

BAB III

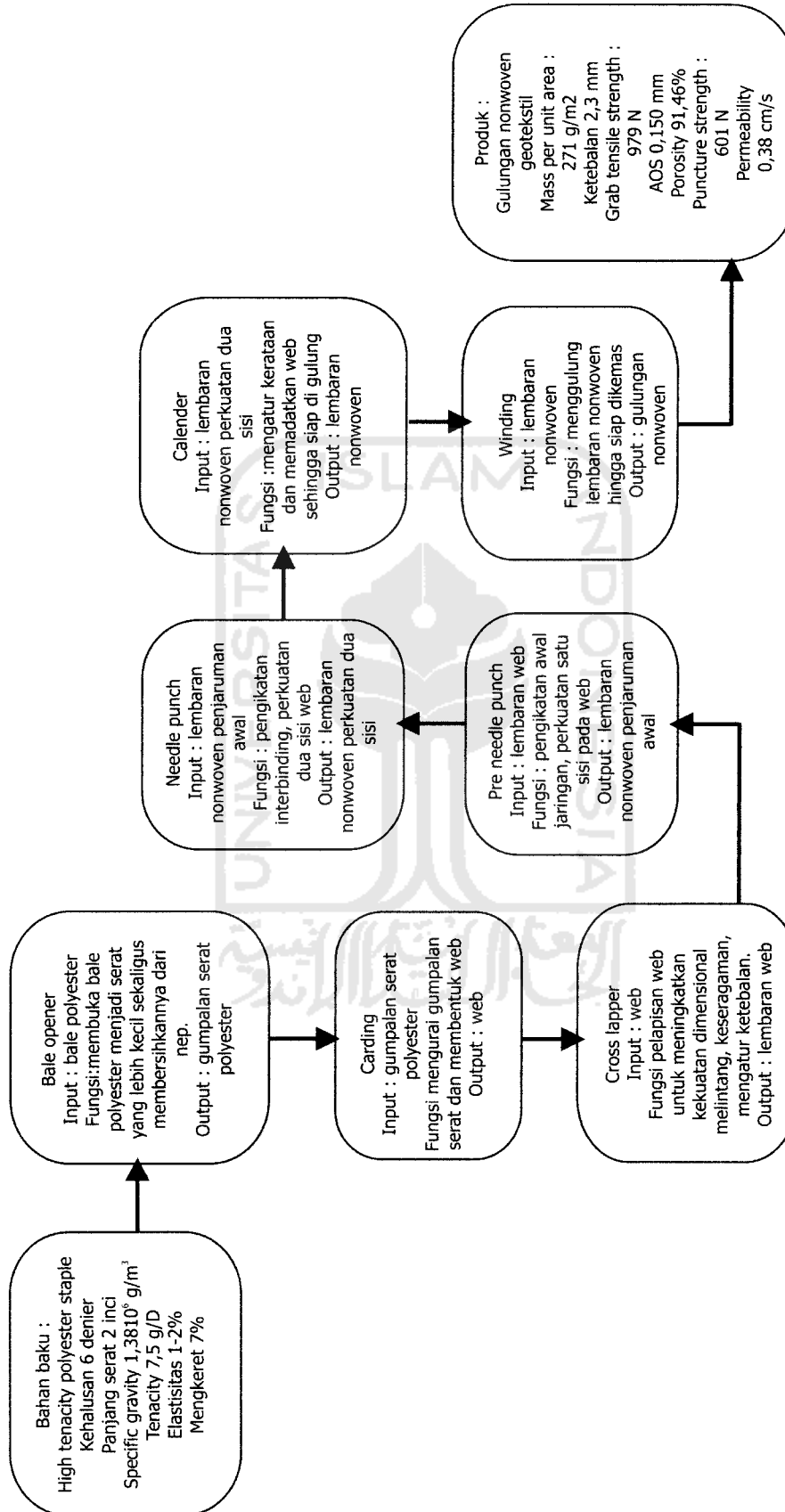
PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses Pembuatan Kain Nonwoven Geotekstil

Secara umum proses pembuatan kain nonwoven geotekstil berbahan baku polyester jenis Terylene dengan sistem *needle punch* dibagi dalam delapan tahapan. Kain nonwoven geotekstil yang terbentuk berasal dari lembaran web yang dihasilkan dari serat staple polyester. Kain tersebut memerlukan persyaratan tertentu, seperti karakteristik fisik, hidrolik, mekanis serta karakteristik ketahanan terhadap degradasi lingkungan.

