

Perancangan unit *Extruder* pada Mesin *Extrusion Lamination Flexible Packaging*

Maradu Sibarani^{1,a)}, Muhammad Piky Allan^{2,b)}, Putu M. Santika^{3,c)}

¹⁾Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir, BATAN ,
Jl. Raya Puspipetek Serpong, Tangerang Selatan-Banten, Indonesia, 15320

²⁾Program Studi Teknik Mesin ITI ,
Jl. Raya Puspipetek Serpong, Tangerang Selatan-Banten, Indonesia, 15320

³⁾Program Studi Teknik Mesin ITI ,
Jl. Raya Puspipetek Serpong, Tangerang Selatan-Banten, Indonesia, 15320

^{a)} sibanimaradu@yahoo.com ^{b)} vikyallan96@yahoo.co.id ^{c)} putumsantika0851@gmail.com

Abstrak

Laminasi ekstrusi merupakan suatu proses yang dapat diterapkan pada bahan teknik jenis termoplastik/bahan polimer. Prinsip proses ekstrusi polimer memiliki cara kerja yang menyerupai dengan proses ekstrusi logam, hanya saja terdapat perbedaan dalam konstruksi mesin yang digunakan, dimana pemakaian sebuah *ram* diganti dengan sebuah *screw*. Proses yang dilakukan yaitu dengan menggunakan biji plastik *polypropylene (pellet)* sebagai bahan utama yang akan dimasukkan kedalam sebuah *hopper* lalu didorong oleh sebuah *screw* dengan diameter 4 in, putaran 130 RPM, dan laju sembur material sebesar 0,22 m/detik. Selanjutnya bahan utama dan akan melewati pemanas yang memiliki daya 800 watt, dengan jumlah kalor sebesar 405.000 joule, selama kurang lebih 506,25 detik, untuk kemudian menuju ke *dies* atau cetakan yang diinginkan. Hasil cetakan dapat berupa lembaran (*sheet*) atau *blow film* tergantung dengan cetakan yang digunakan dalam proses cetak.

Kata Kunci: *dies, ekstrusi, polimer, plastik, screw, termoplastik*

Abstract

Extrusion lamination is a process that can be applied to thermoplastic/polymer type material. The principle of the polymer extrusion process is similar to metal extrusion process, except that there is a difference in the construction of the machine used, in which the use of a ram is replaced by a screw. The process is done by using polypropylene (pellet) plastic seeds as the main ingredient that will be incorporated into a hopper and then driven by a 4 in diameter screw with a rotation of 130 RPM, with a material blow rate of 0.22 m/sec. Then, the main ingredient will pass through a heater with 800 watt power, with a total heat of 405,000 joules for about 506,25 seconds, to a desired dies or mold afterward. The result can be sheets or blows depends on the film (dies) used in the printing process.

Keywords: *dies, extrusion, polymer, plastics, screw, thermoplastic*

I. PENDAHULUAN

Dewasa ini penggunaan *flexible packaging* dibutuhkan dalam berbagai aspek kehidupan, salah satunya yakni penggunaan plastik sebagai kemasan makanan agar dapat menjaga kualitas makanan dalam waktu yang relatif lebih lama. Saat ini telah diciptakan berbagai macam jenis mesin sebagai penghasil kemasan yang bertujuan untuk mempermudah proses pencetakan [1].

Salah satu mesin pencetak kemasan yang digunakan adalah mesin *extrusion lamination*. Prinsip kerja mesin ini ialah memasukan bahan-bahan mentah yang akan diolah, kemudian didorong keluar melalui suatu lubang cetakan (*die*). *Die* ini berbentuk piringan atau silinder dengan lubang cetakan yang terletak pada bagian akhir *extruder*. *Die* berfungsi sebagai pembentuk atau pencetak bahan setelah diolah di dalam *extruder* ke bentuk yang diinginkan. Mesin ekstrusi memiliki bagian yang bernama *extruder*. *Extruder* memiliki fungsi sebagai

pelebur biji plastik yang nantinya akan diproses melalui zona pemanas yang memiliki suhu berebeda-beda dan akan didorong keluar oleh *screw conveyor* untuk sampai pada bagian *dies* untuk berbagai macam proses selanjutnya. Hal yang perlu diperhatikan pada proses peleburan adalah proses pemasukan komposisi bahan-bahan yang nantinya akan diproses, karena apabila terjadi kesalahan pada saat pencampuran komposisi tersebut maka akan terjadi kegagalan produksi serta menghasilkan barang yang NG (*not good*). Kegagalan proses produksi akan berdampak sangat luas pada perusahaan, seperti penurunan kualitas dan kepercayaan dari konsumen mengenai hasil cetak yang dihasilkan.

