

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

Perancangan pabrik tekstil nonwoven geotekstil dengan bahan baku polyester jenis Terylene menggunakan sistem *needle punch* ditargetkan dapat memenuhi permintaan pasar berupa geotekstil yang mempunyai fungsi sebagai lapisan pemisah (*separation*), penyaring (*filtration*), perkuatan tanah (*reinforcement*).

2.1. Spesifikasi Produk

Produk yang dihasilkan memiliki beberapa sifat yang sesuai dengan karakteristik teknik bahan geotekstil. Pengujian dan penetapan standard kualitas produk tersebut berdasarkan standar American Society for Testing Material (ASTM).

Beberapa sifat yang dimiliki oleh produk kain nonwoven geotekstil ini berdasarkan karakteristiknya meliputi :

- a. Karakteristik fisik, antara lain :
 - Massa per satuan luas (*mass per unit area*)
 - Ketebalan (*thickness*)
- b. Karakteristik mekanis, antara lain :
 - *Grab tensile strength*
 - *Elongation at break*

- *Puncture strength*
 - *CBR strength*
 - *Mullen burst*
 - *Trapezoidal tear*
- c. Karakteristik hidrolis, meliputi :
- *Apparent Opening Size (AOS)*
 - Permittivitas
 - Permeabilitas
- d. Karakteristik ketahanan, yaitu :
- *UV resistance*

Berdasar sifat dan karakteristik teknik bahan geotekstil diatas maka dapat dihasilkan produk kain nonwoven geotekstil dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 2.1. Spesifikasi Produk Kain Nonwoven Geotekstil

	Sifat	Nilai	Metode Pengujian
fisik	Mass per unit area	271 g/m ²	ASTM D 5261
	Thickness	2,3 mm	ASTM D 5199
mekanis	Grab tensile strength	979 N	ASTM D 4632
	Grab elongation	50%	ASTM D 4632
	Puncture resistance	601 N	ASTM D 4833
	CBR strength	3225 N	ASTM D 6241
	Mullen burst	3585 kPa	ASTM D 3786
	Trapezoidal tear	467 N	ASTM D 4533
hidrolik	Apparent Opening Size	0,150 mm	ASTM D 4571
	Permittivity	1,5 sec ⁻¹	ASTM D 4491
	Porosity	91,46 %	ASTM D 4751
	Permeability	0,38 cm/s	ASTM D 4491
ketahanan	UV resistance	70%	ASTM D 4355

2.2. Spesifikasi Bahan Baku

Serat polyester merupakan salah satu jenis serat yang paling banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Pemilihan polyester sebagai bahan baku nonwoven geotekstil karena memiliki ketahanan dan kekuatan yang lebih baik daripada serat buatan lainnya seperti polyamide, polyetilen.

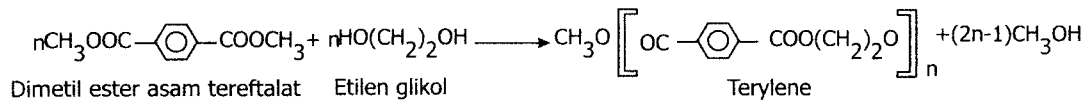
Tabel 2.2. Karakteristik Serat-Serat Buatan

	Polyester	Polyamide	Polypropilen	Polyetilen
Strength	High	Medium	Low	Low
elastic modulus	High	Medium	Low	Low
Strain at failure	Medium	Medium	High	High
Creep	Low	Medium	High	High
Unit weight	High	Medium	Low	Low
Cost	High	Medium	Low	Low
Resistance to UV light stabized	High	Medium	High	High
Unstabilized	High	Medium	Medium	Low
Alkalis	Low	High	High	High
Fungus	Medium	Medium	Medium	High
Fuel	Medium	Medium	Low	Low
detergent	high	High	High	High