Adapun beberapa tahapan proses tersebut antara lain adalah :

1. Proses persiapan bahan baku (*raw material preparation*)
2. Proses pembukaan bale (*bale opening*)
3. Proses pembuatan web (*carding*)
4. Proses pembuatan lembaran web (*cross lapping*)
5. Proses pengikatan jarum awal (*pre needle punching*)
6. Proses pengikatan jarum permanen (*needle punching*)
7. Proses calendaring
8. Proses penggulungan (*winding*)



Gambar 3.1. Diagram Kualitatif Pembuatan Nonwoven Geotekstil

3.1.1. Proses Persiapan Bahan Baku (*Raw Material Preparation*)

Bahan baku yang digunakan adalah staple polyester. Bahan baku tersebut disimpan dalam gudang (*storage*) sebagai tempat penampungan sementara.

Kondisi ruangan tempat penyimpanan bahan baku tidak banyak mempengaruhi sifat serat, karena serat polyester bersifat hidrofob yang kurang bisa menyerap air. Namun demikian kondisi ruang penyimpanan hendaknya disesuaikan dengan suhu kamar sekitar $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ Relative Humidity (RH $65\% \pm 1\%$).

Mekanisme penyimpanan dalam gudang setelah bahan baku datang disimpan selama enam hari, sehari sebelum proses dilakukan serat polyester berbentuk bale dibuka selama 24 jam untuk mengoksidasi *oil finish* yang masih terkandung dalam serat. Ini dilakukan agar tidak terbentuk nep pada web. Pada proses persiapan bahan baku dibagi menjadi dua tahap, yaitu :

- a. Tahap Pemeriksaan dan Pengecekan (*Inspection and Control*)
- b. Tahap Pembersihan (*Step Cleaner*)

3.1.1.1. Tahap Pemeriksaan dan Pengecekan

Pada tahap ini *bale* staple polyester mulai ditimbang, diperiksa ataupun dikontrol mulai dari sifat fisiknya. Berat dan kualitas serat diketahui melalui penimbangan dan pemeriksaan. Serat berkualitas jelek tidak diikutsertakan dalam proses.

Sebagian serat dalam *bale* diambil sebagai sampel diperiksa tingkat kebersihannya maupun panjang staple-nya di laboratorium *raw material*.

3.1.1.2. Tahap Pembersihan

Proses pembersihan dilakukan dalam unit *bale opener*.

3.1.2 Proses Pembukaan *Bale* (*Bale Opening*)

Serat polyester berbentuk *bale* dibuka menjadi gumpalan-gumpalan serat lebih kecil dan diuraikan untuk persiapan proses carding.

Prinsip proses pembukaan *bale* adalah pembukaan gumpalan-gumpalan serat dengan menyisir serat dengan melewati rol yang dilengkapi dengan sisir. Tiap sisir memiliki kerapatan berbeda untuk tiap rol yang dilewati. Kecepatan tiap rol pembuka berbeda, hal ini dimaksudkan agar terjadi proses pemisahan atau penguraian dari serat-serat tersebut. Disamping membuka serat, proses ini juga bertujuan membersihkan kotoran-kotoran lain selama proses.

3.1.3. Proses Pembuatan Web (*Carding*)

Proses pembuatan kain nonwoven sistem *needle punch* hampir sama dengan mekanisme mesin carding pada pemintalan benang. Perbedaannya pada bentuk hasil akhir mesin. Mesin carding proses nonwoven menghasilkan lembaran web, sedangkan mesin carding proses pemintalan menghasilkan sliver. Sebab pada mesin carding nonwoven terompet untuk membentuk sliver tidak digunakan sehingga langsung

mengantarkan serat sudah berbentuk lembaran web ke rol pengantar. Jenis mesin carding yang digunakan adalah *single doffer*.

Serat-serat yang disuapkan ke mesin carding terperangkap oleh silinder berkawat yang berputar. Web yang terbentuk dibawa menuju cross lapper oleh doffer menuju cross lapper.

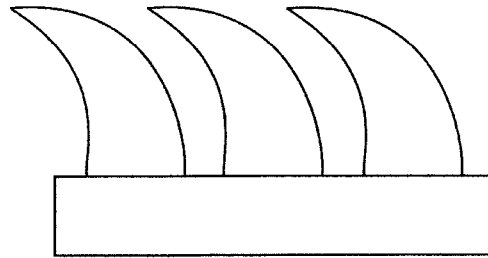
3.1.3.1. Mekanisme Mesin Carding

Gumpalan serat masuk mesin carding mengalami beberapa proses :

- Proses penguraian dengan cara penyisiran.
- Proses pembersihan serat.
- Proses pembuatan gulungan web.