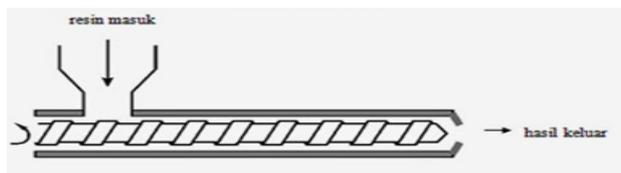
II. LANDASAN TEORI

Pada proses ekstrusi terjadi peristiwa transfer (*conveying*) resin dari satu titik ke titik lain menggunakan ulir (*screw*), kemudian pelelehan dan penekanan. Secara prinsip resin masuk dalam wadah (*hoper*) kemudian

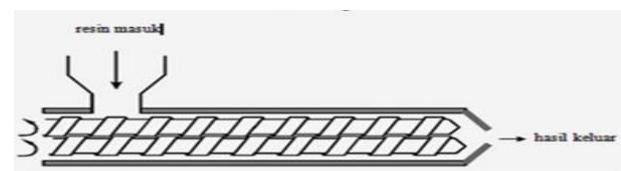
dibawa oleh ulir sambil mengalami proses pelelehan. Panas berasal dari kumparan yang dipasang di sekeliling ulir. Begitu pergerakan bahan menuju ujung, terjadi kenaikan tekanan karena bahan polimer mesti melalui lubang kecil sedangkan dari belakang ulir terus bergerak menekan. Bahan keluar selanjutnya diterima oleh molding untuk dicetak, atau kembali dibuat resin dimana resin yang keluar berbeda dengan resin yang masuk. Dalam kasus ini resin yang masuk dicampur dengan bahan lain sehingga resin yang keluar mempunyai spesifikasi yang khusus. Dengan demikian tujuan ekstrusi diantaranya adalah untuk mendapatkan resin dengan spesifikasi berbeda dengan sebelumnya.

Pencampuran (*compounding*) merupakan hal yang umum di industri polimer plastik. Sebagai contoh plastik SAN (*stirin-akrilonitril*) bila dicampur dengan karet SBS kopolimer (*stirin-butadien-stirin*) melalui *extruder* (alat pengestrusi) akan menjadi plastik ABS (*akrilonitril-butadien-stirin*). Dalam hal ini pencampuran bertujuan untuk mendapatkan plastik yang keras sekaligus liat. Plastik SAN bersifat keras namun getas. Guna menghilangkan kegetasan maka perlu dicampur dengan SBS agar mempunyai sifat liat, sehingga jadilah plastik ABS tersebut. Kemudian proses ekstrusi juga dipakai untuk pewarnaan resin. Sebagai contoh resin ABS dalam keadaan asli berwarna putih kekuningan dan *opaque* (tidak transparan), padahal aplikasi ABS diantaranya adalah untuk *body* sepeda motor, *casing* telepon selular, dan sebagainya yang mana memerlukan variasi warna. Maka resin ABS diberi pigmen dengan menggunakan proses ekstrusi. Proses daur ulang beberapa jenis plastik juga menggunakan *extruder*. Dalam hal ini plastik bekas dalam ukuran potongan tertentu diumpankan ke *hopper* untuk selanjutnya diekstrusi menghasilkan resin plastik daur ulang. Resin tersebut kemudian dikirim (dijual) ke pabrik *molding* untuk dicetak.

Extruder yang ada dipasaran biasanya terdiri atas *extruder* tunggal (*single extruder*) dan *extruder* ganda atau kembar (*twin extruder*). *Extruder* ganda mempunyai nilai lebih dimana pencampuran yang lebih merata dan output yang lebih besar. Namun harga *extruder* ganda lebih mahal dibanding *ekstruder* tunggal. Gambar 2.1 dan 2.2 menunjukkan penampang melintang kedua jenis *extruder*.