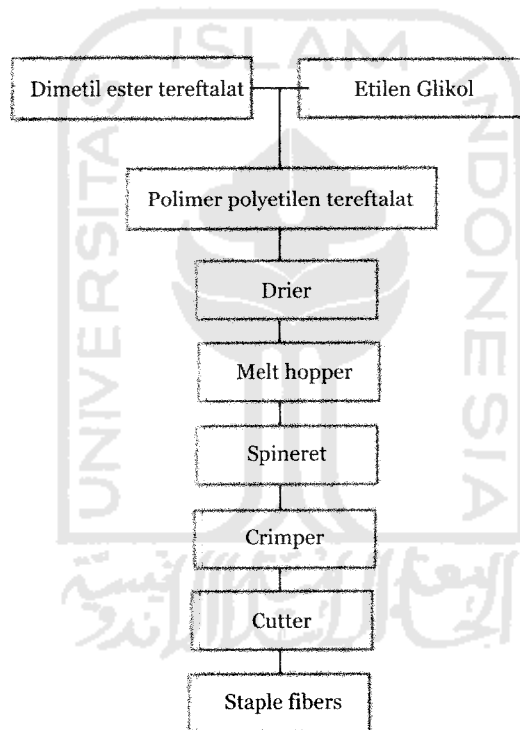
(Sumber : P Dhanapal. *Geotextile Applications*, <http://www.fiber2fashion.com/industry-article>)

Ditinjau dari segi kekuatan tersebut maka proses pembuatan kain geotekstil digunakan serat polyester jenis High Tenacity.

Bahan baku untuk pembuatan kain nonwoven geotekstil dengan sistem *needle punch* adalah serat polyester jenis Terylene, yang merupakan hasil pereaksian antara dimetil ester asam tereftalat dengan etilen glikol. Reaksi yang terjadi adalah :



Karakteristik Terylene secara kualitatif : kekuatan tarik yang tinggi, fleksibilitas yang dinamis, mempunyai ketahanan terhadap zat kimia yang baik, *durability* terhadap mikroorganismenya tinggi, tahan sinar



UV, tahan panas serta proses pembuatannya mudah dan lebih murah dibanding dengan jenis serat polyester lainnya.

Gambar 2.1. Alur Proses Pembuatan Terylene (Staple Fiber)

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

Tabel 2.3. Spesifikasi Serat Terylene Secara Kuantitatif

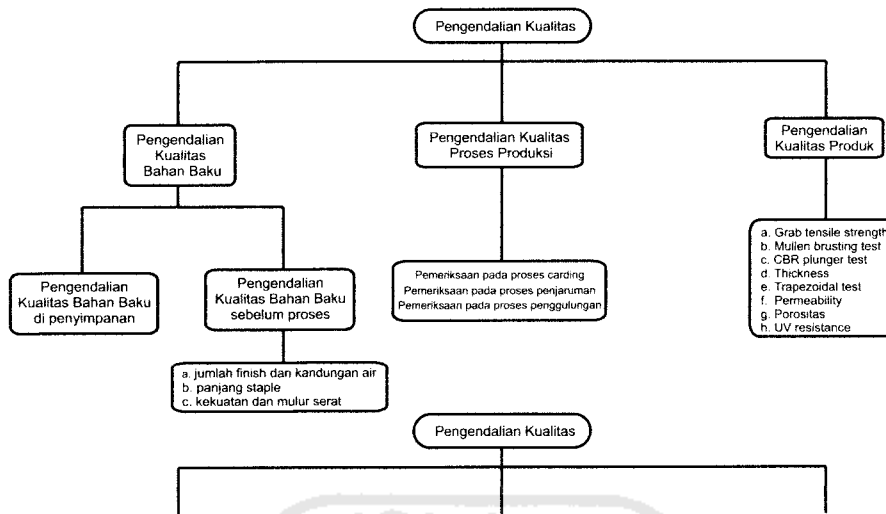
Karakteristik	Nilai nominal/keterangan
Tipe serat	Staple fiber (high tenacity)
Kehalusan serat	4-6 denier
Panjang serat	2 inci
Specific gravity	$1,38 \times 10^6 \text{ g/m}^3$
Tenacity	7-8 g/D
Moisture Regain	0,4 - 0,8 %
Elongation at break	7,5 - 10,5%
Elastisitas	1-2%
Mengkeret	7%
Titik leleh	250°C

2.3 Pengendalian Kualitas (*Quality Control*)

Pengendalian kualitas didefinisikan sebagai teknik dan aktivitas operasional yang digunakan untuk memenuhi persyaratan kualitas (*Gaspersz, 2001*). Hal ini untuk menghasilkan produk dengan performa tinggi.

