

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Optimasi Produksi

Optimasi merupakan pendekatan normatif dengan mengidentifikasi penyelesaian terbaik dari suatu permasalahan yang diarahkan pada titik maksimum atau minimum suatu fungsi tujuan.

Optimasi produksi diperlukan perusahaan dalam rangka mengoptimalkan sumberdaya yang digunakan agar suatu produksi dapat menghasilkan produk dalam kuantitas dan kualitas yang diharapkan, sehingga perusahaan dapat mencapai tujuannya. Optimasi produksi adalah penggunaan faktor-faktor produksi yang terbatas seefisien mungkin. Faktor-faktor produksi tersebut adalah modal, mesin, peralatan, bahan baku, bahan pembantu dan tenaga kerja. Berdasarkan langkah-langkah optimasi setelah masalah diidentifikasi dan tujuan ditetapkan maka langkah selanjutnya adalah memformulasikan model matematik yang meliputi tiga tahap (Alfian, 2007), yaitu:

1. Menentukan variabel yang tidak diketahui (variabel keputusan) dan nyatakan dalam simbol matematik,
2. Membentuk fungsi tujuan yang ditunjukkan sebagai hubungan linier (bukan perkalian) dari variabel keputusan,
3. Menentukan semua kendala masalah tersebut dan mengekspresikan dalam persamaan atau pertidaksamaan yang juga merupakan hubungan linier dari variabel keputusan yang mencerminkan keterbatasan sumberdaya masalah tersebut.

Setiap perusahaan akan berusaha mencapai keadaan optimal dengan memaksimalkan keuntungan atau dengan meminimalkan biaya yang dikeluarkan dalam proses produksi. Perusahaan mengharapkan hasil yang terbaik dengan keterbatasan sumberdaya yang dimiliki, namun dalam mengatasi permasalahan dengan teknik optimasi jarang menghasilkan suatu solusi yang terbaik. Hal tersebut dikarenakan berbagai kendala yang dihadapi berada diluar jangkauan perusahaan (Alfian, 2007).

Optimasi dapat ditempuh dengan dua cara yaitu maksimalisasi dan minimalisasi. Maksimalisasi adalah optimasi produksi dengan menggunakan atau mengalokasikan *input* yang sudah tertentu untuk mendapatkan keuntungan yang maksimal. Sedangkan minimalisasi adalah optimasi produksi untuk menghasilkan tingkat *output* tertentu dengan menggunakan input atau biaya yang paling minimal (Alfian, 2007).

Persoalan optimasi dibagi menjadi dua jenis yaitu tanpa kendala dan dengan kendala. Pada optimasi tanpa kendala, faktor-faktor yang menjadi kendala atau keterbatasan-keterbatasan yang ada terhadap fungsi tujuan diabaikan sehingga dalam menentukan nilai maksimum atau minimum tidak terdapat batasan-batasan terhadap berbagai pilihan alternatif yang tersedia. Sedangkan pada optimasi dengan kendala, faktor-faktor yang menjadi kendala terhadap fungsi tujuan diperhatikan dalam menentukan titik maksimum atau minimum fungsi tujuan (Alfian, 2007).

Optimasi dengan kendala pada dasarnya merupakan persoalan dalam menentukan nilai variabel suatu fungsi menjadi maksimum atau minimum dengan memperhatikan keterbatasan-keterbatasan yang ada. Keterbatasan-keterbatasan itu meliputi *input* atau faktor-faktor produksi seperti modal, bahan baku, tenaga kerja dan mesin. Optimasi produksi dengan kendala perlu memperhatikan faktor-faktor yang menjadi kendala pada fungsi tujuan karena kendala menentukan nilai maksimum dan minimum. Fungsi tujuan merupakan suatu pernyataan matematis yang digunakan untuk mempresentasikan kriteria dalam mengevaluasi solusi suatu masalah. Fungsi tujuan dalam teknik optimasi produksi merupakan unsur yang penting karena akan menentukan kondisi optimal suatu keadaan (Alfian, 2007).

Salah satu metode untuk memecahkan masalah optimasi produksi yang mencakup fungsi tujuan dan kendala adalah metode *Response Surface*. Metode ini adalah suatu teknik perencanaan analitis dengan menggunakan model matematika yang bertujuan untuk menemukan beberapa kombinasi alternatif solusi.

2.2 Profil Perusahaan

Didirikan pada tahun 1985, PT. X dikenal sebagai pelopor di bidang pabrikasi *tube* di Indonesia, dan bertujuan untuk menjadi pilihan utama dalam memberikan solusi untuk produk kemasan. Memproduksi *laminated tube* dan *plastic tube* dengan berbagai macam model dan fungsi untuk berbagai perusahaan lokal dan multinasional dengan berbagai macam merk internasional. Perusahaan ini telah disertifikasi ISO 9001:2000 sejak 2001.