Proses carding adalah melewati gumpalan serat diantara dua permukaan menyerupai parut kawat, bergerak dengan kecepatan berbeda. Maka gumpalan serat tersebut bergerak dan terurai, karena jarak antara kedua permukaan tersebut dekat, sehingga gumpalan-gumpalan serat akan membentuk lapisan serat tipis tersebar merata pada permukaan.

Mekanisme yang terjadi di dalam mesin carding terdapat rol berfungsi menyisir dan menguraikan serat yang masuk ke dalam mesin. Pada permukaan rol yang berbentuk seperti parut, terdapat jarum-jarum berfungsi menyisir dan mengurai serat yang dimasukkan ke dalam mesin carding seperti pada gambar berikut :

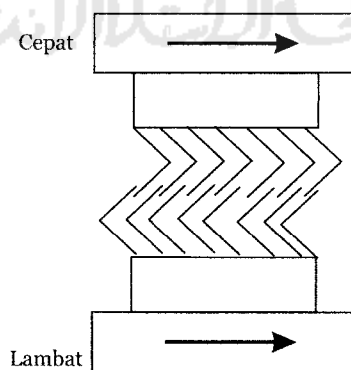


Gambar 3.2. Bentuk Jarum *Taker In*

Terdapat dua gerakan pokok pada permukaan rol dalam mesin carding, yaitu :

1. Gerakan Penguraian (*Carding Action*)
2. Gerakan Pengelupasan dan Pemindahan (*Stripping Action*)

Perbedaan kedua gerakan tersebut adalah arah gerakan jarum pada permukaan rol, arah ujung jarum yang tajam serta kecepatan perputaran rol. *Carding action* terjadi apabila arah kedua jarum pada rol berlawanan arah dan tiap rol memiliki kecepatan sedemikian rupa, sehingga bagian tajam jarum pada permukaan bergerak lebih cepat, seakan-akan terjadi tabrakan antara bagian tajam pada permukaan yang dilaluinya.



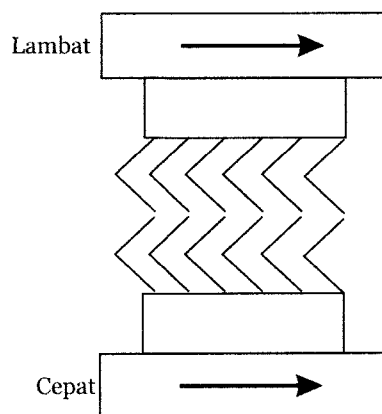
Gambar 3.3. *Carding Action*

Carding action biasa terdapat pada bagian flat yang bergerak lambat dengan silinder yang bergerak cepat, juga pada silinder dengan *doffer* bergerak lebih lambat dibandingkan dengan gerakan silinder. Namun gerakan permukaan cepat tersebut harus searah dengan miringnya ujung jarum pada permukaan sehingga proses lancar.

Stripping action berfungsi pengelupasan atau pemindahan serat masuk ke dalam mesin carding. Terjadi apabila arah jarum tajam pada kedua permukaan sama. Arah serta kecepatan kedua permukaan sedemikian rupa, sehingga bagian tajam jarum pada permukaan bergerak seakan-akan menyapu bagian tumpul jarum pada permukaan yang dilaluinya.

Gerakan pengelupasan atau pemindahan biasa terjadi antara *taker in* dengan silinder. Kecepatan permukaan rol *taker in* menyebabkan serat pada permukaan *taker in* berpindah ke permukaan silinder.

Gerakan ini juga terjadi antara *doffer* dengan *doffer comb*, merupakan bagian aktif, sehingga lapisan serat pada permukaan *doffer* terkelupas.



Gambar 3.4. *Stripping Action*

Prinsip kerja mesin carding, gumpalan atau untaian serat dari mesin *separator* dimasukkan melewati rol pengantar menuju rol penyuiap, selama melewati rol penyuiap ini serat mengalami tekanan oleh rol penyuiap yang dipasang. Kemudian serat dipukul rol *taker in* yang mempunyai permukaan berjarum, sehingga gumpalan serat mengalami pembukaan dan kotoran pada serat dapat dibersihkan oleh pisau pembersih. Serat terbawa rol pengambil kemudian diambil silinder, dengan *carding action* maka serat terurai sehingga terjadi pemisahan serat pendek dengan serat panjang dan kotoran yang masih di dalam serat dapat dibersihkan. Proses selanjutnya serat yang terbawa oleh silinder diterima oleh *doffer*, karena *doffer* mempunyai keliling putaran lebih kecil dibandingkan dengan silinder. Serat kemudian dilepas dari *doffer* oleh *doffer comb* hingga serat membentuk web dan diteruskan ke *cross lapper*.

