

## **BAB II**

### **TEORI DASAR**

#### **2.1 Tinjauan Tentang Polyester**

Polyester adalah serat sintetik yang terbuat dari hasil polimerisasi etilen glikol dengan asam tereftalat melalui proses polimerisasi kondensasi. Hasil polimerisasi berupa chip ataupun polimer leleh, yang kemudian dilakukan proses spinning untuk membentuk fiber. Pembentukan fiber dilakukan dengan temperatur di atas titik leleh polyester, dengan bantuan gear pump yang menentukan ukuran fiber yang keluar melalui spinneret. Spinneret disini akan menentukan cross section atau bentuk dari fiber yang diinginkan, seperti bulat, segitiga, dan lain-lain. Selanjutnya ribuan helai serat panjang ini disatukan dan ditarik serta diletakkan di dalam can. Serat-serat dari beberapa can kemudian ditarik (draw) bersama sama sehingga didapatkan serat dengan ketebalan tertentu biasanya dinyatakan dengan satuan denier. Pada proses peregangan ini diberikan spin finish oil yang berfungsi mengurangi elektrostatik yang terjadi pada saat serat polyester diproses pada mesin pemintalan berikutnya. Setelah melalui proses peregangan selanjutnya masuk ke proses crimping. Kemudian serat tadi dipotong menggunakan rotary cutter dengan panjang sesuai dengan keperluan, misalnya 38 mm, 44 mm, 51 mm dan lain sebagainya. Pada saat proses pemotongan serat diberikan hembusan agar serat-serat yang telah terpotong pendek-pendek dapat terurai satu sama lain. Serat yang telah selesai dipotong dikemas pada mesin baling press dengan standar berat sekitar 350 kg per bal. Selain kehalusan (denier) serat dan panjang serat, kilau (luster) juga merupakan spesifikasi yang sangat penting, misalnya bright, semi dull atau dull. Serat poliester merupakan bahan baku bagi pabrik pemintalan (spinning) yang membuat benang pital. Di pabrik pemintalan serat poliester biasanya diproses untuk produk benang pital poliester 100% atau campuran dengan serat alam atau serat sintetik lainnya. Misalnya poliester/katun, polyester/rayon, polyester/rami, polyester/flax, polyester/acrilik dsb.

Contoh Karakteristik serat poliester : Kehalusan : 1.3 denier, Panjang : 38 mm, Kekuatan tarik : 6.6 gram/denier, Mulur : 22%, Mengkerut : 6.3%, Krimp : 5.2 per Cm, Kandungan oil : 0.15%, Kandungan air : 0.4%

Hal yang penting untuk mendapatkan perhatian pada proses serat polyester di pabrik pemintalan adalah timbulnya elektro statis pada saat serat mengalami gesekan, baik antar serat dengan serat sendiri dan juga antara serat dengan metal atau karet yang merupakan bagian mesin yang bergesekan langsung dengan serat

yang diproses. Elektro statik ini berdampak kepada ketidak-lancaran proses pemintalan seperti terjadinya serat menggulung (*lapping*) pada rol-rol yang berputar atau serat menyumbat (*choking*) pada corong atau terompet. Untuk mengurangi gejala elektro statik ini biasanya ditempuh hal-hal sebagai berikut : Pada serat diberikan anti statik atau spin finish oil, mesin-mesin produksi dibumikan (*grounding*) dan mengatur suhu dan kandungan kelembaban udara di ruangan pabrik, Misalnya suhu 30 derajat Celcius dan kelembaban udara (*relative humidity*) 53% di ruangan Ring Spinning.

## 2.2 Tinjauan Tentang mesin *Simplex*

Mesin *simplex* merupakan mesin yang digunakan untuk memperkecil *sliver* tahap demi tahap dan memberi antihan secukupnya agar *sliver* tersebut tidak mengalami deformasi kedudukan serat serta tidak menyulitkan proses peregangan. Hasil dari mesin *simplex* disebut *roving*.

*Sliver* yang dihasilkan oleh proses mesin *drawing* akhir umumnya masih berukuran relatif kasar untuk proses dimesin *ring spinning*, oleh karena itu ukuran *sliver* tersebut perlu diperhalus agar proses peregangan di mesin *ring spinning* dapat berlangsung baik.

Pengecilan ukuran *sliver* akan mengakibatkan kurangnya daya pegang antar serat sehingga perlu diberikan antihan secukupnya. Untuk pemberian antihan tidak boleh terlalu besar supaya tidak menyulitkan proses peregangan dimesin *ring spinning*.

### 2.2.1 Fungsi Mesin *Simplex*

Adapun fungsi dari mesin *simplex* adalah :

#### 1. Peregangan

Adalah proses penghalusan atau pengecilan bahan dalam bentuk berat per satuan panjang. Proses dapat terjadi karena adanya proses peregangan pada tiga sampai empat pasang rol peregang (*draft roll*), dimana kecepatan permukaan pasangan rol peregang tersebut berbeda-beda. Kecepatan permukaan rol depan lebih besar dari pada rol tengah, dan kecepatan permukaan rol tengah lebih besar dari pada rol belakang, perbedaan kecepatan diberikan agar terjadinya penarikan dari rol sebelum yang ditarik oleh rol sesudahnya. Akibat dari peregangan tersebut, maka *sliver* berubah bentuk menjadi *sliver* yang lebih kecil dari sebelumnya atau dapat disebut juga *roving* yang belum mendapatkan antihan.

