

BAB III

PERANCANGAN PROSES

Proses produksi adalah sebuah rantai proses menentukan material, mengolah, memasarkan, hingga produk itu kembali ke perusahaan dalam bentuk konsep pengembangan terhadap produk baik kelemahan maupun kelebihan. Kualitas produk tidak dapat hanya memfokuskan pada bagian tertentu saja tanpa memikirkan proses yang lain, keberhasilan dari produk industri menjadi tanggung jawab semua departemen, tidak bisa keberhasilan hanya dibebankan kepada salah satu departemen.

Proses pembuatan benang POY dengan bahan baku chips menjadi benang yang mempunyai komposisi tertentu disamping grade, sifat fisik benang filament yang sesuai dengan permintaan konsumen.

Prinsip dasar dari proses pemintalan leleh, yaitu:

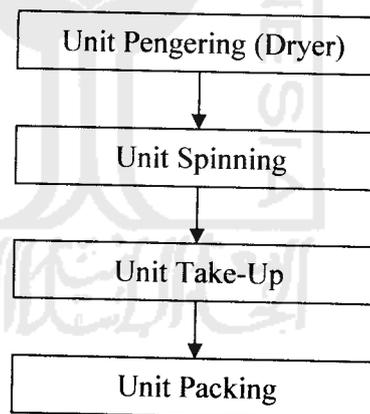
- a. Pengecekan chips dalam laboratorium.
- b. Menampung chips sementara didalam chips charging hopper yang diteruskan pada penampungan raw chips silo.
- c. Mengurangi kandungan moisture dan lapisan film pada chips diproses crystallizer dan pemanasan kembali pada dryer
- d. Proses pelelehan chips didalam extruder dengan pemanasan yang berbeda-beda dan mendorong polymer agar dapat masuk ke CPF dengan alat screw.

- e. Pembentukan filamen dari lubang spinneret akibat adanya gerakan spin pump yang mendorong melt keluar melewati spinneret dan pembentukan orientasi molekul polymer dengan udara dingin yang berasal dari quenching air.
- f. Penyatuan filament-filament menjadi benang dan penarikan benang pada saat melewati guide roll 1 dan 2.
- g. Proses penggulungan benang dalam bentuk cone dengan berat tertentu.

Tahapan-tahapan tersebut perlu jaminan bahwa benang yang dihasilkan cukup rata, kuat, elastisitas dan sifat-sifat fisik atau kimia yang dapat diterima secara komersial dan juga ekonomis.

3.1 Uraian Proses

Alur proses produksi benang POY :



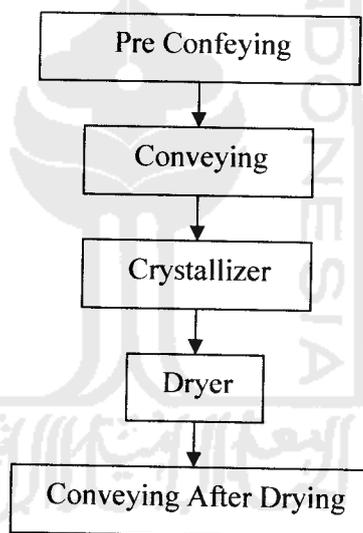
3.1.1 Unit Pengering (Dryer)

Unit pengering (dryer) adalah unit yang berfungsi untuk mengurangi kadar air dalam chips sesuai yang dikehendaki. Chips di dalam dryer tersebut dipanaskan dengan udara yang berasal dari heater. Udara tersebut merupakan

udara tekan yang disuplai dari utilitas dan telah dihilangkan kandungan air dan udaranya sehingga diperoleh kandungan udara yang mempunyai sifat seperti nitrogen.

Sistem kerja mesin-mesin berawal dari atas ke bawah. Hal ini dikarenakan ada bagian tertentu dari mesin yang memanfaatkan gaya gravitasi untuk mentransfer chips. Sedangkan material yang dipakai berada dibawah. Untuk itu diperlukan alat berupa air dryer dengan hasil udara tekan yang telah diatur secara auto.

Proses aliran chips yang berada pada dryer :



3.1.1.1 Pre Conveying

Chips yang telah memenuhi standar pengecekan kualitas di laboratorium dimasukkan ke dalam chips charging hopper ± 8 bag/shift (1 bag = 1321,83 Kg). Chips charging hopper adalah tangki penampung yang berfungsi menampung chips dari bag ke wet chips silo (raw chips silo). Mekanisme perjalanan chips adalah

“chips-udara-chips-udara-dst”, hal ini dikarenakan agar tidak terjadi bloking di pipa. Akibat adanya gaya gravitasi, chips turun dan masuk pada rotary feeder yang akan mengatur seberapa banyak chips yang akan ditransfer. Chips didorong dengan udara tekan (air pressure) yang bertekanan 2-3 bar dan dengan cara tact sub valve, 1 dan 2 membuka dan menutup secara bergantian. Untuk mengatur debit chips yang akan masuk ke unit pre conveying terdapat suatu alat yaitu Air Lock I yang bekerja secara otomatis. Pada tahap pre conveying terdapat unit sensor yang digunakan untuk mengetahui besarnya tekanan udara dari utilitas yang masuk ke wet chips silo.

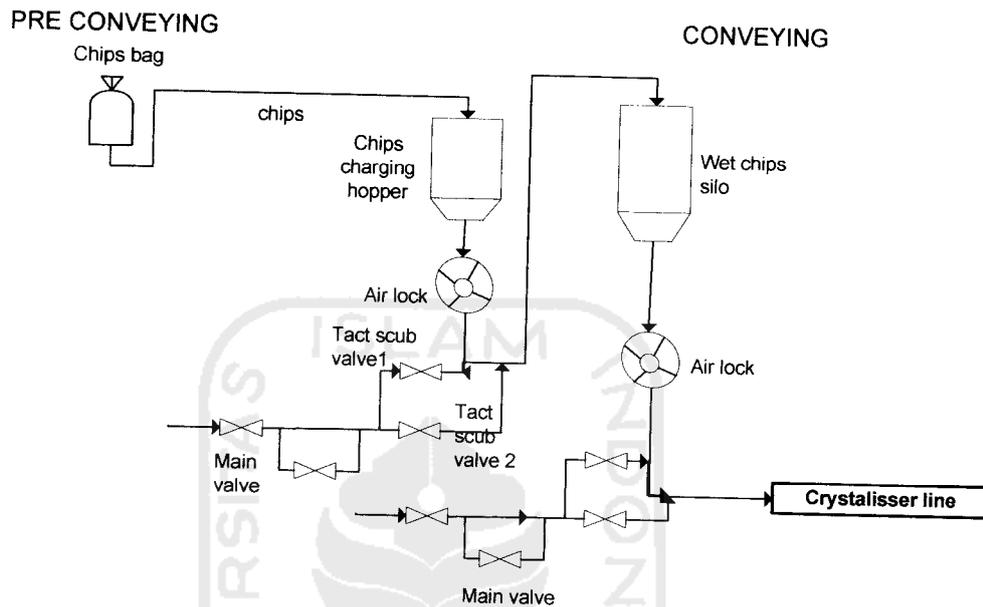
3.1.1.2 Conveying

Wet chips silo adalah tangki tempat penampungan chips sementara yang berasal dari chips charging hopper. Mekanisme pada tahap conveying, chips turun dari wet chips silo ke dalam air lock II karena adanya gaya gravitasi. Sebelum masuk ke dalam air lock II, chips terlebih dahulu melewati metal detector yang dilengkapi sensor untuk mendeteksi apakah dalam silo terdapat logam atau benda asing yang akan masuk ke crystallizer hopper bersama chips sebelum masuk pada crystallizer hopper.

Mekanisme kerja metal detector adalah :

- Metal detector berupa 3 Y valve. Pada saat normal lubang yang lurus ke bawah terbuka dan lubang ke arah drain tertutup.
- Apabila di dalam chips terdapat unsur metal, lubang valve yang lurus ke bawah tertutup dan sebaliknya lubang valve yang ke arah drain terbuka, sehingga chips dan unsure metal terbangun keluar.

- Chips ditransfer sama seperti pre conveying, yaitu didorong dengan udara bertekanan sekitar 2-3 bar dan dengan cara tact scub valve, 1 dan 2 membuka dan menutup secara bergantian.