3.1.4. Proses Pembuatan Lembaran Web (*Cross Lapping*)

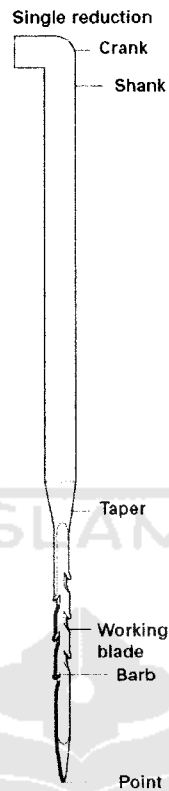
Proses ini merupakan kelanjutan dari proses pembentukan lembaran web. Setelah terbentuk lembaran web dari mesin carding, kemudian diteruskan rol pengantar menuju mesin *cross lapper*. Pada tahapan ini web mengalami pelapisan menjadi beberapa lembaran web antara 7 s.d 20 lapisan tergantung dari karakteristik produk yang diinginkan. Setelah mencapai panjang diinginkan, lembaran web masuk ke dalam *pre needle punching*.

3.1.5. Proses Pengikatan Jarum Awal (*Pre Needle Punching*)

Proses *pre needle punching* membentuk ikatan interbinding antar serat pada satu arah yaitu dari atas. Tujuan utama adalah mengacak jaringan serat pada web sehingga memberikan jalinan atau ikatan interbinding sementara yang cukup baik. Agar saat proses *needle punch* menjadi lebih mudah mengikat atau menjalin untaian serat lebih rata dan rapat sehingga menghasilkan stabilitas dimensi yang baik.

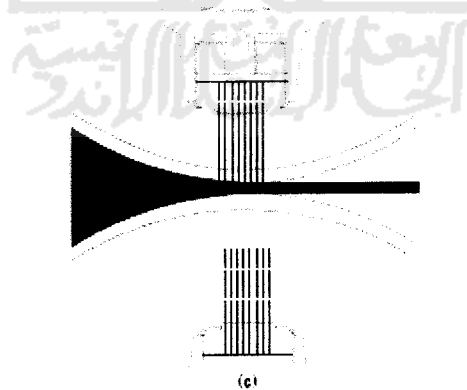
3.1.6. Proses Pengikatan Jarum Permanen (*Needle Punching*)

Sistem *needle punching* merupakan salah satu sistem pembuatan kain nonwoven secara mekanis. Prinsip proses ini memberikan ikatan *interbinding* pada web dengan untaian serat tegak lurus atau miring terhadap bidang gelombang dipertimbangkan sebagai sistem tiga dimensi dengan serat terutama yang terorientasi pada permukaan. Ikatan yang dibentuk *needle punch* mampu merangkap untaian atau lembaran web hingga 10 s.d 20 lembar dengan tebal telah ditentukan. Jarum yang digunakan pada proses *needle punch* memiliki ukuran tertentu dengan kait berjumlah 6 s.d 9 pada batang jarum. Namun menghindari kerusakan serat akibat tusukan jarum maka proses ini digunakan jarum dengan jumlah kait 6 buah dengan panjang 15 cm terbuat dari baja.



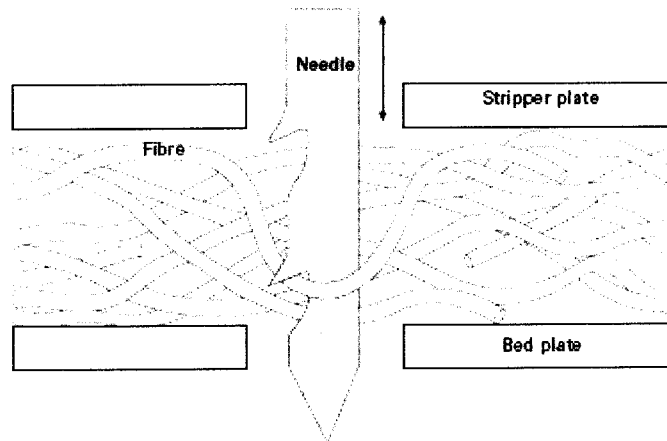
Gambar 3.5. Konstruksi Jarum (*Needle Punch*)

(Sumber : S.J Russel, *Handbook of Nonwoven*, Cambridge, 2007)



Gambar 3.6. Skema Penjaruman

(Sumber : S.J Russel, *Handbook of Nonwoven*, Cambridge, 2007)



Gambar 3.7. Proses Terjadinya Ikatan *Interbinding* Dalam Web

(Sumber : S.J Russel, *Handbook of Nonwoven*, Cambridge, 2007)

3.1.7. *Calender*

Setelah ikatan *interbinding* pada lembaran web telah terbentuk lewat proses *needle punch*, kemudian lembaran web yang masuk ke mesin *calender* agar lembaran web yang akan digulung menjadi lebih rata sehingga siap untuk digulung di mesin *winder*.