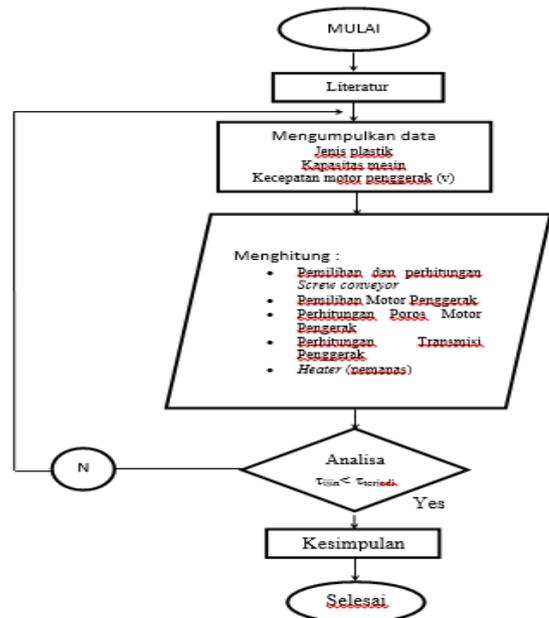
Gambar 1. Ekstrusi tunggal



Gambar 2. Ekstrusi ganda

III. METODE PERANCANGAN

Metode perancangan dipaparkan pada diagram alir yang ditunjukkan pada gambar 1. Kapasitas mesin yang didisain sebesar 200 kg/jam.



Gambar 3. Diagram Alir Perancangan *Extruder* pada mesin *Extrusion*

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pemilihan serta perhitungan *Screw Conveyor* ini digunakan spesifikasi serta penentuan parameter yang telah ditentukan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan pada tabel *Design Screw Conveyor Standart Industry* [2].

Spesifikasi mesin yang direncanakan :

1. Kapasitas mesin : 200 kg/jam
2. Putaran Screw : 130 RPM
3. Jarak Pitch : 1 D
4. Sudut kemiringan: 23°

Spesifikasi Bahan yang digunakan :

1. Densitas Biji Plastik PP : 0,91 gr/cm³
: 910 kg/m³
2. Faktor gesek bahan : 0,75
3. Fakor inklinasi : 23°
4. Kapasitas muatan : 30%
5. *Loading Efficiency* : 0,4

Dari data yang telah didapatkan dapat dilakukan perhitungan analisis perancangan sebagai berikut [2]:

A. Diameter screw (D) [2]

Diameter screw dirumuskan dengan:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \times Q}{60 \times \pi \times S \times n \times i \times \gamma \times C}}$$

dimana :

D = diameter screw (m)

S = jarak pitch (cm)

C = faktor koreksi karena inklinasi

(0,9 0,8 0,7 0,65)

(5° 10° 15° 20°)

dipilih 0,65 sesuai dengan sudut kemiringan *screw* yakni 23°

n = putaran mesin (RPM)
 γ = densitas biji plastik PP = 910 kg/m³
 i = (*loading efficiency*) untuk material tidak abrasif dan aliran bebas mengalir maka dipilih 0,4

$$\text{maka } D = \sqrt[3]{\frac{(4 \times 200 \text{ kg/jam})}{(60 \times 3,14 \times 1 \times 130 \times 0,4 \times 910 \text{ kg/m}^3 \times 0,65)}} \\ = 0,051 \text{ m} \\ = 2,007 \text{ inch}$$

Dengan diameter yang didapat sebesar 0,051 m atau 2,007 inch maka dipilih ukuran spesifikasi screw sesuai dengan tabel standar, yakni:

1. Diameter *screw* = 4 inch (10,16 cm)
2. Diameter kopling = 1 inch (2,54 cm)
3. Ukuran *conveyor* = 4 H 2 04
4. Jarak *pitch* = 4 inch (10,16 cm)
5. Panjang *screw* = 25,1 inch (64 cm)
6. Batas muatan = 30 % (Tipe A)

B. Daya yang dibutuhkan

Daya yang dibutuhkan dirumuskan dengan:

$$N_o = \frac{Q \times L \times W_o}{367} - \sin \beta \\ \text{maka } N_o = \frac{200 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 0,64 \text{ m} \times 4,0}{367} - \sin 23^\circ = 1,00 \text{ kW}$$

dimana:

Q = kapasitas mesin (kg/jam)
 L = panjang *screw* (m)
 $W_o = 4,0$ (untuk material pasir butir besar dan kecil)
 $\beta = 23^\circ$

Dengan hasil daya yang dibutuhkan sebesar 1,00 kW maka dipilih menggunakan jenis motor penggerak dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Jenis motor : AC Motor
2. Daya : 1,5 kW (2,0 HP)
3. Putaran Mesin : 2840 RPM
4. Ampere : 3,44 A

Torsi yang ditransmisikan oleh motor ke poros *screw* adalah:

$$M_o = \frac{102 \cdot N_o}{\omega} = \frac{102 \times 60 \cdot N_o}{2 \pi n} = 975 \frac{N_o}{n} = 975 \frac{1,5}{130} \\ = 11,25 \text{ Kg.m}$$

dimana

M_o = torsi (Kg.m)
 N_o = daya (kW)
 n = RPM

Laju aliran (*proportional rate*) material:

$$v = \frac{S \cdot n}{60} \\ = \frac{10,16 \cdot 130}{60} \\ = 22,01 \text{ cm/detik} \\ = 0,22 \text{ m/detik}$$

dimana:

S = *screw pitch* (jarak *screw*)
 n = RPM

Berat material per satuan panjang *screw*:

$$q = \frac{Q}{3,6} \cdot v \\ = \frac{200}{3,6} \cdot 0,22 \\ = 12,22 \text{ kg/m}$$

dimana:

Q = kapasitas *screw* (gr/jam)
 V = laju sembur (m/detik)

Gaya *axial* pada *screw*

$$P = q \cdot L \cdot f_o = 12,22 \cdot 0,64 \cdot 0,75 = 5,86 \text{ kg}$$

dimana:

q = berat material per satuan panjang (kg/jam)
 L = Panjang *Screw* (m)
 f_o = gaya gesek statik = 0,75

C. Daya heater (Q)

Dalam pemilihan pemanas elektrik ada beberapa hal yang harus diperhatikan seperti target panas yang diinginkan, waktu pemanasan awal dari benda kerja yang dipanaskan, dan panas dari material yang dipanaskan [3]. Pada perhitungan daya *heater* (Q) dibutuhkan parameter-parameter sebagai berikut:

1. Massa *Barrel* (m) = 4 kg
2. Panas Jenis Besi (C) = 0,113 $\frac{\text{kkal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$
3. Target yang dicapai = 300°C
4. Suhu Ruang = 25°C (perkiraan)
5. Waktu Pemanasan (t) = 0,5 jam (30 menit)
6. Efisiensi (n) = 0,1-0,5

Daya pemanas ditentukan menggunakan rumus:

$$Q = \frac{m \times c \times \Delta t}{860 \times t \times n} = \frac{4 \times 0,113 \times 300 - 25}{860 \times 0,5 \times 0,3} = 0,788 \text{ kwatt}$$

dimana:

m = massa barrel (kg)
 C = panas jenis material besi ($\frac{\text{kkal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$)
 t = Waktu pemanasan 0,5 (jam)
 n = 0,3 (n)
 Δt = selisih panas

1. Diketahui daya *heater* yang dibutuhkan 0,788 kwatt, maka dipilih *heater* berkapasitas 800 watt
2. Pemanas yang dipilih adalah *band heater* karena dapat disesuaikan pada bentuk *barrel* yang dipanaskan.
3. Dipilih 3 *band heater* sebagai elemen pemanas yang digunakan.