Beberapa fasilitas pada PT. Lamipak Primula Indonesia antara lain :

1. Web Printing

- Sampai dengan 6 warna + *varnish*.
- Total kapasitas : 550+ juta *tube*/tahun

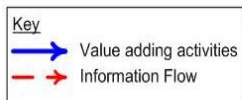
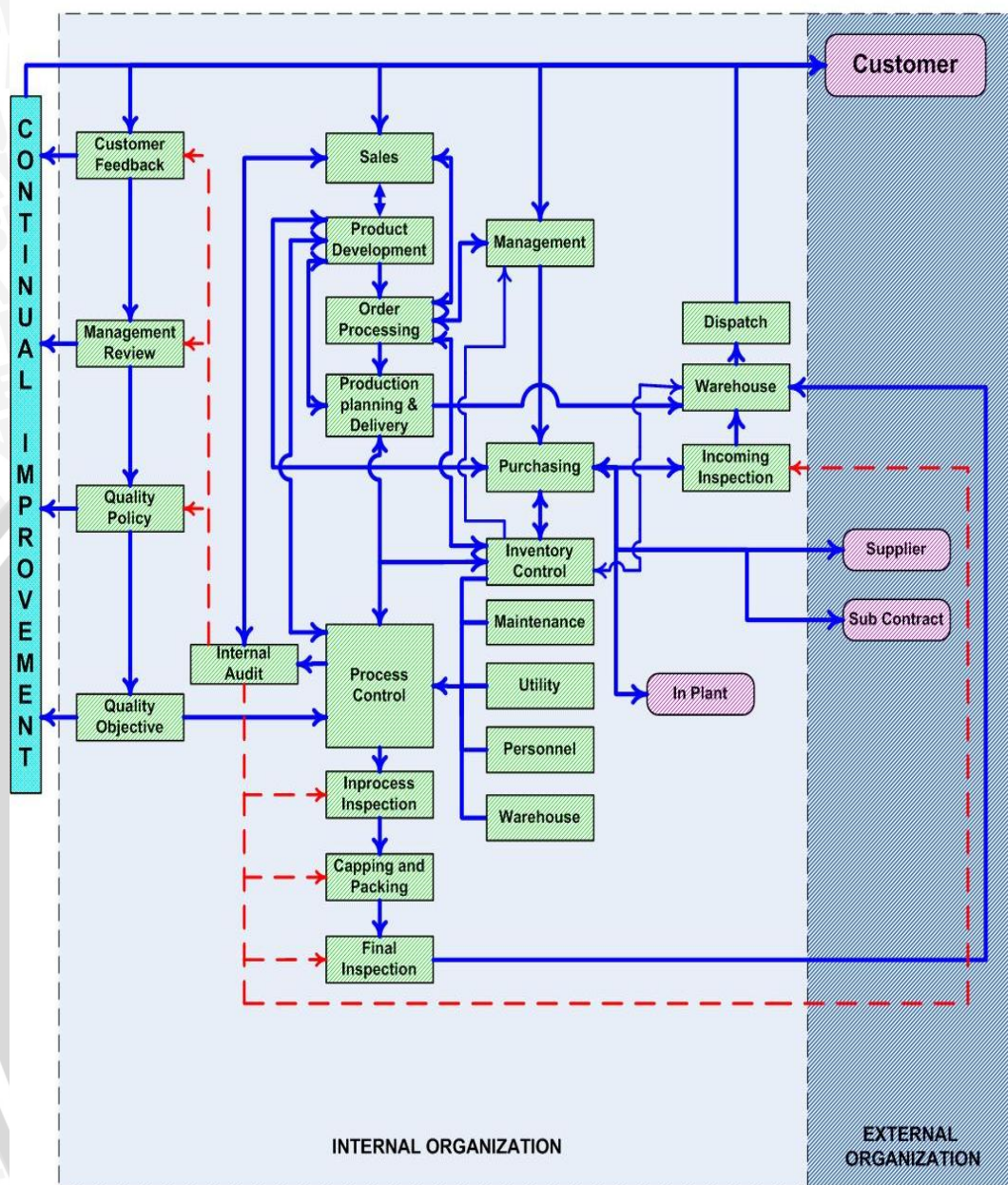
2. Plastic Tube Process

- Sampai dengan lima *layer* dengan *EVOH barrier*
- *Printing* sampai dengan 6 warna
- Total kapasitas terpasang : 40 million *tube*/tahun

3. Laminated Tube Process

- Kecepatan dari 50 *tube*/menit sampai dengan 240 *tube*/menit
- Total kapasitas: 533 juta *tube*/tahun.

Pada umumnya produk merupakan permintaan dari perusahaan-perusahaan yang membutuhkan kemasan yang terbuat dari plastik. *Flowchart* produksi dari bahan baku, permintaan dan penyaluran ke *customer* ditunjukkan pada gambar 2.1 :

