3,1 %	3,7 %
Total	13.971	16.714	19.683	23.774			
Rata-rata kenaikan dalam periode lima tahun					3,7 %	3,3%	3,8 %

(Sumber : David Rigby Associates, *Technical Textile and Nonwoven : World Market Forecast To 2010*, <http://www.fiber2fashion.com/industry-article>)

Saat ini pemerintah Indonesia melakukan pembangunan suprastruktur dan infrastruktur untuk menunjang pertumbuhan dan kemajuan. Pembangunan fasilitas umum seperti jalan, jembatan, dermaga merupakan sebagian bentuk pembangunan infrastruktur. Namun keadaan tanah yang sering dimanfaatkan untuk pembangunan sarana infrastrukturnya sebagian besar berupa rawa-rawa, tanah gambut, tanah labil ataupun daerah rawan longsor. Perkuatan tanah dengan geosintetik dapat menambah atau memberikan kekuatan dan daya dukung tanah asli yang kurang baik seperti tanah lembek dan tanah labil. Penerapannya mempertimbangkan teknis dan prinsip mekanis dalam memilih tipe, merancang dan membangun suatu bangunan di bawah pondasi suatu struktur.

Geosintetik terdiri dari beberapa jenis bahan yang mempunyai bentuk dan fungsi berbeda yaitu : geotekstil, geogride, geolinier, geostrip, geocell.

Bahan geotekstil merupakan bahan yang paling banyak digunakan karena mampu menahan tarikan dan geser akibat gesekan tanah. Berdasarkan cara pembuatannya, geotekstil digolongkan menjadi dua jenis yaitu : geotekstil tenunan (*woven geotextile*) dan geotekstil bukan tenunan (*nonwoven geotextile*).

Nonwoven geotekstil memiliki tingkat permeabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan woven geotekstil. Sebagian besar nonwoven geotekstil terbuat dari serat buatan (*man-made fibers*) yang mempunyai kekuatan lebih besar dibanding serat alam.

Dari pemaparan di atas, pangsa pasar *technical textile* khususnya geotekstil sangat potensial. Wilayah Asia sebagai konsumen terbesar *technical textile*, nilai persentase kenaikan produk geotekstil yang signifikan dibanding produk *technical textile* lainnya. Aplikasi material serat untuk geotekstil, pertanian dan medis yang semakin luas dan meningkat harus ditunjang dengan ketersediaan produk tersebut di pasaran, khususnya domestik. Ini merupakan tantangan dan peluang bagi industri tekstil Indonesia, khususnya industri tekstil nonwoven.

Maka kami merancang pembangunan pabrik nonwoven geotekstil kapasitas 12.000.000 meter/tahun ditargetkan dapat memenuhi kebutuhan pasar dalam negeri dan kurang dari 1% kebutuhan geotekstil dunia. Kami tuangkan dalam Tugas Akhir dengan judul "Pra-Rancangan Pabrik Tekstil Dengan Studi Kelayakan Nonwoven Geotekstil Sistem *Needle Punch* Kapasitas Produksi 12.000.000 meter/tahun".

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1. Pengertian Geotekstil

Geotekstil berasal dari bahasa latin, *geo* yang artinya bumi atau tanah. Sedangkan tekstil berasal dari kata *texere* secara harfiah berarti menenun, dalam arti luas merupakan lembaran relatif tipis tersusun dari serat dalam keadaan bebas maupun dalam bentuk benang.

Istilah geotekstil pertama kali dikenalkan oleh Jean Pierre Giroud, seorang ahli geotekstil dan geomembran dari Biro Konsultan Woodward Clyde, Chicago, Amerika Serikat. Penggunaan bahan geotekstil mulai dirintis sekitar tahun 1960-an. Satu dekade kemudian bahan-bahan geotekstil mulai digunakan untuk berbagai proyek sipil namun belum secara luas. Sekitar tahun 1977 diadakan seminar masalah geosintetik pada International Conference On The Use of Fabrics In Geotechnics di Paris untuk pertama kali. Sejak saat itulah penggunaan geotekstil meluas ke seluruh dunia.

Geotekstil adalah jenis bahan tekstil yang digunakan pada tanah atau bahan yang berkaitan dengan teknik sipil dan digunakan bersama bahan lain untuk memperkuat struktur tanah.

Geotekstil berfungsi sebagai lapisan pemisah (*separation*), penyaring (*filtration*), penyalur air (*drainage*), perkuatan tanah (*reinforcement*) dan lapisan pelindung (*moisture barrier*).

Bahan dan komponen dasar geotekstil berupa polimer sintesis yang termasuk serat buatan (*man-made fiber*) seperti polypropylene, polyester, polyethylene, polyamide dan nylon. Bahan tersebut tahan terhadap pengaruh lingkungan biologis dan degradasi kimia yang biasa terjadi di alam. Proses selanjutnya tidak jauh berbeda dengan pembuatan tekstil pada umumnya.