#### 2. Pemberian antihan

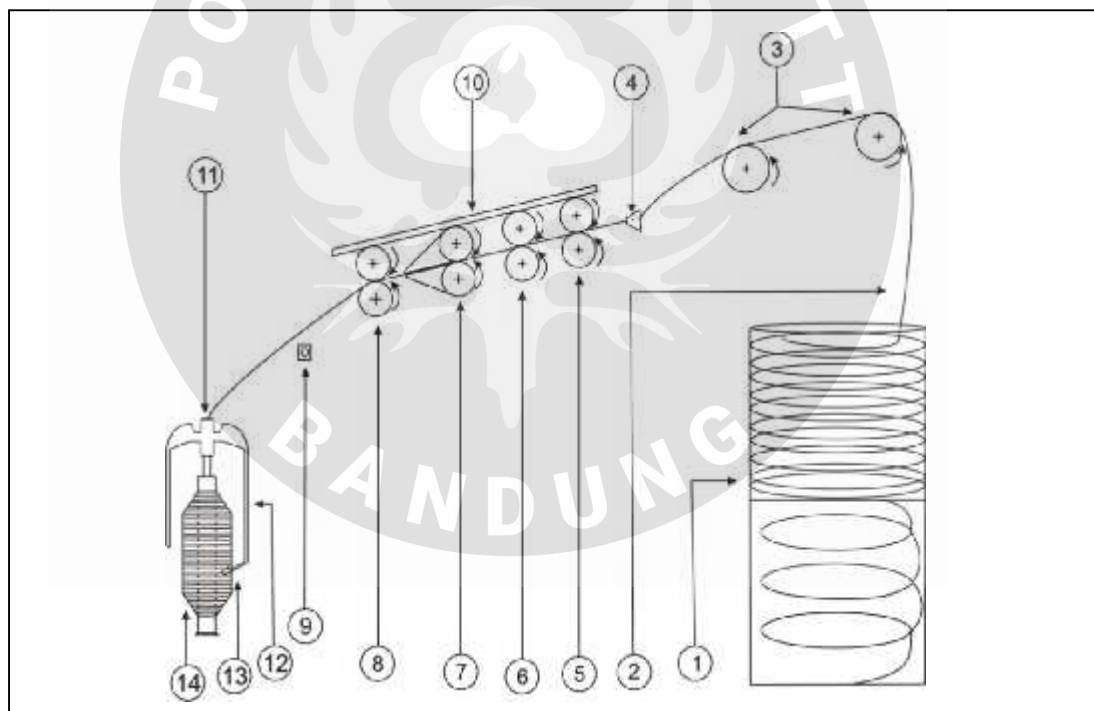
Antihan pada *roving* diberikan secukupnya, karena apabila antihannya tidak terlalu besar akan mengakibatkan kesulitan dalam proses peregangan pada proses selanjutnya dan apabila terlalu kecil akan mudah putus pada saat penggulungan di *bobbin* maupun proses selanjutnya. Untuk pemberian antihan tersebut hanya untuk memperkuat pada saat penggulungan pada *bobbin* dan pada saat dilakukan penarikan pada proses dimesin *ring Spinning*.

### 3. Penggulungan

Setelah mengalami pengecilan atau penghalusan *sliver* serta pemberian antihan, maka *roving* yang dihasilkan dapat digulung pada *bobbin*. Proses penggulungan ini terjadi karena adanya perbedaan kecepatan putaran antara putaran *bobbin* dengan putaran *flyer* per menit.

#### 2.2.2 Proses Pembuatan Roving

Proses pembuatan *roving* dapat dijelaskan sebagai berikut. Adapun proses pembuatan roving dapat dilihat pada Gambar 2.1 dibawah ini.



**Gambar 2.1 Skema Jalannya Sliver pada Mesin Simplex**

Keterangan Gambar :

- |                       |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| 1. Can sliver drawing | 8. Pasangan rol peregang depan |
| 2. Sliver drawing     | 9. Sensor roving putus         |
| 3. Rol-rol pengantar  | 10. Weight Arm (pembebanan)    |

- |                                   |                                  |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| 4. <i>Condensor</i>               | 11. <i>Roving</i>                |
| 5. Pasangan rol peregang belakang | 12. <i>Flyer</i>                 |
| 6. Pasangan rol peregang ketiga   | 13. <i>Presser Arm</i>           |
| 7. Pasangan rol peregang kedua    | 14. <i>Roving</i> yang tergulung |

Proses kerja mesinnya yaitu *sliver* yang dihasilkan oleh mesin *drawing* (1) ditempatkan dibelakang mesin *simplex* secara teratur sebanyak jumlah *spindle* mesin *simplex* tersebut. Melalui rol penghantar, masing-masing ujung *sliver* disuapkan kebagian rol peregang yang terdiri dari 4 pasang rol peregang mulai dari rol peregang bagian belakang untuk diteruskan ke rol peregang tengah dan kemudian ke rol peregang depan, pada bagian rol peregang inilah *sliver* akan mengalami proses peregangan, karena kecepatan rol peregangnya berbeda-beda. Besarnya regangan dari rol-rol peregang diperhitungkan sedemikian rupa sehingga menghasilkan *roving* sesuai yang diinginkan. Setelah mengalami peregangan, *sliver* menjadi lebih kecil, lebih sejajar dan lebih lurus dari sebelumnya. Pada saat *sliver* yang mengalami peregangan yang keluar dari rol depan, *sliver* tersebut segera mendapatkan antihan dari hasil perbedaan kecepatan putaran *bobbin* dengan putaran *flyer* per menit.