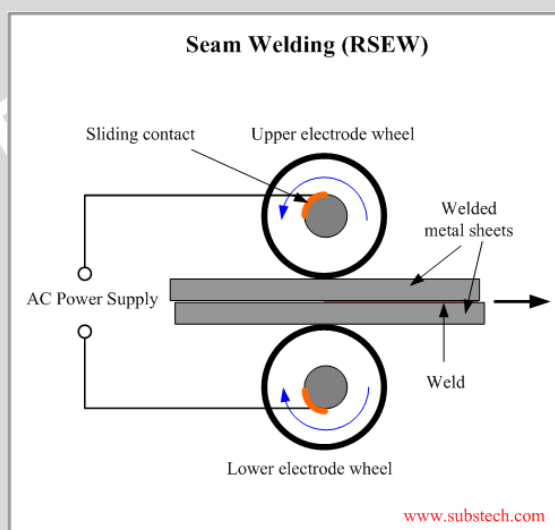


Gambar 2.1 Flowchart Proses Produksi PT. X

Sumber : PT. X

2.3 Seam Welding

Seam welding adalah proses pengelasan antara dua material sejenis menggunakan panas yang dihasilkan oleh aliran arus listrik dikombinasikan dengan tekanan. Lapisan yang dihasilkan terdiri dari serangkaian las titik. *Seam welding* ini menggunakan dua buah *wheel* yaitu *Upper Electrode Wheel* dan *Lower Electrode Wheel*. Kedua buah *wheel* tersebut mengandung panas yang dihasilkan dari *AC Power supply* yang berfungsi sebagai penyambung antara *seam* yang satu dengan yang lainnya seperti gambar 2.2.



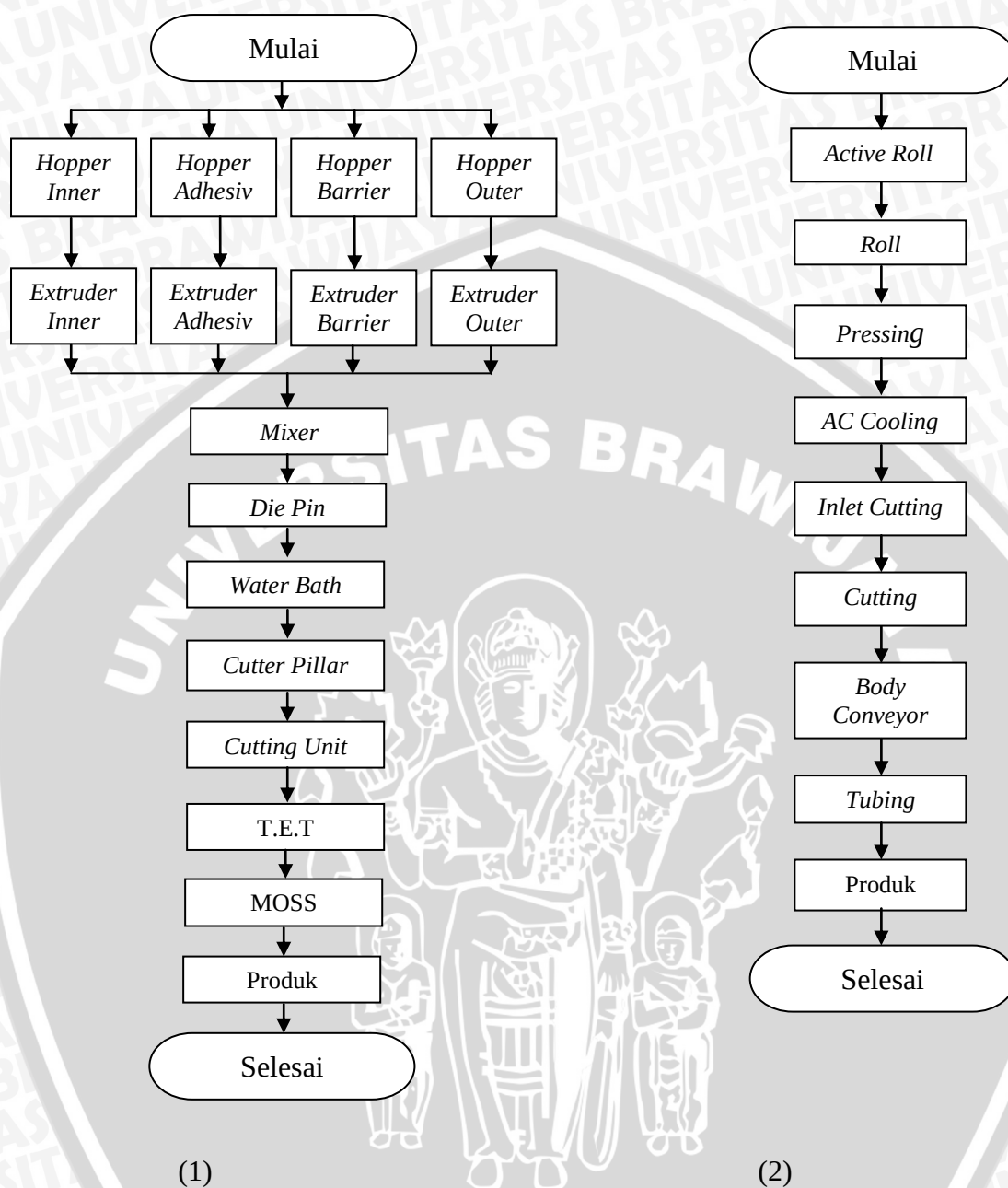
Gambar 2.2 *Seam Welding*

Sumber : www.substech.com

Seam welding banyak digunakan dalam perusahaan pembuatan kemasan makanan, kemasan kosmetik, kemasan obat dan lain-lain.