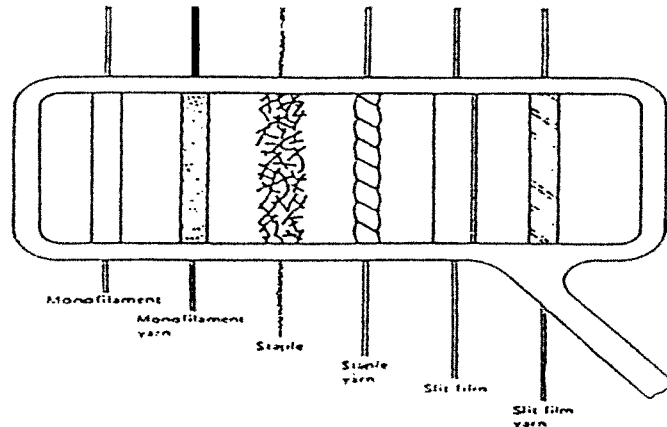
Terdapat dua tahap dalam proses produksi geotekstil. Tahap pertama membentuk komponen dasar seperti serat (*fiber*) dan benang (*yarn*) sintesis. Tahap kedua adalah menggabungkan komponen tersebut menjadi

satu struktur tertentu, baik sebagai kain tenunan maupun kain bukan tenunan. Ada tiga jenis serat, yaitu :

- a. Filamen, yaitu serat sintetis terbentuk dari lelehan polimer melalui spinneret pada alat pintal. Setelah mengeras, filamen ditarik pada arah longitudinal sehingga molekul-molekul dapat menyesuaikan diri pada arah yang sama.
- b. Staple fibers, didapat dari filamen yang dipotong-potong panjang antara 0,1-10 cm.
- c. Slit films, berupa serat berbentuk pipih, tipis seperti pita kaset lebar antara 1-3 mm dibentuk dengan sayatan pada selaput plastik. Setelah disayat, serat-serat tersebut ditarik. Penarikan tersebut akan membuat molekulnya menyesuaikan diri pada arah yang sama.

Benang sintetis dibuat dari satu atau gabungan beberapa serat sintetis. Jenis benang sintetis yang digunakan dalam konstruksi geotekstil dapat dilihat pada gambar 1.1. :

- a. Monofilament yarn : terbuat dari filamen tunggal.
- b. Multifilament yarn : terbuat dari filamen-filamen halus yang saling dikaitkan.
- c. Spun/staple yarn : berupa staple fiber yang dijalin dan dipuntir bersama-sama.
- d. Slit film yarn : terdiri dari serat-serat slit film tunggal.



Gambar 1.1. Jenis benang sintesis (Koerner, 1994)

Kain geotekstil merupakan salah satu bahan geosintetik yang biasa digunakan di bawah permukaan atau di dalam tanah pada pekerjaan *mechanical engineering* serta *hydraulic engineering*.

Aplikasi kain geotekstil bergantung pada kondisi tanah dan jenis proyek yang dikerjakan, sehingga tiap aplikasi memerlukan bahan dengan spesifikasi tertentu.

Jenis kain geotekstil dapat digolongkan ke dalam dua golongan besar, yaitu kain woven geotekstil (*woven geotextile*) dan nonwoven geotekstil (*nonwoven geotextile*).

1.2.2. Pengertian Nonwoven Geotekstil

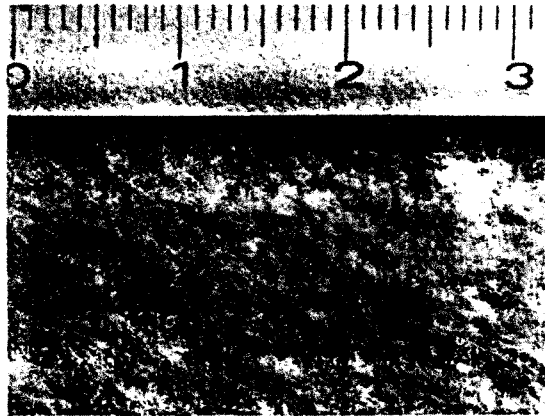
Nonwoven geotekstil adalah struktur tekstil terbentuk oleh ikatan antar serat dapat berupa serat pendek ataupun monofilamen, dengan cara mekanis, termal atau dengan pelarut dan kombinasi dari semuanya (Krema,

1971). Proses pengerjaannya dilakukan dengan metode tanpa tenun sehingga disebut 'nonwoven.'

Produksi jaring serat terdiri dari berbagai jenis serat. Bahan utama pembuatan nonwoven adalah serat buatan yang diperkuat secara mekanis menggunakan perekat (*adhesive*) maupun dengan jarum (*needle*). Sedangkan pembentukan sebagian besar menggunakan sistem serat planar (dasar) biasa disebut jaring yang digaruk (*carded*) meliputi antara lain jaring-jaring serat, jaring *sandwich*, jaring isotropik, lembaran-lembaran, pengacakan dan sebagainya.

Proses pembuatan nonwoven geotekstil ada empat cara yaitu proses penjaruman (*needle punch process*), proses ikatan leleh (*melt heat bonded*), proses ikatan pintal (*spun bonded process*) dan proses ikatan dengan bahan perekat (*resinbonding/chemical bonding process*).

Cara produksi dari geotekstil jenis nonwoven dengan sistem penjaruman (*needle punch*) diawali dengan meletakkan serat web dalam mesin pengupas yang dilengkapi jarum 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 mekanis pada serat-serat tersebut. Pra rancangan ini menitikberatkan pada proses penjaruman. Hasilnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 1.2. Geotekstil hasil penjaruman (Koerner, 1988)

1.2.3. Karakteristik Nonwoven Geotekstil Sistem *Needle Punch*

Sistem *needle punch* menghasilkan kain nonwoven geotekstil dengan tingkat kekakuan serat (*extension*) tinggi, sifat permeabilitas baik, kekuatan tarik yang baik. Hal ini disebabkan unsur penyusunnya merupakan serat staple yang diperkuat dengan jalinan acak menggunakan jarum, juga dipengaruhi kerapatan jarum serta kecepatan penusukannya yang berpengaruh pada kontak antar serat staple, sehingga kain tersebut dapat digunakan pada bidang yang luas.

