

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Bahan Baku

Pada proses pembuatan benang *open end* 16^s di PT Binausaha Cipta Prima menggunakan bahan baku limbah kapas yang rata-rata panjang stapelnya (*effective length*) 20 mm. Bahan baku merupakan salah satu faktor yang penting yang akan mempengaruhi hasil benang yang dihasilkan, sehingga bahan baku yang digunakan mempunyai kualitas yang baik apabila ingin mendapatkan hasil benang yang baik.

2.2 Persyaratan Serat Untuk Dapat Dipintal Menjadi Benang

Menurut Pawitro (1972)^[3] kriteria persyaratan serat untuk dapat dipintal menjadi benang, yaitu :

- 1) Serat harus cukup panjang
Serat yang panjang mempunyai permukaan gesekan lebih luas, sehingga tidak mudah slip dan benangnya menjadi lebih kuat dengan demikian tiap serat-serat dengan panjang tertentu mempunyai daya pinal sampai batas nomer benang tertentu. Jadi penggunaan serat kapas harus disesuaikan dengan daya pinalnya.
- 2) Serat harus cukup halus
Kehalusan serat juga mempengaruhi kekuatan benangnya. Jumlah serat-serat yang halus pada suatu penampang benang tertentu, jumlahnya relatif lebih banyak jika dibandingkan dengan jumlah serat-serat yang lebih kasar dengan demikian makin halus seratnya, permukaan gesekan juga makin besar, kemungkinan terjadinya slip berkurang, sehingga benang semakin kuat.
- 3) Gesekan permukaan serat
Gesekan permukaan serat mempunyai pengaruh yang besar terhadap kekuatan benang. Serat yang halus biasanya mempunyai pilinan persatuan panjang yang lebih banyak, dan relatif lebih panjang sehingga gesekan permukaan seratnya juga lebih baik. Makin bertambah baik gesekan permukaan, kemungkinan slip antara serat satu dengan yang lain berkurang, sehingga benangnya relatif lebih kuat.
- 4) Serat harus cukup kenyal/elastis
Serat yang baik harus mempunyai kekenyalan, sehingga pada waktu serat mengalami tegangan tidak mudah putus.

5) Serat harus cukup kuat

Dua benang yang masing-masing terdiri dari serat-serat yang kehalusannya sama, tetapi kekuatannya berbeda, maka benang yang terdiri dari serat-serat yang kuat, akan mempunyai kekuatan yang lebih besar jika dibandingkan dengan benang yang terdiri dari serat-serat yang kurang kuat.

2.3 Pemintalan Benang Sistem *Open End*

Pemintalan adalah proses mengubah bahan baku berupa serat menjadi benang dengan tahapan-tahapan proses tertentu. Adapun dalam proses pembuatannya dimulai dengan pembukaan gumpalan serat, pembersihan serat, pencampuran serat, pelurusan serat, perangkapan dan peregangan serat, sampai dengan pemberian antihan atau *twist* menjadi benang. Ada beberapa macam sistem pemintalan benang, diantaranya pemintalan benang dengan sistem *ring frame* dan pemintalan dengan sistem *rotor* atau yang lebih dikenal dengan sistem pembuatan benang *open end*. Pada prinsipnya pembuatan benang dengan kedua sistem tersebut sama, yaitu pembukaan, pembersihan, pencampuran, perangkapan, peregangan dan pemberian antihan atau *twist*. Adapun yang membedakan dari kedua sistem tersebut adalah proses peregangan dan pemberian antihannya, sistem *ring frame* menggunakan *traveler* sebagai alat pembentukan antihan sedangkan dalam sistem *open end* alat pembentukan antihannya menggunakan *rotor*. Berikut akan lebih dibahas mengenai pemintalan benang dengan sistem *open end*.