2.4 Proses Produksi

Proses ini dilakukan oleh divisi *Process Control*. Divisi ini melakukan dua proses produksi yaitu *plastic tube* dan *laminated tube*. *Flowchart* proses produksi *plastic tube* dan *laminated tube* ditunjukkan pada gambar 2.3:



Gambar 2.3 Flowchart : (1) Plastic Process, (2) Laminated Process
Sumber : PT. X

2.4.1 Laminated Tube Process

1. Active roll foil

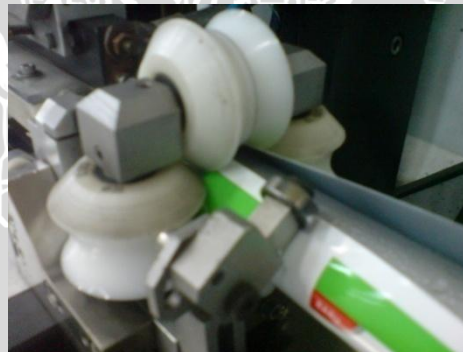
Berfungsi sebagai tempat roll web layer yang akan di produksi . Active roll foil ditunjukkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Active Roll Foil
Sumber : PT . X

2. Roll PreForming

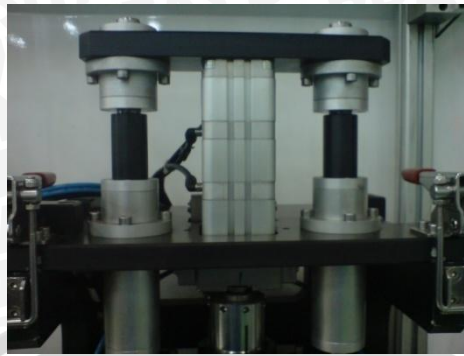
Pada proses ini *web* melewati *roll* pengatur tumpukan *web* sebelum masuk ke *pressing cylinder* sehingga menjadi *over lap* / *side seam* pada proses *welding*. Apabila *web* selip, *over lap* / *body* akan mengelupas. Posisi ketinggian pangkon *preforming* harus sama antara kiri dan kanan, dan posisi *mandrel* berada pas di tengah – tengah, sehingga *web* akan mudah di gerakan seperti gambar 2.5.



Gambar 2.5 Roll PreForming
Sumber : PT . X

3. Pressing Cylinder

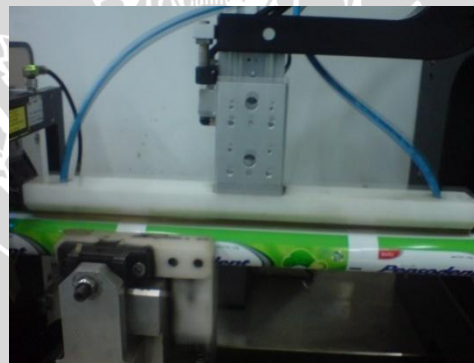
Disini *web-web* akan di *welding*. Terdapat berbagai macam pengaturan di sini antara lain pengaturan temperatur *welding*, tekanan *welding*, dan waktu *welding*. Jika temperatur, tekanan, dan waktu *welding* tidak optimal maka mengakibatkan banyak kerusakan pada *welding* tersebut. Maka dari itu ketiga faktor tersebut diteliti agar mencapai titik optimalnya. *Pressing Cylinder* ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Pressing Cylinder
Sumber : PT . X

4. AC Cooling Unit

Berfungsi sebagai pendingin hasil dari proses *welding*. Posisi *cooling* harus benar – benar sejajar dengan posisi *side seam*. AC Cooling Unit ditunjukkan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 AC Cooling Unit
Sumber : PT. X

5. Inlet cutting

Pada proses ini sebelum dipotong, *web-web* hasil *welding* tersebut diberi lubang. Lubang *inlet* harus bersih dari kerak tinta *web* agar *body* tidak *scrath*. *Inlet Cutting* ditunjukkan pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Inlet cutting
Sumber : PT . PT . X

6. Cutting

Pada proses ini , *web* hasil *welding* akan dipotong menurut ukuran nya. Ada berbagai macam ukuran yang bisa di *setting*. Pada bagian ini. pada saat pemasangan *cutter*, posisi *cutter* harus berada pada rumah *cutter* dan tidak lebih atau kurang dari lubang *inlet*, karena bisa mengakibatkan *body* tidak terpotong / *scratch*. *Cutting* ditunjukkan pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Cutting
Sumber : PT . X

7. Body Conveyor

Berfungsi sebagai pentransfer *body* sebelum masuk ke mesin untuk *tube making*. *Body Conveyor* ditunjukkan pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Body Conveyor
Sumber : PT . X

8. Tubing

Pada proses ini ,*web* setelah di *welding* akan diberi *shoulder* dan penutup *tube* yang akan menjadi *tube*.