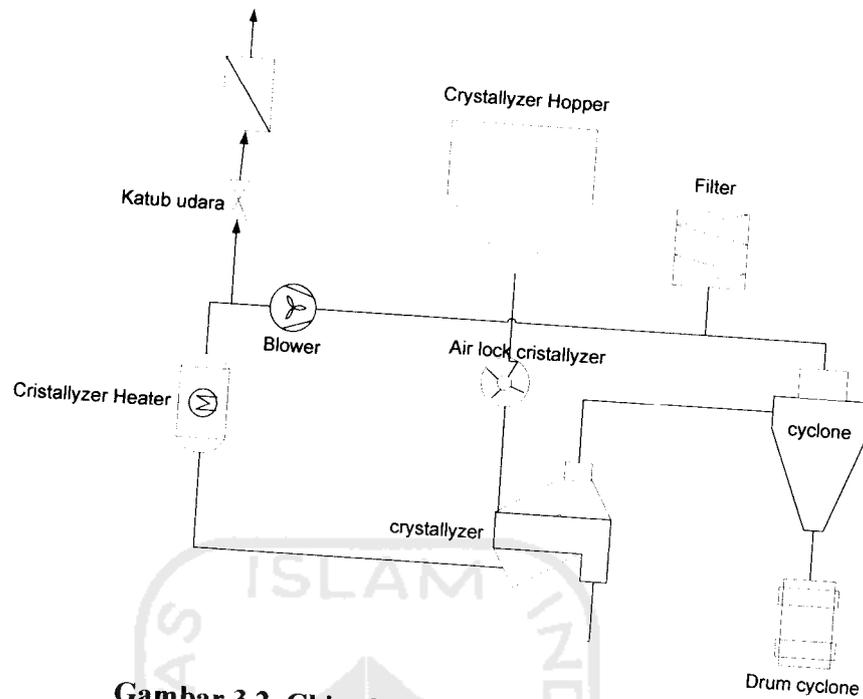
Gambar 3.1 Chips berada pada tahap pre conveying dan conveying

3.1.1.3 Crystallizer

Crystallizer adalah mesin yang berfungsi untuk mengkristalkan chips (pelepasan lapisan film pada permukaan chips) dan mengurangi kandungan air dalam chips. Sebelum chips masuk pada crystallizer terlebih dahulu ditampung dalam tangki crystallizer hopper. Chips yang berada didalam crystallizer hopper akan turun ke crystallizer akibat gaya gravitasi dan diatur debitnya oleh air lock crystallizer.

Didalam crystallizer, chips dikurangi kadar airnya karena bila kadarnya terlalu banyak akan menyebabkan chips yang sudah menjadi polymer pada saat ditarik akan terlalu lembek sebaliknya bila kadar air terlalu sedikit maka filament mudah putus saat ditarik.

Pengurangan kadar air chips di crystallizer dilakukan dengan cara dihembuskan udara tekan yang sudah dipanaskan di heater, setelah udara digunakan untuk memanaskan chips maka temperaturnya akan berkurang dan dimungkinkan mengandung debu. Debu juga dapat berasal dari pengelupasan permukaan chips yang dipanaskan menjadi berbentuk kristal, oleh sebab itu udara disaring di dalam cyclone, dimana debu masuk kedalam drum cyclone dan udara yang sudah bersih dihisap kembali oleh blower kemudian dipanaskan di heater dengan temperatur 167,8 °C. Apabila tekanan udara panas lebih tinggi maka sebagian akan dibuang ke udara bebas dan sisanya akan masuk kedalam heater untuk pemanasan kembali. Udara yang telah mengalami pemanasan di heater kemudian diteruskan melewati pulsator sebelum masuk pada crystallizer. Pulsator merupakan alat untuk pengatur tekanan udara yang akan dihembuskan didalam crystallizer. Chips akan terurai diudara dengan tujuan chip tidak mudah lengket satu dengan lainnya dan chips akan masuk kedalam pipa dryer. Tinggi maksimum chips dalam crystallizer adalah 30 cm.



Gambar 3.2 Chips berada pada tahap crystallizer

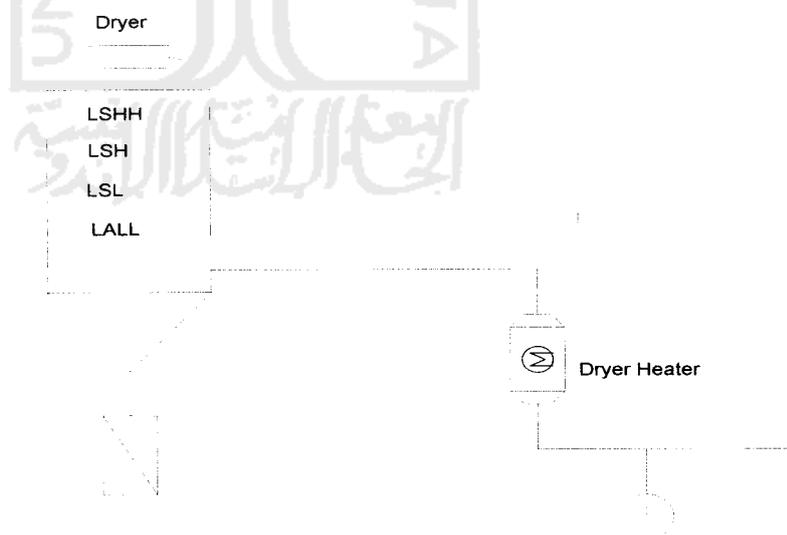
3.1.1.4 Dryer

Mesin drayer berfungsi untuk mengurangi kandungan air didalam chips dan menjaga temperatur chips yang keluar dari crystallizer. Udara yang dipergunakan berupa udara bebas yang nantinya akan diproses dahulu didalam alat air dryer sebelum dipanaskan pada drayer heater. Kegunaan dari alat air drayer adalah untuk mengkondensasikan temperature H_2O dan O_2 beserta kandungan lainnya yang terdapat pada udara bebas sehingga tersisa kandungan udara yang mempunyai sifat seperti nitrogen, dimana pada udara bebas kandungan H_2O akan mencair pada temperatur $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ sedangkan O_2 akan mencair pada temperatur $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Perlu diketahui bahwa nitrogen merupakan gas inert yaitu gas yang tidak akan bereaksi dengan senyawa lain (dalam hal ini adalah chips), karena

chips merupakan senyawa kimia PET. Apabila kandungan udara yang dipergunakan masih terdapat kandungan O₂ nya dimungkinkan chips didalam dryer akan mengalami perubahan warna (oksidasi) akibat dari pemanasan yang mengakibatkan kandungan melt menjadi berwarna kekuning-kuningan.

Kandungan udara bebas yang disuplay dari utility adalah : Nitrogen 70 %, Oksigen 20 % dan udara lain adalah 1 %. Didalam drayer heater, nitrogen mengalami pemanasan yang telah diatur temperaturnya oleh sensor hingga mencapai temperatur maksimal sebesar 250 °C yang dilakukan selama 3,5 - 4 jam. Tangki dryer dilengkapi dengan sensor yang membagi dalam 4 bagian utama, yaitu :

- LSHH : Level Sensor High High
- LSH : Level Sensor High
- LSL : Level Sensor Low
- LSLL : Level Sensor Low Low



Gambar 3.3 Tahap pengeringan chips pada tangki dryer

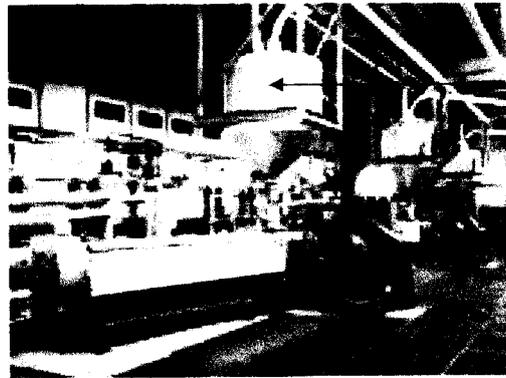
3.1.1.5 Conveying After Drayer

Conveying after drayer merupakan tangki penampungan chips sementara sebelum chips masuk ke proses ekstruder. Bagian conveying after drayer ini terdapat dua penampungan chips yaitu top hopper dan bottom hopper.

Chips yang telah mengalami proses pengeringan di dalam drayer kemudian ditransfer ke dalam top hopper. Dengan adanya gaya gravitasi, chips turun dan masuk pada rotary feeder yang akan mengatur seberapa banyak chips yang akan ditransfer. Mekanisme transfer chip sama seperti proses sebelumnya yaitu “chips-udara-chips-udara-dst”, hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya bloking di pipa.. Chips di dorong dengan udara tekan (air pressure) yang bertekanan 2-3 bar dan dengan cara tact scub valve, 1 dan 2 membuka dan menutup secara bergantian. Chips yang akan masuk pada tangki top hopper juga diatur oleh diverter valve yaitu suatu sensor untuk mengatur arah chips kedalam pengisian tangki-tangki top hopper secara bergantian. Apabila salah satu tangki top hopper telah penuh maka diverte valve akan menutup dan diverte valve yang satunya akan membuka untuk mengisi tangki yang kosong.