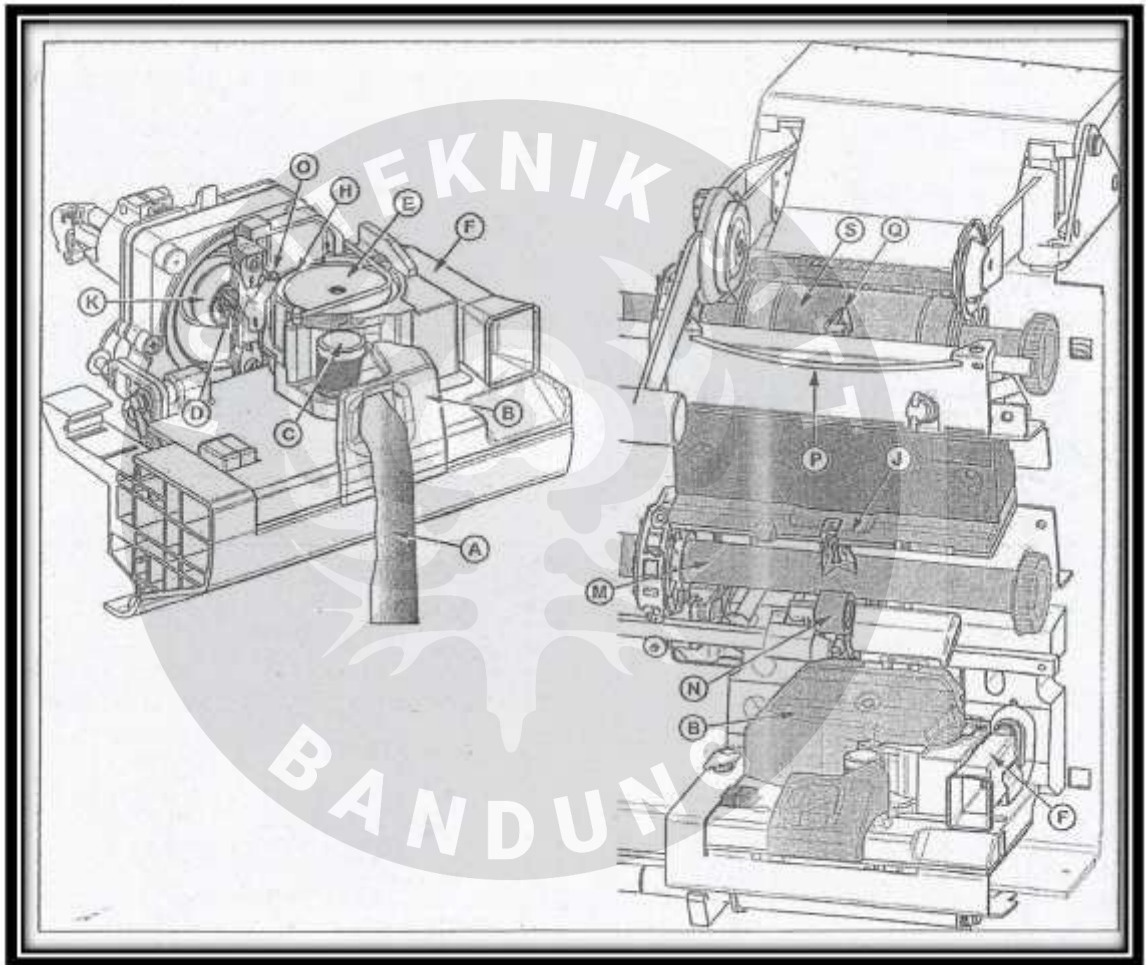
Open end spinning merupakan sistem pemintalan dimana ujung benang bagian belakang dari proses memang dalam keadaan terbuka, dalam arti bagian belakang tidak tersambung langsung dengan bahan bakunya. Meskipun secara laboratorium sistem pemintalan ini telah dicoba jauh waktu sebelumnya, baru pada tahun 1967 sistem *open end* ini berkembang secara komersial dan yang paling berkembang saat ini adalah *rotor spinning*.

Pada pemintalan *open end* peregangan dilakukan dengan penguraian serat oleh *comber roll* yang kemudian ditempatkan secara individu pada alur pengumpul serat tanpa jepitan. Kedudukan serat menjadi kurang kompak dan kurang searah. Benang yang dihasilkan menjadi kurang padat. Sistem pemintalan pada mesin *open end* ini memiliki prinsip pokok memisahkan antara proses pemberian antihan dengan proses penggulungan.

Bahan baku yang disuapkan pada mesin *open end* adalah *sliver drawing*. Dimana sistem penyuaapannya dilakukan dalam bentuk serat-serat individu yang terbuka.

Serat-serat yang disuapkan tadi akan disusun kembali pada alur pengumpul serat yang terdapat pada dinding *rotor* sebelah dalam. Maka dalam pembentukan benang pada mesin *open end* mengalami pemutusan kontinuitas antara bahan baku yang disuapkan dengan benang yang dihasilkan.

Dari keadaan inilah kemungkinan nama *break opening* yang kemudian lebih dikenal dengan nama *open end spinning*, karena memang ujung benang yang dihasilkan selalu dalam keadaan terbuka, dalam arti tidak tersambung dengan bahan yang disuapkan. Adapun aliran proses pembuatan benang yang terdapat pada mesin *open end* dapat dilihat dibawah ini.



Sumber : *Manual Book Open End Spinning Rieter 35*

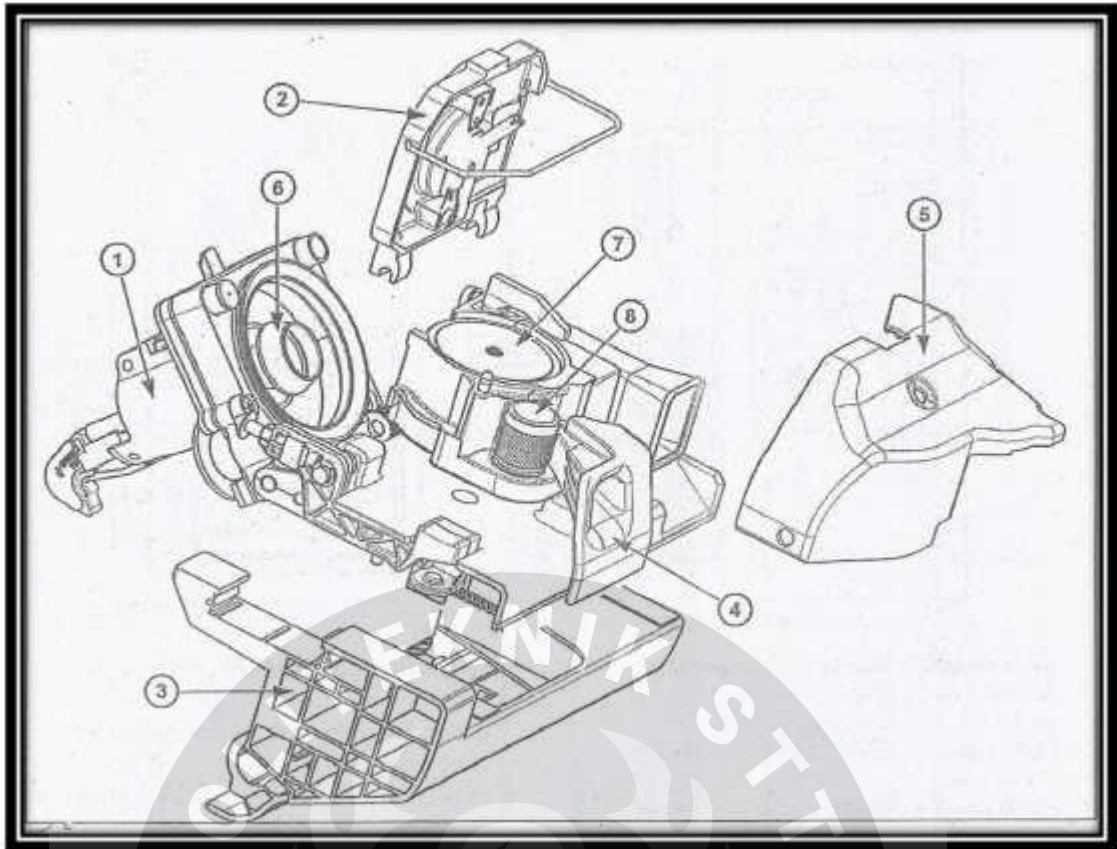
Gambar 2.1 Aliran Bahan pada Mesin Open End