3.1.8. Proses Penggulungan (*Winding*)

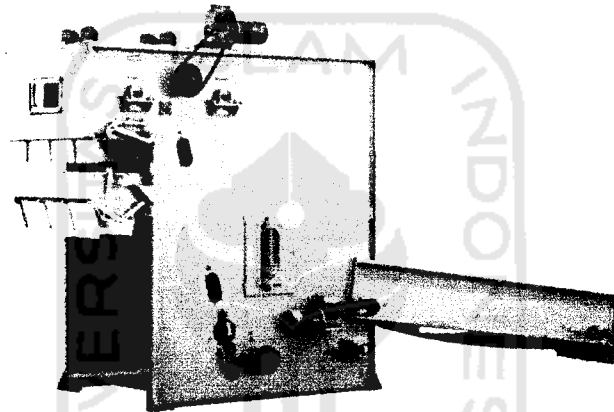
Proses *winding* dilakukan setelah urutan proses pembuatan kain nonwoven menghasilkan lembaran kain siap digulung. Tujuan utama proses *winding* adalah menggulung lembaran kain pada sebuah rol menjadi bentuk gulungan.

3.2. Spesifikasi Mesin

Pada proses pembuatan kain nonwoven sistem *needle punch* menggunakan mesin yang beroperasi otomatis sehingga tinggal memasukkan input yang diinginkan.

Jenis Mesin :

a. Mesin Bale Opener

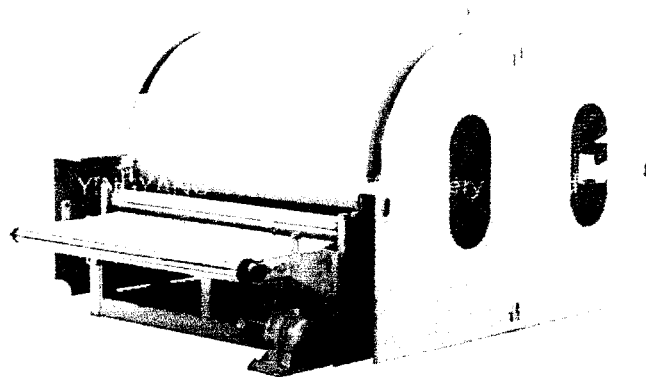


Gambar 3.8. Mesin Bale Opener

Spesifikasi Mesin :

- Merk : Yinyang Nonwoven Machinery Co, Ltd
- Buatan : China
- Kapasitas : 600 kg/jam
- Daya : 4,5 kW
- Efisiensi : 97 %
- Limbah : 3 %

b. Mesin Carding (Carding Machine)

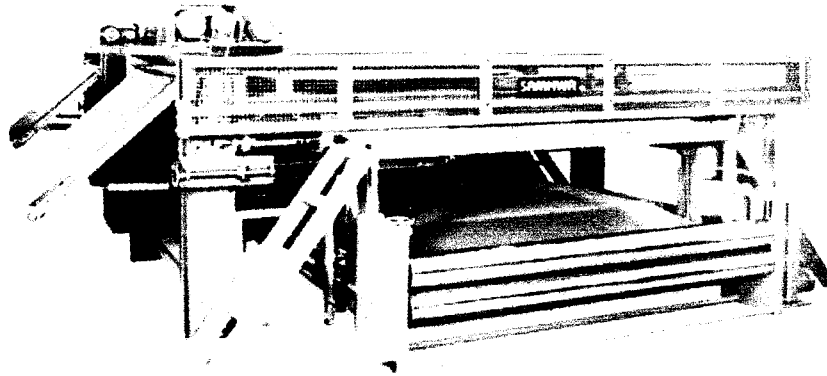


Gambar 3.9. Mesin Carding

Spesifikasi Mesin

- Merk : Yingyang Nonwoven Machinery Co, Ltd
- Buatan : China
- Daya : 11,25 kW
- Diameter doffer : 0,6 m
- Diameter silinder : 1,5 m
- Total draft : 125
- Efisiensi : 97 %
- Limbah : 3 %
- Jenis produksi : web

c. Mesin Pembuat lapisan (*Cross Lapper*)

