

PENGEMBANGAN MESIN INJEKSI PLASTIK SKALA INDUSTRI KECIL

¹Indra Mawardi, ²Zuhaimi, dan ³Hanif

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe

e-mail: ddx_72@yahoo.com

Abstrak. Produk-produk plastik pada umumnya dihasilkan oleh industri menengah ke atas, hal ini tidak terlepas dari masih rendahnya penguasaan teknologi pengolahan plastik dan ketersediaan peralatan oleh industri kecil. Permasalahan tersebut berimbas pada minimnya industri kecil pengolahan plastik. Tujuan penelitian adalah mengembangkan mesin injeksi plastik yang dapat dimanfaatkan oleh industri kecil dalam menghasilkan produk plastik. Metode penelitian diawali dengan merancang konstruksi mesin injeksi menggunakan tuas sebagai pergerakan unit injeksi maupun clamping. Mesin injeksi dirancang sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk industri kecil. Fabrikasi mesin injeksi menggunakan mesin-mesin perkakas dan uji performance dilakukan untuk menganalisis tingkat keberhasilan mesin. Dari hasil penelitian telah terbangun unit mesin injeksi plastik skala industri kecil. Mesin injeksi dengan mekanisme tuas dapat beroperasi dengan baik dalam proses plastisasi dan penginjeksian plastik.

Kata kunci: Mesin injeksi plastik, mekanisme tuas, unit injeksi, unit clamping, industri kecil

1. Pendahuluan

Bahan plastik secara perlahan mulai menggantikan logam. Fenomena ini dapat kita lihat dari minat masyarakat menggunakan plastik dari tahun ke tahun semakin meningkat. Produk plastik telah mendominasi setiap bidang dari kehidupan manusia sekarang ini, mulai dari peralatan rumah tangga, pertanian, industri, rumah sakit, sampai pada teknologi ruang angkasa menggunakan plastik. Penggunaan plastic selain disebabkan faktor kebutuhan yang makin menuntut efisiensi dimana-mana, juga adanya kemajuan teknologi, baik kemajuan teknologi dalam bidang rekayasa material maupun teknologi manufaktur dari material itu sendiri.

Peningkatan penggunaan produk-produk dari plastik tersebut di Indonesia masih jauh tertinggal dibandingkan negara-negara yang telah maju. Di sisi lain membanjirnya produk-produk plastik dari negara-negara maju seperti China dan Amerika yang masuk ke Indonesia dengan harga yang relatif murah. Fenomena tersebut dikarenakan negara Indonesia masih mempunyai keterbatasan teknologi dalam hal pengolahan dan pembentukan plastik dan industri skala kecil yang memproduksi produk plastik masih sangat minim.

Jika dibandingkan dengan negara-negara di Asia Tenggara, penggunaan plastik di Indonesia masih jauh tertinggal. Asosiasi Industri Ofelin Aromatik dan Plastik Indonesia (Inaplas) memperkirakan konsumsi plastik per kapita Indonesia tahun ini akan naik dari 10,75 kilogram per orang per tahun menjadi 11 kilogram per orang per tahun. Sekertaris Jendral Inaplas Fajar A.D Budiyo mengatakan kenaikan tersebut terjadi seiring dengan peningkatan ekonomi nasional dan daya beli masyarakat, tetapi konsumsi plastik nasional ini masih terbilang rendah dibandingkan dengan konsumsi plastik per kapita di negara lain di ASEAN yang mencapai 25 kilogram per orang per tahun (Bisnis Indonesia, 2013).

Ketertinggalan Indonesia dalam penggunaan plastik dikarenakan oleh salah satu faktor yaitu kurangnya teknologi tentang pengolahan plastik, baik dari segi peralatan maupun teknik produksinya. Faktor-faktor tersebut berimbas pada masih sangat sedikit industri kecil yang memproduksi produk plastik.