Keterangan gambar 2.1 halaman 8 :

- | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| A. <i>Sliver</i> | M. <i>Delivery shaft</i> |
| B. <i>Feeding mechanism</i> | N. Rol pengantar |
| C. Rol penyuaap | O. <i>Nozzle and delivery nozzle</i> |
| E. Rol penyisir <i>sliver</i> | P. <i>Yarn compensator</i> |
| F. Saluran pembuangan kotoran | Q. <i>Yarn guide</i> |
| H. <i>Fibre chanel</i> | R. <i>Cones</i> |
| J. Sensor putus benang | S. Rol penggulung |
| K. <i>Rotor</i> | |

Keterangan :

Bahan baku dari mesin drawing berupa *sliver drawing* (A) masuk melalui mekanisme penyuaapan (B) kemudian rol penyuaap (C) yang digerakan oleh bagian motor. *Feed roller* atau rol penyuaap (C) menyuaapkan *sliver* ke dalam rol penyisir *sliver* (E) kemudian rol penyisir membawa *sliver* menuju keatas. Kotoran yang terkandung dalam *sliver* akan diambil melalui saluran pembuangan kotoran (F). Akibat adanya gaya sentrifugal dan aliran udara serat-serat masuk melalui *fibre chanel* (H) menuju ke *rotor*. *Fibre Chanel* melepaskan serat kedalam *rotor* (K) yang berputar pada kecepatan tinggi. Akibat adanya gaya sentrifugal serat membentuk pita atau cincin yang mengelilingi *groove rotor*. Akhirnya benang masuk kedalam *groove rotor* dimana serat-serat mengalami *twist* atau antihan pada benang. *Delivery shaft* dengan bantuan rol pengantar (N) menarik benang yang telah selesai melalui nozzle dan pengantar nozle (O). Benang bergerak terus melalui *yarn compensator* (P), sensor putus benang (J) dan *yarn guide* (Q), sebelum menuju *cones* (R). *cones* digerakan oleh roll penggulung (S). *yarn guide* bergerak kekanan kekiri mengikuti lebar *cones* benang dengan membentuk sudut yang telah disesuaikan . Pada bagian huruf (B) merupakan dudukan *spinning unit*. Adapun *spinning unit* pada mesin *open end spinning* dapat dilihat sebagai berikut ini :



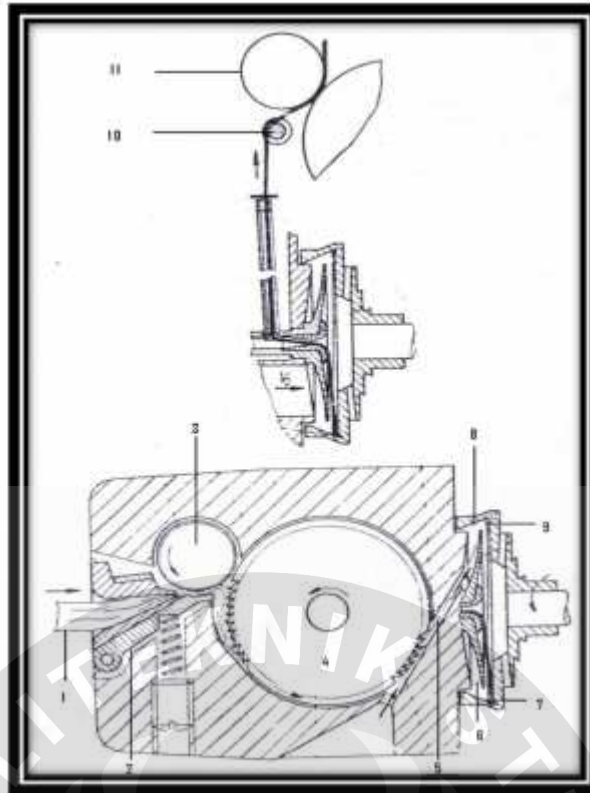
Sumber *Manual Book Open End Spinning Rieter R35*

