

# VARIASI TEMPERATUR MELTING POLYPROPYLENE TERHADAP PERUBAHAN BENTUK PRODUK DENGAN MENGGUNAKAN DESAIN EXTRUSI SINGLE SCREW

Darmeini

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email : [darmeini@gmail.com](mailto:darmeini@gmail.com)

Perancangan alat ekstrusi yang dilakukan dalam penelitian ini merupakan langkah awal untuk menambahkan investasi peralatan uji dan pengetahuan tentang pengolahan plastik. Dari hasil design dan manufaktur telah berhasil dibangun satu unit mesin ekstrusi single screw dan telah dioperasikan. Pada penelitian ini, perubahan bentuk dan ukuran dari produk akan dianalisis dengan menggunakan variasi temperatur proses menuju titik lebur dari polypropylene. Variabel bebas adalah :  $170^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$ ,  $190^{\circ}$ ,  $200^{\circ}$ , dan  $210^{\circ}$  C, dan kecepatan putaran screw 60 rpm digunakan sebagai temperatur proses. Produk dibuat dalam bentuk barrel dengan ukuran dies 5 mm. Hasil penelitian ini telah dibuat sebuah mesin ekstrusi tipe single screw. Dengan menggunakan bentuk dan ekstrusi sebagai indikator keberhasilan, maka temperatur proses yang sesuai untuk mesin ini pada perbandingan  $L / D = 14$  untuk  $170^{\circ}$  sampai ke  $180^{\circ}$  C.

Kata kunci: Plastik, Polypropylene, ekstrusi, Titik lebur

## PENDAHULUAN

Polimer atau yang lebih dikenal dengan nama plastik secara bertahap telah menggantikan material kayu dan logam dalam produk-produk rumah tangga sampai peralatan angkasa luar. Indonesia yang merupakan salah satu negara sedang berkembang menghadapi kendala tersendiri dalam memproduksi plastik. Akibat dari itu semua, Indonesia masih tertinggal jauh dalam pemakaian plastik terutama untuk industri [7].

Konsumsi plastik yang rendah ini disebabkan oleh kurangnya teknologi pengolahan plastik yang dimiliki negara ini. Disamping itu juga masih kurangnya pengetahuan dasar dan peralatan produksi produk plastik yang terdapat pada lembaga-lembaga pendidikan. Salah satu pemecahan permasalahan tersebut adalah melalui penelitian yang berbasis riset desain. Perancangan alat ekstrusi yang dilakukan pada penelitian ini merupakan langkah awal untuk menambah investasi peralatan uji dan pengetahuan tentang cara-cara memproduksi plastik.

Michaeli. W (2004) melalui papernya memaparkan metode baru desain geometri die untuk ekstrusi. Metode ini menggunakan gabungan finite element analisis (FEA) dan flow analisis network (FAN). Hasil risetnya adalah algoritma untuk optimasi aliran pada saluran dies ekstrusi secara otomatis. Michaeli. W (2004) juga meneliti gesekan polypropylene (PP) di

dalam feed section dari single screw ekstrusi, yang menghasilkan additive, filler dan bentuk pellet berpengaruh terhadap gesekan di dalam extruders.

Disamping itu melihat karakteristik melting point dari PP yang sesuai untuk ekstrusi. Hal ini dilakukan karena beberapa rujukan menunjukkan perbedaan melting point dari PP, PP mempunyai melting point  $\approx 459^{\circ}$  K ( $186^{\circ}$  C) [1], melt temperatur melting untuk polypropylene berkisar antara  $200$  s.d  $300^{\circ}$  C [6]. Selain itu pengaruh temperatur melting poin polimer yang diekstrud menggunakan single screw [5].

Tujuan penelitian ini adalah; mengeliminasi perubahan bentuk produk ekstrusi single screw melalui penggunaan temperatur proses terhadap temperatur melting yang sesuai.

## METODOLOGI

Desain awal dan perhitungan dimensi komponen utama sangat diperlukan pada manufaktur sebuah mesin ekstrusi. Sebuah mesin ekstrusi pada dasarnya terdiri atas dua komponen utama, yaitu : barrel dan screw.