Mulai dari pemilihan bahan baku, proses produksi hingga produk siap dipasarkan. Apabila ada penyimpangan maka dapat diambil langkah-langkah perbaikan terhadap produk.

Pelaksanaan pengendalian kualitas dalam pra rancangan pabrik kain nonwoven geotekstil dengan sistem *needle punch* secara umum meliputi tahapan berikut :



Gambar 2.2. Pengendalian Kualitas Dalam Produksi Kain Nonwoven

Geotekstil

Kegiatan dalam *Quality Control* (QC) menyangkut segala macam evaluasi dari bahan baku sampai bahan jadi siap untuk dipasarkan. Evaluasi adalah kegiatan pengambilan sampel yang diperlukan, melakukan pengecekan ulang apabila ada bagian yang dianggap mengalami penyimpangan kegiatan, ini dilakukan selama proses produksi, jika ada penyimpangan maka pihak QC diperbolehkan memberikan peringatan baik kepada pihak produksi maupun pihak pemeliharaan sesuai dengan letak penyimpangan, dan melakukan koreksi bersama atas penyimpangan tersebut.

Pengendalian kualitas ini sepenuhnya dilakukan oleh tim unit QC, tanggung jawab kualitas produk dipegang oleh semua staf dan karyawan dari mulai top manajemen sampai karyawan bawahan sesuai dengan standar ISO 9001 dan 14001.

2.3.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku, Pengendalian kualitas bahan baku

dilakukan oleh unit laboratorium *quality control* pengujian bahan dengan mengambil secara acak sampel serat yang akan digunakan untuk proses produksi kain nonwoven geotekstil. Dilakukan pengujian sehingga dapat diambil kesimpulan serat tersebut layak atau tidak masuk ke proses selanjutnya. Tahapan pengendalian kualitas bahan baku dimulai dari :

2.3.1.1. Pemeriksaan Bahan Baku di Penyimpanan

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui suhu dan tingkat kelembaban ruangan tempat penyimpanan bahan baku.

Suhu dan kelembaban ruang penyimpanan, dipertahankan pada suhu $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ dan *relative humidity* (RH $65\% \pm 1\%$). Perhitungan besar RH dengan menggunakan Hygrometer, sedangkan untuk menghitung besar temperatur ruangan digunakan termometer ruang.

2.3.1.2. Pemeriksaan Bahan Baku Sebelum Proses

Pemeriksaan bahan baku sebelum masuk ke mesin *bale opener* dilakukan untuk memeriksa kelayakan bahan baku sebelum digunakan. Beberapa hal yang diperiksa antara lain adalah :

a. Jumlah *finish* dan kandungan air

Berat perdagangan tiap pengiriman serat didasarkan pada berat kering ditambah jumlah kandungan air (MR) dan *finish* waktu pembuatannya. Berat nyata pengiriman akan berbeda dari berat perdagangan apabila regain nyata berbeda dengan regain yang diterima dalam perdagangan. Maka diperlukan analisis kuantitas kandungan air

dan *finish* untuk memberikan data mengenai berat yang tercatat dalam *invoice*.

Sistem yang digunakan pada evaluasi regain adalah cara pengeringan dan *boil off*. Untuk serat polyester, kandungan air (*regain*) yang diperbolehkan 0,4%, sehingga apabila kandungan air melebihi batas yang dibolehkan maka bahan baku ditolak dan dikembalikan.

b. Panjang staple

Cara pengukuran adalah dengan meluruskan sejumlah serat lalu diukur dengan penggaris secara acak agar diketahui tingkat keseragamannya. Pengukuran lebih lanjut menggunakan diagram Clegg untuk mengetahui panjang efektif dan persentase staple karena panjang staple berpengaruh pada pembuatan web.

c. Kekuatan dan mulur serat

Kekuatan dan mulur serat penting diperhitungkan dalam evaluasi serat sebelum proses *bale opening*. Untuk menghitung *tenacity* serat terlebih dahulu dihitung kehalusan serat (*denier*).