Gambar 2.2 Spinning Unit Open End Rieter R35

Keterangan :

- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| 1. <i>Spinning mechanism</i> | 5. Cover |
| 2. <i>Insert</i> | 6. <i>Rotor</i> |
| 3. <i>SU holder</i> | 7. Rol penyisir <i>sliver</i> |
| 4. <i>Condenser</i> | 8. Rol penyuaap |

Spinning unit merupakan rangkaian yang terdapat pada mesin open end, spinning unit dapat dipasang atau dibuka sementara pada saat mesin sedang beroperasi. *Spinning unit* terdiri dari perangkat pembuka dan perangkat pemutar. Perangkat pemutar mudah dilihat dengan memiringkan seluruh bagian luar *spinning unit* yang kemudian secara otomatis berhenti karena *pulley* dari *rotor* dan *combing roll* terlepas dari *belt*. *Spinning unit* dimiringkan dengan menekan pengunci dan ditarik ke arah luar dengan sudut kemiringan sekitar 45°. Ketika *spinning unit* ditarik seluruhnya keluar dari kedudukan *spinning unit*, sudut kemiringan sekitar 90° untuk memberikan ruang yang cukup agar memudahkan pembersihan dan pelumasan. Pada *spinning unit* ini terjadi gerakan pembukaan serat-serat dan gerakan penggintiran dengan *rotor*. Skema dari *spinning unit* dari mesin open end dapat dilihat pada halaman 11 Gambar 2.3.



Sumber : *Open End Spinning*, Elsevier Scientific

Gambar 2.3 Skema *Spinning* Unit Mesin *Open End*

Keterangan Gambar 2.3 dapat dilihat pada halaman 12 :

1. *Sliver*
2. Plat penekan (*preasuse cradle*)
3. Rol penyuar (*feed roller*)
4. Rol penyisir (*comber roller*)
5. Tabung penyuar
6. *Rotor*
7. Dinding pemisah
8. Dinding peluncur
9. Permukaan peluncur
10. Rol penarik
11. Rol penggulung

Cara kerja *spinning* unit *open end* :

Sliver disuapkan melalui *inlet condenser*, kemudian ditarik oleh rol penyuaap dengan bantuan plat penekan. *Sliver* yang datang dari titik jepit antara rol penyuaap dengan plat penekan, kemudian dibuka oleh rol penyisir (*combing roll*). Setelah diuraikan serat-serat menempel pada rol penyisir dan mengikuti perputaran rol penyisir tersebut. Oleh kejadian ini maka *sliver* menjadi serat-serat individu.

Serat akan terlepas dari gigi rol penyisir dan masuk dalam tabung penyuaap. Pelepasan serat dari *combing roll* terjadi karena adanya gaya sentrifugal serta bantuan hembusan udara dalam tabung penyuaap. Serat dalam tabung penyuaap kemudian dipercepat oleh pengaruh aliran udara. Aliran udara ini ditimbulkan oleh putaran *rotor* yang tinggi, dimana permukaan pada *rotor* terdapat lubang-lubang yang berfungsi sebagai pompa penghisap udara.

Serat-serat keluar dari tabung penyuaap dan dilemparkan pada dinding pemisah *rotor* yang selanjutnya dipantulkan pada dinding peluncur dengan adanya gaya sentrifugal dari *rotor* serat-serat akan terkumpul pada permukaan pengumpul.

Penumpukan serat-serat pada permukaan pengumpul akan membentuk pita serat yang berbentuk cincin. Penumpukan serat-serat di sini akan membentuk porses *re-doubling* dari pita-pita serat karena gaya sentrifugal dari *rotor*.

Bila dimasukan benang pemancing, maka benang pemancing tersebut akan tertarik masuk kedalam *rotor* karena adanya gaya sentrifugal yang akan menyebabkan adanya hisapan udara pada dinding *rotor* dengan adanya gaya sentrifugal dari *rotor*, bagian benang pemancing yang ada dalam *rotor* terlempar dan menekan pada permukaan pengumpul dan bersatu dengan pita serat yang telah ada.

Karena putaran *rotor*, bagian benang pemancing yang ada dalam bagian *rotor* juga akan turun berputar sekaligus menarik dan memuntir pita serat. Jika benang pemancing ditarik, maka pita serat yang melakat pada ujung benang pemancing akan tertarik juga dan terpuntir mengikuti putaran benang. Akhirnya benang yang terbentuk, kemudian ditarik dan digulung pada gulungan benang dengan bantuan rol penggulung ke dalam bentuk gulungan silinder

2.4 Prinsip Kerja Mesin *Open End Spinning*

Mesin *open end* yang sudah dijelaskan pada halaman sebelumnya memiliki fungsi mengubah *sliver drawing* menjadi benang. Adapun prinsip kerja dari mesin *open end* ini sendiri dalam melakukan fungsinya mengubah *sliver drawing* menjadi benang adalah sebagai berikut.

1. Penyuaan *sliver*

Penyuaan *sliver* dilakukan secara langsung melalui *condensor* dan disuapkan oleh rol penyuaap dengan kecepatan tertentu menuju *combing roll*.

