

## RANCANG BANGUN PROTOTYPE MESIN EKSTRUSI POLIMER SINGLE SCREW

**Dani Irawan<sup>1</sup>, Rahayu Mekar Bisono<sup>2</sup>**  
<sup>1,2</sup> Politeknik Kediri

**Email: [the\\_boymaster@poltek-kediri.ac.id](mailto:the_boymaster@poltek-kediri.ac.id)**

*Tujuan penelitian ini adalah merancang serta memfabrikasi mesin mesin ekstrusi single screw sebagai media pembelajaran proses ekstrusi pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Kediri. Dalam penelitian ini memvariasikan temperatur proses terhadap temperatur melting, pada putaran konstan yang akan menghasilkan beberapa karakteristik bentuk produk yang berbeda. Variasi temperatur prosesnya adalah: temperatur proses 165°C, dan temperatur proses 185°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan bentuk dan dimensi ekstruder sebagai indikator keberhasilan maka, temperatur proses yang sesuai untuk mesin dengan single screw kisaran 185°C.*

**Kata kunci : ekstrusi, screw, polimer.**

### 1. Pendahuluan

Proses perlakuan material merupakan sajian mata kuliah wajib di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Kediri. Secara umum proses perlakuan material terbagi menjadi 4, yakni *casting*, *joining*, *machining*, dan *forming*. Empat proses perlakuan material memiliki cakupan luas jika didalami lebih jauh. Salah satu proses perlakuan *material forming* misalnya adalah proses *ekstrusi*. *Ekstrusi* adalah proses untuk membuat benda dengan penampang tetap. Keuntungan dari proses *ekstrusi* adalah bisa membuat benda dengan penampang yang rumit, bisa memproses bahan yang rapuh karena pada proses *ekstrusi* hanya bekerja tegangan tekan, sedangkan tegangan tarik tidak ada sama sekali. Aluminium, tembaga, kuningan, baja dan plastik adalah contoh bahan yang paling banyak diproses dengan *ekstrusi*. Contoh barang dari baja yang dibuat dengan proses *ekstrusi* adalah rel kereta api.

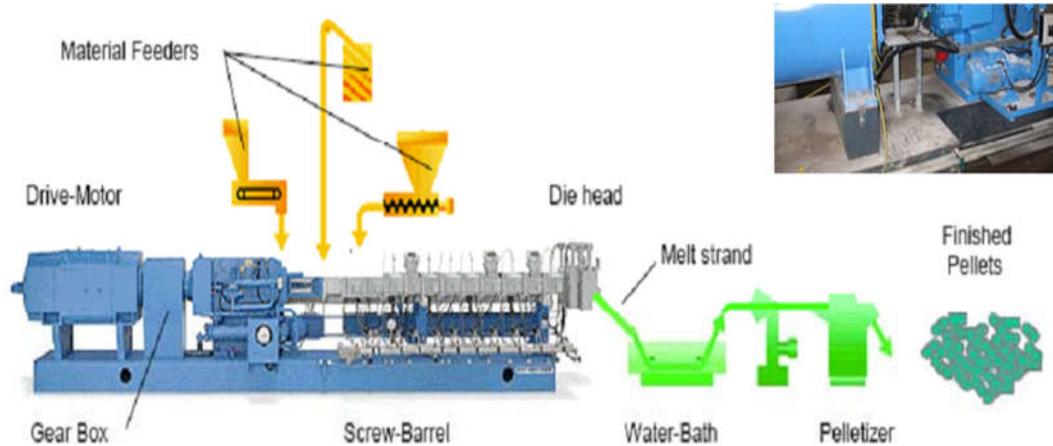
Proses *ekstrusi* bahan *termoplastik* mempunyai prinsip yang hampir sama untuk *ekstrusi* logam hanya saja dalam *mengekstrusi* bahan *polimer* tidak lagi menggunakan ram seperti halnya *ekstrusi* logam, tetapi menggunakan sebuah *screw*. Bahan baku yang digunakan dalam proses *ekstrusi termoplastik* ini juga berbeda dengan *ekstrusi* bahan logam. Jika pada *ekstrusi* logam bahan baku yang dimasukkan dalam bentuk batangan, plat ataupun lembaran. Pada *ekstrusi polimer* bahan baku yang digunakan adalah dalam bentuk biji plastik (*pellet*).