Secara tipikal, diameter dalam barrel berkisar dari 1 s.d 6 in (25 s.d 150 mm), dan panjang barrel relatif terhadap diameternya, biasanya rasio perbandingan L/D antara 10 s.d 30. Perbandingan

barrel dan screw tersebut [2], panjang *barrel* relatif terhadap diameternya, biasanya rasio perbandingan L/D antara 10 s.d 30. Sedangkan diameter dan panjang *screw* disesuaikan dengan diameter *barrel*. Toleransi antara *barrel* dan *screw* sangat kecil yaitu 0,002 in (0,05 mm), pengambilan ini mengacu pada Rosato (1997). Dalam penggunaannya diameter *screw* mempengaruhi laju aliran plastik dalam *barrel*. Jenis *screw* yang akan digunakan disesuaikan dengan kapasitas dari motor penggerak. Pemilihan diameter dan panjang *screw* didasarkan pada rasio perbandingan (L/D) dengan range 6 s.d 48, akan tetapi kebanyakan proses plastik mengambil ratio L/D sebesar 24 s.d 36 [6]. Jenis *single screw* yang digunakan pada mesin ekstrusi ini adalah tipe *metering screw*.

Untuk material *barrel* dibuat dari material *stainless steel* dan *screw* digunakan material ASSAB 718 HH, material ini mempunyai kekerasan 38 HRC, dan untuk *die* yang akan digunakan dibuat dari baja karbon sedang dengan bentuk selindris berukuran diameter 5 mm.

#### Metode Pengujian

Pada proses ekstrusi bentuk produk dengan dimensi toleransi yang tinggi tidak mudah diperoleh, karena terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi. Faktor-faktor tersebut antara lain, yaitu: temperatur yang digunakan, besarnya tekanan dan kecepatan putaran *screw*. Dikarenakan keterbatasan waktu maka pada pengujian ini hanya dibatasi pada variasi temperatur. Sedangkan tekanan dan putaran *screw* adalah tetap (merupakan variabel tetap), dimana setiap perubahan temperatur, putaran dan tekanan yang digunakan tetap sama (konstan). Putaran yang digunakan untuk pengujian ini adalah 60 rpm, putaran ini didapat dari hasil reduksi putaran mesin oleh *gearbox* dan puli. Dikarenakan putaran yang digunakan konstan pada 60 rpm, pada tekanan konstan.

Variabel bebas pada penelitian ini adalah temperatur proses. Untuk menganalisa pengaruh temperatur, maka temperatur proses divariasikan terhadap temperatur *melting* dari bahan polypropylene (PP) untuk mendapatkan produk akhir yang memiliki perubahan bentuk yang minimum. Temperatur proses yang digunakan sebagai variabel bebas adalah, 170°, 180°, 190°, 200 dan 210° C. Pemilihan temperatur proses ini didasari oleh beberapa teori yang menyatakan

temperatur *melting* dari polimer PP berada kisaran 170° s.d 200° C.

Setiap variasi temperatur proses diambil sampel produk yang akan dianalisis, baik dari dimensi maupun kerusakan permukaan yang terjadi. Untuk pemeriksaan dimensi akan diukur dimensi produk berdasarkan temperatur proses yang digunakan. Demikian juga halnya dengan kerusakan produk, yang mana indikator penilaiannya hanya dilihat dengan jelas dan mikroskop digital.

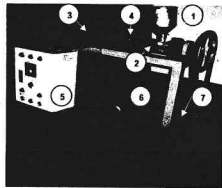
Indikator keberhasilan dari penelitian ini adalah :

1. Mesin ekstrusi dapat dioperasikan dengan baik.
2. Bentuk ekstruded mendekati atau sama dengan bentuk dies (bentuk dies adalah silinder)
3. Ukuran atau dimensi ekstruded mendekati atau sama dengan ukuran dies (dies berukuran diameter 5 mm)
4. Tidak ditemukan cacat pada permukaan ekstruded.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Manufaktur Hasil Penelitian

Dari hasil desain dan manufaktur telah berhasil dibangun satu unit mesin ekstrusi *single screw* seperti yang diperlihatkan Gambar (1).



Gambar 1. Mesin Ekstrusi *Single Screw* Hasil Manufaktur

Mesin ekstrusi hasil manufaktur ini terdiri dari beberapa komponen utama, dan komponen pendukung, yaitu :

#### 1. Single Screw

Salah satu komponen utama dari mesin ekstrusi adalah *screw*. *Screw* berfungsi sebagai poros pendorong, pemotong, dan pengaduk plastik

panas yang terdapat di dalam *barrel*. Bentuk *single screw* yang dibuat adalah tipe *metering screw* Gambar (2), dengan perbedaan kedalaman spiral untuk setiap daerah yaitu *feed section*, *compression section*, dan *metering section*. Dalam penggunaannya diameter *screw* mempengaruhi laju aliran plastik dalam *barrel*.