Pemindahan chips dari tangki top hopper menuju tangki bottom hopper juga dilengkapi sensor pengaturan yang letaknya didalam pipa. Chips-chips ini nantinya akan dilelehkan untuk dibuat menjadi benang didalam spinning proses.

Visualisasi unit tangki bottom hopper di sajikan pada gambar 3.4 dibawah ini :



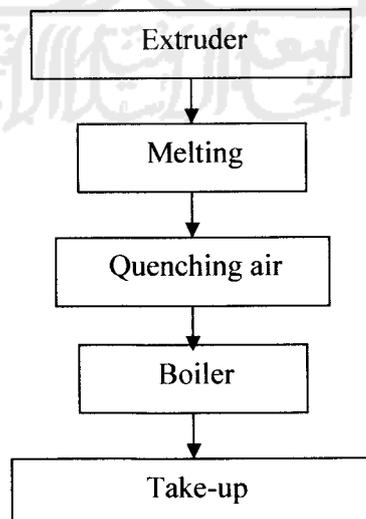
Tangki battom hopper

Gambar 3.4 Tangki batoom hopper

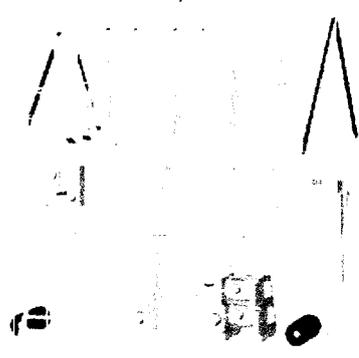
3.1.2 Unit Spinning

Unit spinning adalah unit yang berfungsi untuk memproses chips dengan temperature tertentu sampai meleleh dan dibentuk menjadi filament-filament dalam satu kesatuan bentuk benang. Panas yang dipergunakan dalam proses spinning berasal dari heater dan uap panas yang dihasilkan dari boiler untuk menjaga temperatur lelehan chips.

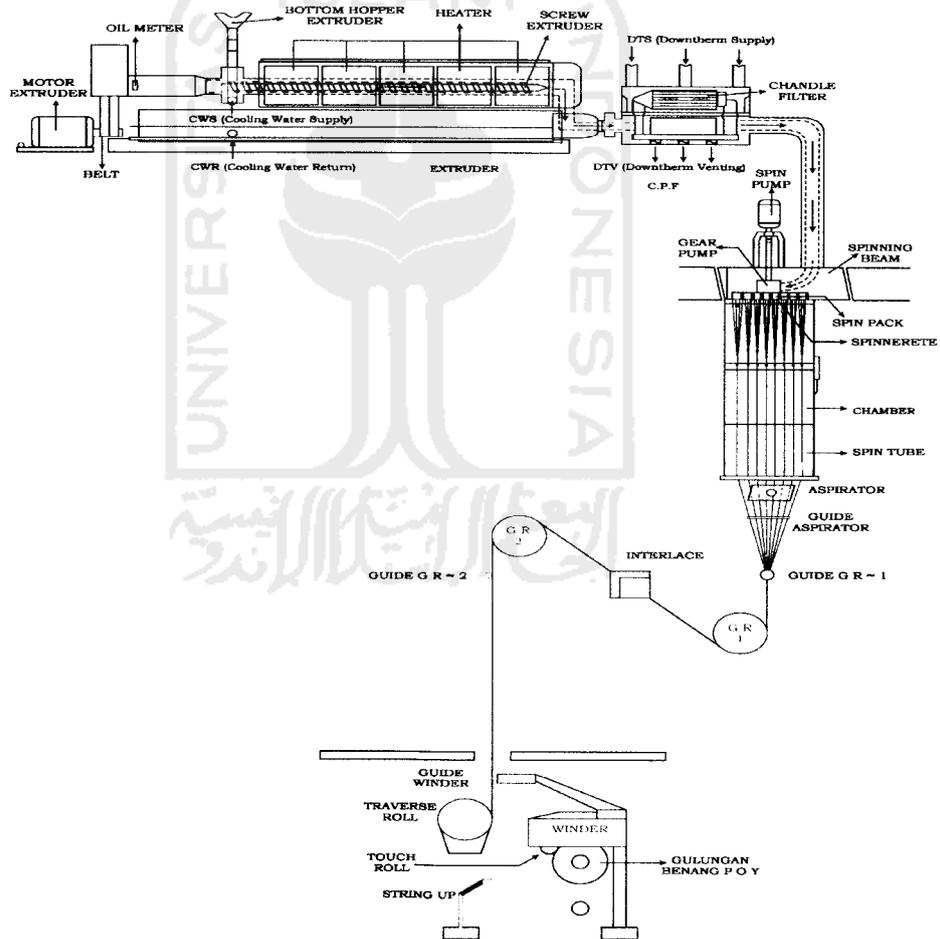
Proses pembentukan POY pada unit spinning :



Visualisasi proses spinning disajikan pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.5 Ruang proses spinning



Gambar 3.6 Skema proses spinning

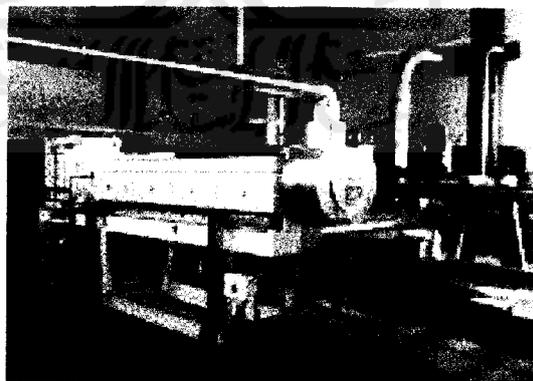
3.1.2.1 Extruder

Chips yang telah mengalami proses pengeringan nantinya akan dilelehkan sampai menjadi bentuk benang. Proses pelelehan chips menjadi polymer dimulai pada mesin extruder dengan beberapa tingkatan heater.

Extruder terbagi dalam 3 (tiga) bagian utama, yaitu :

- Feed zone merupakan bagian pemberi chips yang berasal bottom hopper untuk dilakukan proses pelelehan.
- Melting zone merupakan daerah pelelehan chips dengan temperatur yang berbeda-beda.
- Compressing zone merupakan bagian untuk mendorong chips yang sudah meleleh untuk disalurkan ke CPF dengan menggunakan alat screw.

Chips yang berada didalam tangki bottom hopper kemudian ditransfer menuju extruder untuk dilakukan pelelehan. Proses pelelehan chips didalam extruder menggunakan lima unit heater dengan temperatur berkisar antara 270 °C – 300 °C.



Gambar 3.7 Mesin extruder

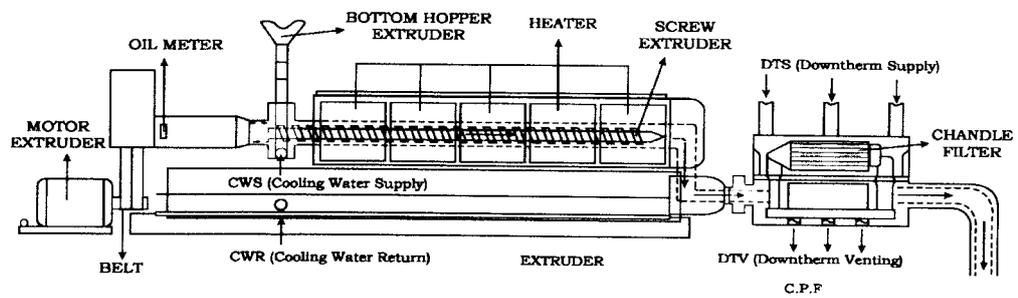
Adapun pembagian lima unit temperatur heater didalam extruder adalah :

Tabel 3.1 Pembagian panas pada heater

Extruder	Temperature
Heating 1	287 °C
Heating 2	289 °C
Heating 3	293 °C
Heating 4	295 °C
Heating 5	297 °C

Chips akan masuk ke dalam extruder dengan pemanasan awal lebih rendah, hal ini dilakukan untuk mengatur proses pelelehan berjalan kontinyu. Heater awal dipergunakan untuk melelehkan chips secara sempurna sedangkan untuk heater terakhir atau heater lima berfungsi menjaga temperatur melt tetap stabil. Penggunaan temperatur di heater awal lebih rendah dibandingkan temperatur sesudahnya disebabkan chips yang masuk kondisinya dibawah melt point, apabila diberikan suhu yang tinggi mengakibatkan terjadinya bloking di pipa. Proses berjalannya melt dari satu heater ke heater lainnya dilakukan dengan menggunakan screw yang digerakkan oleh motor extruder. Screw adalah alat untuk mengaduk melt dan mengkompresikannya agar dapat terdorong ke CPF, dengan bentuk ulir pada bagian permukaannya. Gerakan screw yang berputar dan tingginya temperatur pada bagian heater, menyebabkan screw mengalami panas. Untuk mengurangi panas tersebut diperlukan pendingin yang berasal dari CWS dan keluarnya berupa CWR yang dihasilkan dari unit utilitas.