Secara umum *ekstrusi* pada *termoplastik* adalah suatu proses pembentukan material dengan cara di panaskan hingga mencapai titik leleh dan melebur akibat panas dari luar atau akibat panas gesekan yang kemudian dialirkan ke cetakan oleh *screw* untuk menghasilkan material dengan bentuk penampang sesuai dengan bentuk lubang cetakan (*die*). Proses *ekstrusi* adalah proses *continue* yang menghasilkan beberapa produk seperti, film plastik, tali rafia, pipa, pelet, lembaran plastik, fiber, filamen, selubung kabel, dan beberapa produk lainnya. [1]

Sehingga dapat disimpulkan bahwa proses *ekstrusi* pada bahan jenis *termoplastik*/bahan *polimer*, dimana produk yang dihasilkan cukup beraneka ragam seperti halnya produk *ekstrusi* logam. Prinsip proses *ekstrusi polimer* hampir mirip dengan *ekstrusi* logam hanya saja terdapat perbedaan dalam konstruksi mesin yang digunakan dimana pemakaian sebuah *ram* diganti dengan sebuah *screw* pada *ekstrusipolimer*. Khusus untuk *ekstrusi* plastik proses pemanasan dan pelunakan bahan baku terjadi di dalam *barrel* akibat adanya pemanasan dan gesekan antar material akibat putaran *screw*.

Hasil produk dan proses *ekstrusi termoplastik* juga beraneka ragam, seperti halnya pada *ekstrusi* logam. Tetapi salah satu bentuk produk yang paling muktahir adalah hasil produk yang berbentuk kain (*sheet*) atau bentuk film. Dan hasil keluaran dari mesin *ekstrusi* ini dapat diolah menjadi berbagai kegunaan lain seperti kantong ataupun benang yang digunakan dalam menganyam karung beras. Mesin *ekstrusi* untuk *termoplastik* umurnya terdiri dari sebuah *screw* tunggal (*single screw*) atau lazim juga dikatakan berkekuatan *power screw*, namun pada saat ini telah dikembangkan juga mesin *ekstrusi termoplastik* dengan menggunakan *screw double* dan multi. Dibawah ini akan dibahas tentang proses *ekstrusi* dan mesin *ekstrusi* ulir tunggal.

Mesin *ekstrusi* ini mempunyai bagian utama berupa sebuah poros berulir (*screw*) yang berfungsi untuk mendorong dan menekan bahan *pellet* hingga keluar dari *die*. Bagian utama alat *ekstruder* ini adalah seperti pada gambar 1 dibawah ini:



**Gambar 1 Mesin Ekstrusi**

Dalam prosesnya bahan baku *polimer* berbentuk *pellet* dimasukkan ke dalam *hopper* dan digerakkan melalui *barrel* dengan menggunakan sebuah poros berulir yang berbentuk *helical* (*screw conveyor*) dan kemudian dihantarkan hingga ke cetakan (*die*). Poros berulir seperti terdiri dari tiga bagian utama, yaitu:

- Bagian masuk (*feeding section*) Adalah bagian yang mempunyai diameter ulir yang konstan dan daerah tempat bahan mengalir tentu saja juga konstan, yang membawa bahan baku menuju bagian kompresi (bagian pelumatan/ pengliatan).
- Bagian kompresi (*compression section*) Pada bagian kompresi ini, diameter poros *screw* meningkat secara kontinyu sedangkan sebaliknya daerah bebas alir dari bahan makin mengecil, disini bahan *polimer* dilunakan/ diliatkan. Pada daerah ini juga bahan *polimer* dipanaskan hingga suhu tertentu agar bahan *polimer* dapat mengalir dengan lancar, sedangkan untuk menjaga agar *barrel* tidak kelebihan panas, maka dipasang *blower* untuk mengatur suhu *barrel* agar bertahan pada suhu terlentu. Setelah melewati bagian kompresi, bahan kemudian dibawa pada bagian akhir.