1.2.4. Mekanisme Sistem *Needle Punch*

Pada awalnya teknologi penjahitan dengan mesin pelubang jarum masih terbatas, namun dengan kehadiran serat-serat sintetis membuat metode *needle punch* banyak dipakai untuk produksi kain nonwoven.

Penggunaan staple fibers sebagai bahan baku pembuatan kain nonwoven geotekstil ini sangat menguntungkan terutama dilihat dari proses produksi serta hasil yang dicapai.

Mekanisme proses relatif sederhana, dimana serat secara kontinu masuk ke dalam mesin carding hingga terbentuk lembaran web kemudian mengalami perkuatan secara mekanis dengan menggunakan jarum (*needle punch*).

Prinsip sistem *needle punch* menggunakan teknik saling ikat antara lapisan serat dasar (jaringan) dengan untaian serat tegak lurus atau miring terhadap bidang gelombang yang dipertimbangkan sebagai sistem tiga dimensi dengan serat terutama yang terorientasi pada permukaan. Saling ikat dengan menggunakan sistem jarum terpasang pada batang yang memasuki jaringan tersebut dengan bolak balik bisa menangkap untaian serat berkisar 10-20 serat dan menekannya melalui lapisan elemen jaringan. Elemen fungsional paling utama adalah jarum.

1.2.5. Fungsi Geotekstil

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

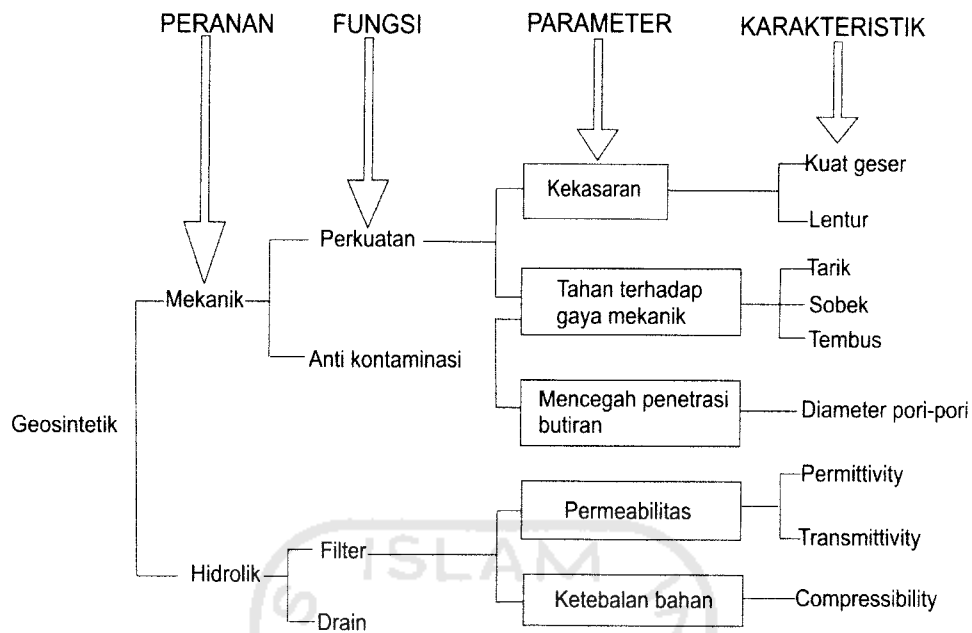
- a. Lapisan pemisah (*separation*) dibutuhkan saat geotekstil diletakkan diantara dua jenis material berbeda. Kegunaannya untuk menghindarkan terjadinya kontaminasi dan pencampuran yang

mungkin terjadi diantara kedua material tersebut. Sifat geotekstil yang perlu diperhatikan pada kondisi tersebut adalah : kekuatan terhadap pukulan (*puncture strength*), kekuatan sobek (*breaking strength*), tahanan pecah (*burst resistance*), dan tembus air (*water permeability*).

- b. Lapisan penyaring (*filtration*) adalah kemampuan geotekstil untuk meloloskan air, tetapi menahan partikel tanah yang ikut terbawa aliran dari satu sisi permukaan ke sisi lainnya. Dalam beberapa kasus geotekstil juga dibutuhkan untuk meloloskan aliran tanpa rintangan, seperti dalam keadaan dimana tekanan air pori yang berlebihan tidak diijinkan. Sifat geotekstil hasil dari rancangan berdasarkan fungsi tersebut adalah *permittivity* dan *Apparent Opening Size (AOS)*.
- c. Penyaluran air (*drainage*) pada saluran drainase umumnya terdapat butiran kasar dan halus yang mempunyai fungsi ganda, yaitu sebagai saringan dan saluran air. Dua fungsi tersebut sulit dipadukan, karena untuk fungsi saringan berarti akan banyak lumpur atau bahan lain yang tersaring sehingga akan menghalangi aliran air. Masuknya tanah ke dalam saluran drainase karena terbawa oleh air tanah yang menuju saluran air tersebut. Kemampuan geotekstil yang tembus air sekaligus mampu menyaring maka bahan ini sangat tepat berfungsi sebagai filter, yaitu menahan butiran tanah yang terbawa oleh air tanah agar tidak masuk ke saluran drainase. Sedangkan untuk drainase vertikal biasanya digunakan geocomposite yang terdiri dari geotekstil yang berfungsi sebagai filter dan rangka yang berfungsi sebagai saluran air.