Contoh perhitungan :

Panjang contoh serat (L)	= 80 mm	
Berat serat (W)	= 0,05 mg	
Panjang serat ketika ditambah beban (L ₁)	= 81 mm	
Putus pada pembebanan	= 45 g	
Kehalusan serat (Denier)	= $9000 \times \frac{W}{L}$...(2.1)

$$= \frac{9000 \times 0,05}{80}$$

$$= 5,625 \text{ D} \approx 6 \text{ D}$$

$$\text{Tenacity} = \frac{45 \text{ gram}}{6 \text{ denier}} = 7,5 \text{ g/D}$$

Tingkat kehalusan polyseter yang dianjurkan sebesar 4–6 Denier, sehingga hasil 6 Denier masih bisa masuk dalam proses selanjutnya. Tenacity yang dihasilkan sebesar 7,5 g/D sedangkan standar yang dikehendaki 7–8 g/D, sehingga hasil tersebut masih bisa diterima.

2.3.2. Pengendalian Kualitas Saat Proses Produksi. Pengendalian ini dilakukan antara lain pengawasan proses secara langsung pada panel kontrol dan *stop motion* dan pemeriksaan pada proses carding, *needle punch* dan *winding*.

a. Pemeriksaan Pada Proses Carding

Mengevaluasi jumlah nep pada lembaran web dilakukan pada awal, pertengahan dan akhir tiap shift. Pada dasarnya jumlah nep yang terhitung sudah terdeteksi pada mesin carding yang digunakan, sehingga pengecekan manual hanya ditujukan untuk memastikan kebenaran dari jumlah nep yang terdeteksi pada mesin.

b. Pemeriksaan Pada Proses *Pre Needle* Dan *Needle Punch*

Dilakukan dengan memeriksa kecepatan penusukan jarum, dan kondisi jarum yang terpasang. Jarum patah harus segera diganti, apabila salah satu jarum patah atau putus maka mesin otomatis akan berhenti.

Jarum runcing pada batang jarum berjumlah enam buah untuk menghindari kerusakan serat akibat penusukan secara berlebihan.

c. Pemeriksaan Pada Proses Winding

Dilakukan dengan memerhatikan panjang dan lebar gulungan yang dihasilkan mesin winder harus sesuai dengan pengaturan yang ditetapkan pada mesin.

2.3.3. Pemeriksaan pada Produk

Perlu dilakukan pengendalian kualitas produk sehingga produk tersebut sesuai dengan spesifikasi produk yang ditetapkan. Hal ini merupakan tanggung jawab dari semua pihak yang terkait di perusahaan.

Caranya dengan menguji kain nonwoven geotekstil yang sudah jadi. Standar pengujian produk kain nonwoven geotekstil meliputi : kekuatan tarik (*grab tensile strength*), kekuatan coblos (*puncture strength*), kekuatan pecah (*burst strength*), kekuatan sobek (*tear strength*), porositas, permeabilitas, permitivitas serta ketahanan kimia dan pelapukan tanah. Pengendalian kualitas produk dilakukan sesuai dengan standar internasional yaitu ASTM. Tabel berikut merupakan standar pengujian produk geotekstil :

Tabel 2.4. Standar Pengujian Geotekstil

Jenis Pengujian	Standar Pengujian
Grab Tensile Strength	0,45 – 4,5 kN
Kekuatan Coblos (Puncture Strength)	45 – 450 N
Kekuatan Sobek (Tear Strength)	90 – 1300 N
Porositas	50 – 95 %
Permeabilitas	0,0008 – 0,23 cm/s
Permitivitas	0,02–2,2 sec ⁻¹