Bagian akhir (*metering section*) Bagian ini sama dengan daerah pemasukan yang mempunyai daerah bebas alir yang konstan, namun daerah bebas alirnya lebih kecil. Disini bahan akan mengalami kenaikan suhu lagi karena tekanan geser dan gesekan pada daerah ini cukup besar

## 2. Tinjauan Pustaka

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. Dia juga meneliti gesekan *polypropelene (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, seperti Suratno (2003), PP mempunyai *melting point*  $\approx 459^{\circ} \text{K}$  ( $186^{\circ}\text{C}$ ), dan Rosato (1997) menyatakan bahwa *melt temperatur melting* untuk *polypropylene* berkisar antara  $200^{\circ} \text{C}$  s.d  $300^{\circ}\text{C}$ . [2], [3]

Selain itu hasil penelitian Noriega (2004) menunjukkan adanya pengaruh *temperatur melting poin polimer* yang *diekstrusi* menggunakan *single screw*. Penelitian lainnya oleh Sumardi dan Indra (2011) telah dibangun sebuah mesin *ekstrusi single screw*, dengan menggunakan bentuk dan dimensi *ekstruded* sebagai indikator keberhasilan untuk mesin dengan *single screw* pada perbandingan  $L/D = 14$  dan temperatur pada kisaran  $180^{\circ}\text{C}$ . [4]. [5]

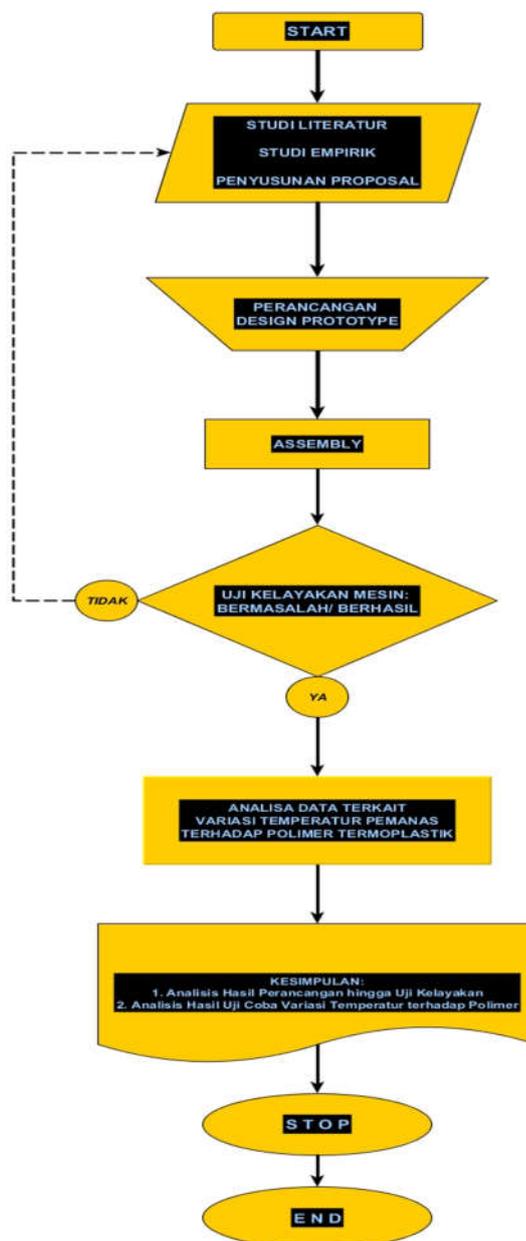
Hasil Mahmudi, Ali (2017) dengan mesin prototipe pengolah limbah *styrofoam* dengan variabel temperatur pemanasan dan kecepatan aliran *styrofoam* menghasilkan kualitas produk yang

memadai berwarna putih dan padat pada kondisi optimal berada pada kisaran temperatur 110oC - 120oC dengan kecepatan aliran *styrofoam* berkisar antara 2,7 m/menit - 3,6 m/menit. [1]