Sifat geotekstil hasil dari desain berdasarkan fungsinya adalah *transmissivity* dan harga ukuran bukaan EOS.

- d. Perkuatan tanah (*reinforcement*). Pada umumnya tanah tidak mampu menahan tegangan tarik, maka dibuat suatu konstruksi geotekstil agar tanah mampu menahan tegangan tarik. Sebagai contoh pembuatan lereng yang curam, dengan kemampuan geotekstil menahan tarikan dan geser karena gesekan tanah, maka bahan tersebut dapat digunakan sebagai perkuatan (penulangan) pada tanah. Sifat geotekstil berdasarkan fungsi tersebut adalah kuat (*strength*), perpanjangan (*elongation*), tanah rangkak atau retak (*creep resistance*) dan modulus yang dibutuhkan.
- e. Pelindung air (*moisture barrier*), terjadi bila bahan tersebut diletakkan di atas aspal yang lama sebelum dihamparkan aspal yang baru. Contoh penggunaannya sebagai lapisan pemisah yang berfungsi untuk mencegah terjadinya retak refleksi (*reflection cracking*) pada lapisan ulang aspal (*overlay*).



Gambar 1.3. Peranan dan Fungsi Geosintetik Ditinjau dari Segi Teknik Sipil

(Suryolelono, 2000)

1.2.6. Karakteristik Geotekstil Untuk Perancangan

Sebagai acuan dalam perancangan perlu diketahui cara memilih bahan geotekstil berdasarkan karakteristik teknik bahan geotekstil, meliputi karakteristik fisik (*physical properties*), karakteristik mekanis (*mechanical properties*), karakteristik hidrolis (*hydraulic properties*) dan ketahanan bahan (*endurance properties*) yang ditinjau. Dilakukan uji terhadap bahan untuk mengetahui sifat-sifat bahan geotekstil, setiap negara memiliki standar uji sendiri. Amerika dikenal memiliki standar khusus tentang geotekstil yaitu ASTM D 35 dan masih digunakan oleh IGS (International Geotextile Society) sampai sekarang. Karakteristik tersebut antara lain adalah :

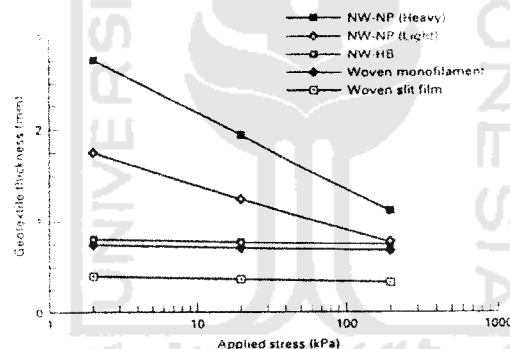
a. Karakteristik fisik, meliputi :

- 1) Massa per satuan volume (*specific gravity*), didefinisikan sebagai perbandingan antara massa bahan dengan volume bahan. Menurut Robert M. Koerner dalam bukunya *Designing With Geosynthetic* nilai massa per satuan volume polyester yang digunakan dalam pembuatan geotekstil adalah $1,22 \times 10^6$ s.d $1,38 \times 10^6$ g/m³. Tingkat *specific gravity* berdasarkan pada uji ASTM D 792 dan D 1505. Bahan yang mempunyai *specific gravity* kurang dari 1×10^6 g/m³ saat penggunaannya dalam air bahan hanya akan terapung.
- 2) Massa per satuan luas (mass per unit area, adalah massa dari lembaran geotekstil per satuan luas, dengan satuan adalah g/m². Massa per satuan luas untuk geotekstil secara umum berkisar antara 135 s.d 680 g/m² (ASTM D 5261)
- 3) Ketebalan (*thickness*), yaitu jarak antara permukaan sampai bagian bawah geotekstil diukur dengan tekanan tertentu (2 kPa). Geotekstil pada umumnya mempunyai ketebalan 10 s.d 300 mils (1 mils = 0,001 inci) (ASTM D 5199).
- 4) Kekakuan (*stiffness*), yaitu tingkat fleksibilitas dari geotekstil, stiffness adalah tingkat interaksi antara berat atau massa geotekstil dengan kekakuan geotekstil, ditunjukkan dengan metode uji ASTM D 1388. Satuan yang digunakan adalah mg cm. Tingkat kekakuan geotekstil pada umumnya berkisar 1 mg-cm s.d 25 mg-cm, tergantung pada tingkat soil *subgrade strength*, semakin besar

tingkat *soil sub grade strength* makin kecil tingkat kekakuan yang dibutuhkan. (Koerner, 1994)

b. Karakteristik mekanis, meliputi :

- 1) Kompresibilitas (*compressibility*), pengertian kompresibilitas selalu berhubungan dengan ketebalan, dalam hal ini adalah ketebalan dari bahan geotekstil pada berbagai tekanan normal yang bekerja. Sifat tersebut penting untuk bahan geotekstil yang digunakan sebagai *transmissivity*, dimana akan berubah dengan perubahan tekanan yang dialami (ASTM D 3776).