Untuk mesin ekstrusi ini, *screw* dibuat dari material ASSAB 718 HH dengan dimensi panjang 465 mm dan berdiameter 33 mm. Pemilihan dimensi *screw* atas dasar rasio L/D. Dari dimensi yang telah dipilih rasio L/D adalah 14, dan rasio ini termasuk dalam kisaran angka yang dianjurkan secara teori, yaitu 10 s.d 30.



Gambar 2 *Single Screw*

## 2. *Barrel*

*Barrel* adalah komponen pasangan *screw* yang berbentuk selongsong yang merupakan ruang pemanas dimana *screw* berada di dalamnya. *Barrel* berfungsi sebagai tempat proses plastisasi, tempat dimana berlangsungnya proses pengumpanan, pemanasan, dan pengadukan. Oleh karenanya *barrel* dirancang sedemikian rupa, sehingga dapat dijadikan tempat pemasangan elemen pemanas dan *die* produk.

*Barrel* yang merupakan komponen utama, dibuat dari material stainless steel dengan dimensi panjang 465 mm dan berdiameter 33 mm. Panjang dan diameter *barrel* disesuaikan dengan panjang dan diameter *screw*, dimana selisih atau toleransinya antara *barrel* dan *screw* adalah 0,05 mm.



Gambar 3 *Barrel*

## 3. Cetakan (*die*)

Gambar (4) diperlihatkan bentuk dari cetakan (*die*). Cetakan ini terbuat dari material baja karbon tinggi dan produk yang dihasilkan berbentuk selindris. Cetakan dibuat berbentuk pleng yang dapat pasangkan pada pleng tetap yang terdapat di ujung *barrel*.



Gambar 4. Bentuk Cetakan

## 4. Elemen Pemanas

Elemen pemanas (*heater element*) adalah komponen yang menghasilkan panas untuk pemrosesan plastik pada mesin ekstrusi ini. Elemen ini terdiri dari tiga buah dan dipasang pada *barrel*. Elemen ini diletakan pada bagian pengumpan (*feed section*), penekan (*compression section*) dan bagian pengaduk (*metering section*). Untuk pengaturan temperatur proses plastinisasi, elemen pemanas ini dihubungkan ke box kontrol temperatur (*thermokopel*). Bentuk dari ketiga elemen pemanas diperlihatkan pada Gambar.(5).



Gambar 5 Elemen Pemanas

## 5. Box Kontrol Temperatur

Box kontrol temperatur adalah sebuah kotak yang berfungsi sebagai tempat diletakkannya komponen-komponen pengatur temperatur untuk panas plastik, thermokopel, dan swith on-off dari motor penggerak. Pada box ini terdapat beberapa tombol seperti; tombol on-off, maju-mundur motor penggerak, dan swith pengatur temperatur proses.

## 6. Motor Penggerak

Unit penggerak (*driver unit*) untuk mesin ekstrusi ini merupakan sebuah motor listrik 1-fasa dengan putaran 1420 rpm, daya 1 HP, dan tegangan sebesar 220 Volt. Motor dihubungkan ke *gearbox* reduksi melalui sebuah puli dan sabuk untuk mereduksi putaran.

## 7. *Gearbox* Reduksi

*Gearbox* reduksi berfungsi sebagai pereduksi putaran. *Gearbox* reduksi ini mempunyai perbandingan reduksi dengan rasio 1 : 30, dan komponen ini dihubungkan dengan motor melalui sebuah puli dan sabuk.

### Hasil Uji Coba

Proses ekstrusi dilakukan pada kondisi bertekanan dan bertemperatur tinggi untuk mencairkan plastik. Akibat adanya faktor temperatur dalam proses produksi, maka akan terjadi pula perubahan bentuk produk setelah dingin. Dari hasil penelitian dengan memvariasikan temperatur proses terhadap temperatur melting, pada putaran konstan dihasilkan beberapa karakteristik bentuk produk yang berbeda.

#### Temperatur proses 170° C

Bentuk dan penampang produk yang dihasilkan pada temperatur proses 170° C telah mulai berbentuk batangan bulat meskipun kontur yang terbentuk belum sesuai dengan bentuk *die*. Dari dimensi, jika diukur diameter rata-rata produk yang dihasilkan terhadap diameter *die*, terjadi selisih, ukuran produk lebih besar 100% dari ukuran diameter *die*. Gambar 6 yang merupakan perbesaran 6X dari penampang produk, pada gambar penampang produk ini terlihat di bagian inti produk terdapat daerah berwarna putih, daerah ini adalah butiran plastik yang belum menjadi *viscos* secara sempurna. Pada temperatur proses ini dapat dikatakan proses plastisasi (pencairan plastik) belum terjadi secara sempurna.