Setelah dari proses peregangan, *sliver* tersebut dimasukkan ke lubang bagian atas *flyer* dan keluar melalui samping kemudian dilewatkan melalui lengan sayap yang berongga, setelah itu *sliver* dililitkan pada lengan *flyer* dan dapat digulung pada *bobbin* yang satu poros dengan *flyer*. *Sliver* yang sudah mengalami peregangan dan pemberian antihan disebut *roving*.

## 2.2 Tinjauan Umum Tentang Peregangan

### 2.2.1 Pengertian Peregangan

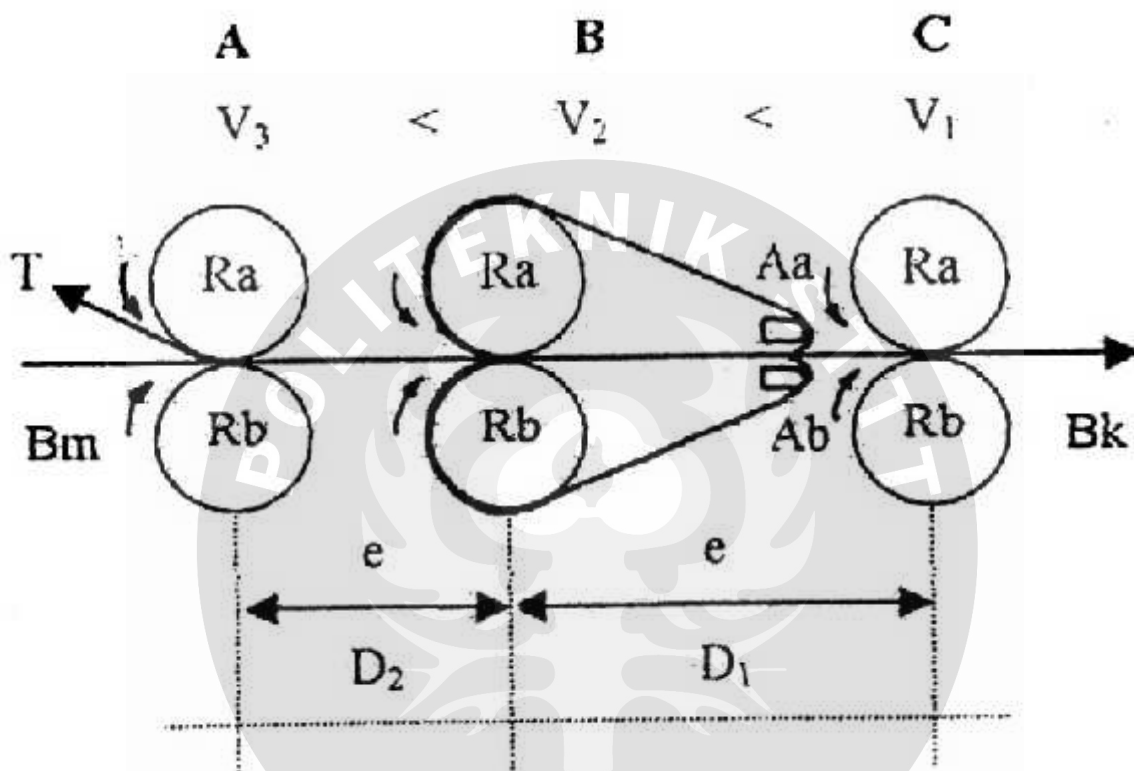
Dalam semua tahap pembuatan benang mulai dari pembentukan *lap* sampai menjadi benang selalu dijumpai masalah peregangan. Peregangan (*drafting*) adalah proses penghalusan atau pengecilan bahan dalam berat persatuan panjang. Pada saat *drafting* yaitu pada saat terjadinya pengecilan bahan, maka serat-serat dipaksa mengadakan penggelinciran satu sama lainnya sehingga terjadi pelurusan serat dan dengan demikian terjadi pula pensejajaran serat.

Sekurang-kurangnya dikenal tiga macam *drafting*, yaitu :

1. Melalui dua atau lebih pasangan rol yang berbeda kecepatannya.

2. Dengan perantara dua titik jepit, yang satu *stationer* (tetap di tempat), sedangkan yang lainnya berpindah tempat.
3. Dengan jalan penyebaran bahan di atas suatu permukaan yang luas.