Grafik 1.1. Tingkat Kompresibilitas Pada Berbagai Tipe Geotekstil

(Sumber : Robert M. Koerner, *Designing With Geosynthetics*, New Jersey, 1994)

- 2) Kekuatan tarik (*tensile strength*), sifat kekuatan tarik ini penting untuk diketahui dalam penggunaan geotekstil yang memerlukan kekuatan. Tegangan (*stress*) biasanya diukur dalam satuan gaya per unit lebar (lb/m, kN/m, kg/cm, dsb). Sedangkan regangan (*strain*)

adalah nilai deformasi dibagi dengan lebar awal. Dari hubungan tegangan-regangan akan diperoleh :

- a) Kekuatan tarik maksimum (*maximum tensile strength*), sebagai indikasi dari kekuatan bahan (*fabric's strength*).
- b) Regangan runtuh, biasanya diberikan dalam dua data perpanjangan maksimum (*maximum elongation*).
- c) Kekerasan (*toughness*), yaitu luas pada bagian di bawah kurva tegangan-regangan.
- d) Modulus atau kekakuan (*modulus or stiffness*), yaitu kemiringan dari bagian awal kurva tegangan-regangan.

Untuk geotekstil pada umumnya mempunyai kekuatan tarik (nonwoven geotekstil–*needle punch*), yaitu 9 s.d 180 kN/m (ASTM D 4595).

Karena aplikasi geotekstil beranekaragam, bahan geosintetik disyaratkan dilengkapi dengan berbagai macam kekuatan tarik dari beberapa macam tes kekuatan tarik yang menggunakan standar pengujian ASTM D 4632, diantaranya :

- a) *Grab tensile strength*, untuk mengetahui kemampuan bahan geotekstil dalam menyebar muatan atau beban tarik terpusat dengan arah sejajar lembaran geotekstil. (0,45 s.d 4,5 kN)
- b) *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 (9 s.d 180 kN/m²).

- 3) Kuat Pecah (*burst strength*), yaitu kekuatan bahan dalam menerima beban terpusat dalam arah tegak lurus lembaran geotekstil. Beban terpusat 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 dengan arah tegak lurus lembaran geotekstil. Kemungkinan bursting dapat terjadi pada lekukan-lekukan di antara batuan atau lubang kecil. Beban coblos (*puncturing load*) adalah beban tegak lurus lembaran geotekstil pada muatan yang bersudut runcing cenderung mencoblos lembaran. Kondisi ini timbul akibat sudut-sudut yang runcing dari batuan/agregat. Kekuatan pecah dapat dicari dengan beberapa cara, antara lain :
- a) Mullen Burst Test, dilakukan dengan memaksa sebuah bola tertentu menekan permukaan geotekstil sampai bahan tersebut pecah. Dengan standar ASTM D 3786, untuk nonwoven geotekstil (*needle punch*) mempunyai kekuatan 350 s.d 5200 kPa.
 - b) California Bearing Ratio Plunger Test, dilakukan dengan cara menekan batang penetrasi CBR tegak lurus ke permukaan

geotekstil yang dijepit kedua sisinya sampai bahan pecah dan batang penetrasi CBR sepanjang 3 cm menembus bahan.

- 4) Kekuatan Robek (*tear strength*), adalah ketahanan bahan terhadap menjalarnya robekan dalam kondisi menahan tensile. *Tear strength* juga diperlukan saat bahan geotekstil menerima beban coblos (*puncture*). Sehingga kuat robek diberikan dari hasil :
- a) Trapezoidal Test, tes ini dilakukan dengan menarik bahan geotekstil yang sudah dirobek dengan pola tertentu. Kekuatan robek merupakan gaya dimana robekan mulai menjalar ke seluruh lembaran. Pengujian dengan standar ASTM D 4533. Pada geotekstil mempunyai kekuatan robek sebesar 90 s.d 1300 N.
 - b) Cone Drop Test, tes ini dilakukan dengan menjatuhkan sebuah kerucut berujung runcing tegak lurus di atas lembaran bahan geotekstil yang dijepit kedua sisinya. Tes ini untuk mendapatkan kekuatan coblos dari bahan geotekstil.
- 5) *Puncture Resistant*, adalah kemampuan geotekstil untuk menahan terhadap kebocoran dan diukur dengan ASTM D 4833, besar kekuatan *puncture resistant* dari nonwoven geotekstil sistem *needle punch* adalah 45 s.d 450 N.

- 6) *Elongation at Break*, adalah kekuatan saat kain geotekstil mengalami tarikan sehingga sobek. Pengukuran yang digunakan adalah standar ASTM D 4632, serta kekuatan yang dihasilkan adalah sekitar 42 %.

- 7) Kekuatan Terhadap Geseran atau Tubrukan dengan Bahan Butiran (*impact test*), yaitu pengukuran untuk mengetahui besarnya tahanan geser maksimum yang dapat terjadi antara bahan geotekstil dengan tanah. *Impact resistance* yang dimiliki geotekstil berkisar antara 14 s.d 200 J.

c. Karakteristik Hidrolik

Penentuan sifat hidrolik dalam penggunaan geotekstil untuk mengatasi masalah drainase, filtrasi dan yang berhubungan dengan air tanah. Karakteristik hidrolik pada geotekstil yang perlu diketahui antara lain sebagai berikut :

- 1) Porositas (*porosity*), dari sekumpulan benang sintesis dapat ditentukan melalui persamaan sebagai berikut :

$$n = 1 - \frac{m}{\rho \times t} \quad \dots(1.1)$$

Dimana : n = porositas

m = massa per unit luas (g/m²)

ρ = densitas geotekstil (g/m³)

t = tebal geotekstil (m)

Porositas geotekstil umumnya sangat tinggi dibanding 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, 2000*). Besar tingkat porositas geotekstil berdasar pada ASTM D 4751 berkisar antara 50 s.d 95 %.

