

PEREKAYASAAN MESIN INJEKSI BAKALAN ACUAN SEPATU SECARA SEDERHANA

Oleh : Agustin Suraswati, Pramono, Marwito
Supriyadi, Supriyanto

ABSTRACT

Engineering of the injection molding machine to mold a master last made of plastics was done in the simple mechanism. Machine specification is a single screw, screw diameter 40 mm, ratio L/D = 24/1, heater 220/380 V, 700 W, motor 5,5 Hp, capacity 500 cm³/minute.

INTISARI

Telah dilakukan suatu perancangan mesin injeksi sederhana untuk membuat bakalan acuan sepatu dari plastik. Mesin injeksi sederhana hasil rekayasa memiliki spesifikasi teknis sebagai berikut : jenis "Single Screw, diameter screw 40 mm, rasio L/D = 24/1, pemanas listrik 220/380 V dengan daya 700 W, motor injeksi 5,5 Hp, kapasitas 500 cm³/menit.

PENDAHULUAN

Salah satu cara pembuatan bakalan acuan sepatu dari plastik adalah dengan cara injeksi. Sedangkan mesin yang digunakan untuk melelehkan (melumerkan) plastik yang selanjutnya menginjeksikan lelehan tadi ke dalam cetakan dinamakan mesin injeksi. Dimana proses operasi secara umum dapat digambarkan sebagai berikut :

Material bentuk granul (resin plastik) dilunakkan (dilumerkan/diplastisasi), selanjutnya ditekan ke bagian akhir silinder (dimana plastik tadi masih dalam bentuk lelehan) melewati nozzle masuk ke cetakan yang relatif dingin dan tertutup bawah tekanan, di dalam cetakan lelehan mengisi seluruh ruangan serta menjadi dingin dan keras, selanjutnya cetakan dibuka. (Mesin mesin cetak injeksi ("injection molding machine") terbagi menjadi :

1. Unit injeksi ("injection unit").
2. Unit untuk membuka dan menutup cetakan ("clamping unit").
3. Cetakan ("mold").
4. Pengontrol mesin ("machine controls").

Menurut unit injeksi maka mesin injeksi dapat dibedakan menjadi :

1. Mesin injeksi jenis screw atau sering disebut "Reciprocating screw".
2. Mesin injeksi jenis plunger.
3. Mesin injeksi jenis kombinasi antara plunger dan screw.

METODE PEREKAYASAAN

Perancangan mesin injeksi bakalan acuan sepatu secara sederhana dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu :

1. Tahap studi pustaka :
Tahap ini merupakan tahap mencari informasi atau data-data melalui buku-buku yang ada hubungannya dengan perancangan mesin injeksi.
2. Tahap studi lapangan :
Kegiatan tahap ini berupa survai/pengumpulan data/konsultasi ke perusahaan-perusahaan atau Lembaga yang ada kaitannya dengan mesin injeksi dan sejenisnya.
3. Tahap perancangan :
Pada tahap ini dilakukan rancang bangun, perancangan mesin dan percobaan ("trial run") mesin.

PEREKAYASAAN MESIN INJEKSI BAKALAN ACUAN SEPATU SECARA SEDERHANA

Mesin injeksi bakalan acuan sepatu secara sederhana ini dirancang untuk mengisi cetakan bakalan acuan sepatu dengan volume antara 1-1,5 liter. Bahan plastik yang dilelehkan dan diinjeksikan adalah plastik jenis Polyethylene (HDPE, LDPE maupun LLDPE). Mengingat bakalan acuan plastik mempunyai bentuk yang tidak rumit, maka mesin injeksi dirancang tanpa menggunakan perubahan tekanan untuk mendorong lelehan plastik masuk ke dalam cetakan, hanya prinsip kerja mesin ini sama dengan ekstrusi. Bagian-bagian mesin injeksi yang penting antara lain : screw, barrel, nozzle, hopper, heater, pengontrol panas.

PERANCANGAN SCREW.