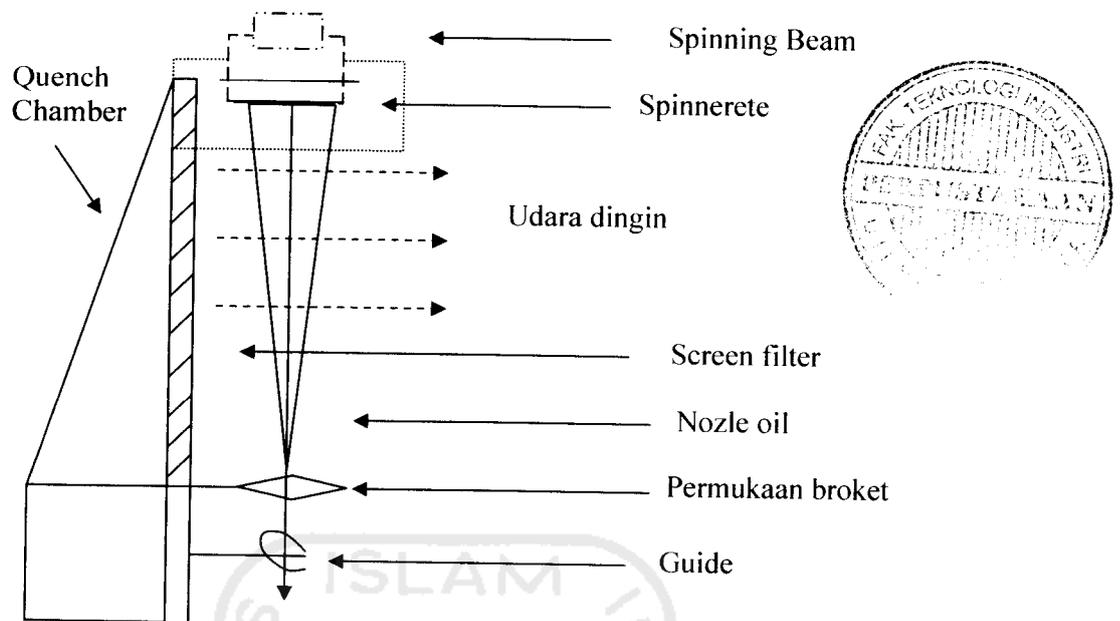
Uraian penjelasan secara garis besar dapat dilihat pada skematis kerja dibawah ini :



Gambar 3.8 Skema pelehan chips

3.1.2.2 Melting

Proses Melting adalah proses pelehan / pembentukan benang filament di Chamber unit. Sebelum proses pembentukkan filament, polymer disaring kembali yang nantinya diperoleh kandungan melt yang bersih sebelum masuk ke CPF. Fungsi CPF juga untuk menjaga temperatur melt dengan uap panas yang berasal dari boiler. Lelehan dipompa ke spin pack dimana lelehan didorong melalui lubang spinneret yang sangat kecil untuk membentuk benang yang tidak terputus. Selanjutnya di gulung pada mesin take-up. Uraian penjelasan secara garis besar dapat dilihat pada skematis kerja dibawah ini



Gambar 3.9 Skema Proses Melting

1. Pack, yaitu bagian yang berfungsi membentuk filament, dimana pada pack ini terdapat spinneret yang berbentuk lingkaran dengan lubang-lubang yang berada pada permukaannya, jumlah dari lubang pada permukaan spinneret ini yang menentukan jumlah filament.
2. Screen Filter, yaitu bagian yang berfungsi menyaring quenching air filament.
3. Permukaan Brocket, yaitu bagian yang berfungsi mengatur jarak tinggi rendahnya filament yang keluar dari spinneret menuju ke pig tail guide, dimana tinggi rendahnya jarak filament berpengaruh pada kualitas benang yang diproses.
4. Dinding Air Duct, yaitu dinding penutup agar udara tidak berhembus ke filament setelah filament tersebut mengalami pendinginan.

5. Pig Tail Guide, yaitu bagian yang berfungsi untuk mengatur filament yang telah menyatu dan menghaluskan benang.

Keberadaan uap dowtherm yang berasal dari boiler menjadikan temperature melt stabil dan nantinya melt tersebut akan ditampung pada sebuah alat spinning beam untuk dialirkan ke spin pack. Terbentuknya filament-filamen akibat adanya gerakan dorongan yang dikendalikan oleh motor pump. Motor pump akan menggerakkan spin pump untuk mengkompresikan melt agar dapat keluar dari gear pump. Gear pump adalah alat untuk mensupply melt ke spin pack menjadi sepuluh bagian pack per satu unit chamber. Uap dari boiler yang dialirkan ke bagian spinning pump difungsikan untuk menjaga temperature melt.

Visualiasi mesin motor pump dan bagian spin pack :



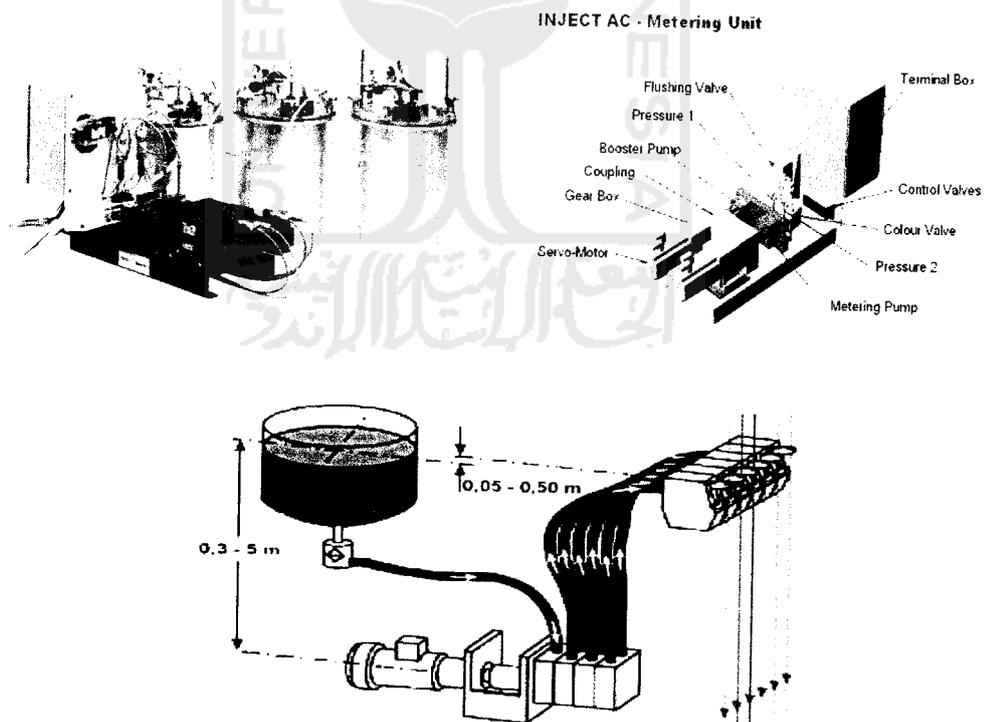
Gambar 3.10 Motor pump dan spin pack

Di bagian spin pack terjadi pembentukan filament dengan jumlah lubang spinneret dan bentuk cross section yang diinginkan, maka untuk merubah settingannya hanya mengganti bagian spin packnya. Filament yang keluar dari lubang spinneret cenderung mempunyai partikel polymer yang tidak beraturan

maka untuk membentuk pembentukkan orientasi molekul polymer diperlukan pendinginan berupa hembusan udara dingin (quenching air).