- 2) Apparent Opening Size (AOS), adalah ukuran yang menunjukkan diameter tertentu pada lubang-lubang geotekstil. Bahan geotekstil yang berfungsi sebagai filter dan struktur drainase umumnya berbentuk seperti penyaring. Permukaan geotekstil tersebut mempunyai lubang-lubang berdiameter kecil. Besar lubang bervariasi mengingat pembuatannya dilakukan dengan mesin sehingga perlu dilakukan tes khusus untuk dapat mengetahui variasi dari diameter lubang pada permukaan geotekstil 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 geotekstil sedemikian rupa sehingga 95 % dari lubang-lubang filter yang lain mempunyai diameter yang relatif kecil dari O_{95} tersebut (*Koerner, 1994*).
- 3) Permeabilitas (*Permeability*), adalah koefisien rembesan air tanah arah normal bidang geotekstil (tegak lurus bidang geotekstil). Atau

dengan kata lain permeabilitas adalah sifat menyerap air. Sebagai standar adalah ASTM D 4491 dan nilai permeabilitas sebesar 0,0008 s.d 0,23 cm/s.

- 4) Permittivitas (*permittivity*), adalah harga koefisien arah normal bidang untuk tiap satuan tebal geotekstil. Semakin tebal bahan geotekstil maka makin kecil permeabilitasnya. Besarnya harga permittivitas relatif konstan. Nilai permittivitas geotekstil menurut standar ASTM D 4491 sebesar 0,02 s.d 2,2 sec⁻¹.
- 5) Transmissivitas (*transmissivity*), adalah koefisien rembesan air ke arah sejajar bidang geotekstil, untuk ketebalan tertentu dan jenis geotekstil yang digunakan. Tingkat transmissivitas dari bahan geotekstil ditentukan berdasarkan standar ASTM D 4716 yaitu $0,01 \times 10^{-3}$ s.d 2×10^{-3} m³ /min.-m.

**Tabel 1.3. Rentang Nilai dari Beberapa Nilai Karakteristik Teknis
 Geosintetik di Pasaran Menurut Exxon**

Geosynthetic	Tensile Strength (kN/m)	Maximum Extension (%)	Apparent Opening Size (AOS) (mm)	Volume Water Permeability (liters/m ² /s)	Unit weight (g/m ²)
GEOTEXTILES					
Woven	8-800	5-35	0.05-2.50	5-2000	100-1300
Nonwoven	3-90	20-80	0.01-0.35	20-300	70-2000
Knitted	2-120	12-600	0.1-1.2	60-80	-
Stitch-bonded	15-800	15-30	0.04-0.4	30-80	250-1200
GEOMEMBRANE					
Nonreinforced	10-50	100-500	Zero	Zero	300-1500
Reinforced	20-200	10-30	Zero	Zero	600-2000
GEOLINIER					
Elements	50-500	3 -15	Zero	Zero	600-2000
GEOGRIDS	10-200	3-25	25-27	Very high	150-900

(Sumber : Dyah Puspitasari & Sulistyio Anggriani, *Pengaruh Penggunaan Geotekstil Terhadap Parameter Geser Tanah Gambut*, Jogjakarta, 2002)

d. Karakteristik Ketahanan (*endurance properties*)

Untuk mengetahui perilaku bahan geotekstil terhadap waktu selama pemakaian serta kemampuan ketahanannya terhadap degradasi lingkungan, maka dilakukan beberapa pengujian diantaranya : *creep test*, *long term flow*, *abrasion test*, *stress relaxation (constraint strain) test*, dan *gradient ratio test*.

Pada tingkat ketahanan geotekstil terhadap degradasi lingkungan terdapat beberapa sifat yang diperlukan pada bahan geotekstil tersebut, diantaranya (*Koerner, 1994*) :

1) Ketahanan terhadap berbagai bahan kimia

Untuk mengetahui tingkat kemampuan kain geotekstil menghadapi degradasi maupun agresi dari bahan kimia sebagai salah satu faktor yang sering dijumpai dalam aplikasinya. Bahan baku berupa serat polyester yang digunakan pada perancangan ini tahan terhadap bahan kimia baik asam maupun basa.

2) Ketahanan terhadap cahaya dan iklim

Diperlukan karena kain geotekstil yang digunakan langsung berhubungan dengan lingkungan baik iklim maupun cahaya. Sinar UV (Ultraviolet) dapat mengakibatkan degradasi pada bahan organik, termasuk polimer. Terdapat tiga tingkatan sinar UV yaitu :