2.4.2 Plastic Tube Process

Proses pembuatan *plastic tube* melewati tahap-tahap sebagai berikut :

1. *Hopper inner*

Berfungsi sebagai tempat penampungan material (biji plastik) untuk lapisan bagian dalam. *Hopper Inner* ditunjukkan pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 *Hopper Inner*
Sumber : PT . X

2. *Hopper Adhesive*

Berfungsi sebagai tempat penampungan material (biji plastik) untuk lapisan tengah (pengeleman). *Hopper Adhesive* ditunjukkan pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 *Hopper Adhesive*
Sumber : PT . X

3. *Hopper Barrier*

Berfungsi sebagai tempat penampungan material (biji plastik) untuk lapisan tengah (pelapisan/mencegah tembus). *Hopper Barrier* ditunjukkan pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 *Hopper Barrier*
Sumber : PT . X

4. *Hopper Outer*

Berfungsi sebagai tempat penampungan material (biji plastik) untuk lapisan bagian luar. *Hopper Outer* ditunjukkan pada gambar 2.14.



Gambar 2.14 *Hopper Outer*
Sumber : PT . X

5. *Extruder*

Berfungsi sebagai alat untuk melebur biji plastik sesuai dengan titik lebur yang ditentukan. Ada 4 buah *extruder* yaitu *Extruder Inner* pada gambar 2.15, *Extruder Adhesive* pada gambar 2.16, *Extruder Barrier* pada gambar 2.17, dan *Extruder Outer* pada gambar 2.18.



Gambar 2.15 *Extruder Inner*
Sumber : PT . X



Gambar 2.16 *Extruder Adhesive*
Sumber : PT . X



Gambar 2.17 *Extruder Barrier*
Sumber : PT . X



Gambar 2.18 *Extruder Outer*
Sumber : PT . X

6. *Mixer*

Berfungsi sebagai alat atau tempat untuk menggabungkan material lebur dari 4 *extruder* menjadi 1 lapis (5 *layer*). *Mixer* ditunjukkan pada gambar 2.19.



Gambar 2.19 *Mixer*
Sumber : PT . X

7. *Die Pin*

Berfungsi sebagai alat untuk membentuk *body* sesuai dengan diameter yang diinginkan. Di dalam *die pin* terdapat *ring die pin* dan *blow material*. *Ring die pin* berfungsi untuk menyatel *thickness body* supaya merata sedangkan *blow material* berfungsi sebagai penggembung udara agar *body* terbentuk. *Die Pin* ditunjukkan gambar 2.20.



Gambar 2.20 Die Pin
Sumber : PT . X

8. *Water Bath*

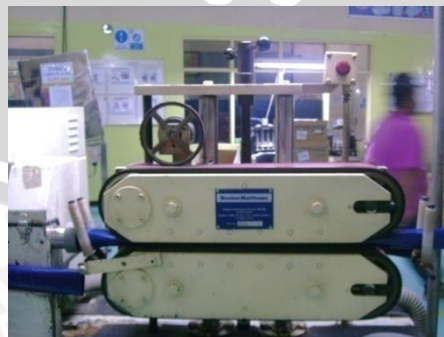
Berfungsi membentuk dan menstabilkan ukuran diameter *body* dengan pengaruh udara *vacum* serta mendinginkannya dengan pengaruh semprotan air dingin. *Water Bath* ditunjukkan pada gambar 2.21.



Gambar 2.21 Water Bath
Sumber : PT . X

9. *Cutter Pilar*

Berfungsi menjepit dan menarik *body* untuk diteruskan ke tahap selanjutnya. *Cutter Pilar* ditunjukkan pada gambar 2.22.



Gambar 2.22 Cutter Pilar
Sumber : PT . X

10. Cutting Unit

Berfungsi untuk memotong *body* sesuai ukuran yang diinginkan seperti gambar 2.23.



Gambar 2.23 Cutting Unit

Sumber : PT . X

11. T.E.T (Heading Machine)

Berfungsi untuk memberi *shoulder*, ulir dan lubang *orifice* pada *body* sehingga menjadi *tube*. T.E.T (Heading Machine) ditunjukkan pada gambar 2.24.



Gambar 2.24 T.E.T (Heading Machine)

Sumber : PT . X

12. MOSS (Printing Machine)

Berfungsi untuk memberi dekorasi dan *varnish* permukaan *tube* sesuai dengan keinginan pelanggan seperti pada gambar 2.25.



Gambar 2.25 MOSS (*Printing Machine*)
Sumber : PT . X

2.5 Mesin Produksi

Mesin yang digunakan pada perusahaan ini ada 2 jenis mesin yaitu :

1. COMBITOOL CMB

Mesin COMBITOOL ini berfungsi sebagai mesin yang memproduksi *laminated tube* pasta gigi yang ditunjukkan pada gambar 2.26. Pada mesin ini *web layer* akan di *welding*, di *shouldering*, dan di *tubing* menjadi *tube*.