Sedangkan menurut Willey, Jhon (1985), dan Dody, Ryo (2010), Mesin *ekstrusi* memiliki banyak jenis ukuran, bentuk dan metode pengoperasian. Ada mesin ekstrusi yang dioperasikan secara *hidraulik* dimana pada mesin ini *piston* berperan untuk mendorong adonan melalui lubang pencetak (*die*) yang terletak pada ujung *ekstruder*. Terdapat pula mesin *ekstrusi* tipe roda, dimana bahan adonan didorong keluar atas hasil kerja dua roda yang saling berputar. Kemudian yang telah banyak dikenal saat ini ialah mesin *ekstrusi* tipe ulir (*screw*) dimana putaran ulir akan mendorong bahan adonan keluar melalui *die Screw* mengalirkan bahan yang telah meleleh ke ujung *ekstruder* yang telah dipasang *die*, setelah mengalami proses pencampuran yang *homogen* pada lelehan bahan tersebut. Pada *ekstruder* terdapat dua jenis ulir, yaitu ulir tunggal (*single Screw extruder/SSE*) dan ulir ganda (*twin Screw extruder/TSE*) [6], [7]

### 3. Metode Penelitian

Adapun langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini dapat digambarkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Langkah Penelitian

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 sesuai dengan pernyataan Groover (1996), panjang *barrel* relatif terhadap diameternya, biasanya rasio perbandingan L/D antara 10 s.d 30. Sedangkan diameter dan panjang *screw* disesuaikan dengan diameter *barrel*. Kelonggaran 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 (Rosato, 1997). 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.

#### 4. Pembahasan

Dari hasil desain dan manufaktur telah berhasil dibangun satu unit mesin *ekstrusi single screw* seperti yang diperlihatkan Gambar 3.



Gambar 3. Mesin Ekstrusi Single Screw

Uji kelayakan berupa menguji kinerja mesin *ekstrusi* setelah melalui tahap-tahap sebelumnya seperti pada bagan alur penelitian. 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. Dalam penelitian ini memvariasikan temperatur proses terhadap temperatur *melting*, pada putaran konstan yang akan menghasilkan beberapa karakteristik bentuk produk yang berbeda. Variasi temperatur prosesnya adalah: temperatur proses 165°C, dan temperatur proses 185°C.

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. Hal ini sejalan dengan penelitian mawardi, indra (2015) yang menyimpulkan Proses injeksi menggunakan mesin injeksi manual sistem *toggle* dengan variasi temperatur injeksi 160°, 165°, dan 170 °C. Hasil penelitian menunjukkan pada temperatur injeksi 160° dan 165°C, kualitas produk masih belum terbentuk sempurna akibat masih banyak cacat yang terjadi. Produk terjadi sempurna pada temperatur injeksi 170°C. Temperatur injeksi di bawah temperatur leleh akan mengakibatkan cacat lebih dominan terjadi. Cacat-cacat yang terjadi pada proses injeksi produk plastik penyangga gantungan hanger untuk lemari adalah *short shot*, *jetting*, *flashing*, *sink mark* dan *shrinkage*. [8]



**Gambar 4. Hasil Uji coba dengan Temperatur proses 165<sup>0</sup>C**

Bentuk dan penampang produk yang dihasilkan pada temperatur proses 165°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*. Pada temperatur proses ini dapat dikatakan proses plastisasi (pencairan plastik) belum terjadi secara sempurna. Akan tetapi mesin ini akan mempunyai keunggulan dari sisi kompartibel, 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.

Pada temperatur 180<sup>0</sup> 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 5, penampang produk merupakan perbesaran 6 kali, terlihat daerah butiran plastik yang belum menjadi *viscos* secara sempurna (warnaputih) di daerah inti produk mulai berkurang dan terkonsentrasi pada inti.