2. Penguraian *sliver*

Bahan atau *sliver* yang disuapkan oleh rol penyuaap akan diuraikan menjadi serat-serat individu oleh *combing roll*. Hal ini terjadi karena adanya gerakan mencabik-cabik yang dilakukan oleh *combing roll* yang berputar dengan kecepatan tinggi. Makin terurainya serat akan memberikan sifat penyuaan yang lebih merata sehingga benang yang dihasilkan memiliki kerataan yang baik.

3. Pemindahan serat

Serat-serat individu hasil penguraian *combing roll* akan masuk kedalam *rotor* melalui saluran penyuaan. Pemindahan *serat* ini terjadi akibat adanya hisapan oleh aliran udara akibat putaran *rotor* yang dalam hal ini bertindak sebagai pompa penghisap.

4. Pengumpulan serat dalam *Rotor*

Pengumpulan serat dalam *rotor* merupakan langkah awal dari pembentukan benang pada mesin *open end*. Pengumpulan serat ini terjadi akibat adanya gaya sentrifugal yang dihasilkan dari putaran *rotor*. Ketika serat-serat individu disuapkan kedalam *rotor* maka akan terlempar kebagian *rotor* yang memiliki ruang sempit (*groove rotor*). Serat tadi akan semakin terdesak masuk kedalam *groove rotor* seiring dengan adanya penyuaan dan putaran *rotor*. Serat tadi akan terkumpul dan terpadatkan membentuk cincin serat yang siap diregangkan dan diberi antihan.

5. Pemberian Antihan (*Twist*)

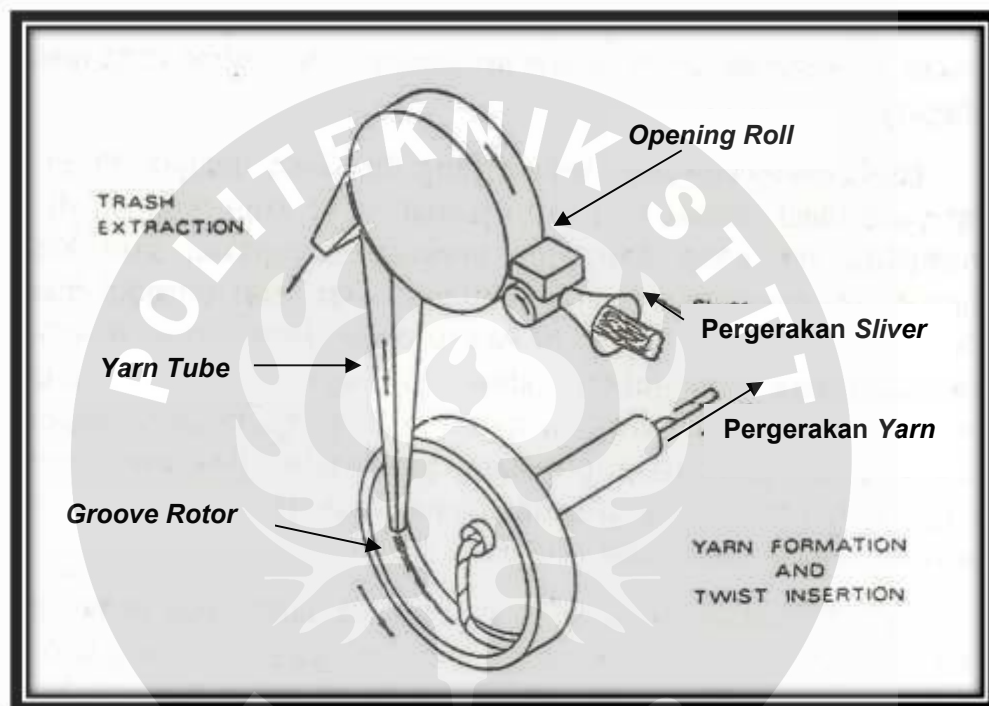
Antihan terjadi akibat adanya tarikan dari rol penarik dan putaran *rotor*. Cincin serat yang berputar didalam *rotor* akan ditarik keluar dengan bantuan benang pancingan oleh rol penarik sehingga terjadi peregangan pada cincin serat tadi. Dikarenakan bagian ujung serat yang ditarik tadi menempel pada *rotor*, maka ujung dari untaian serat tadi akan terus berputar. Akibat penarikan dan putaran inilah antihan terjadi pada benang.

6. Penggulungan

Penggulungan benang dilakukan dengan menggunakan putaran dari rol penggulungan yang dipadukan dengan drum beralur. Penggulungan terjadi akibat adanya penarikan benang oleh *cones* akibat pengaruh dari putaran rol penggulungan yang menempel pada *cones*. Sementara drum beralur akan mengatur kerataan kepadatan gulungan pada *cones*.

2.5 Mekanisme Pembentukan Benang pada Mesin *Open End*

Pada dasarnya pembuatan benang dengan sistem *open end rotor spinning* digambarkan secara diagramatis seperti pada Gambar 2.4 berikut.



Sumber : Asmanto, Subagyo. Proses Manufaktur Benang Sistem *Rotor*, Graha Ilmu, Yogyakarta, 1993.