Oiling, yaitu bagian yang berfungsi sebagai tempat untuk memberikan oli pada filament, adapun fungsi dari oli adalah untuk menyatukan dan menghaluskan benang serta untuk mengurangi elektrostatis pada saat filament ditarik. Pengaruh oiling terhadap benang adalah pada saat proses selanjutnya dimana semakin tinggi kadar oiling dapat mengakibatkan pada saat proses pewarnaan tidak sesuai dengan apa yang diinginkan sebab permukaan serat tertutup oleh oil, Jika kadar oiling rendah maka pada saat proses penarikan akan terjadi slip dan akan mudah putus. Letak dari tangki oli berada dibelakang lemari quenching air.

Visualisasi proses pemberian oli pada benang disajikan pada gambar 3.11 dibawah ini



Gambar 3.11 Proses pemberian oli pada benang

3.1.2.3 Quenching air

Quenching air (udara pendingin) atau pendinginan mendadak dengan media udara yang telah diproses digunakan untuk membantu pembentukan orientasi molekul polymer setelah keluar dari lubang spinneret agar diperoleh kualitas benang yang baik. Melt yang keluar dari lubang spinneret akan ditiup dengan udara pendingin yang telah mengalami proses di humidity unit melalui bagian belakang, yaitu melalui screen sebagai penyaring udara yang berada pada bagian belakang quenching chamber unit. Secara garis besar mekanisme pembentukan udara quenching air adalah udara bebas yang telah diproses di AHU untuk disupply dalam dumper yang telah diatur debitnya dan disaring untuk menjaga kebersihan udara yang terbawa. Udara akan melewati cooling coil untuk menurunkan kandungan airnya dan dihisap oleh blower untuk diteruskan pada heater agar suhunya naik sesuai standart proses. Proses terakhir adalah penyaringan kembali dan siap dihembuskan pada filament.

Quenching air berpengaruh terhadap uster dan elongation benang, dimana semakin tinggi tekanan quenching air yang digunakan dapat mengakibatkan elongation rendah karena dengan tekanan yang tinggi partikel polymer belum beraturan tetapi sudah dingin sehingga terbentuk partikel kristalin. Apabila tekanannya rendah maka molekul belum terorientasi sempurna tetapi benang sudah mengalami penarikan.

Beberapa faktor yang mempengaruhi quenching air :

1. Quantity quenching air (Jumlah udara pendingin)
2. Screen quenching air (Filter udara pendingin)

3. Flow quenching air (Aliran udara pendingin)
4. Temperature quenching air (Temperatur udara pendingin)
5. Humadty quenching air (Kelembaban udara pendingin)

Spesifikasi dari quenching air adalah :

- Temperatur (T) : 19 ± 1 °C
- Tekanan (P) : 0.65 ± 15 Pa
- Kelembaban udara (RH) : 65 ± 5 %



Gambar 3.12 Ruang spinneret

3.1.2.4 Boiler

Boiler merupakan alat yang berfungsi untuk memanaskan dowtherm menjadi vapour (uap) yang dibutuhkan untuk menjaga temperature pada melting line, dimana dowtherm berfungsi sebagai media pemanas polimer agar tidak membeku sebelum mengalami proses pemuluran di chamber unit, karena dowtherm ini akan mencapai titik didih pada temperatur 290 °C sehingga bila dipanaskan pada temperatur dibawah 290 °C tidak akan mengalami penguapan seluruhnya, sedangkan air mendidih pada temperatur 100 °C sehingga bila temperaturnya diatas 100 °C akan menguap seluruhnya. Hal ini akan berpengaruh pada tekanan yang dihasilkan, apabila ada suatu fluida mengalami perubahan

wujud akan menjadi uap maka tekanannya akan semakin tinggi. Untuk menghindari peningkatan tekanan yang tinggi maka digunakan fluida yang memiliki titik didih yang tinggi pula. Tekanan yang tinggi dihindari agar tidak menghambat laju aliran polymer.

Keterangan :

1. Venting tank: tangki yang berfungsi menampung dowtherm pada kondisi uap jenuh.
2. Tangki ekspansi: tangki yang berfungsi menampung dowtherm sebelum masuk ke boiler.
3. Collecting tank: tangki untuk menampung dowtherm pada kondisi cair jenuh.
4. Mesin ekstruder: mesin yang melelehkan chips.
5. CPF: filter untuk menyaring polymer agar terhindar dari kotoran-kotoran yang dapat mengganggu proses pemuluran benang.
6. Spinning beam: bagian yang berfungsi menampung melt atau lelehan chips dari CPF.
7. Boiler: untuk memanaskan dowtherm agar diperoleh dowtherm fase uap.
8. Dowtherm drum: menampung dowtherm fase cair yang akan dan telah digunakan untuk proses.
9. Drain valve: katub yang membuang dowtherm yang ada pada boiler.

System kerja boiler:

- Dowtherm yang berasal dari dowtherm drum di utilitas masuk tangki ekspansi kemudian ditransfer ke boiler.

- Di boiler dowtherm yang berwujud cair dipanaskan menjadi wujud gas berupa uap.
- Uap dowtherm dialirkan ke spinning beam, CPF untuk mempertahankan temperature polymer agar tidak membeku ditengah jalan.
- Karena uap ndowtherm lama kelamaan semakin menumpuk sehingga pada titik dimana uap dowtherm tersebut menjadi jenuh, sebagian akan berubah wujud menjadi cair jenuh.
- Dowtherm dilewatkan ke daerah venting untuk dikurangi kadar uapnya dan dipisahkan dowtherm yang berwujud cair jenuh dan uap jenuh.
- Wujud uap setelah melalui daerah venting akan masuk ke saluran venting dowtherm dan kembali ke dowtherm drum, sedangkan yang berwujud cair akan masuk ke saluran pembuangan dan masuk juga ke dowtherm drum.
- Pada CPF dan spinning beam uap dowtherm yang bercampur dengan polymer menjadi turun temperaturnya, sehingga wujudnya sebagian menjadi cair jenuh. Oleh sebab itu cairan jenuh dari dowtherm tersebut dimasukkan kembali ke boiler untuk diproses menjadi uap.

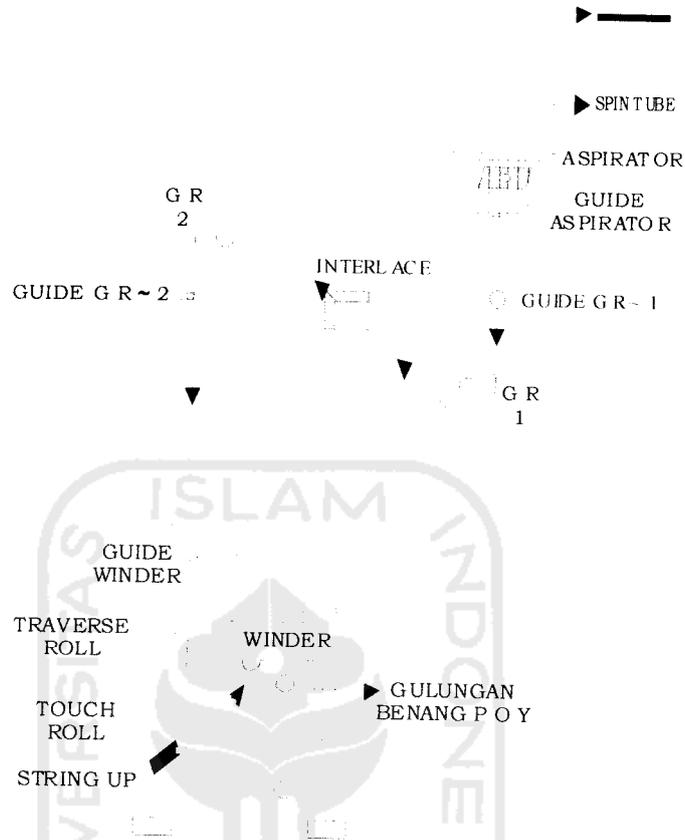
Pada boiler ada dua proses antara lain:

- a. Venting adalah mengurangi jumlah uap yang sudah mengalami penurunan temperature karena jenuh, sehingga berubah menjadi cair.
- b. Filling adalah proses penambahan dowtherm dalam boiler sampai level tertentu dan dilakukan dengan hati-hati agar temperaturnya tidak turun secara drastis.