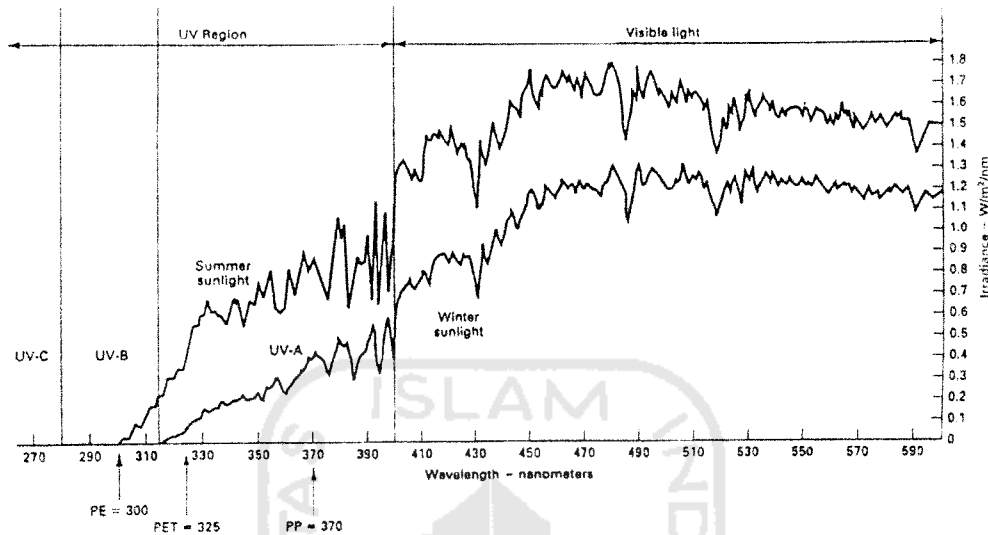
UV-A : Menyebabkan kerusakan polimer paling parah, panjang gelombang 315 s.d 400 nm.

UV-B : Menyebabkan kerusakan polimer pada tingkatan sedang, panjang gelombang 280 s.d 315 nm.

UV-C : Menyebabkan kerusakan polimer pada tingkat ringan (hanya bagian luar polimer) panjang gelombang 100 s.d 208 nm

Uji yang digunakan pada ketahanan terhadap cahaya maupun iklim ini didasarkan pada ASTM D 4355. Serat polyester yang digunakan sebagai bahan baku produk kain geotekstil ini mempunyai ketahanan terhadap cahaya hingga mencapai 325 nm, sehingga cukup relevan untuk digunakan

sebagai bahan geotekstil. Polyester tahan terhadap air hujan karena struktur molekul polyester bersifat hidrofob.



Grafik 1.2. Tingkat Kemampuan Serat Polyester Terhadap Cahaya.

(Sumber : Robert M. Koerner, *Designing With Geosynthetics*, New Jersey, 1994)

3) Ketahanan terhadap mikroorganisme

Ketahanan terhadap mikroorganisme perlu diperhatikan karena bahan geotekstil yang digunakan langsung berhubungan dengan tanah sehingga banyak terdapat mikroorganisme yang dapat menyebabkan molekul polimer mengalami degradasi. Serat polyester memiliki ketahanan terhadap mikroorganisme, jamur maupun bakteri yang sangat baik.

4) Ketahanan terhadap pelapukan dalam tanah

Ketahanan terhadap pelapukan dalam tanah mempunyai relevansi dengan ketahanan terhadap bakteri. Serat polyester mempunyai tingkat ketahanan polimer yang sangat baik terutama terhadap

bakteri, jamur maupun mikroorganisme kecil lainnya, sehingga ketahanan di dalam tanah cukup baik dalam jangka waktu yang lama.

1.2.7. Keuntungan Penggunaan Geotekstil

Penggunaan geotekstil memberikan banyak keuntungan-keuntungan dibandingkan tanpa menggunakan geotekstil atau dengan menggunakan metode konvensional. Beberapa keuntungan penggunaan geotekstil antara lain adalah :

- Keuntungan dari Aspek Teknis

Geotekstil terbuat dari bahan sintetis yang tahan terhadap air, bahan-bahan kimia tanah, bakteri pembusukan, maupun sinar ultraviolet. Mempunyai kekuatan tarik, kekuatan coblos, kekuatan robek yang baik sehingga mudah disesuaikan dengan permasalahan serta penggunaannya.

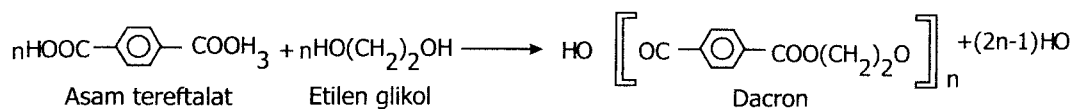
- Keuntungan dari Aspek Pekerjaan

Geotekstil dikemas dalam bentuk rol dan siap direntangkan pada lokasi proyek tanpa harus melakukan penggalian terlebih dahulu. Tidak memerlukan perakitan yang bermacam-macam, banyak tenaga kerja dan peralatan.

- Keuntungan dari Aspek Waktu

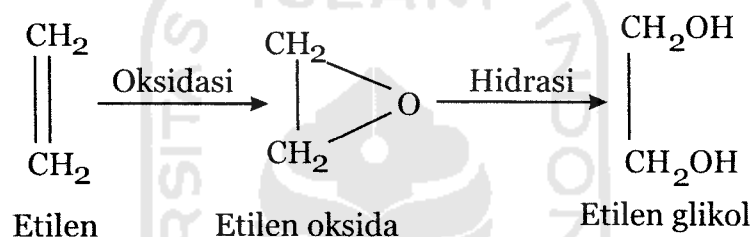
Sebagai material perkuatan tanah yang telah jadi, geotekstil siap diaplikasikan sesuai dengan permasalahan yang ada tanpa perlu

Sebagai polyester sintetis sekarang digunakan polyethylene tereftalat (PET) yang dibuat dari asam tereftalat dan etilen glikol.



1.2.9. Pembuatan Polyester

Etilen berasal dari penguraian minyak tanah dioksidasi dengan udara, menjadi etilen oksida yang kemudian dihidrasi menjadi etilen glikol.