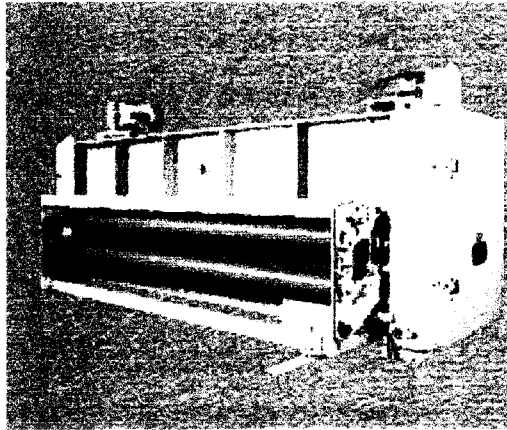


Gambar 3.10. Mesin *Cross Lapper*

Spesifikasi Umum :

- Merk : Samhwa Machinery Ltd
- Buatan : Korea Selatan
- Daya : 55,95 kW
- Efisiensi : 98 %
- Limbah : 2 %
- Jumlah lapisan : 7 lapisan
- Hasil produksi : web
- Lebar web : 4 meter

d. Mesin *Pre Needle Punching*

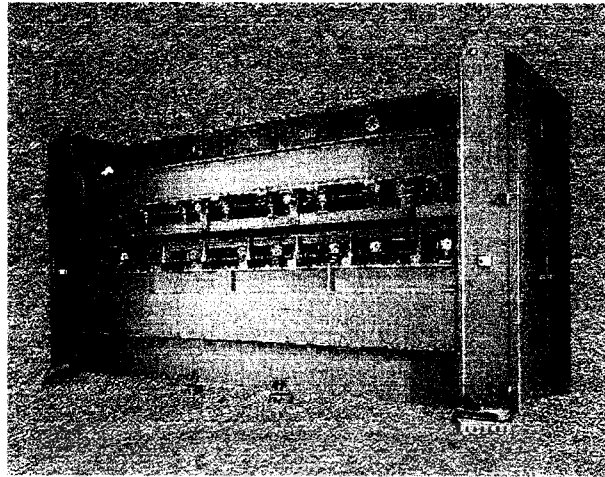


Gambar 3.11. Mesin *Pre Needle Punching*

Spesifikasi Umum :

- Merk : Shou Shyng Machinery Co, Ltd
- Buatan : Taiwan
- Daya : 41,03 kW
- Lebar kerja : 4 m
- Efisiensi : 98 %
- Limbah : 2 %
- Kec.tusukan (Stroke) : 1500 strokes/menit
- Jumlah jarum : 5000 jarum/meter lebar kerja
- Hasil Produksi : Kain geotekstil *punching* awal

e. Mesin *Needle Punch*

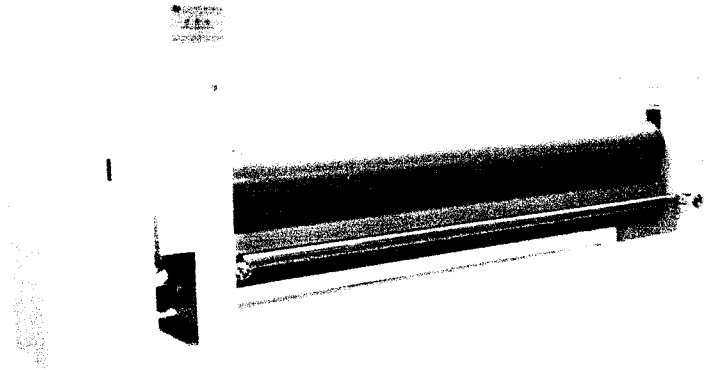


Gambar 3.12. Mesin *Needle Punching*

Spesifikasi Umum :

- Merk : Shoou Shyng Machinery Co. Ltd
- Model : Double Stroke Needle Punch Machine
- Buatan : Taiwan
- Daya : 37,3 kW
- Efisiensi : 98 %
- Limbah : 2 %
- Kecepatan tusukan : 2500 strokes/menit
- Jumlah jarum : 6900 jarum/meter lebar kerja
- Jenis produksi : Kain geotekstil *double punch*

f. Mesin Calender

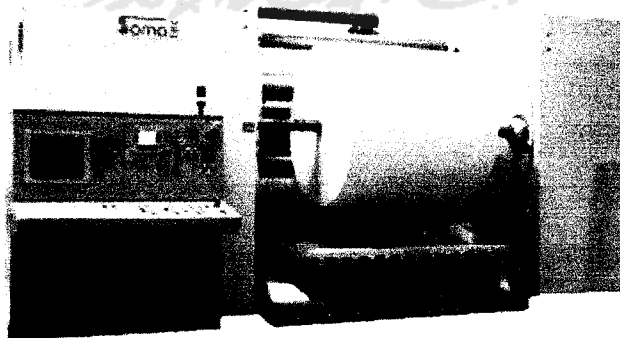


Gambar 3.13. Mesin Calender

Spesifikasi Umum :