Gambar 2.2 Gambaran sistem peregangan dengan tiga pasangan rol peregang



Gambar 2.2 Pasangan Rol Peregang

Keterangan Gambar 2.2 :

Ra : rol atas, bergerak pasif

Rb : rol bawah, bergerak aktif

Aa : *apron* atas

T : titik jepit

e : *ecartment*, jarak antara dua titik jepit yang berdekatan

$D_1$  : regangan utama (*main draft*)

$D_2$  : regangan pendahuluan (*break draft*)

$V_1$  : kecepatan permukaan rol C

V2 : kecepatan permukaan rol B

V3 : kecepatan permukaan rol A

Bm : berat masuk persatuan panjang yang disuapkan pada rol belakang

Bk : berat yang dihasilkan rol depan

Macam-macam peregangan :

1. *Actual Draft* (AD)

*Actual draft* adalah *draft* sesungguhnya yang telah dialami oleh bahan dengan tidak menghiraukan hal-hal lain yang disebabkan oleh kerja mesin, seperti berkurangnya bahan karena terjadinya limbah.

$$\text{Actual Draft} = \frac{\text{berat bahan masuk persatuan panjang}}{\text{berat bahan keluar persatuan panjang}}$$

2. *Mechanical Draft* (MD)

*Mechanical draft* adalah *draft* yang terjadi pada bahan dengan jalan membandingkan antara kecepatan permukaan dari rol pengeluaran dan rol pemasukan. Perhitungan besarnya *mechanical draft* didasarkan pada hubungan mekanisme roda-roda gigi yang menghasilkan kecepatan rol-rol peregangan yang berbeda. *Mechanical draft* dapat dibedakan menjadi :

- a. *Main draft* (regangan utama), yaitu regangan yang terjadi antara rol depan dan rol tengah. Harga *main draft* diperhitungkan dengan membandingkan kecepatan permukaan rol depan dengan kecepatan permukaan rol tengah.

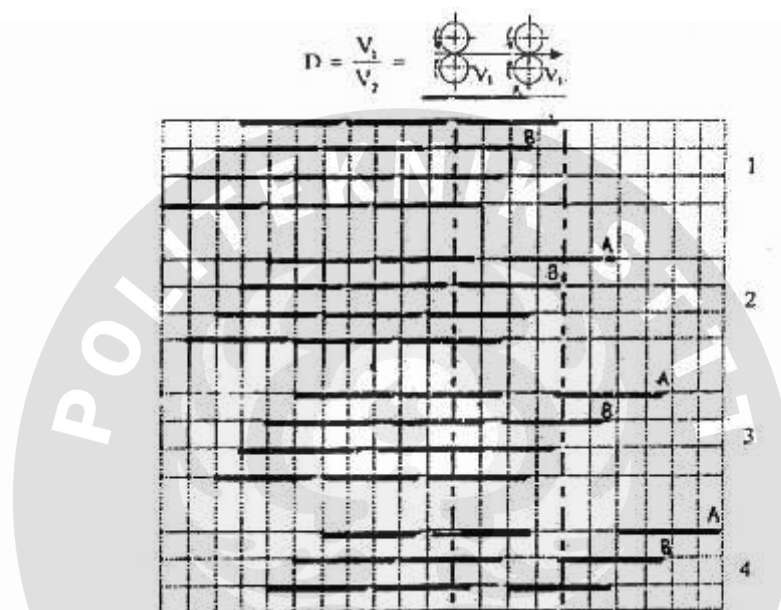
$$\text{Main Draft} = \frac{\text{kecepatan permukaan rol depan}}{\text{kecepatan permukaan rol tengah}}$$

- b. *Break draft* (regangan pendahuluan), yaitu regangan yang terjadi antara rol belakang dan rol tengah. *Break draft* ini berfungsi untuk menguraikan antihan pada *roving*. Antihan pada *roving* perlu diuraikan agar serat-serat sejajar dan mempermudah pada *main draft*.

$$\text{Break Draft} = \frac{\text{berat bahan masuk persatuan panjang}}{\text{berat bahan keluar persatuan panjang}}$$

### 2.2.2 Proses *Drafting* yang Sempurna

Dalam prakteknya, proses peregangan yang sempurna tidak pernah dapat tercapai, hal tersebut dikarenakan panjang serat yang diolah tidak selalu sama, serat-serat tidak lurus, kadang-kadang terjadi slip pada pasangan rol dan lain-lain. Namun proses peregangan yang ideal dapat dilihat pada Gambar 2.3 dibawah ini.



**Gambar 2.3 Proses *Drafting* yang Sempurna**

Penjelasan Gambar 2.3 adalah sebagai berikut :

1. Serat A sudah akan memasuki  $V_1$ , yang disusul oleh B.
2. Nampak A maju dengan pesat kedepan dengan mengikuti kecepatan keliling  $V_1$ , ketinggalan dua sub zone.
3. Karena B juga akan memasuki kecepatan  $V_1$ , maka kecepatan B sama dengan kecepatan A.
4. Terlihat bahwa dua sub zone ketinggalan B terhadap A merupakan jarak iring-iringan yang konstan yang besarnya dua kali lipat dibandingkan dengan jarak sebelum A dan B bersama-sama memasuki  $V_1$