#### Temperatur proses 170° C

Pada temperatur ini, produk telah mulai berbentuk batangan bulat dan terjadi perbesaran terhadap dimensi produk (diameter rata-rata produk) lebih besar sekitar 85% dari ukuran diameter *die*. Pada temperatur ini daerah berwarna putih yang terdapat di inti produk sudah mulai berkurang, ini menunjukkan proses plastisasi (pencairan plastik) mulai terjadi dengan baik.

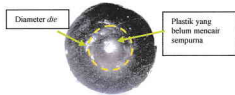


Gambar 6. Penampang Produk pada Temperatur Proses 170° C

#### Temperatur proses 180° C

Pada temperatur 180° C, produk telah mulai berbentuk batangan bulat dengan kontur yang sesuai dengan bentuk *die*, akan tetapi diameter rata-rata produk yang dihasilkan terhadap diameter *die* masih terjadi selisih cukup besar

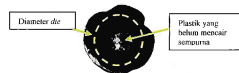
yaitu 100% dari ukuran diameter *die*. Pada gambar (8), penampang produk merupakan perbesaran 6 kali, terlihat daerah butiran plastik yang belum menjadi *viscos* secara sempurna (warna putih) di daerah inti produk mulai berkurang dan terkonsentrasi pada inti.



Gambar 7. Penampang Produk pada Temperatur Proses 180° C

#### Temperatur proses 190° C

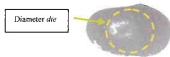
Pada temperatur proses 190° C, butiran plastik telah menjadi *viscos* secara sempurna untuk membentuk sebuah produk, akan tetapi kontur penampang yang dihasilkan pada temperatur ini tidak begitu baik, dimana terbentuk alur-alur di sepanjang produk. Jika diukur dari dimensi yang dihasilkan, diameter rata-rata produk yang dihasilkan terhadap diameter *die* masih terjadi selisih akan tetapi sudah mulai berkurang, yaitu 75% dari ukuran diameter *die* Gambar (8).



Gambar 8. Penampang Produk pada Temperatur Proses 190° C

#### Temperatur proses 200° C

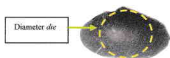
Pada temperatur proses 200° C, karakteristik produk yang dihasilkan jauh dari yang diharapkan (dalam hal dimensi), ini dapat dilihat pada Gambar (9). Pada temperatur ini, butiran plastik telah menjadi *viscos* secara sempurna, akan tetapi dikarenakan temperatur proses yang cukup tinggi menyebabkan plastik terlalu cair dan produk terekstrusi tidak berbentuk bulat tetapi berbentuk elip.



Gambar 9. Penampang Produk pada Temperatur Proses 190°C

### Temperatur proses 210°C

Hal yang sama juga terjadi pada temperatur proses yang lebih tinggi yaitu 210°C, pada saat produk terekstrusi berbentuk bulat akan tetapi saat menyentuh tampungan dan dingin bentuk produk menjadi elip, ini dikarenakan temperatur proses yang cukup tinggi menyebabkan plastik terlalu cair. Karakteristik dimensi dan kontur dari temperatur proses ini dapat dilihat pada Gambar (10).



Gambar 10. Penampang Produk pada Temperatur Proses 210°C

## PEMBAHASAN

Sebuah mesin ekstrusi pada dasarnya terdiri atas dua komponen utama, yaitu: *barrel* dan *screw*. Secara keseluruhan, dari test performance terhadap mesin ekstrusi single screw dengan perbandingan  $L/D = 14$ , mesin telah dapat menghasilkan produk (ekstruded) dengan baik.

Jika dibandingkan dengan mesin hasil pabrikan, mesin ini masih terdapat kekurangan dari sistem pendingin, bentuk dies dan *sezing* (penapat ukuran). Ini terlihat dari hasil ekstruded, yang banyak berpengaruh terhadap sistem pendingin dan dies. Akan tetapi mesin ini akan mempunyai keunggulan dari sisi kompetebel, sederhana dan murah, jika digunakan untuk memproduksi produk-produk dengan dimensi kecil dan sederhana. Keunggulan tersebut akan tercapai jika dilengkapi tiga komponen yang belum lengkap tersebut yaitu; sistem pendingin, dies yang baik dan penapat ukuran produk.