- Merk : Yingyang Nonwoven Machinery Co, Ltd
- Buatan : China
- Daya : 40,2 kW
- Kecepatan penggulungan : 80 m/menit

g. Mesin Penggulung (*Winder Machine*)



Gambar 3.14. Mesin Winder

Spesifikasi Umum :

- Merk : Somatec
- Buatan : Jerman
- Daya : 32,6 kW
- Φ rol penggulung : 0,6 m
- Efisiensi : 99 %
- Limbah : 1 %
- Jumlah putaran : 54 rpm
- Hasil Produksi : Kain nonwoven geotekstil

3.3. Perhitungan Produksi dan Bahan Baku

Perhitungan Produksi :

Target produksi yang ditentukan pabrik geotekstil ini sebesar 12.000.000 meter/tahun, dimaksudkan untuk memenuhi permintaan pasar dan kebutuhan pembangunan jalan maupun perkuatan lereng-lereng yang akan dijadikan proyek.

$$\begin{aligned}\text{Target Produksi} &= 12.000.000 \text{ m/tahun} \\ &= 1.000.000 \text{ m/bulan} \\ &= 38.461,53 \text{ m/hari (asumsi 1 bulan = 26 hari)} \\ &= 1602,56 \text{ m/jam (asumsi 1 hari = 24 jam kerja)}\end{aligned}$$

Perhitungan Kebutuhan Mesin dan Bahan Baku yang diperlukan :

a) Mesin Bale Opening

Kapasitas bahan baku : 600 kg/jam

Jumlah putaran beater : 960 rpm

Efisiensi : 97 %

Limbah : 3 %

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan permukaan} &= 960 \times \pi \times \frac{6}{12} \times \frac{17}{24} \times \frac{17}{82} \times \frac{14}{54} \\ &= 57,38 \text{ m/menit}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Produksi/mesin} &= \text{ss} \times 60 \text{ menit} \times \text{Eff} \\ &= 57,38 \times 60 \times 0,97 \\ &= 3339,5 \text{ m/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan mesin} &= \frac{1874,80 \text{ m}}{3339,5 \text{ m}} \\ &= 0,5 \approx 1 \text{ mesin}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan Bahan Baku} &= \frac{600 \text{ kg}}{3339,5 \text{ m}} \times 1874,80 \text{ m} \\ &= 336,8 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

1 bale Polyester = 210 kg

Sehingga jumlah bahan baku berupa polyester yang dibutuhkan :

- Dalam satu jam $= \frac{336,8 \text{ kg}}{210 \text{ kg}}$
 $= 1,6 \text{ bale} \approx 2 \text{ bale}$
- Dalam satu hari $= 2 \text{ bale} \times 24 \text{ jam} = 48 \text{ bale}$
- Dalam satu bulan $= 48 \text{ bale} \times 26 \text{ hari} = 1248 \text{ bale}$
- Dalam satu tahun $= 1248 \text{ bale} \times 12 \text{ bulan} = 14976 \text{ bale}$

b) Mesin Carding

Jumlah putaran $= 100 \text{ rpm}$

Kehalusan serat $= 6 \text{ denier}$

Φ doffer $= 0,6 \text{ m}$

Efisiensi $= 97 \%$

Limbah $= 3 \%$

SS doffer $= 100 \text{ rpm} \times \pi \times 0,6 \text{ m}$
 $= 188,5 \text{ m/menit}$

Produksi/mesin $= \text{SS} \times \text{eff} \times D \times 60 \text{ menit}$

$= 188,5 \times 0,97 \times 6 \times 60$

$= 65824 \text{ m/jam}$

Kebutuhan bahan baku $= 1764 \text{ m/jam} \times \frac{100}{100\% - L\%}$

$= 1764 \text{ m/jam} \times \frac{100}{100 - 3}$

$= 1818,56 \text{ m/jam}$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan mesin} &= \frac{\text{kebutuhan bahan baku}}{\text{produksi/mesin}} \\ &= \frac{1818,56}{65824} \\ &= 0,02 \approx 1 \text{ mesin}\end{aligned}$$

c) Mesin *Cross Lapper*

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan web} &= 30 \text{ m/menit} \\ \text{Efisiensi} &= 98 \% \\ \text{Limbah} &= 2 \% \\ \text{Produksi/mesin} &= \text{Kecepatan web} \times \text{Efisiensi} \times 60 \text{ menit} \\ &= 30 \times 0,98 \times 60 \\ &= 1764 \text{ m/jam} \\ \text{Kebutuhan bahan baku} &= 1702,52 \text{ m/jam} \times \frac{100}{100\% - L\%} \\ &= 1702,52 \text{ m/jam} \times \frac{100}{100 - 2} \\ &= 1737,26 \text{ m/jam} \\ \text{Kebutuhan mesin} &= \frac{\text{kebutuhan bahan baku}}{\text{produksi/mesin}} \\ &= \frac{1737,26}{1764} \\ &= 0,9 \approx 1 \text{ mesin}\end{aligned}$$