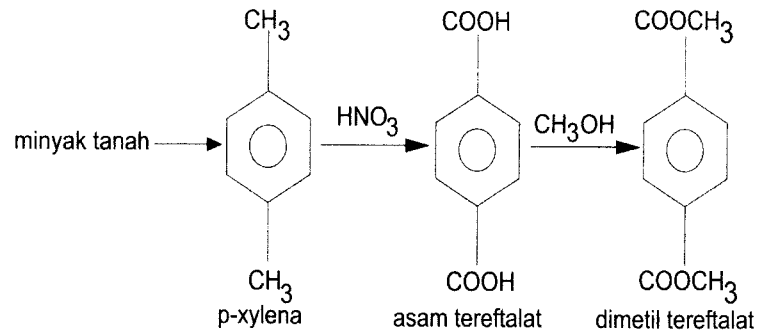


Asam tereftalat dibuat dari para-xylena yang harus bebas dari isomer meta dan orto. Para-xylena merupakan bagian dari destilasi minyak tanah dan tidak dapat dipisahkan dari isomer meta dan orto dengan cara destilasi.

Pemisahan dilakukan dengan cara kristalisasi, p-xylena membeku pada suhu 13 °C, m-xylena pada suhu 48 °C dan o-xylena pada suhu 25 °C. Oksidasi dengan asam nitrat pada suhu 220 °C dan tekanan 30 atm mengubah p-xylena menjadi asam tereftalat.

Cara lain adalah dengan oksidasi p-xylena dengan udara dan katalisator kobalt toluat pada suhu 200°C menjadi asam toluat yang diesterkan menjadi metil toluat dan oksidasi selanjutnya terjadi monometil

tereftalat. Monometil terftalat atau asam terftalat diubah menjadi dimetil terftalat.



Asam terftalat dan etilen glikol dipolimerisasikan dalam tempat hampa udara dan suhu tinggi. Polimer disemprotkan dalam bentuk pita dan kemudian dipotong-potong menjadi serpihan-serpihan dan dikeringkan.

Pemintalan dilakukan dengan cara pemintalan leleh. Filamen yang terjadi ditarik dalam keadaan panas sampai lima kali panjang semula, kecuali filamen yang kasar ditarik dalam keadaan dingin.

1.2.10. Sifat-Sifat Polyester

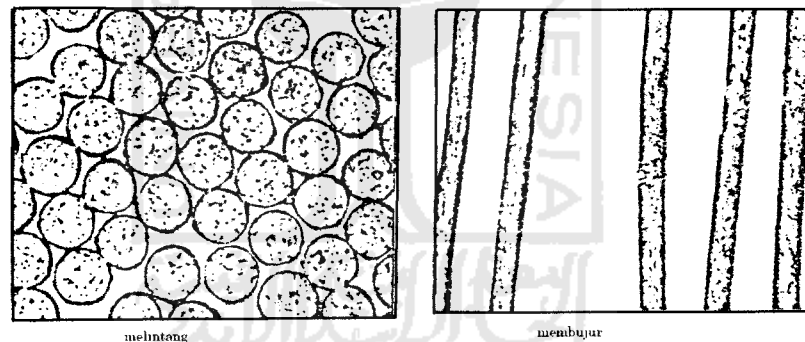
a. Sifat Fisika

Tabel 1.4. Sifat Fisika Serat Polyester

Tenacity, N/tex		
	65% RH, 21°C	0,35-0,53
	Wet	0,35-053
Extension at break, %	65% RH, 21°C	15-30
	Wet	15-30
Elastic modulus, N/tex	65% RH, 21°C	7,9
MR, %	65% RH, 21°C	0,4
Specific gravity		1,38
Tg		80°C
Melting point		260°C

(Sumber : Ali Demir & Hassan Mohamed Behery, *Synthetic Filament Yarn*, New Jersey, 1997)

polyester



Gambar 1.4. Penampang Melintang dan Membujur Serat Polyester

(Sumber : P Soeprijono, *Serat-serat Tekstil*, Bandung, 1974)

b. Sifat kimia

Polyester tahan asam lemah meskipun pada suhu tinggi, dan tahan terhadap asam kuat dingin. Polyester tahan terhadap basa lemah dan sedikit lemah pada basa kuat. Polyester tahan zat oksidator, alkohol, keton, sabun dan zat-zat untuk pencucian kering.

- Zat penggelembung

Polyester akan menggelembung dalam larutan 2 % asam benzoat, asam asilat, fenol dan meta-kresol dalam air.

Tabel 1.5. Ketahanan Polyester Terhadap Bahan Kimia

Bahan Kimia	Suhu	Konsentrasi (%)	Waktu	Efek Kekuatan
Asam hidroklorit	Kamar	18	3 minggu	Tidak ada
Asam nitrit	Kamar	40	3 minggu	- 6%
Asam sulfur	Kamar	37	6 minggu	Tidak ada
Kaustik soda	Kamar	10	3 hari	- 6%
Natrium hipoklorit	70°C	2,5	4 jam	Tidak ada

(Sumber: RW Moncrieff, *Man Made Fibers*, London, 1975)

c. Sifat biologi

Polyester tahan terhadap serangga, jamur dan bakteri.

- Tahan sinar

Seperti serat tekstil lainnya, polyester juga berkurang kekuatannya dalam penyinaran yang lama tetapi tahan sinarnya masih cukup baik dibanding dengan serat yang lainnya.

- Mengkeret

Terylene apabila direndam dalam air mendidih akan mengkeret sampai 7% atau lebih. Beberapa zat organik seperti aseton kloroform juga akan menyebabkan benang atau kain mengkeret pada titik didih.