**Gambar 5 . Penampang Produk pada Temperatur Proses 180<sup>0</sup>C**

Sebuah mesin ekstrusi pada dasarnya 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 *terekstrut* tidak berbentuk bulat tetapi berbentuk elip.

Hal ini sejalan dengan penelitian Michaeli. W (2004) Noriega (2004) Dengan menggunakan bentuk dan dimensi ekstruded sebagai indikator keberhasilan maka, temperatur proses yang sesuai untuk mesin ini pada 180 <sup>0</sup>C. Penyimpangan ukuran ekstruded terjadi hingga 100% dari ukuran *die*, hal ini dikarenakan buruknya sistem pendingin dan tidak adanya komponensistempenapat ukuran (*sezing*). [2], [4]

## 5. Simpulan

Hasil rancangan dan pengujian yang dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain :

- Terlaksana dan tersedianya sebuah mesin ekstrusi tipe *single screw* untuk kebutuhan pengujian dan praktikum mahasiswa di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Kediri.
- Mesin telah dapat menghasilkan produk (*ekstruded*) dengan baik Motor penggerak 1,4 HP Pemanas menggunakan 4 heater 50x 100, CPM 475 W, 220V
- Jika dibandingkan dengan mesin hasil Kapasitas Laju = 11461,26 mm<sup>3</sup>/menit pabrikan, mesin ini masih terdapat kekurangan dari sistem pendingin, bentuk dies dan *sezing* (penapat ukuran). Ini terlihat dari hasil ekstruded, yang banyak berpengaruh terhadap Temperatur proses *ekstrusi* yang sesuai untuk memproduksi batangan silinder dengan *single screw* pada perbandingan L/D=14 dan kecepatan putaran *screw* 60 rpm adalah 185<sup>0</sup>C. Pada temperatur proses yang lebih rendah (165<sup>0</sup>C) butiran plastik belum menjadi *viscos* secara sempurna (proses plastisasi belum terjadi secara sempurna).
- Dimensi produk batangan silinder yang dihasilkan dengan ekstrusi *single screw*, perbandingan L/D = 12 dan kecepatan putaran *screw* 65 rpm, mempunyai penyimpangan hingga 100% dari ukuran *die*.

## 6. Ucapan terimakasih

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada direktorat jenderal penelitian dan pengabdian masyarakat kementerian Ristekdikti yang telah memberikan bantuan dana Hibah Dosen Pemula Tahun Anggaran 2018 sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mahmudi, A., Londa, P., Teknik, J., Politeknik, M., & Bandung, N. (2017). Optimasi Penerapan Teknologi Ekstrusi pada Prototipe Mesin Daur Ulang Limbah Styrofoam, 19(2), 92–96.
- [2] Michaeli, W., Imhoff, A. 2004. 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.
- [3] Suratno, B. 2003. Polimer and Composite Material. Seminar Dosen Tamu di Magister T. Mesin USU, Sentra Teknologi Polimer, Serpong.
- [4] Noriega, P.M., Osswald and Ferrier, N. 2004. In Line Measurement of the Polymer Melting Behavior in Single Screw Extruders. *Journal of Applied Polymer Engineering*, Vol. 24, No. 6, 2004.
- [5] Sumardi dan Indra. 2011. Perancangan dan Fabrikasi Mesin Ekstrusi. Politeknik Negeri Lhokseumawe, Aceh.
- [6] Willey, John. 1985, "Encyclopedia of Polymer Science and engineering," 1985, 2nd Ed., New York.
- [7] Dody, Ryo, 2010, "Pembentukan Plastik dan Material Komposit," Universitas Negeri Jakarta, Jakarta.
- [8] Mawardi, I. (2015). Analisis Kualitas Produk dengan Pengaturan Parameter Temperatur Injeksi Material Plastik Polypropylene ( PP ) Pada Proses Injection, 4(2), 30–35.