Didasari oleh permasalahan yang ada maka, perlu dilakukan tindakan lebih lanjut baik melalui penelitian atau rancang bangun alat-alat pembentukan plastik. Disamping itu juga perlunya pengenalan teknik produksi plastik kepada masyarakat sehingga industri plastik skala kecil dapat tumbuh dan berkembang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan mesin injeksi plastik yang dapat dimanfaatkan oleh industri kecil dalam menghasilkan produk plastik. Melalui penelitian diharapkan dihasilkan mempunyai konstruksi yang sederhana sehingga akan terjangkau bagi industri kecil nantinya. Mesin-mesin injeksi plastik yang terdapat selama ini mempunyai konstruksi yang besar dengan harga yang relatif mahal. Faktor tersebut menyebabkan industri pembentukan plastik hanya dikuasai oleh industri menengah ke atas. Faktor investasi tersebut juga yang menyebabkan industri kecil pembentukan plastik belum tumbuh dan berkembang.

Produk plastik dapat diproduksi melalui proses-proses tertentu sesuai dengan kebutuhannya. Menurut Rosato (2001) proses-proses pembentukan plastik dapat diklasifikasi secara garis besar antara lain: *injection* (injeksi), *extrusion*, *blow molding*, *calendering*, *coating*, *compression*, *powder* dan lain-lain. Dari proses-proses pembentukan tersebut, proses injeksi merupakan proses yang paling banyak digunakan dalam memproduksi produk plastik. Pada proses injeksi bentuk produk dengan dimensi toleransi yang ketat tidak mudah didapat, karena terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi. Faktor-faktor tersebut antara lain, yaitu: bentuk cetakan, temperatur yang digunakan, besarnya tekanan dan waktu pendinginan.

Proses injeksi dilakukan dengan memasukan bahan baku (plastik raw material) yang berupa butiran-butiran kecil ke dalam hopper, setelah pressure, kecepatan dan parameter lainnya di setting, plastik raw material (material kasar) akan di panaskan dalam barrel, selanjutnya *screw* berputar dan mengalirkan plastik yang mulai meleleh, saat plastik akan di injeksikan oleh *nozzle*, molding unit di tutup oleh clamping unit, setelah di tutup dan di tekan oleh clamping unit plastik di masukkan ke dalam mold unit melalui *nozzle*. Setelah plastik di masukkan ke dalam molding unit, *screw* berhenti berputar, lalu clamping unit menarik core mold, sehingga mold terbuka, di lanjutkan dengan melepas produk plastik yang telah di cetak dengan menekan ejektor pada molding unit.

Mesin injeksi plastik secara umum terdiri dari tiga bagian yaitu;

1. Clamping unit

Clamping unit berfungsi untuk memegang dan mengatur gerakan dari mold unit, serta gerakan ejector saat melepas benda dari molding unit, pada clamping unit kita bisa mengatur berapa panjang gerakan molding saat di buka dan berapa panjang ejektor harus bergerak. Ada 2 macam clamping unit yang dipakai pada umumnya, yaitu toggle clamp dan hidrolis clamp.

2. Molding unit

Molding unit (cetakan) sebenarnya adalah bagian lain dari mesin injeksi plastik. Molding adalah bagian yang membentuk benda yang dibuat.

3. Injection unit

Injection unit terdiri dari beberapa bagian, yaitu:

a. **Motor dan transmission gear unit**

bagian ini berfungsi untuk menghasilkan daya yang digunakan untuk memutar *screw* pada barel, sedangkan transmisi unit berfungsi untuk memindahkan daya dari putaran motor ke dalam *screw*.

b. **Cylinder screw ram**

bagian ini berfungsi untuk mempermudah gerakan *screw* dengan menggunakan momen enersia sekaligus menjaga perputaran *screw* tetap konstan, sehingga dapat dihasilkan kecepatan dan tekanan yang konstan saat proses injeksi.

c. **Hopper**

Hopper adalah tempat untuk menempatkan material plastik sebelum masuk ke barel.