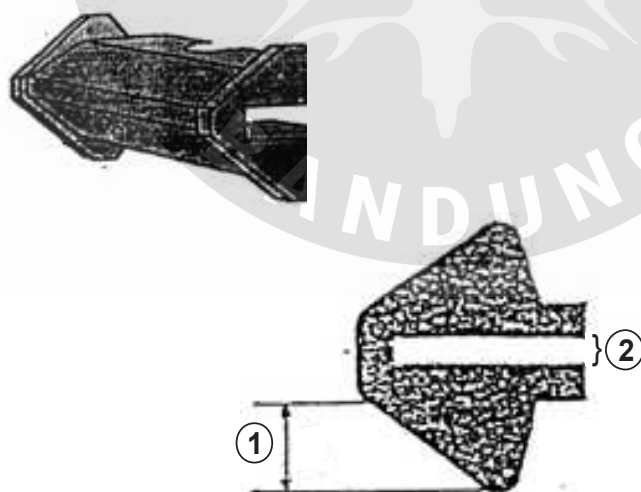
### 2.3 Tinjauan Tentang Spacer

*Spacer* atau sering disebut *distance clips* adalah alat untuk mengatur besarnya jarak pembukaan antara ujung *apron* atas dengan ujung *apron* bawah. Besarnya jarak antar *apron* ini harus diatur sesuai dengan bahan dan nomor yang diolah.

*Spacer* terbuat dari bahan plastik dengan berbagai ukuran yang ditunjukkan dengan warna-warna yang berlainan. Semakin besar ukuran *spacer* yang digunakan maka semakin besar jarak antar *apron*, begitupula sebaliknya semakin kecil ukuran *spacer* yang digunakan maka semakin kecil pula jarak antar *apron*.

Ukuran *spacer* mempengaruhi besarnya tekanan yang terjadi antara *apron* atas dengan *apron* bawah. Jika ukuran *spacer* diperbesar maka besarnya tekanan *apron* atas terhadap *apron* bawah akan berkurang, sedangkan jika ukuran *spacer* diperkecil maka besarnya tekanan *apron* atas terhadap *apron* bawah akan bertambah.

*Spacer* terletak pada daerah sistem peregangan yaitu ditengah-tengah pendulum, tepatnya dijepitkan pada *cradle top apron*. *Spacer* dapat dipasang dan dilepas dengan mudah dengan terlebih dahulu mengangkat pendulum ke atas. Untuk lebih jelasnya Gambar penampang *spacer*, *cradle top apron*, posisi *spacer* pada *cradle* dan posisi *spacer* pada sistem peregangan dapat dilihat pada Gambar 2.4-2.7

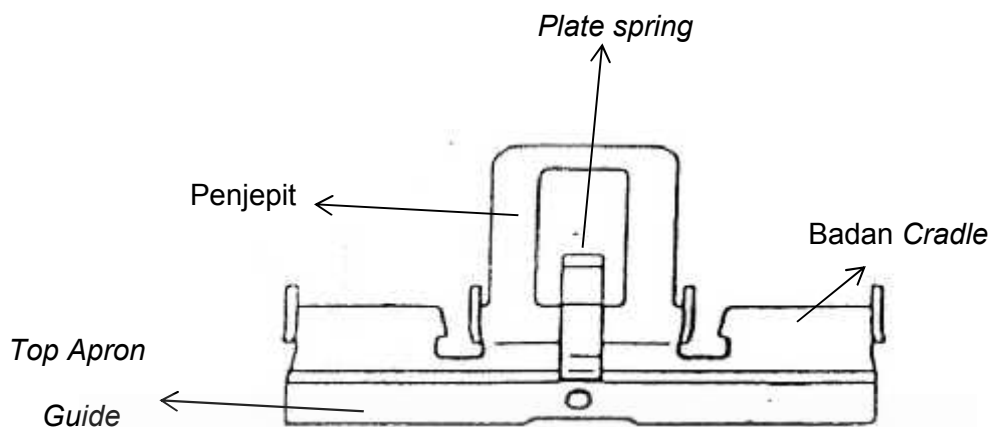


**Gambar 2.4 Penampang Spacer**

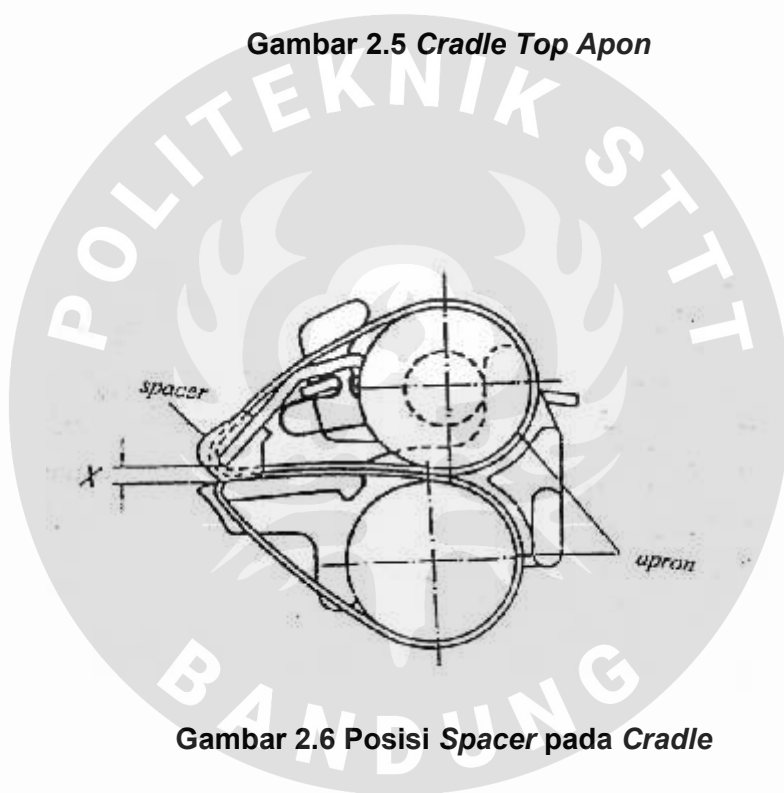
Keterangan Gambar 2.4 :