Gambar 2.4 Skema Proses Pembuatan Benang Sistem *Open End*

Menurut Asmanto S. (1993)^[1] *sliver* hasil proses *drawing II* secara perlahan ditarik ke dalam mesin dengan rol penyuaap (*feed roller*) yang dihubungkan dengan suatu *spring loaded feed pedal*. Rol pembuka atau *comber roller* berputar sangat cepat yang mana pada permukaan rol tersebut telah dilapisi dengan lapisan *metallic card clothing* yang berfungsi untuk menyisir ujung bagian depan serat-serat yang masuk pada saat proses pembukaan serta membersihkan kotoran yang terdapat pada serat hingga kotoran serat-serat terpisah/terlepas satu sama lain. Setelah

serat-serat tersebut terpisah dari kotoran, maka dengan menggunakan rol tersebut serat betul-betul sudah menjadi serat-serat individu dan bersih.

Hal ini dimungkinkan untuk dapat dipintal. Jika serat-serat tersebut dimasukkan ke dalam kelompok-kelompok kecil, dan jumlah serat dalam kelompok-kelompok yang mendekati *spinner* semakin besar, maka akan ada kecenderungan semakin jelek pula kualitas benang yang dihasilkan.

Adanya tempat untuk menampung kotoran-kotoran serat, dimaksud agar kotoran-kotoran tersebut dapat keluar melalui suatu lubang pada *beater casing*, sementara serat-serat dihisap melalui pipa penyuar dan diteruskan ke atas permukaan *rotor* bagian pinggir yang bagian dalamnya berlekuk-lekuk. Posisi pipa penyuar dapat diperuncing agar menimbulkan aliran udara yang semakin cepat, yang mana diharapkan mempunyai kecenderungan untuk meluruskan serat-serat yang melayang (*inflight*).

Menurut Lord P.R, (1998), mengemukakan bahwa yang dimaksud dengan aliran (*flux*) serat yang ideal. Antara lain yaitu jumlah serat yang terdapat di dalam penampang melintang dari pipa penyuar merupakan satu kesatuan dalam proses pemindahan serat sehingga serat-serat tersebut masuk kedalam *rotor* dari ujung bagian bawah *rotor* ke ujung bagian dalam *rotor*. Tetapi Lord juga menunjukkan bahwa agar hal ini dapat dicapai dengan baik, maka kecepatan udara di dalam pipa penyuar harus sebesar 75 m/detik untuk jenis benang-benang yang halus (tex kecil) dan 600 m/detik untuk jenis benang-benang yang kasar (tex besar) yang berada diatas kecepatan suara (344 m/detik). Pada kenyataannya bahwa, aliran serat dalam pipa penyuar lebih besar daripada satu kesatuan yang ada, sehingga hasil yang baik dapat diperoleh dengan aliran serat sebesar antara 7 sampai 8 m/detik.

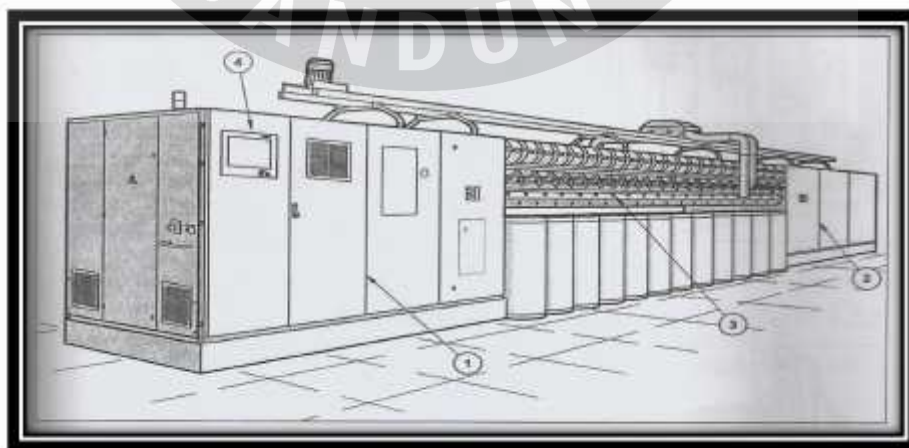
Pengaturan atau pelurusan serat-serat seharusnya terjadi pada saat serat-serat masuk ke dalam *rotor*, karena kecepatan pada permukaan *rotor* lebih tinggi daripada kecepatan udara. Gaya sentrifugal yang berfungsi melempar serat-serat keluar dari *rotor* kemudian serat-serat tersebut tertekan dan mengumpul pada permukaan bagian dalam *rotor*, selanjutnya serat-serat tersebut membentuk gelang serat yang terdiri dari sejumlah lapisan serat yang telah terbentuk didalam *rotor*.

Pada waktu proses pemintalan mulai berlangsung, maka benang *seed* (*seed yarn*) yang ada di dalam *rotor* dimasukan melalui pipa penyuaran benang untuk dikeluarkan. Karena *rotor* dan udara didalamnya berputar, maka ujung benang ikut berputar juga. Gaya sentrifugal yang berfungsi untuk melempar serat ke permukaan

rotor bagian tepi sebelah dalam sehingga terjadi dimana bagian ujung benang bersentuhan dengan gelang serat. Segera setelah persentuhan ini terjadi, maka benang *seed* (*seed yarn*) tertarik, dan dengan demikian produksi benang dimulai. Setiap putaran lengan benang (*yarn arm*) bergerak berputar memberi putaran (*twist*) pada benang didalam pipa penyusunan benang, dan karena adanya sedikit penghentian, maka sebagian putaran (*twist*) sepanjang lengan benang (*yarn arm*) yang menuju ke permukaan *rotor* lepas kembali, dengan demikian akan menyebabkan ujung benang *seed* (*seed yarn*) menjadi terjatuh/tersangkut pada gelang serat-seratnya, dan selanjutnya secara progresif dapat terlepas dari permukaan *rotor* untuk membentuk benang.