d) Mesin *Pre Needle Punch*

Kecepatan web = 50 m/menit

Efisiensi = 98 %

Limbah = 2 %

Kecepatan tusukan = 1500 stroke/menit

$$\text{Produksi/mesin} = \text{Kec. tusukan} \times \text{Efisiensi} \times \frac{1}{\text{kecepatan web}} \times 60 \text{ menit}$$

$$= 1500 \times 0,98 \times \frac{1}{50} \times 60$$

$$= 1764 \text{ m/jam}$$

$$\text{Kebutuhan bahan baku} = 1668,47 \text{ m/jam} \times \frac{100}{100\% - L\%}$$

$$= 1668,47 \text{ m/jam} \times \frac{100}{100 - 2}$$

$$= 1702,52 \text{ m/jam}$$

$$\text{Kebutuhan mesin} = \frac{\text{kebutuhan bahan baku}}{\text{produksi/mesin}}$$

$$= \frac{1702,52}{1764}$$

$$= 0,9 \approx 1 \text{ mesin}$$

e) Mesin *Needle Punch*

Kecepatan web = 60 m/menit

Efisiensi = 98 %

$$\text{Limbah} = 2 \%$$

$$\text{Kecepatan tusukan} = 2500 \text{ stroke/menit}$$

$$\text{Produksi/mesin} = \text{Kec. tusukan} \times \text{Efisiensi} \times \frac{1}{\text{kecepatan web}} \times 60 \text{ menit}$$

$$= 2500 \times 0,98 \times \frac{1}{60} \times 60$$

$$= 2450 \text{ m/jam}$$

$$\text{Kebutuhan bahan baku} = 1635,10 \text{ m/jam} \times \frac{100}{100\% - L\%}$$

$$= 1635,10 \text{ m/jam} \times \frac{100}{100 - 2}$$

$$= 1668,47 \text{ m/jam}$$

$$\text{Kebutuhan mesin} = \frac{\text{kebutuhan bahan baku}}{\text{produksi/mesin}}$$

$$= \frac{1668,47}{2450}$$

$$= 0,6 \approx 1 \text{ mesin}$$

f) Mesin Calender

$$\text{Kecepatan penggulungan} = 80 \text{ m/menit}$$

$$\text{Efisiensi} = 99 \%$$

$$\text{Limbah} = 1 \%$$

$$\text{Produksi/mesin} = \text{kec. penggulungan} \times \text{Efisiensi} \times 60 \text{ menit}$$

$$= 80 \times 0,99 \times 60$$

$$= 4752 \text{ m/jam}$$

$$\text{Kebutuhan bahan baku} = 1618,75 \text{ m/jam} \times \frac{100}{100\% - L\%}$$

$$= 1618,75 \text{ m/jam} \times \frac{100}{100 - 1}$$

$$= 1635,10 \text{ m/jam}$$

$$\text{Kebutuhan mesin} = \frac{\text{kebutuhan bahan baku}}{\text{produksi/mesin}}$$

$$= \frac{1635,10}{4752}$$

$$= 0,4 \approx 1 \text{ mesin}$$

g) Mesin Winder

$$\Phi \text{ Rol penggulung} = 0,6 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah putaran rol} = 54 \text{ rpm}$$

$$\text{Efisiensi} = 99 \%$$

$$\text{Limbah} = 1 \%$$

$$\text{SS rol penggulung} = \text{jumlah putaran} \times \pi \times \Phi$$

$$= 54 \text{ rpm} \times \pi \times 0,6 \text{ m}$$

$$= 101,7 \text{ m/menit}$$

$$\text{Produksi/mesin} = \text{SS} \times \text{efisiensi} \times 60 \text{ menit}$$

$$= 101,7 \times 0,99 \times 60$$

$$= 6040,9 \text{ m/jam}$$

$$\text{Kebutuhan bahan baku} = 1602,56 \text{ m/jam} \times \frac{100}{100\% - L\%}$$

$$= 1602,56 \text{ m/jam} \times \frac{100}{100-1}$$

$$= 1618,75 \text{ m/jam}$$

$$\text{Kebutuhan mesin} = \frac{\text{kebutuhan bahan baku}}{\text{produksi/mesin}}$$

$$= \frac{1618,75}{6040,9}$$

$$= 0,26 \approx 1 \text{ mesin}$$