3.1.2.5 Take-Up

Take-Up adalah proses pembentukan gulungan benang dari gabungan beberapa filament menjadi satu kesatuan bentuk benang menjadi bentuk cone. Mekanisme kerja dari mesin take-up adalah sebagai berikut :

Filament-filament yang telah keluar dari pack spinneret dan telah mengalami hembusan udara mendadak (*quench*) digabungkan menjadi satu menjadi benang yang dilewatkan pada *spin pack* untuk menjaga filament dari gangguan luar. Apabila ada salah satu filament yang putus pada benang maka benang akan ditarik secara manual dari lubang spinneret yang telah mengalami hembusan udara dingin sampai diperoleh benang yang utuh, sedangkan sisa dari penarikan akan dihisap oleh aspirator. Benang lalu dilewatkan pada guide roll 1 dan guide roll 2 dengan arah putaran yang saling berlawanan yang berfungsi untuk menstabilkan tegangan dan sekaligus menjaga tensiannya. Diantar guide roll 1 dan guide roll 2 terdapat interlace yang berfungsi untuk mengurangi kandungan oil pada benang dan memperbaiki struktur filament. Benang yang turun akan melewati traverse guide yang berfungsi sebagai pengantar benang untuk membentuk gulungan dan mengatur sudut gulungan. Tempat penggulungan benang POY ada dua dengan tujuan apabila benang POY bagian atas telah penuh sesuai standart maka POY tersebut akan turun dan digantikan posisinya bagian yang bawah untuk naik ke atas dan siap untuk proses penggulungan lagi. Proses skematis kerja diatas dapat dijelaskan pada gambar di bawah ini :



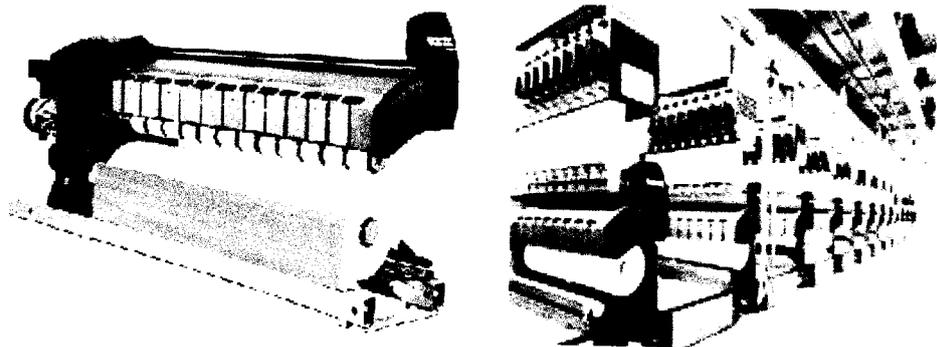
Gambar 3.13 Skema proses Take-Up

Keterangan :

1. Spin Tube, yaitu bagian yang berfungsi sebagai penutup untuk menjaga agar filament yang turun dari chamber unit.
2. Aspirator, yaitu alat yang memberikan sinyal pada pemotong yang ada di bawahnya untuk memotong benang apabila yarn sensor yang ada di sekitar guide winder menunjukkan adanya benang putus.
3. Guide GR ~ 1 dan GR ~ 2, yaitu alat untuk mengarahkan benang sekaligus menjaga tensiannya.

4. Godet Rooler 1 dan 2, yaitu alat yang berfungsi untuk menstabilkan tegangan.
5. Interlace, yaitu bagian yang berfungsi untuk membuat knot atau simpul pada benang, serta menyempotkan udara agar kandungan oil pada benang dapat merata.
6. Guide Winder, yaitu alat untuk menjaga tension dari benang. Disekitar guide ini terdapat yarn break sensor yang berfungsi mendeteksi adanya benang yang putus.
7. Winder, yaitu mesin yang menggulung benang di winder.
8. Traverse Roll dan Birotor, yaitu alat yang berfungsi sebagai pengantar benang untuk membentuk gulungan dan membentuk sudut gulungan.
9. Tuoch Roll, yaitu alat yang berfungsi menekan benang agar tetap berhimpit dengan chuck, sehingga benang tidak melayang.
10. Chuck, yaitu alat untuk penempatan paper tube winder.
11. String Up, yaitu bagian yang mengandung sensor untuk menggerakkan chuck apabila benang sudah selesai.

Visualisasi unit mesin Take Up (Winder) disajikan pada gambar 3.14 :



Gambar 3.14 Mesin Take-Up

3.1.2.6 Packing

Packing atau pengepakan adalah langkah terakhir dalam proses finishing, yaitu menempatkan cone-cone POY hasil dari mesin winding kedalam plastik pembungkus untuk dikirim ke gudang, langsung dikirim ke customer yang telah memesan atau dijual kepada customer yang sebelumnya dilakukan inspecting terlebih dahulu terhadap benang.

3.1.3 Spesifikasi mesin

Pemilihan mesin merupakan hal yang tidak dapat dilupakan dalam hal merancang pabrik. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan hasil produk yang efektif dan efisien.

Mesin-mesin yang dipakai adalah mesin yang memenuhi prinsip-prinsip dasar pemintalan yang telah diuraikan sebelumnya, yang umumnya juga dapat dipakai oleh pabrik-pabrik pemintalan leleh dengan bahan baku polyester chip di Indonesia. Mesin yang akan dipakai pada pra rancangan pabrik pemintalan benang polyester (filament), dijelaskan dibawah ini :

a. Drayer

Merk : Barmag

Buatan : Germany

Tahun : 1999

b. Mesin extruder

Merk / Type : Barmag / 10E811-38V6

Buatan : Germany

Tahun	: 2006
Jumlah Heater	: 5
c. Quenching air	
Merk	: Barmag
Buatan	: Germany
Tahun	: 1999
Air Supply RH	: $65 \pm 5 \%$
Air Supply Temperature	: $19 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$
d. Boiler	
Merk	: Omnicol
Buatan	: Jepang
Temperature	: 290°C
e. Mesin Take-Up	
Merk / Type	: Barmag / i-QOON
Buatan	: Germany
Tahun	: 2006
Jumlah Spindel	: 10 Spindel
Jumlah mesin	: 14 Mesin
Kecepatan maximum	: 6.000 m/mnt

3.1.4 Ketetapan Proses dan Perencanaan Produksi

3.1.4.1 Ketetapan Proses

Ketapan proses merupakan kalkulasi untuk mendukung analisa produksi pada tiap-tiap mesin. Selengkapnya desain proses pada pra rancangan pabrik benang polyester (filament) disajikan pada tabel 3.2 dibawah ini :

Tabel 3.2 Ketetapan proses produksi benang polyester (filament)

1. Unit Dryer	
a. Chips charging hopper	
➤ Jumlah tangki	2
➤ Perlakuan chips dalam tangki	Tidak ada
➤ Fungsi tangki	Sebagai penampung sementara
➤ Speed of air lock	14,7 rpm
b. Wet chips silo	
➤ Jumlah tangki	2
➤ Perlakuan chips	Tidak ada
➤ Fungsi tangki	Sebagai penampung sementara
➤ Speed of air lock	14,7 rpm
c. Crystallizer	
➤ Jumlah tangki	2
➤ Perlakuan chips	Mengurangi kandungan air Pelepasan lapisan film pada permukaan chips
➤ Speed of air lock	10,3 rpm
➤ Lamanya chips dalam tangki	30 menit
➤ Suhu	167,8 °C
➤ Tinggi max chips dalam tangki	30 cm
d. Drayer	
➤ Jumlah tangki	2
➤ Speed of air lock	9,7 rpm
➤ Lamanya chips dalam tangki	4 jam
➤ Perlakuan chips	Mengurangi kandungan air
➤ Suhu	250 °C
e. Top hopper	
➤ Jumlah tangki	2
➤ Speed of air lock	14 rpm
➤ Perlakuan chips	Tidak ada

f. Bottom hopper	
➤ Jumlah tangki	2
➤ Speed of air lock	14 rpm
➤ Perlakuan chips	Tidak ada
2. Unit Spinning	
a. Extruder	
➤ Jumlah mesin	2
➤ Perlakuan chips	Pelelehan dengan heater yang berbeda
➤ Suhu max extruder	300 °C
➤ Heater 1	287 °C
➤ Heater 2	289 °C
➤ Heater 3	293 °C
➤ Heater 4	295 °C
➤ Heater 5	297 °C
b. Melting	
➤ Jumlah mesin	14
➤ Kapasitas gear pump	3,8 cc/put
➤ Kapasitas spin pump	2,4 cc/put
➤ Kapasitas beam	54,421 Kg/jam
➤ Speed gear pump	32,027 rpm
➤ Ø lubang spinneret	100
➤ Jumlah spinneret	48
c. Quenching air	
➤ Jumlah mesin	14
➤ Suhu	19 ± 1 °C
➤ Tekanan	0,65 ± 15 Pa
➤ RH	65 ± 5 %
d. Take-Up	
➤ Jumlah mesin	14
➤ Speed	5.500 m/menit
➤ Σ Spindle	10
➤ Dofftime	70 menit
➤ Kebutuhan bahan baku	1,2 ton
➤ Efisiensi	99,4 %
➤ Limbah	0,4 %

3.1.4.2 Perencanaan Produksi

Berdasarkan data Balai Pusat Statistik yang diolah oleh API, tentang produksi impor pemintalan benang filamen sintetik, mulai tahun 2001– 2005 dan

perhitungan perencanaan produksi dengan metode trend linier untuk 5 tahun kedepan untuk mencapai kapasitas produksi secara maksimal. Direncanakan pabrik filamen polyester ini akan memproduksi benang sebanyak 10.278,58 ton/tahun dan sebagai dasar perhitungan digunakan produk nomor benang POY 235D/48F.