d. **Barrel**

adalah tempat *screw*, dan selubung yang menjaga aliran plastik ketika dipanasi oleh *heater*, pada bagian ini juga terdapat heater untuk memanaskan plastik sebelum masuk ke *nozzle*. Diameter dalam *barrel* berkisar dari 1 s.d 6 in (25 s.d 150 mm). Sedangkan panjang *barrel* relatif terhadap diameternya, biasanya rasio perbandingan L/D antara 10 s.d 30.

e. **Screw**

screw berfungsi untuk mengalirkan plastik dari hopper ke *nozzle*, ketika *screw* berputar material dari hopper akan tertarik mengisi *screw* yang selanjutnya dipanasi lalu didorong ke arah *nozzle*. Pemilihan diameter dan panjang *screw* didasarkan pada rasio perbandingan (L/D), kebanyakan proses plastik mengambil ratio L/D sebesar 24 s.d 36 (Rosato, 2001).

Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya antara lain: Indra (2007) telah berhasil mendesain dan memfabrikasi mesin pembentukan plastik secara ekstrusi. Mesin ekstrusi yang dibangun adalah tipe *single screw*. Selain melakukan rancang bangun, pada penelitian tersebut dianalisis perubahan bentuk produk dengan memvariasikan temperatur proses terhadap temperatur *melting* dari jenis plastik polypropylene. Dari hasil penelitian tersebut selain telah terbangun sebuah mesin ekstrusi *singlescrew*, analisis temperatur proses yang sesuai untuk mesin dengan *single screw* pada perbandingan L/D = 14 pada kisaran 170⁰ s.d 180⁰ C.

Oyetunji (2010) melakukan pengembangan mesin injeksi skala kecil. Mesin yang didesain mempunyai konstruksi kecil. Mesin yang dirancang dan dibangun bekerja sebagai sebuah prototipe untuk memproduksi komponen plastik yang sangat kecil. Konsep, desain operasi, dan perakitan dari komponen bagian didasarkan pada perhitungan diameter plunger injeksi, jumlah gigi yang dibutuhkan untuk plunger rak, kecepatan sudut, jumlah revolusi, dan torsi yang diperoleh dari motor listrik dipilih dan pengaruh pada pegangan mesin. Mesin diuji menggunakan plastik jenis polietilen dan hasil yang diperoleh dari tes yang memuaskan.

Agung (2008) telah melakukan simulasi numerik injection molding untuk pembuatan spesimen polypropylene acetabular cup pada pengujian sambungan hip. Simulasi dilakukan dengan Moldflow Plastic Insight 5.0 R1, bahan yang digunakan adalah polypropylene 1032 dan tekanan injeksi adalah 5, 6, 7, 8, 9, 10, 40, 100 dan 150 MPa. Dari hasil simulasi numerik aliran PP 1032 cair merupakan aliran laminar dan bukan aliran turbulen. Tekanan 10 MPa atau lebih diperlukan untuk memproduksi acetabular cup dengan cetakan terbuat dari baja stavax supreme

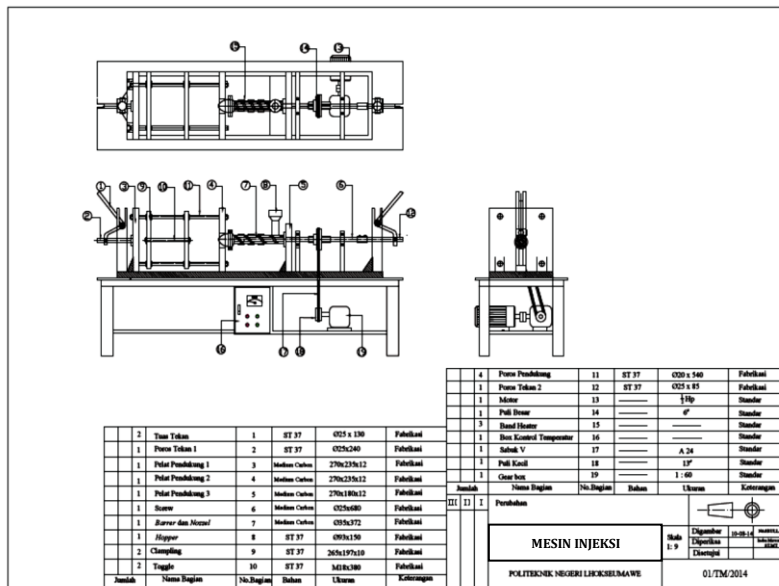
2. Metode Penelitian

Secara garis besar metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah merancang atau mendesain mesin, membuat komponen-komponen mesin, melakukan assembling komponen utama dan pendukung dan melakukan pengujian unjuk kerja.