1. Tinggi *Spacer* (mm)
2. Tempat Pemasangan

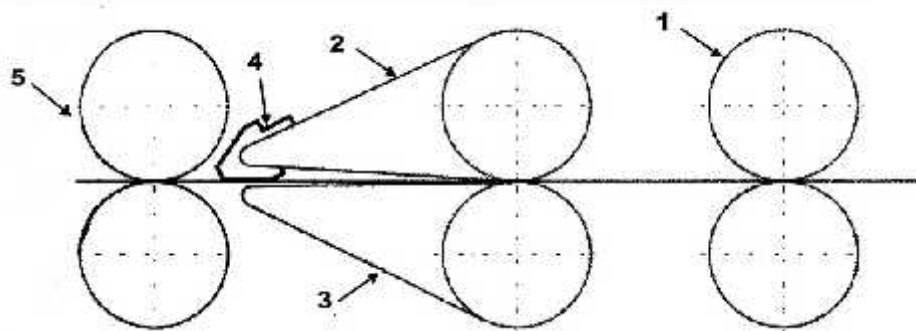




Gambar 2.5 Cradle Top Apon



Gambar 2.6 Posisi Spacer pada Cradle



Gambar 2.7 Posisi Spacer pada Sistem Peregangan

Keterangan Gambar 2.7 :

1. Pasangan rol belakang
2. *Apron* atas
3. *Apron* bawah
4. *Spacer*
5. Pasangan rol depan

Berdasarkan Gambar 2.7 pada halaman 14 dapat dilihat mekanisme kerja *spacer*. *Spacer* (4) mempunyai berbagai macam ukuran, ukuran tersebut menunjukkan besarnya jarak antara ujung *apron* atas (2) dan ujung *apron* bawah (3). Semakin besar ukuran *spacer* (4) maka jarak antara ujung *apron* atas (2) dan ujung *apron* bawah (3) akan semakin jauh dan tekanannya semakin kecil, sebaliknya semakin kecil ukuran *spacer* (4) maka jarak antara ujung *apron* atas (2) dan ujung *apron* bawah (3) akan semakin dekat dan tekanannya semakin besar. Jarak ujung *apron* atas (2) dan ujung *apron* bawah (3) ini akan sangat berpengaruh terhadap pengontrolan serat oleh *spacer*(4).

## **2.4 Faktor yang Mempengaruhi Ketidakrataan Benang**

### **2.4.1 Peregangan**

Peregangan selalu dijumpai pada setiap proses pembuatan benang, bahan yang mula-mula mempunyai berat per satuan panjang yang besar secara bertahap dirubah menjadi bahan yang berat persatuan panjangnya lebih kecil, sesuai dengan kehalusan yang dikehendaki. Peregangan yang baik dipengaruhi oleh tiga faktor yaitu besarnya nilai regangan, pengaturan jarak jepit rol peregangan dan tekanan jepit. Faktor-faktor tersebut bukan merupakan hal yang akan menghasilkan peregangan sempurna, peregangan yang dapat memperkecil dan meluruskan serta mensejajarkan serat-seratnya menjadi lebih baik sehingga ketidakrataan yang dihasilkan baik ataupun faktor-faktor yang bisa dijadikan pegangan agar dapat meningkatkan ketidakrataan di daerah peregangan menjadi lebih baik.

### **2.4.2 Jarak Titik Jepit**

Hasil proses peregangan sangat dipengaruhi oleh jarak antara rol-rol pada daerah peregangan. Apabila pengaturan jarak antara rol-rol terlalu lebar maka akan timbul serat yang mengambang (*floating fibre*) dan tidak mengalami *draft control*.

Sebaliknya apabila jarak antara rol-rol terlalu sempit dibandingkan panjang seratnya maka pada waktu proses peregangan berlangsung dapat mengakibatkan setar putus (*cracking fibre*).

### 2.4.3 Pembebanan

Pembebanan diberikan kepada rol peregang bagian atas merupakan usaha untuk mendapatkan tekanan dari rol atas terhadap rol bawah sepanjang garis jepit sehingga serat-serat tidak mengalami slip pada saat peregangan berlangsung. Pembebanan ini dilakukan karena berat rol atas tersebut belum cukup untuk menekan dan menjepit bahan yang diregangkan. Maka dari itu pembebanan akan membantu proses peregangan pada rol-rol peregang.