Perencanaan perhitungan produksi sebagai berikut :

Dengan meninjau nilai impor di tahun 2001 dan 2005 masing-masing adalah 76.024.115 kg/tahun dan 127.747.369 kg/tahun, sehingga dapat prediksikan untuk nilai produksi import 5 tahun kedepan adalah 136.812.717,1 kg/tahun untuk 2006 dan 188.205.636.7 kg/tahun pada tahun 2010. Target produksi dihitung dari selisih prediksi impor dimana pada perancangan pabrik ini kita mengambil 20 % sehingga dapat diketahui nilai target produksi dalam setiap tahun adalah 10.278,58 ton/tahun (10.300 ton/tahun).

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan produksi} &= 10.300 \text{ ton/tahun} \\ &= 10.300.000 \text{ Kg/tahun} \\ &= 856.548,66 \text{ Kg/bulan} \\ &= 28.551,62 \text{ Kg/hari} \\ &= 1.189,65 \text{ Kg/jam}\end{aligned}$$

Standarisasi dan acuan dalam penentuan produk

Tabel 3.3 Standarisasi produk POY

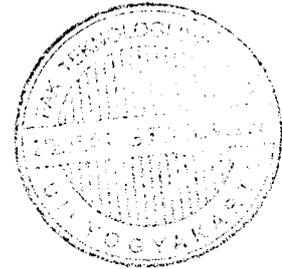
Standarisai Produk yang diinginkan	
Kapasitas produksi	10.300 Ton/tahun
No benang POY	235 D
Berat bobin	10 Kg 1000 g

Berdasarkan dari hasil kapasitas produksi, maka dapat diketahui jumlah mesin yang dipergunakan dan kebutuhan bahan bakunya dalam setiap harinya.

Mesin Take-Up

Data produksi sebagai berikut :

Kapasitas	: 5.500 m/mnt
Jumlah spindle	: 10 spindle
Efisiensi	: 99,4 %
Limbah	: 0,6 %



Formula untuk mengetahui kapasitas produksi/jam/posisi adalah :

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas prod /jam/posisi} &= \text{No benang} \times \text{Speed mc T-Up} \times \sum \text{spindle} \times \text{eff} \times 60 \\ &= 235 \text{ D} \times 5.500 \text{ m/mnt} \times 10 \times 0,994 \times 60 \text{ mnt/jam} \\ &= 235 \text{ g/9.000 m} \times 5500 \text{ m/mnt} \times 10 \times 0,994 \times 60 \text{ mnt/jam} \\ &= 85.649,667 \text{ g/jam} \\ &= 85,649 \text{ Kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan bahan baku} &= \text{Kebutuhan prod/jam} \times \frac{100 + \text{waste}}{100} \\ &= 1.189,65 \text{ Kg/jam} \times \frac{100 + 0,6}{100} \\ &= 1.196,789 \text{ Kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum \text{Mesin Take-Up} &= \frac{\text{kebutuhan bahan baku / jam}}{\text{kapasitas produksi / jam / posisi}} \\ &= \frac{1.196,789 \text{ Kg / jam}}{85,649 \text{ Kg / jam}} \\ &= 13,974 \text{ mesin} \approx 14 \text{ mesin}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kerja mesin} &= \frac{\text{kebutuhan prod / jam} \times \text{1 hari}}{\text{kapasitas prod / jam / posisi} \times \text{kebutuhan mesin}} \\ &= \frac{1.189,65 \text{ Kg / jam} \times 24 \text{ jam}}{85,649 \text{ Kg / jam} \times 14 \text{ mesin}} \\ &= 23 \text{ jam } 40 \text{ menit}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Doffing time} &= \frac{\text{berat POY / bobin}}{\text{speed mc Take - Up} \times \text{Nobenang}} \\ &= \frac{1.000 \text{ g}}{5.500 \text{ m / menit} \times 235 \text{ g / 9.000 m}} \\ &= 70 \text{ menit / spin pack}\end{aligned}$$

Unit Melting

Formula standarisasi yang dipergunakan adalah :

$$\text{Kapasitas gear pump} = 3,8 \text{ cc/putaran}$$

$$\text{Kapasitas spin pump} = 2,4 \text{ cc/putaran}$$

$$\rho \text{ melt} = 1,18 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho \text{ polyester} = 1,18 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Ø spinneret} = 100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Speed gear pump} &= \frac{\text{speed mc Take - Up} \times \text{No benang}}{\text{kapasitas gear pump} \times \rho \text{ polyester}} \\ &= \frac{5.500 \text{ m / mnt} \times 235 \text{ g / 9.000 m}}{3,8 \text{ cc / put} \times 9.000 \text{ m} \times 1,18 \text{ gr / cm}^3} \\ &= 32,027 \text{ put/menit}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas beam/jam} &= \frac{\text{Speed gear Pump} \times \rho \text{ Polymer} \times \text{Kap. Spin Pump} \times \Sigma \text{ End} \times 60}{1.000 \text{ Kg}} \\
 &= \frac{32,027 \text{ rpm} \times 1,18 \text{ gr/cm}^3 \times 3 \text{ cc/put} \times 10 \times 60 \text{ mnt/jam}}{1.000 \text{ Kg}} \\
 &= 54,421 \text{ Kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma \text{ mesin} &= \frac{\text{kebutuhan produksi kg/jam}}{\text{kapasitas spin beam} \times \Sigma \text{ posisi mc Take - Up}} \\
 &= \frac{1.189,65 \text{ Kg/jam}}{54,421 \text{ Kg/jam} \times 14} \\
 &= 1,561 \text{ mesin} \approx 2 \text{ mesin}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Prod melt/spindel/jam/posisi} &= \text{speed gear pump} \times \rho \text{ melt} \times \text{kpsitas spin pump} \times 60 \\
 &= 32,027 \text{ rpm} \times 1,18 \text{ gr/cm}^3 \times 2,4 \text{ cc/put} \times 60 \text{ mnt/jam} \\
 &= 8.616,667 \text{ g/jam} \\
 &= 8,617 \text{ Kg/jam} \\
 &= 143,611 \text{ g/mnt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kecepatan Filamen} &= \frac{\text{prod Melt} / \text{Spindel}}{\rho \text{ polymer} \times \frac{\pi}{2} \times \phi \text{ spinneret} \times 1.000 \text{ g/kg}} \\
 &= \frac{143,661 \text{ gr/mnt}}{1,18 \text{ gr/m}^3 \times 1,5708 \times 0,1 \text{ m} \times 1.000 \text{ g/kg}} \\
 &= 0,7747 \text{ m}^2/\text{mnt}
 \end{aligned}$$

Filament saat turun dari spinneret mempunyai kekuatan sebesar 7,5 g/denier, sehingga dapat diketahui stress tension terhadap lubang (*hole*) spinneret.

$$\text{Stress Tention} = \frac{\text{kekuatan filamen}}{\frac{\pi}{2} \times \phi \text{ spinneret}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{7.5 \text{ g/denier}}{1,5708 \times 0,1 \text{ m}} \\ &= 47,746 \text{ g/denier} \end{aligned}$$

Berdasarkan jumlah mesin take-Up dari hasil perhitungan diatas maka dapat dijelaskan pembagian mesin-mesinnya sebagai berikut :

Jumlah mesin Take-Up yang ada 14 mesin, dalam perencanaan ini kita membagainya dalam 2 line (line A dan line B) dengan setiap line terdiri dari 7 mesin dan setiap mesinnya memiliki 10 end. Untuk kebutuhan extruder dan CPF setiap line masing-masing 1 mesin.