2.6 Tinjauan Mesin *Open End* Rieter R35

Pada proses pembuatan benang *open end* di PT Binausaha Cipta Prima mesin yang digunakan adalah mesin *open end* Rieter R35 yang berasal dari Swiss. Mesin ini mempunyai kapasitas 400 spindel 200 spindel berada di bagian kanan dan 200 spindel di bagian kiri, dimana pada bagian kanan dan kiri mesin terdapat motor penggerak untuk menggerakkan kecepatan *combing roll*, dan kecepatan putaran *rotor*. Pada pengoperasiannya dalam mengubah kecepatan putaran *rotor* mesin ini dilengkapi dengan inverter yang berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan kecepatan putaran motor untuk menggerakkan *pulley rotor* yang menghubungkan dengan kecepatan putaran *rotor* sehingga untuk mengubah kecepatan putaran *rotor* tidak perlu mengganti *pulley* cukup dengan memasukkan angka kecepatan putaran *rotor* yang ingin dimasukkan kedalam proses pembuatan benang *open end* pada layar monitor. gambar mesin *open end* Rieter R35 dapat dilihat pada gambar 2.5 dibawah ini.



Sumber *Manual Book Open End Spinning* Rieter R35

Gambar 2.5 Mesin *Open End* Rieter R35

Keterangan gambar 2.5 halaman 16 :

1. Tempat pengaturan sensor mesin bagian depan
2. Tempat pengaturan mesin bagian belakang
3. *Spinning unit*
4. Tampilan layar monitor

2.7 Tinjauan Kecepatan Putaran Rotor

Menurut T.V. Ratnam (1999)^[4] pada proses pembuatan benang *open end spinning* ketika kecepatan putaran *rotor* meningkat akan berdampak pada kekuatan benang yang dihasilkan diantaranya :

1. Ketika kecepatan *rotor* meningkat untuk memberikan twist, kecepatan take up mengalami peningkatan untuk mempertahankan masa jenis dari benang. Tingkat penyuaian juga mengalami peningkatan, ini akan berdampak pada efisiensi *combing roll* dalam melakukan pemisahan serat-serat individu jadi serat dapat dikirim ke *groove rotor* dalam bentuk kelompok, maka dari itu kekuatan benang akan mengalami penurunan. (Berdasarkan penelitian sudah dibuktikan bahwa kelompok serat datang dari *combing roll* ke *rotor* tidak seharusnya lebih dari 4 dan 6 serat untuk mendapatkan benang yang kuat).
2. Pada keadaan normal serat yang datang dari *combing roll* mengandung banyak *hook*, *loop* (tekukan) dan deformasi serat (serat rusak) pada kecepatan putaran *rotor* tinggi waktu yang dibutuhkan dari serat untuk mendapatkan pelurusan dan relaksasi berkurang sehingga hasil kekuatan benang menurun.
3. Benang *open end* diketahui dari presentasi serat *wrapper*. Serat *wrapper* ini longgar bebas membungkus mengelilingi permukaan dari benang *open end* dan serat tersebut tidak mempengaruhi kekuatan benang. Perbandingan dari serat *wrapper* bertambah sejalan dengan meningkatnya kecepatan putaran *rotor*.

2.8 Tinjauan Rotor

Rotor adalah alat yang menampung serat-serat yang disalurkan dari *opening roll*, menumpuk serat-serat tersebut, dan memberi puntiran pada saat tumpukan serat tersebut ditarik. Serat-serat dari *opening roll* akan jatuh pada permukaan *rotor* dan kemudian terlempar ke pinggir dan terkumpul dalam celah *rotor* (*groove*). Serat-serat yang terkumpul dalam *groove* di sekeliling *rotor* disebut *fibre ring*.

2.9 Tinjauan Tentang Mutu Benang

Dalam pengujian tekstil dikenal dengan kondisi ruang standar, yaitu kondisi di dalam ruangan dimana seharusnya pengujian itu dilakukan, sehingga setiap hasil-hasil pengujian yang diperoleh selalu hasil dari satu macam kondisi ruang standar itu.

Kondisi standar ruang tersebut :

RH : $65 \pm 2\%$

Suhu : $27 \pm 1^\circ\text{C}$

Setiap proses pembuatan benang, diharapkan dapat memperoleh mutu hasil benang yang baik. Faktor-faktor yang menentukan mutu benang yang ditinjau disini hanya pada kekuatan tarik benang per helai dan ketidakrataan benang pada proses pemintalan benang *open end*.

Faktor-faktor yang mempengaruhi mutu benang ialah :

a. Kekuatan benang

Kekuatan benang hasil pintal dari serat-serat stapel, baik serat kapas maupun sintetis dipengaruhi oleh faktor-faktor : panjang stapel, kehalusan serat, kekuatan serat, antihan dan gintiran, kerataan, distribusi panjang serat, dan pengerjaan *finish* serat secara kimia terutama pada serat sintetis. Faktor lain yang mempengaruhi kekuatan benang adalah regain benang, letak serat dan mulur serat individu.

Untuk mengukur nilai kekuatan benang dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu :

- 1) Kekuatan benang per *lea* (120 *yard*) dengan satuan kg.
- 2) Kerataan benang per helai dinyatakan dalam satuan gram.

b. Ketidakrataan benang

Ketidakrataan benang merupakan faktor yang penting dalam menentukan mutu benang.