### 2.4.4 Spacer

Secara teoritis, penggunaan *spacer* harus disesuaikan dengan bahan baku dan nomor benang yang akan dibuat, sebab jika ukuran *spacer* yang digunakan terlalu kecil maka akan menyebabkan tekanan antar *apron* atas dan *apron* bawah bertambah, hal ini dapat menyebabkan jalannya serat terganggu. Jika ukuran *spacer* diperbesar maka jarak antar ujung *apron* atas dan *apron* bawah menjadi besar, hal tersebut dapat menyebabkan serat tidak terpegang sempurna terutama serat-serat pendek, sehingga dapat mengakibatkan terjadinya serat-serat yang mengambang (*floating fibre*). Untuk mendapatkan jarak yang menghasilkan ketidakrataan paling optimal perlu dilakukan percobaan dengan menggunakan beberapa ukuran *spacer*.

## 2.5 Tinjauan Tentang Ketidakrataan Benang (U%)

Ketidakrataan benang didefinisikan sebagai tingkatan yang memperlihatkan penyimpangan berat sersatuan panjang dari harga rata-ratanya. Berat sendiri merupakan perkalian dari berat jenis ( $B_j$ ) dan volume ( $V$ ), sedangkan volume adalah perkalian luas penampang dan panjang. Berat jenis tergantung dari jenis bahannya, sehingga bias dikatakan perat per satuan panjang ekuivalen dengan luas penampang, untuk lebih mudahnya disebut “penampang” saja. Sehingga ketidakrataan dapat didefinisikan sebagai tingkat penyimpangan penampang bahan dari harga rata-ratanya.

Ketidakrataan merupakan hal yang tidak dapat dihindari dalam pengolahan bahan baku, jadi tidak mungkin membuat ketidakrataan sempurna. Usaha yang dapat

dilakukan adalah memperkecil tingkat ketidakrataan. Ketidakrataan bahan tekstil yang diproduksi sedikit-tidaknya akan membawa 3 efek yang tidak dikehendaki diantaranya :

1. Benang cenderung putus pada titik terlemah dan titik-titik ini berada pada rangkaian tempat-tempat tipis pada bahan.
2. Jumlah dan ukuran frekuensi tempat-tempat tebal dan tipis, merupakan ukuran tingkat ketidakrataan yang sangat menurunkan kekuatan bahan. Apabila banyaknya benang putus telah menjadi kenyataan, maka diperlukan waktu khusus untuk penyambungan, sehingga efisiensi produksi menurun.
3. Sifat ketidakrataan akan terbawa terus sampai pertenenan dan ini akan merusak kenampakan (*appearance*) kain.

Ketidakrataan benang yang dihasilkan sangat tergantung pada faktor-faktor sebagai berikut :

1. Keadaan bahan bakuyang disuapkan.
2. Kondisi mesin yang disuapkan.
3. Operator yang menangani.
4. Kondisi disekitar mesin.

## 2.6 Metoda Statistik

Data-data hasil pengujian diolah dengan menggunakan statistik. Dasar dan perhitungan dan rumus-rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Nilai rata-rata

Nilai rata-rata contoh uji bagi  $n$  nilai pengamatan  $x_1, x_2, \dots, x_n$  adalah

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

2. Standar Deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

3. Koefisien Variasi (CV)

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \times 100\%$$

4. *Sampling Error*

Pada umumnya *sampling error* yang digunakan pada industri tekstil biasanya kurang dari 5%. Hal ini berarti apabila percobaan memiliki *error* lebih kecil dari pada

5%, maka percobaan di anggap telah memenuhi syarat, sedangkan *probability* (t) yang dipakai adalah 95%.

Untuk menghitung *sampling error* digunakan rumus :

$$E = \frac{t \times CV}{\bar{n}}$$

Dimana :  $n$  = jumlah pengujian

$CV$  = Koefisien Variasi

$E$  = tingkat ketelitian (*error*) dengan satuan (%)

$t$  = besarnya tergantung dari prababilitas, untuk probabilitas 95%

= 1,960

Selanjutnya data hasil pengujian ketidakrataan benang diolah dan dianalisa dengan menggunakan statistik, sebagai berikut :

### 1. Analisa Varians Satu Arah

Untuk menganalisa dan menyelidiki apakah terdapat perbedaan yang berarti atau tidak mengenai efek rata-rata tiap taraf, maka digunakan suatu disain atau model eksperimen faktorial. Metode matematik berdasarkan pada metode :

$J_i$  = banyaknya nilai pengamatan untuk tiap perlakuan ukuran *spacer*

$$= \sum_{j=1}^k Y_{ij}$$

$J$  = jumlah seluruh nilai pengamatan

$$= \sum_{j=1}^k J_i$$

$Y_i$  = rata-rata pengamatan

$$= \frac{J_i}{n_i}$$

$\bar{Y}$  = rata-rata seluruh nilai pengamatan

$$= \frac{J}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

Langkah langkah yang perlu diperhatikan untuk melakukan analisa dalam desain eksperimen ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Menyusun data-data desain eksperimen faktor tunggal seperti pada tabel 2.1 halaman 20.
- Menyusun daftar varians seperti pada tabel 2.2 halaman 20.
- Menyusun hipotesa dan alternatifnya, yaitu :
  - $H_0$  = semua harga rata-rata sama
  - $H_i$  = sedikitnya ada satu harga rata-rata yang tidak sama
- Untuk menguji hipotesa, maka perlu dihitung nilai statistik F agar diketahui apakah terdapat contoh yang mempunyai harga variasi sama atau berbeda.
- Menetapkan kesimpulan berdasarkan kriteria daerah kritisnya, yaitu  $F$  hitung berada pada daerah penerimaan yaitu lebih kecil dari  $F_{\alpha}$  atau  $F$  table ( $0 -$  pada taraf signifikansi maka  $\alpha = 0,05$ ), maka hipotesa diterima dan sebaliknya jika  $F$  hitung lebih besar dari pada daerah penolakannya yaitu lebih besar dari  $F_{\alpha}$  atau  $F$  table, maka hipotesa ditolak.