Unit Drayer

- Formula yang digunakan untuk menghitung nilai throughput

$$m = n \times \eta \times \gamma \times v \times 60$$

Keterangan :

m = Throughput drayer (Kg/jam)

n = Speed of air lock (rpm)

η = Filling degree of the air lock

γ = Bulk density (Kg/m³)

v = Air lock volume (m³)

- Formula untuk menghitung daya tampung

$$N = (H \times V_1) + V_2$$

Keterangan :

N = Jumlah chips dalam tangki

H = Level chips (%)

V_1 = Berat 0 %, yaitu berat antara ujung bawah tangki sampai LALL

V_2 = Berat 100 %, yaitu berat antara LAHH - LAHH

❖ **Tangki bottom hopper**

n = 14 rpm

η = 0,78

γ = 800 Kg/m³

v = 0,0022 m³

maka nilai throughput tangki bottom hopper adalah :

m = 14 rpm x 0,78 x 800 Kg/m³ x 0,0022 m³ x 60 mnt/jam

m = 1.153,152 Kg/jam

Daya tampung tangki bottom hopper adalah :

H = 100 %

V_1 = 1.870 Kg

V_2 = 1.295 Kg

N = (0,1 x 1.870 Kg) + 1.295 Kg

= 3.165 Kg

❖ **Tangki top hopper**

n = 14 rpm

η = 0,78

γ = 800 Kg/m³

v = 0,0022 m³

maka nilai throughput tangki top hopper adalah :

$$\begin{aligned} m &= 14 \text{ rpm} \times 0,78 \times 800 \text{ Kg/m}^3 \times 0,0022 \text{ m}^3 \times 60 \\ &= 1.153,152 \text{ Kg/jam} \end{aligned}$$

Daya tampung tangki top hopper adalah :

$$\begin{aligned} H &= 100 \% \\ V_1 &= 1.870 \text{ Kg} \\ V_2 &= 1.394 \text{ Kg} \\ N &= (0,1 \times 1.870 \text{ Kg}) + 1.394 \text{ Kg} \\ &= 3.264 \text{ Kg} \end{aligned}$$

❖ Tangki drayer

$$\begin{aligned} n &= 9,7 \text{ rpm} \\ \eta &= 0,78 \\ \gamma &= 800 \text{ Kg/m}^3 \\ v &= 0,0024 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

maka nilai throughput tangki drayer adalah :

$$\begin{aligned} m &= 9,7 \text{ rpm} \times 0,78 \times 800 \text{ Kg/m}^3 \times 0,0024 \text{ m}^3 \times 60 \text{ mnt/jam} \\ &= 871,603 \text{ Kg/jam} \end{aligned}$$

Waktu yang diperlukan chips berada di tangki drayer adalah 4 jam, maka dapat dicari daya tampungnya dengan menggunakan formula :

$$N = t \times m$$

Dimana :

$$N = \text{Jumlah chips dalam drayer (Kg)}$$

$$t = \text{Resident time (jam)}$$

m = Jumlah chips yang mengalir dalam mesin per waktu (throughput)

Sehingga :

$$\begin{aligned}t &= 4 \text{ jam} \\m &= 871,603 \text{ Kg/jam} \\N &= 4 \text{ jam} \times 871,603 \text{ Kg/jam} \\&= 3.486,412 \text{ Kg}\end{aligned}$$

❖ **Cryztalliser hopper**

$$\begin{aligned}n &= 10 \text{ rpm} \\ \eta &= 0,78 \\ \gamma &= 800 \text{ Kg/m}^3 \\ v &= 0,0024 \text{ m}^3\end{aligned}$$

maka nilai throughput tangki cryztalliser adalah :

$$\begin{aligned}m &= 10 \text{ rpm} \times 0,78 \times 800 \text{ Kg/m}^3 \times 0,0024 \text{ m}^3 \times 60 \text{ mnt/jam} \\ &= 898,56 \text{ Kg/jam}\end{aligned}$$

❖ **Cryztalliser**

Waktu yang diperlukan chips berada di tangki cryztalliser adalah 30 menit (0,5 jam), maka daya tampungnya adalah :

$$\begin{aligned}t &= 0,5 \text{ jam} \\m &= 898,56 \text{ Kg/jam} \\N &= 0,5 \text{ jam} \times 898,56 \text{ Kg/jam} \\ &= 449,28 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Throughput dari cryztalliser adalah :

$$n = 10,3 \text{ rpm}$$

$$\eta = 0,78$$

$$\gamma = 800 \text{ Kg/m}^3$$

$$v = 0,0024 \text{ m}^3$$

maka nilai throughput tangki cryztalliser adalah :

$$\begin{aligned} m &= 10,3 \text{ rpm} \times 0,78 \times 800 \text{ Kg/m}^3 \times 0,0024 \text{ m}^3 \times 60 \text{ mnt/jam} \\ &= 925,51 \text{ Kg/jam} \end{aligned}$$

❖ **Tangki wet chips silo**

$$n = 14,7 \text{ rpm}$$

$$\eta = 0,78$$

$$\gamma = 800 \text{ Kg/m}^3$$

$$v = 0,0024 \text{ m}^3$$

maka nilai throughput tangki wet chips silo adalah :

$$\begin{aligned} m &= 14,7 \text{ rpm} \times 0,78 \times 800 \text{ Kg/m}^3 \times 0,0024 \text{ m}^3 \times 60 \text{ mnt/jam} \\ &= 1.321,88 \text{ Kg/jam} \end{aligned}$$

❖ **Tangki chips charging hopper**

$$n = 14,7 \text{ rpm}$$

$$\eta = 0,78$$

$$\gamma = 800 \text{ Kg/m}^3$$

$$v = 0,0024 \text{ m}^3$$

maka nilai throughput tangki chips charging hopper adalah :

$$\begin{aligned}m &= 14,7 \text{ rpm} \times 0,78 \times 800 \text{ Kg/m}^3 \times 0,0024 \text{ m}^3 \times 60 \text{ mnt/jam} \\ &= 1.321,88 \text{ Kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan oli/hari} &= \text{speed gear pump} \times \text{kapasitas gear pump} \times 60 \text{ mnt} \times 24 \text{ jam} \\ &= 32,027 \text{ rpm} \times 3,8 \text{ cc/put} \times 60 \text{ mnt/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \\ &= 175.254,237 \text{ cc/hari} \\ &= 175,254 \text{ liter/hari}\end{aligned}$$

Residence Time Polymer Berada Dalam Heater Extruder

Diket

$$\begin{aligned}V_y &: 70 \text{ rpm} \\ &: 70 \text{ rotasi/menit} \\ &: 1 \text{ rotasi} = 1 \text{ kali putaran lingkaran screw} \\ l &: 59 \text{ cm dengan jarak antar heater } 1 \text{ cm} \\ \text{\textcircled{O} screw} &: 15 \text{ cm, maka :} \\ \text{Keliling} &: \pi \times d \\ &: 3,1416 \times 15 \\ &: 47,1 \text{ cm/rotasi}\end{aligned}$$

Ditanya

Residence time (t)

Dijawab

$$\begin{aligned}V_y &= 70 \text{ rotasi/menit} \times 47,1 \text{ cm/rotasi} \\ &= 3.297 \text{ cm/menit} \\ t &= \frac{l}{V_y} \\ &= \frac{59 \text{ cm}}{3.297 \text{ cm / menit}}\end{aligned}$$

$$= 0.018 \text{ menit}$$

$$= 1,07 \text{ detik}$$

$$\begin{aligned}\Delta T &= T_5 - T_1 \\ &= 297^\circ\text{C} - 287^\circ\text{C} \\ &= 10^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta T &= \frac{10^\circ\text{C}}{5 \text{ heater}} \\ &= 2^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t &= \frac{1,07 \text{ detik}}{2^\circ\text{C}} \\ &= 0,535 \text{ detik (untuk menaikkan } 1^\circ\text{C)}\end{aligned}$$

Analisa spin pack

Diket

$$\begin{aligned}\text{\textcircled{O}} \text{ filament} &: 2,42 \mu \\ &: 2,42 \text{ E-}05 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\rho : \frac{1,18 \text{ g}}{\text{E} - 06 \text{ m}^3}$$

$$\Sigma \text{ filament} : 48$$

Ditanya

Analisa spin pack

Dijawab

$$\begin{aligned}V &= \frac{\pi}{4} \times d^2 \times l \\ &= \frac{3,1416}{4} \times (2,42 \text{ E} - 05 \text{ m})^2 \times 9.000 \text{ m} \\ &= 4,1375 \text{ E-}06 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= V \times \rho \\ &= 4,1375 \text{ E-}06 \text{ m}^3 \times \frac{1,18 \text{ g}}{\text{E-}06 \text{ m}^3} \\ &= 4,8823 \text{ g} \\ &= 4,8823 \text{ g} \times 48 \text{ filament} \\ &= 234,35 \text{ g/}9000 \text{ m} \end{aligned}$$

jadi ukuran filament (d) = 2,42 μ