Ketidakrataan benang ditentukan oleh beberapa faktor :

- Ketidakrataan panjang serat dan distribusi serat dalam benang.
- Kesalahan yang terdapat pada mesin sebelumnya

Dengan peralatan *Uster Evenes Tester* akan didapat secara langsung harga dari ketidakrataan (U%). Makin tinggi harga U% berarti makin tidak rata benang tersebut, makin tidak rata suatu benang maka akan semakin lemah benang tersebut, begitu pula sebaliknya makin rata suatu benang, maka semakin tinggi kekuatannya.

Disamping itu juga benang yang tidak rata akan memberikan kenampakan yang kurang baik pada kain yang dibuat. Jadi jelas bahwa faktor ketidakrataan ini

memerlukan perhatian yang serius dalam proses pemintalan demi menjamin baiknya benang yang diproses.

2.10 Analisis Statistik

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

1. Nilai Rata-Rata (\bar{X})

Perhitungan nilai rata-rata contoh uji bagi n nilai pengamatan x_1, x_2, \dots, x_n adalah sebagai berikut.

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

dimana : \bar{X} = Nilai rata-rata hitung
 x_i = Nilai pengamatan ke-i
 n = Jumlah pengujian

2. Standar Deviasi (S)

Perhitungan standar deviasi adalah sebagai berikut.

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

dimana : S = Nilai standar deviasi
 x_i = Nilai pengamatan ke-i
 n = Jumlah pengujian

3. Koefisien Variasi (CV)

Perhitungan koefisien variasi adalah sebagai berikut.

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

dimana : CV = Nilai koefisien variasi
 S = Nilai standar deviasi
 \bar{X} = Nilai rata-rata hitung

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 dianggap telah memenuhi syarat, sedangkan probability (t) yang dipakai adalah 95%.

Untuk menghitung sampling error digunakan rumus sebagai berikut.

$$E = \sqrt{\frac{CV^2 \times t^2}{n}}$$

Dimana : E = Tingkat ketelitian (error)

n = Jumlah pengujian

CV² = Koefisien variasi

t² = Faktor probabilitas dengan level probabilitas 95% = 1,960

selanjutnya data hasil pengujian mutu benang limbah kapas 16^s diolah dan dianalisa dengan menggunakan statistik sebagai berikut :

1. Analisa Varians Satu Arah (ANOVA)

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

J_i = Banyaknya nilai pengamatan untuk tiap perlakuan

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

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 22.
- Menyusun daftar anava seperti pada Tabel 2.2 halaman 22
- Menyusun hipotesa dan alternatifnya, yaitu :
 - H_0 : semua harga rata-rata sama
 - H_1 : sedikitnya ada satu harga-rata-rata yang tidak sama.
- Untuk menguji hipotesa, maka perlu dihitung nilai statistik F agar diketahui apakah terdapat sample yang mempunyai harga variasi sama atau berbeda.
- Menetapkan kesimpulan berdasarkan kriteris daerah kritisnya, yaitu F hitung berada pada daerah penerimaan yaitu lebih kecil dari F_α atau F tabel (0-pada taraf signifikan maka ditolak $\alpha = 0,05$), maka hopotesa diterima, dan sebaliknya jika F hitung lebih besar dari pada daerah penolakannya yaitu lebih besar dari F_α atau F tabel, 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

$$= \frac{\sum_{i=1}^k J_i^2}{n} - R_y$$

- ΣY^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

$$= \Sigma Y^2 - R_y - P_y$$

Kemudian dibuat analisa untuk mengambil kesimpulan, yaitu :

- Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ (H_0 : diterima)
Berarti : semua harga rata-rata sama atau tidak ada pengaruh perubahan variasi kecepatan putaran *rotor* terhadap mutu benang limbah kapas 16^s.
- Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ (H_0 : ditolak)
Berarti : sekurang-kurangnya ada satu harga rata-rata tidak sama atau ada pengaruh perubahan variasi kecepatan putaran *rotor* terhadap mutu benang limbah kapas 16^s.

Tabel 2.1 Data Pengamatan Untuk Desain Eksperimen

Jenis Pengamatan	Variasi Usia Ring Flange			Jumlah
	R1	R2	R3	
Data Pengamatan	Y ₁₁ Y ₁₂ ... Y _{1ni}	Y ₂₁ Y ₂₂ ... Y _{2ni}	Y ₃₁ Y ₃₂ ... Y _{3ni}	
Jumlah	J ₁	J ₂	J ₃	
Banyak Pengamatan	n ₁	n ₂	n ₃	
Rata-rata	Y ₁	Y ₂	Y ₃	

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

Tabel 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	$\frac{KTP}{KTE}$
Variasi	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-rata mana 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 :

$$\overline{S}_y = \sqrt{\frac{KT}{n_i}}$$

- Menentukan taraf signifikan α , kemudian menggunakan daftar rentan student yang tercantum dalam tabel dengan $\alpha = 0,05$ dan v sesuai dengan jumlah data variasi.
- Menentukan Rentang Signifikan Terkecil (RST) dengan perkalian harga S_y dan nilai rentang studentnya.
- Membandingkan selisih rata-rata terbesar dan terkecil dengan RST untuk $p = k$, selisih rata-rata terbesar 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 RSTnya masing-masing, maka disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang berarti diantara rata-rata perlakuan.