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

Untuk standar aplikasi dari pengujian yang dilakukan maka perlu ditetapkan suatu faktor keselamatan yang menunjang kualitas dari produk yang dihasilkan. Faktor keselamatan yang digunakan (*factor of safety/ FS*) untuk kain geotekstil yang berfungsi sebagai perkuatan tanah seperti dijelaskan pada tabel dibawah ini :

**Tabel 2.5. Faktor Keselamatan Untuk Geotekstil
 Sebagai Perkuatan Tanah**

Daerah Aplikasi Perkuatan	Kerusakan Mekanik	Kerusakan Kimia
Tanggul (Embankments)	1,1–2,0	1,0–1,5
Jalan KA (Railroads)	1,5–3,0	1,5 –2,0
Stabilitas lereng (Slope Stabilization)	1,1–1,5	1,0–1,5

(Sumber : Robert M, Koerner, *Construction and Geotechnical Methods In Foundation Engineering*, New Jersey, 1994)

Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa nilai FS sangat berpengaruh terhadap penggunaan dan kualitas dari produk yang dihasilkan. Digunakan sebagai perhitungan pada pemeriksaan produk.

a. Pemeriksaan Kekuatan Tarik

Pemeriksaan kekuatan tarik kain nonwoven geotekstil menggunakan metode *Grab Tensile Strength*. Metode ini untuk mengetahui kemampuan bahan geotekstil dalam menyebar muatan atau beban tarik terpusat dengan arah sejajar lembaran geotekstil.

Dalam perancangan ini diharapkan kain tersebut mampu memberikan kekuatan tarik sebesar 979 N. Pengujian metode ini menggunakan kain geotekstil panjang 150 mm dan lebar 100 mm, sesuai dengan standar yaitu ASTM D 4632.

Kain tersebut dipotong sesuai standar kemudian diletakkan pada penjepit dan ditarik dengan gaya hingga 10 kN. Apabila kain tersebut mampu menahan gaya hingga lebih dari 950 N maka telah memenuhi standar yang ditetapkan, sedangkan apabila kurang maka produk tidak digunakan, dan dievaluasi kembali proses awal yang dilakukan, termasuk juga penyetingan mesin.

b. Pemeriksaan Kekuatan Pecah dan Coblos

Pada pemeriksaan kekuatan pecah dan kekuatan coblos dilakukan dengan menggunakan dua metode, yaitu :

1) Mullen Bursting Test

Cara pengujian dengan memaksa sebuah bola tertentu menekan permukaan geotekstil sampai bahan geotekstil pecah. Dilakukan sesuai standar ASTM D 3786. Pada perancangan ini diharapkan kain

geotekstil mampu menahan gaya yang diberikan bola hingga mencapai 3000 kPa.

2) CBR 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. Dilakukan sesuai standar ASTM D 4833. Pada perancangan ini diharapkan kain geotekstil mampu menahan gaya atau beban hingga 3225 N.

c. Pemeriksaan Kekuatan Sobek

Kekuatan bahan terhadap menjalarnya robekan dalam kondisi menahan *tensile* atau gaya. Metode pengujian adalah Trapezoidal Test.

Tes ini dilakukan dengan menarik bahan geotekstil yang sudah dirobek dengan pola tertentu menggunakan alat penarik (seperti tensometer). Kekuatan robek merupakan gaya dimana robekan mulai menjalar ke seluruh lembaran, yang diharapkan pada perancangan ini sebesar 467 N. Standar yang digunakan ASTM D 4533

d. Pemeriksaan Terhadap Ketebalan

Pengujian ketebalan (*thickness*) dilakukan dibawah tekanan 2 kPa–200 kPa.

e. Pemeriksaan Terhadap Porositas Produk

Porositas produk kain geotekstil sangat berhubungan erat dengan densitas dari bahan dan massa per unit luas dari bahan serta tebal dari geotekstil.