Kriteria desain yang harus dan diharapkan dapat dipenuhi adalah sebagai berikut:

1. Kriteria yang harus (*MUST*) dipenuhi, yaitu :
 - a. Mudah dan aman dalam pengoperasiannya.
 - b. Mampu melakukan penginjeksian cairan plastik dengan baik.
 - c. Mampu memproduksi dengan hasil yang sama.
2. Kriteria yang diharapkan (*WISH*) dipenuhi, yaitu :
 - a. Mudah dalam perawatan dan perbaikan.
 - b. Konstruksi mesin tidak rumit.
 - c. Biaya komponen mesin tidak mahal.

Mesin injeksi plastik yang akan dibangun menggunakan mekanisme tuas pada proses injeksi dan proses pergerakan clamping. Mekanisme toggle pada clamping yang dibuat mempunyai ciri tersendiri dibandingkan dengan mesin injeksi yang diproduksi oleh pabrikan. Desain mesin injeksi plastik yang akan dikembangkan diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain Mesin Injeksi Plastik

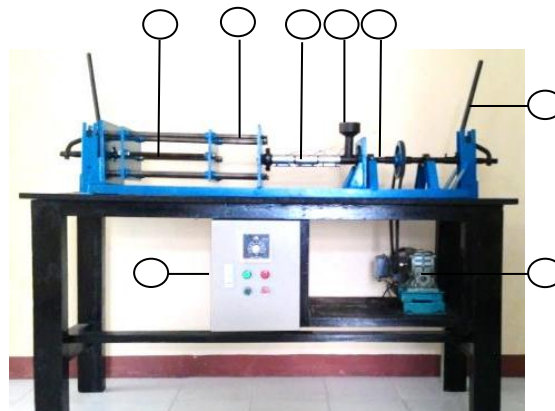
Mesin injeksi plastik dengan mekanisme tuas yang akan dibangun terdiri atas unit injeksi, dan unit clamping. Komponen dari setiap unit tersebut terdiri dari komponen yang difabrikasi (dengan pemesinan) dan komponen standar. Komponen-komponen utama untuk unit injeksi terdiri dari barrel, screw, nozzle, hopper, heater bands, dan thermocouple. Sedangkan komponen pada unit clamping terdiri dari pelat bergerak, tie rod, dan toggle. Sebagai penggerak mesin menggunakan motor listrik dengan sistem transmisi sabuk dan puli.

Tahap pembuatan dilakukan dengan dasar gambar hasil perancangan, selanjutnya dilakukan perakitan komponen dengan mempertimbangkan kemudahan merawat atau *maintainability*, harus mengusahakan agar produk yang dirancang memenuhi hal-hal berikut ini: komponen produk mudah untuk dibersihkan, diberi pelumasan, mudah dilepaskan untuk keperluan perbaikan jika terjadi kerusakan. Tahap berikutnya dilakukan pengujian unjuk kerja mesin untuk mengetahui kemampuan mesin dalam menginjeksi plastik nantinya.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Manufaktur Mesin

Dari hasil desain dan manufaktur telah berhasil dibangun mesin injeksi plastik menggunakan mekanisme toggle pada kedua sisi yaitu pada unit injeksi dan unit clamping (Gambar 2).



Gambar 2. Mesin Injeksi Plastik Hasil Manufaktur

Keterangan:

- | | |
|----------------------|----------------------------|
| 1. Screw | 5. Toggle |
| 2. Hopper | 6. Tuas |
| 3. Barrel dan Heater | 7. Unit penggerak |
| 4. Unit Clamping | 8. Unit Kontrol Temperatur |

Secara fungsional, mesin injeksi plastik hasil manufaktur ini terbagi tiga unit yaitu unit injeksi, unit clamping dan unit penggerak, yang dapat dikelompokkan dalam komponen utama dan komponen pendukung.