Gambar 2.26 COMBITOOL
Sumber : PT. X

2. PTL (*Plastic Tube Line*)

PTL adalah satu kesatuan *system (line)* dari mesin-mesin yang dirancang dan dibangun untuk menghasilkan produk berupa kemasan berbahan plastik (P.E/*PolyEthylen*) berbentuk *tube/silinder* beserta dekorasinya. PTL dapat menghasilkan produk dengan *body single* dan *multi layer* (s/d 5 *layer*) dan dengan variant diameter 22, 30, 35, 40 dan 50 mm dengan panjang *tube* menyesuaikan

volume dari produk yang akan diisikan kedalam *tube* tersebut, serta dengan 5 warna dekorasi / cetakan yang berbeda. Adapun mesin-mesin itu adalah *Extrusion*, T.E.T, MOSS. Fungsi dari masing-masing mesin tersebut adalah :

a. *Extrusion*

Untuk membuat dan membentuk *body* atau selongsong sesuai dimensi yang diinginkan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.27.



Gambar 2.27 *Extrusion*
Sumber : PT . X

b. T.E.T

Untuk memberi *shoulder*, ulir dan lubang *orifice* pada *body* sehingga menjadi *tube* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.28.



Gambar 2.28 T.E.T
Sumber : PT . X

c. MOSS

Untuk memberi dekorasi dan *varnish* pada permukaan *tube* sesuai dengan keinginan pelanggan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.29.



Gambar 2.29 MOSS
Sumber : PT . X

2.6 Produk

Pada perusahaan ini terdapat dua jenis produk, yaitu :

1. *Laminated Tube*

Laminated tube adalah suatu *tube* yang materialnya dapat dibentuk dengan cara menggabungkan dua atau lebih lapisan material tersebut secara bersama-sama. Proses menciptakan suatu *laminated tube* disebut laminasi yang dapat diartikan juga dalam bahasa sehari-hari menggabungkan sesuatu antara lapisan-lapisan plastik dan direkatan dengan panas, tekanan, dan perekat. (Wikipedia, 2009)

Biasanya *Laminated Tube* menggunakan bahan LDPE (*Low Density Polyethylene*) dan aluminium. *Low Density Polyethylene* (LDPE) dicirikan dengan densitas $0.910\text{--}0.940\text{ g/cm}^3$. LDPE memiliki derajat tinggi terhadap percabangan rantai panjang dan pendek, yang berarti tidak akan berubah menjadi struktur kristal. Ini juga mengindikasikan bahwa LDPE memiliki kekuatan antar molekul yang rendah. Ini mengakibatkan LDPE memiliki kekuatan tensil yang rendah. LDPE diproduksi dengan polimerisasi radikal bebas. (Wikipedia, 2009)

Tertera logo daur ulang dengan angka 4 di tengahnya, serta tulisan LDPE. LDPE yaitu plastik tipe cokelat (*thermoplastic*/dibuat dari minyak bumi), biasa dipakai untuk tempat makanan, plastik kemasan, dan botol-botol yang lembek. Sifat mekanis jenis plastik LDPE adalah kuat agak tembus cahaya, fleksibel dan

permukaan agak berlemak. Pada suhu di bawah 60°C sangat resisten terhadap senyawa kimia, daya proteksi terhadap uap air tergolong baik, akan tetapi kurang baik bagi gas-gas yang lain seperti oksigen. Plastik ini dapat didaur ulang, baik untuk barang-barang yang memerlukan fleksibilitas tetapi kuat, dan memiliki resistensi yang baik terhadap reaksi kimia. (Wikipedia, 2009) Contoh produk *laminated tubes* ditunjukkan pada gambar 2.30.



Gambar 2.30 Contoh Produk *Laminated Tubes*
Sumber : PT. X

2. Plastic Tube

Plastik adalah polimer rantai-panjang dari atom yang mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, atau "monomer". Istilah plastik mencakup produk polimerisasi sintetik atau semi-sintetik, namun ada beberapa polimer alami yang termasuk plastik. Plastik terbentuk dari kondensasi organik atau penambahan polimer dan bisa juga terdiri dari zat lain untuk meningkatkan performa atau ekonomi (Wikipedia, 2009). Plastik merupakan material yang secara luas dikembangkan dan digunakan sejak abad ke-20 yang berkembang secara luar biasa penggunaannya dari hanya beberapa ratus ton pada tahun 1930-an, menjadi 220 juta ton/tahun pada tahun 2005 (Wikipedia, 2009). Pada perusahaan ini menggunakan LDPE dan HDPE. *High Density Polyethylene* (HDPE) dicirikan dengan densitas yang melebihi atau sama dengan 0.941 g/cm³. HDPE memiliki derajat rendah dalam percabangannya dan memiliki

kekuatan antar molekul yang sangat tinggi dan kekuatan tensil. HDPE bisa diproduksi dengan katalis kromium/silika, katalis *Ziegler-Natta*, atau katalis *metallocene*. Umumnya, pada bagian bawah kemasan botol plastik, tertera logo daur ulang dengan angka 2 di tengahnya, serta tulisan HDPE (*high density polyethylene*) di bawah segitiga. Biasa dipakai untuk botol susu yang berwarna putih susu, tupperware, galon air minum, kursi lipat, dan lain-lain. HDPE memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras, buram dan lebih tahan terhadap suhu tinggi. HDPE merupakan salah satu bahan plastik yang aman untuk digunakan karena kemampuan untuk mencegah reaksi kimia antara kemasan plastik berbahan HDPE dengan makanan/minuman yang dikemasnya (Wikipedia, 2009). Contoh produk *laminated tubes* ditunjukkan pada gambar 2.31.