D. Jumlah kalor pada barrel

Jika hendak mengubah suhu atau menaikkan suhu, harus diketahui terlebih dahulu jumlah kalor yang diserap oleh *barrel* untuk itu menggunakan rumus:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta \tau$$

Diketahui dari data:

1. Panas jenis besi (c) = 0,11 $\frac{\text{kkal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$ ($450 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$)
2. Target panas yang ingin dicapai = 250°C
3. Suhu ruang = 25°C (perkiraan)
4. Massa barrel = 4 kg

Sehingga jumlah kalor yang diserap dan dilepaskan oleh pemanas:

$$Q = 4 \times 450 (250 - 25) = 405.000 \text{ joule}$$

dimana:

$$\begin{aligned} m &= \text{massa barrel (kg)} \\ C &= \text{panas jenis besi } \left(\frac{J}{kg^{\circ}C}\right) \\ \Delta\tau &= \text{selisih panas} \end{aligned}$$

E. Waktu yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu pada barrel

Dari data yang diketahui, kalor pada barrel adalah 405.000 joule, sehingga lama waktu untuk menaikkan suhu barrel adalah:

$$P = \frac{Q}{T}$$

$$800 = \frac{405000}{t}$$

maka:

$$t = \frac{405000}{800}$$

$$t = 506.25 \text{ detik}$$

dimana:

$$\begin{aligned} P &= \text{Daya listrik (w)} \\ Q &= \text{Kalor barrel (j)} \\ T &= \text{Waktu kenaikan suhu (s)} \end{aligned}$$

F. Perpindahan panas konduktivitas pada pipa

Pada pengoperasiannya yang konstan, tidak ada perubahan temperatur pada waktu dan titik tertentu, sehingga perpindahan panas yang masuk kedalam pipa harus sama dengan perpindahan yang keluar. Dengan kata lain, perpindahan panas pada pipa adalah konstan. Perpindahan panas konduksi pada pipa/silinder dapat dihitung dengan rumus [4]:

$$q = K A \frac{(T_1 - T_0)}{(r_0 - r_1)}$$

mencari luas alas:

$$\begin{aligned} A &= \frac{2 \pi L (r_0 - r_1)}{\ln (r_0 - r_1)} \\ &= \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,64 \cdot 0,1}{0,5} = 2,67 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$q = 0,73 \cdot 2,67 \cdot \frac{(250 - 225)}{(0,10 - 0,09)}$$

$$= 487,18 \text{ w}$$

dimana:

$$\begin{aligned} q &= \text{Perpindahan kalor (w)} \\ K &= \text{Konduktivitas thermal (besi) = } 73 \text{ W/m}^{\circ}C \\ A &= \text{Luas benda kerja (m}^2\text{)} \end{aligned}$$

V. KESIMPULAN

A. Dimensi Screw Conveyor

1. Diameter = 4 inch (10,16 cm)
2. Panjang screw = 25, 1 inch (64 cm)
3. Jarak pitch = 4 inch (10,16 cm)
4. Ambang jarak = 1/16 inch (0,15 cm)
5. Batas muatan = 30 % (Tipe A)
6. Tipe Screw = Conveyor Helical

B. Hasil analisis pada screw conveyor

1. Kapasitas screw = 200 kg/jam
2. Motor listrik dengan jenis AC motor dengan kapasitas 2,0 HP; 1,5 kW; dan putaran sebesar 2840 RPM.
3. Torsi yang ditransmisikan motor terhadap screw sebesar 13.974 kg
4. Laju sembur material sebesar 0,22 m/detik
5. Berat material persatuan panjang screw sebesar 2,89 kg/jam
6. Gaya axial yang terjadi pada screw sebesar 1,3 kg

C. Pemilihan heater

1. Jenis pemanas yang dipilih adalah band heater
2. Daya yang dibutuhkan untuk pemanas sebesar 800 watt
3. Jumlah kalor pada barrel sebesar 405.000 joule
4. Waktu yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu pada barrel adalah selama 506,25 detik.
5. Perpindahan panas sebesar 487,18 watt dengan luas alas sebesar 2,67 m²

REFERENSI

- [1] Ariefien, Stabilitas bentuk dan dimensi plastic polypropylene terhadap kecepatan putaran screw mesin ekstrusi, *Jurnal Tugas Akhir*, vol. 13, no. 1, April 2013, pp. 11-15.
- [2] A.M. Zaenuri, *Material Handling Equipment: Mesin Pemindah Bahan*, Andi, 2006.
- [3] WAM, Inc. *Screw Conveyors Engineering Guide and Part Catalogue*, WAMGROUP, 2006.
- [4] A. Al Kautsar, Rancang Bangun Archimedean Screw Mesin Extrusion Blow Molding, *Tugas Akhir*, Universitas Jember, Jember, 2015.