Selanjutnya yang diperlukan adalah :

- $R_y$  = jumlah kuadrat-kuadrat ( $JK$ ) untuk rata-rata
 
$$= \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i}$$
- $P_y$  = jumlah kuadrat ( $JK$ ) antar perlakuan
 
$$= \frac{\sum_{i=1}^k J_i^2}{n}$$
- $\sum Y^2$  = jumlah kuadrat ( $JK$ ) semua nilai pengamatan
 
$$= \sum_{i=1}^k \sum_{j=i}^{n_i} Y_{ij}^2$$
- $E_y$  = jumlah kuadrat ( $JK$ ) kekeliruan eksperimen
 
$$= Y^2 - R_y - P_y$$

Kemudian dibuat analisa yang mengambil kesimpulan, yaitu :

- Jika  $F$  hitung  $< F$  table ( $H_0$  : diterima)  
Berarti : semua harga rata-rata sama atau tidak ada pengaruh perlakuan (penyetelan bebrapa ukuran *spacer*) terhadap ketidakrataan benang.
- Jika  $F$  hitung  $> F$  table ( $H_0$  : ditolak)  
Berarti : sekurang-kurangnya ada satu harga rata-rata tidak sama atau ada pengaruh perlakuan (penyetelan beberapa ukuran *spacer*) terhadap ketidakrataan benang.

**Table 2.1 Data Pengamatan Untuk Desain Eksperimen**

Jenis Pengamatan	Ukuran <i>spacer</i>			Jumlah
	S1	S2	S3	
Data Pengamatan	$Y_{11}$	$Y_{21}$	$Y_{31}$	
	$Y_{12}$	$Y_{22}$	$Y_{32}$	
	...	...	...	
	...	...	...	
	$Y_{1ni}$	$Y_{2ni}$	$Y_{3ni}$	
Jumlah	$J_1$	$J_2$	$J_3$	$J = \sum_{i=1}^k J_i$
Banyak Pengamatan	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n = \sum_{i=1}^k n_i$
Rata-rata	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y = \frac{J}{n}$

Setelah fungsi-fungsi di atas diperoleh, maka disusunlah sebuah daftar varians, seperti pada tabel 2.2 di halaman 21.

**Table 2.2 Data Susunan Daftar Varians**

Sumber Variasi	Derajat Kebebasan (dK)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F hitung
Rata-rata	1	$R_y$	$R = R_y$	$\frac{KTP}{KTE}$
Antar Perlakuan	$K - 1$	$P_y$	$P = P_y / (k - 1)$	
Kekeliruan	$\sum_{i=1}^k (n_i - 1)$	$E_y$	$E = E_y / \sum (n_i - 1)$	
Jumlah	$\sum_{i=1}^k (n_i)$	$\sum Y^2$		

## 2. Uji Rentang Newman Keuls

Uji rentang newman keuls digunakan untuk mengetahui perbandingan antara perlakuan, agar diperoleh nilai rata-ratamana yang sama dan mana yang berbeda. Langkah-langkah utama untuk melakukan uji rentang tersebut yaitu sebagai berikut :

- Menyusun  $k$  buah rata-rata untuk perlakuan menurut nilainya dari yang terkecil sampai yang terbesar.
- Dari harga anava, diambil harga  $KT$  kekeliruan.
- Menentukan kekeliruan baku rata-rata untuk setiap perlakuan dengan rumus sebagai berikut  $\frac{KT}{n_i} = \sqrt{\frac{KT}{n_i}}$
- Menentukan taraf signifikan  $\alpha$ , kemudian menggunakan daftar retan student yang tercantum dalam table dengan  $\alpha = 0,05$  dan  $v$  sesuai dengan jumlah data variasi.
- Menentukan Rentang Signifikan Terkecil ( $RST$ ) dengan perkalian  $S_y$  dan nilai rentan studentnya.
- Membandingkan selisih rata-rata terbesar dan terkecil dengan  $RST$  untuk  $p = k$ , selisih rata-rata terbeaar dan terkecil kedua dengan  $RST$  untuk  $p = (k - 1)$  dan seterusnya. Demikian juga dibandingkan selisih rata-rata terbesar kedua dengan  $RST$  untuk  $p = (k-2)$  dan seterusnya. Dengan demikian akan terdapat  $\frac{1}{2} k (k - 1)$  pasangan yang harus dibandingkan. Jika selisih-selisih yang didapat lebih besar daripada  $RST$ nya masing-masing, maka disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang berarti diantara rata-rata perlakuan.