Unit Injeksi, merupakan unit yang berfungsi sebagai tempat terjadinya proses plastisasi atau pencairan butiran plastik (Gambar 3). Unit injeksi mencakup beberapa komponen antara lain:



Gambar 3. Unit Injeksi

1) Screw

Salah satu komponen utama dari mesin injeksi adalah *screw*. *Screw* berfungsi sebagai poros pendorong, pemotong, dan pengaduk plastik yang terdapat di dalam selongsong atau *barrel*. Bentuk *screw* yang dibuat adalah *singlescrew* yang termasuk dalam tipe *metering screw* (Gambar 4). Type ini mempunyai *feed section*, *compression section*, dan *metering section* dengan perbedaan kedalaman spiral untuk setiap daerah tersebut. Dalam penggunaannya diameter *screw* mempengaruhi laju aliran plastik dalam *barrel*.

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, 2001). *Screw* untuk mesin injeksi dibuat dari material medium karbon steel dengan dimensi panjang efektif ulir 350 mm dan berdiameter 25 mm. Dimensi tersebut mempunyai rasio L/D adalah 14. Poros *screw* mempunyai daerah splin sepanjang 80 mm, yang berfungsi sebagaiudukan puli.



Gambar 4. 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. *Barrel* dirancang sedemikian rupa, sehingga dapat dijadikan tempat pemasangan elemen pemanas dan nozzel.

Barrel merupakan komponen utama, dibuat dari material medium steel dengan dimensi panjang 350 mm dan berdiameter 25 mm. Panjang dan diameter *barrel* disesuaikan dengan panjang dan diameter *screw*, dimana selisih atau kelonggaran antara *barrel* dan *screw* adalah 0,05 mm.

3) Kontrol Temperatur

Kontrol temperatur terdiri dari elemen pemanas dan thermokopel. Elemen pemanas (*bandheater*) berfungsi memanaskan *barrel* sehingga proses plastisasi dapat terjadi. Elemen pemanas terdiri dari tiga buah dan dipasang pada *barrel*. Elemen ini diletakkan pada bagian pengumpan (*feed section*), penekan (*compression section*) dan bagian pengaduk (*metering section*).

Unit Clamping, unit ini adalah unit tempat peletakan atau pemasangan cetakan nantinya. Unit berkerja untuk membuka dan menutup *moving plate* cetakan (Gambar 5). Unit ini terdiri dari beberapa komponen pelat pendukung, pelat bergerak dan poros pendukung (*tie bar*), toggle, dan tuas pendorong. Untuk pergerakan unit ini dilakukan secara manual menggunakan tuas sebagai penggerak pelat bergerak.



Gambar 5. Unit Clamping

Unit Penggerak, unit penggerak terdiri dari beberapa komponen penggerak dan transmisi, yaitu:

a. Motor Penggerak

Unit penggerak (*driver unit*) untuk mesin injeksi ini merupakan sebuah motor listrik 1-fasa dengan putaran 1420 rpm, daya 1/2 HP, dan tegangan sebesar 220 Volt. Motor dihubungkan ke *gearbox* reduksi melalui sebuah puli dan sabuk untuk mereduksi putaran

b. Gearbox Reduksi

Gearbox reduksi berfungsi sebagai pereduksi putaran. *Gearbox* reduksi ini mempunyai perbandingan reduksi dengan rasio 1 : 60, dan komponen ini dihubungkan dengan motor melalui sebuah kopling, puli dan sabuk.