Proses ekstrusi dilakukan pada kondisi bertekanan dan bertemperatur tinggi untuk mencairkan

plastik. Akibat adanya faktor temperatur dalam proses produksi, maka akan terjadi pula perubahan bentuk produk setelah dingin. Hasil pengujian terhadap analisis variasi temperatur ( $170^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$ ,  $190^{\circ}$ ,  $200^{\circ}$ , dan  $210^{\circ}$  C) terhadap perubahan bentuk menunjukkan karakteristik yang berbeda dari setiap temperatur tersebut. Pada temperatur proses yang lebih rendah butiran plastik belum menjadi *viscos* secara sempurna (proses plastisasi belum terjadi secara sempurna), ini terlihat di bagian inti produk terdapat daerah berwarna putih. Pada temperatur proses yang tinggi, butiran plastik telah menjadi *viscos* secara sempurna, akan tetapi dikarenakan temperatur proses yang cukup tinggi menyebabkan plastik terlalu cair dan produk terekstrusi tidak berbentuk bulat tetapi berbentuk elip.

Dengan menggunakan bentuk dan dimensi ekstruded sebagai indikator keberhasilan maka, temperatur proses yang sesuai untuk mesin ini pada kisaran  $170^{\circ}$  s.d  $180^{\circ}$  C. Penyimpangan ukuran ekstruded terjadi hingga 100% dari ukuran *die*, hal ini dikarenakan buruknya sistem pendingin dan tidak adanya komponen sistem penapat ukuran (*sezing*).

## KESIMPULAN

Dari hasil rancangan dan pengujian yang dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Sebuah mesin ekstrusi tipe *single screw* untuk kebutuhan pengujian dan praktikum mahasiswa di Jurusan Teknik Mesin PNL selesai di rancang bangun.
2. Spesifikasi mesin ekstrusi tipe *single screw* adalah
  - a. Dimensi rangka  $120 \times 50 \times 90$  mm
  - b. Perbandingan  $L/D$  *barrel – screw* adalah 14
  - c. Motor penggerak 1,4 HP
  - d. Pemanas menggunakan 3 heater  $\Phi$  47 x 100, CPM 475 W, 220V
  - e. Kapasitas Laju =  $11461,26 \text{ mm}^3/\text{menit}$
3. Karakteristik bentuk produk yang diekstrusi pada temperatur proses,  $170^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$ ,  $190^{\circ}$ ,  $200^{\circ}$ , dan  $210^{\circ}$  C mempunyai perbedaan yang beragam.
4. Temperatur proses ekstrusi yang sesuai untuk memproduksi batangan silinder dengan *single screw* pada perbandingan  $L/D = 14$  dan

kecepatan putaran screw 60 rpm adalah 180° C.

5. Pada temperatur proses yang lebih rendah (170°C) butiran plastik belum menjadi *viscos* secara sempurna (proses plastisasi belum terjadi secara sempurna).
6. Pada temperatur proses yang tinggi (210° C), butiran plastik telah menjadi *viscos* secara sempurna, akan tetapi dikarenakan temperatur proses yang cukup tinggi menyebabkan plastik terlalu cair dan produk terekstrusi tidak berbentuk bulat tetapi berbentuk elip.
7. Dimensi produk batangan silinder yang dihasilkan dengan ekstrusi single screw, perbandingan L/D = 14 dan kecepatan putaran screw 60 rpm, mempunyai penyimpangan hingga 100% dari ukuran *die*.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Howe, David. *Polimer Data Handbook*. Oxford University Press, Inc New York, 1999.
2. Groover. Mikel P. *Fundamentals of Modern Manufacturing Materials, Processes and Systems*, John Wiley & Sons Inc. New York, 1996.
3. Michaeli, W., Kau, S. Approach of an Automati Extrusion Die Optimization, *Journal of Applied Polymer Engineering*, Vol. 24, No. 5, 2004.
4. Michaeli, W., Imhoff, A. Friction in the Feed Section of Single Screw Extruders Dependent on Pellet Shape, Fillers and Additives, *Journal of Applied Polymer Engineering*, Vol. 24, No. 5, 2004.
5. Noriega, P.M., Osswald and Ferrier, N. In Line Measurement of the Polymer Melting Behavior in Single Screw Extruders, *Journal of Applied Polymer Engineering*, Vol. 24, No. 6, 2004.
6. Rosato, D. *Plastics Processing Data Handbook, Ed.2*, Chapman & Hall, London. 1997.
7. Suratno, B., *Polimer and Composite Material*, Seminar Dosen Tamu di Magister T. Mesin USU, Sentra Teknologi Polimer, Serpong, 2003.