$$n = 1 - \frac{m}{\rho \times t} \quad \dots(2.2)$$

dimana : n = porositas

 m = massa per unit luas

 ρ = densitas geotekstil

 t = tebal geotekstil

Pada perancangan produk kain geotekstil ini massa per unit luas bahan sebesar 271 g/m², densitas geotekstil sebesar 1,38×10⁶ g/m³, tebal geotekstil 2,3 mm.

$$n = 1 - \frac{271}{1,38 \times 10^6 \times 0,0023}$$

$$n = 0,9146 \times 100 \% = 91,46 \%$$

Porositas sebesar 91,46 % memenuhi standar yang ditetapkan ASTM D-4751 yang berkisar antara 50 – 95 % untuk nonwoven geotekstil.

f. Pemeriksaan Terhadap Permeabilitas

Pengujian permeabilitas menggunakan *constant head method* untuk menentukan koefisien permeabilitas (*k*), *permittivity* (*ψ*). Untuk menentukan nilai koefisien permeabilitas, terlebih dahulu menentukan nilai *permittivity*, dengan formula sebagai berikut :

$$\psi = \frac{q}{(\Delta h \times A)} \left[\frac{\eta_t}{\eta_{20}} \right] \quad \dots(2.3)$$

Dimana :

q = kuantitas aliran air yang melewati geotekstil per satuan waktu
(m³/s)

Δh = perbedaan hidrolis head yang melewati sampel (m)

A = luas aliran (m²)

η_t = viskositas dinamis pada suhu pengujian, t °C (m²/s)

η_{20} = viskositas dinamis pada suhu 20 °C (m²/s)

ψ = permittivity (s⁻¹)

Kemudian nilai koefisien permeabilitas dapat ditentukan menggunakan nilai permittivity (ψ)

$$k = T_g \times \psi \quad \dots(2.4)$$

Dimana :

k = koefisien permeabilitas (m/s)

T_g = tebal nominal geotekstil (m)

ψ = permittivity (s⁻¹)

g. Pemeriksaan terhadap Ketahanan Bahan Kimia dan Pelapukan Tanah

Fungsi geotekstil untuk perkuatan tanah (*reinforcement*) memerlukan kualitas ketahanan yang baik terhadap bahan kimia,

karena dalam tanah terkadang mengandung bahan kimia yang dapat merusak geotekstil.

Bahan geotekstil dari serat polyester memiliki ketahanan yang baik terhadap asam maupun basa. Pengujiannya dilakukan dengan memberi variasi konsentrasi asam maupun basa pada kondisi tertentu sehingga dapat diketahui tingkat ketahanan asam maupun basanya.

Ketahanan terhadap pelapukan dalam tanah mempunyai relevansi atau hubungan dengan ketahanan terhadap bakteri. Bahan polyester mempunyai tingkat ketahanan polimer yang sangat baik terutama terhadap bakteri, jamur maupun mikroorganisme kecil lainnya. Ketahanan di dalam tanah cukup baik dalam jangka waktu yang lama.

Berbagai langkah pengendalian kualitas yang dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya penyimpangan dari standar yang ada dan menekan jumlah cacat produksi.

Kualitas produk yang dihasilkan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain :

1. Bahan baku

Bahan baku berkualitas baik menghasilkan produk yang baik.

2. Mesin dan kondisi mesin

Penggunaan mesin–mesin dan alat–alat sesuai dengan kapasitas, kemampuan dan pemakaian dalam aspek produksi akan memberikan

manfaat yang baik terhadap hasil produksi maupun ketahanan mesin tersebut.

3. Manusia

Tenaga manusia yang terdidik, terampil, berpengalaman akan meningkatkan efisiensi dan kelancaran proses produksi.

4. Lingkungan

Kondisi lingkungan kerja baik suhu udara, suara dan kelembaban secara tak langsung mempengaruhi kelancaran produksi serta kenyamanan karyawan dalam bekerja dan akhirnya pada hasil produksi. Untuk menentukan kualitas dan membuat evaluasi terhadap bahan-bahan, produk, diperlukan suatu bagian khusus yang menangani secara langsung, yakni bagian *Quality Control* (QC) agar performa produk yang dihasilkan selalu sesuai dengan standar.