Gambar 2.31 Contoh Produk *Plastic Tubes*
Sumber : PT. X

2.7 Cacat Proses Manufaktur

Pada proses pembuatan *laminated tube* pasta gigi terdapat banyak macam cacat. Hal ini antara lain disebabkan oleh tekanan, suhu, dan waktu penyambungan atau waktu *welding* yang tidak optimal. Cacat yang ditimbulkan dalam proses manufaktur *laminated tube* antara lain *body crash*, *bounding* rusak, *printing* tidak bagus, panjang tidak sesuai, dan *side seam* rusak. Banyaknya cacat yang terjadi ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Jumlah Cacat Produksi

	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	Total
Output	2,203,560	2,298,000	2,751,660	2,759,190	2,539,320	2,491,410	2,543,250	2,623,860	2,379,390	2,887,770	2,449,260	2,533,050	30,459,720
Body Crash	652	1,754	1,440	370	648	3,116	3,354	383	944	200	2,422	783	16,066
Bounding Perforated	3,423	2,322	1,565	4,345	2,323	2,311	4,533	2,212	2,388	1,542	1,372	506	28,642
Stripen Printing	2,323	3,444	3,234	5,823	5,443	5,654	6,588	2,860	3,217	3,223	2,343	3,234	47,386
Warna ≠ Standart	1,876	1,641	3,656	3,021	2,583	6,117	1,339	743	182	521	3,023	301	25,003
Run-Over Shoulder	4,158	703	1,676	234	404	22	495	430	795	126	1,222	54	10,319
Clogged Orifice	1,067	1,057	2,935	922	31	1,006	500	634	95	614	246	797	9,904
Side Seam Rusak	7,098	8,455	6,709	8,909	7,021	6,877	5,987	7,989	8,009	7,002	3,090	7,668	84,614
Total reject	20,597	19,876	21,215	23,624	18,453	25,103	22,796	15,251	15,630	13,228	13,718	13,343	222,334

Berdasarkan tabel 2.1, kerusakan yang paling banyak adalah kerusakan pada *side seam*. Maka dari itu, cacat yang nantinya akan diteliti adalah kerusakan *side seam* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.32.



Gambar 2.32 Kerusakan pada *side seam*
Sumber : PT. X

Kerusakan pada bagian *side seam* ini biasanya disebabkan oleh temperatur *welding* yang kurang tinggi sehingga *web layer* tidak meleleh dan tidak dapat menyambung dengan sempurna. *Side seam* sendiri adalah sambungan antar ujung *web layer laminated tube*. Kerusakan *side seam* telah melalui uji kontrol kualitas dan dinyatakan tidak bisa ditolelir karena sangat merugikan proses produksi pada perusahaan yang menyebabkan target produksi tidak bisa terpenuhi. Berdasarkan uji kontrol kualitas, cacat-cacat yang lain seperti *bounding perforated*, *stripen printing* dan *run-over shoulder* masih bisa dianggap lolos.

Cacat-cacat tersebut bisa ditolerir karena proses produksi tidak terlalu terhambat dengan adanya cacat tersebut.

Oleh sebab itu, pada penelitian ini dilakukan variasi untuk mendapatkan temperatur, tekanan, dan waktu *welding* yang optimal. Diharapkan kerusakan pada *side seam* bisa diminimalisir sehingga target produksi perusahaan dapat terpenuhi.

2.8 Response Surface Method

2.8.1 Response Surface

Menurut Montgomery (2001), *Response Surface Methodology* (RSM) merupakan himpunan metode-metode matematika dan statistika yang digunakan untuk melihat hubungan antara satu atau lebih variabel perlakuan berbentuk respon tersebut dalam suatu percobaan.

Dengan inilah alasan inilah metode permukaan respon digunakan. Metode permukaan respon bisa digunakan untuk (Bradley, 2007) :

1. Mencari proses optimal yang *robust* dari suatu sistem dengan memaksimalkan atau meminimumkan suatu respon. Proses *robust* yaitu suatu proses yang kokoh walaupun terdapat faktor-faktor tak terkendali.
2. Mereduksi variasi dengan menggunakan teknik POE (*Propagation Error*).

Desain yang digunakan pada Metode *Response Surface* ini diantaranya adalah *Central Composite Design*, *Desain Box-Behnken*, dan lain-lain.