3.2 Unjuk Kerja Mesin

Pengujian unjuk kerja mesin masih sebatas kemampuan mesin untuk melakukan proses plastisasi dan penginjeksian plastik. Hal ini dikarenakan dikarenakan belum tersedianya cetakan. Pengoperasian mesin injeksi plastik mekanisme toggle ini dilakukan sebagai berikut :

- a. Menghubungkan power kontrol ke arus listrik.
- b. Lakukan pengaturan temperatur *melting* jenis plastik yang ingin diinjeksi. Pada pengujian ini menggunakan plastik jenis LDPE, maka temperatur diatur sebesar 120⁰C.
- c. Tunggu sekitar 15 menit untuk pemanasan awal setelah temperatur mencapai 120⁰C. Proses ini merupakan pemanasan awal *barrel*.
- d. Setelah waktu pemanasan cukup ditunjukkan oleh hidup matinya lampu kontrol yang dideteksi oleh thermokopel, maka mesin siap untuk beroperasi.
- e. Gerakan tuas pendorong ke depan sehingga *screw* keluar dan pada *barrel* terdapat *chamber* atau ruang kosong.
- f. Tekan tombol start untuk menghidupkan motor listrik. Setelah motor listrik hidup maka dengan sistem transmisi *gearbox*, sabuk dan puli akan memutar *screw* pada kisaran 10 rpm.
- g. Masukkan butiran plastik ke dalam *barrel* melalui hopper
- h. Proses plastisasi akan terjadi dikarenakan *barrel* telah panas. Bentuk *screw* dengan ulir yang bertingkat akan membuat butiran plastik terpotong, teraduk dan terdorong ke dalam *chamber*.
- i. Setelah *chamber* terisi maka, tuas digerakan dengan cepat ke belakang. Proses ini adalah proses injeksi plastik yang telah *melting* ke dalam cetakan.

Dari hasil pengujian unjuk kerja terlihat mesin injeksi plastik dapat menginjeksi plastik dengan baik. Hal ini menunjukkan mesin injeksi dapat beroperasi melakukan plastisasi butiran plastik dan melakukan proses injeksi.

4. Kesimpulan

1. Telah berhasil dikembangkan mesin injeksi plastik untuk industri kecil dengan pergerakan manual menggunakan mekanisme tuas dan toggle pada unit injeksi dan unit clamping.
2. Spesifikasi mesin injeksi plastik dengan mekanisme toggle yang dibangun adalah
 - a. Dimensi mesin 1350 x 500 x 300 mm

- b. Perbandingan L/D *barrel – screw* adalah 14
 - c. Motor penggerak 1/2 HP
 - d. Pemanas menggunakan 3 heater dia. 35 x 850 mm, CPM 500 W, 220V
 - e. Kapasitas injeksi = 19600 mm³
3. Mesin injeksi dapat beroperasi dengan baik dalam proses plastisasi dan penginjeksian.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada DP2M dikti yang telah membiayai penelitian ini melalui Dana DIPA Politeknik Negeri Lhokseumawe Tahun Anggaran 2014, sesuai dengan Surat Perjanjian Penugasan dalam Rangka Pelaksanaan Penelitian Hibah Bersaing Nomor: 117/SP2-APHB/2014, tanggal 10 Juli 2014

Daftar Pustaka

- Agung, S.D. 2008. Simulasi Numerik *Injection Molding* Untuk Pembuatan Spesimen *Polypropylene Acetabular Cup* Pada Pengujian Sambungan Hip. *Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2008 Bidang Teknik Mesin*.
- Bisnis Indonesia, 2013. *Konsumsi Plastik Naik menjadi 11 kg Per Orang per Tahun*, diakses 4 Januari 2013 Online
- Indra, M.2007. Analisis Bentuk Ekstruded Polypropylene Akibat Perbedaan Temperatur Proses Menggunakan *Single Screw Extrusion*.*Jurnal Sistem Teknik Industri Vol. 8. No.1, pp 41-46, 2007*.
- Oyetunji, A. 2010. Development of Small Injection Moulding Machine For Forming Small Plastic Articles For Small-Scale Industries. *Journal of Engineering Science and Technology, Vol. 5, No. 1 (2010) 17 – 29*.
- Rosato, D.V.,Marlene G. Rosato. 2001. *Injection Molding Handbook 3rd ed*. Publisher Springer.