Hubungan antara respon dan perlakuan dimodelkan secara linear didapatkan desain faktorial dengan pendekatan model regresi orde pertama yaitu :

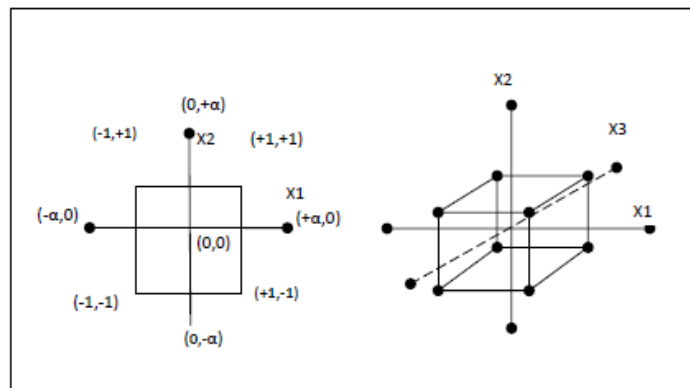
$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_m x_m + \varepsilon \quad \dots(2.1)$$

Apabila hasil model orde pertama tidak memenuhi syarat maka akan dilakukan pendekatan dengan model regresi orde kedua yaitu :

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_i x_i + \sum_{i=1}^m \beta_{ii} x_i^2 + \varepsilon \quad \dots(2.2)$$

2.8.2 Central Composite Design (CCD)

Central Composite Design (CCD) adalah sebuah rancangan percobaan yang terdiri dari rancangan 2^k faktorial dengan ditambahkan beberapa *center runs* dan *axial run (star runs)* (Vardeman, 1998). CCD untuk $k=2$ dan $k=3$ secara visual ditunjukkan gambar 2.33.



Gambar 2.33 Rancangan Faktorial *axial runs* dan *center runs*
Sumber : www.prismtc.co.uk/tipsheets/optimization-designs-2-building-the-design.html

Elemen dari CCD adalah sebagai berikut :

1. Rancangan 2^k faktorial (runs/cube) = n_c , dimana k adalah banyaknya faktor, yaitu percobaan pada titik $(\neq 1, \neq 1, \dots, \neq 1)$.
2. *Center runs* (n_c), yaitu percobaan pada titik pusat $(0, 0, \dots, 0)$.
3. *Axial runs*, yaitu percobaan pada titik-titik $(a, 0, \dots, 0), (-a, 0, \dots, 0), (0, a, \dots, 0), (0, -a, \dots, 0), (0, 0, \dots, a)$, dan $(0, 0, \dots, -a)$ dengan menggunakan *axial* atau *star point* a yang nilainya ditentukan oleh jumlah variabel faktor dan jenis CCD yang digunakan.

Titik-titik pada rancangan 2^k faktorial digunakan untuk membentuk model orde satu. Sedang penambahan *center runs* dan *axial runs* digunakan untuk membentuk model orde dua.

Pada *Central Composite Design (CCD)*, agar kualitas dari prediksi menjadi lebih baik, maka rancangannya selain memiliki sifat *orthogonal* juga harus *rotatable*. Suatu rancangan dikatakan *rotatable* jika ragam dari variabel respon yang diestimasi, ragam dari γ , merupakan fungsi dari $x_1, x_2, \dots, x_k$ yang hanya bergantung pada jarak dari pusat pandangan dan tidak bergantung dari arahnya.

(letak titik percobaan). Dengan kata lain ragam dari variabel respon yang diduga sama untuk semua titik asalkan titik-titik tersebut memiliki jarak yang sama dari pusat rancangan (*center runs*).

2.8.3 Fungsi *Desirability*

Menurut Montgomery (2001), fungsi *desirability* merupakan suatu transformasi dari geometri respon ke nilai nol sampai satu. Respon-respon yang berada didalam batas yang ditentukan bernilai antara nol sampai dengan satu. Respon-respon yang berada dalam batas yang ditentukan bernilai nol sampai dengan satu ($0 < d_i \leq 1$) dan yang berada diluar batas spesifikasi diberi nilai nol ($d_i = 0$), yang kemudian disebut sebagai fungsi *individual desirability* (d_i). Kemudian fungsi *individual desirability* digabung dengan menggunakan rata-rata geometri yang hasilnya disebut fungsi *composite* atau *overall desirability* D yang ditunjukkan persamaan 2.3.

$$D = (d_1, d_2, \dots, d_i)^{1/k} \quad \dots (2.3)$$

Dimana k menyatakan banyaknya respon. Jika ada sembarang respon berada diluar batas spesifikasi $d_i = 0$, maka fungsi *overall desirability* nilainya nol ($D = 0$).

Langkah-langkah optimalisasi dengan fungsi *desirability* adalah sebagai berikut :

1. Merancang dan melakukan percobaan.
2. Membuat *individual desirability* untuk setiap respon yang terbentuk.
3. Menggabungkan fungsi *individual desirability* menjadi fungsi *overall desirability* kemudian di maksimalkan.

Dalam fungsi *desirability* diperlukannya pengaturan bobot fungsi *individual desirability*. Bobot (γ) mendefinisikan bentuk dari fungsi *desirability* untuk setiap respon. Bobot dipilih untuk menekankan atau melonggarkan targetnya (Montgomery, 2001).

1. Untuk $0 < r < 1$, memberikan penekanan yang kurang pada targetnya. Semakin besar nilai *desirability* semakin jauh nilai dari target.
2. Untuk $r=1$, memberikan nilai kepentingan yang sama pada target dan nilai batas-batasnya. Nilai *desirability* dari suatu respon bertambah secara linier.

3. Untuk $r > 1$, memberikan penekanan yang lebih pada targetnya. Suatu respon harus sangat dekat dengan target agar memiliki nilai *desirability* yang tinggi.