Screw dirancang dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Bahan = "Stainless steel".
- Type = "Constant pitch - varying channel depth"
- Diameter nominal (D) = 40 mm
- Rasio panjang/diameter = $L/D = 24 : 1$
- Panjang efektif (L) = 960 mm
- Lebar sirip aksial = 10 % D = 4 mm
- Sudut kemiringan ("helix angle") = $17,7^\circ$
- "Compression ratio" = 4 : 1.
- Kedalaman alur depan ("metering section") = 3 mm
- Kedalaman alur belakang ("feed section") = 12 mm
- "Clearance" dengan dinding barrel maksimum = 0,2 mm

2. PERANCANGAN NOZZLE :

Nozzle dirancang mengarah ke bawah dengan maksud agar membantu pengisian cetakan secara gravitasi. Spesifikasi nozzle yang dirancang adalah :

- Bahan = "Stainless steel"
- Panjang nozzle dari ujung screw = 180 mm
- Diameter nozzle = 15 mm

3. PERANCANGAN BARREL :

Barrel dirancang dengan spesifikasi :

- Bahan = "Stainless steel"
- Diameter luar = 100 mm
- Diameter dalam = 40 mm
- Diameter lubang pemasukan umpan = 40 mm
- "Heating zone" = 5

4. PERANCANGAN HOPPER :

Spesifikasi hopper :

- Kapasitas = ± 10 kg.
- Bahan = Plat "Stainless steel" dengan tebal 1 mm
- Bentuk dan ukuran hopper :
Bagian atas berbentuk kotak dengan ukuran panjang 350 mm, lebar 350 mm, tinggi 90 mm.
Bagian bawah berbentuk piramida terpancung dengan ukuran panjang tiap sisi 350 mm dan diameter bawah 60 mm

5. PERANCANGAN ADAPTER :

Spesifikasi Adapter :

- Bentuk = Silinder
- Panjang = 110 mm
- Diameter luar = 155 mm
- Diameter dalam = 40 mm
- Bahan = Besi baja as.

6. RANCANGAN HEATER DAN PENGONTROL SUHU :

Suhu silinder untuk memproses plastik Polyethylene (LDPE dan HDPE) adalah $140 - 350^\circ\text{C}$. Heater dirancang dengan daya 700 W supaya suhu dapat mencapai 400°C . Sebagai elemen pemanas digunakan kawat nikelin dengan diameter 1,2 mm. Untuk setiap heater 700 W diperlukan kawat nikelin 7,5 mm. Sebagai isolator digunakan kertas mika (tebal 0,1 mm) dan penutupnya

digunakan plat baja (tebal 0,4 mm). Pengontrol suhu yang direncanakan adalah "ON/OFF thermocontroller" dengan indikasi suhu 0 - 400°C. Apabila suhu belum tercapai maka pengontrol menunjukkan ON dan bila suhu telah tercapai akan menunjukkan OFF secara otomatis.

RANCANGAN DUDUKAN MESIN :

Dudukan mesin dibuat dari baja plat dengan tebal = 3 mm dan baja siku lebar 60 mm, tebal 5 mm.

RANCANGAN KELENGKAPAN MESIN LAINNYA :

a. "Bearing" : "Thrust bearing system".

b. "Pulley" : Bahan : Baja tuang

Ukuran : disesuaikan dengan rpm motor yang dipakai.

c. Belt : V - belt jenis B.

d. Speed Reducer (Roda gigi transmisi) :

Bahan : - Baja khusus

Ukuran : disesuaikan dengan rpm motor yang dipakai serta putaran ran srew yang diinginkan.

e. Gear Box : - Bahan : Baja

- Ukuran : disesuaikan dengan ukuran roda gigi transmisi. nsmisi.

f. Pengontrol Proses : Ampermeter dengan indikasi 0 - 20 A.

RANCANGAN PERHITUNGAN PUTARAN SCREW :

Untuk menghitung kecepatan dari aliran plastik dalam screw diambil beberapa pendekatan dengan menggunakan model yang sederhana. Umumnya model yang digunakan adalah proses pemompaan screw pada fluida viscous dalam gerakan yang steady. Dari hasil penjabaran diperoleh suatu rumus output sebagai berikut :

$$q = \frac{\frac{1}{2} \pi D b h \cos^2 \theta \cdot N}{1 + \frac{b h^3 \sin \theta \cos \theta}{12 L k} \left(\frac{\mu n}{\mu} \right)}$$

Dimana :

D = Diameter screw nominal = 40 mm.

b = Lebar alur aksial = 36 mm

e = Lebar sirip aksial = 4 mm.

t = "Pitch" = 40 mm.

θ = Sudut kemiringan = $\arctan t/\pi D = 17,7^\circ$

Rn = Jari-jari nozzle = 7,5 mm.

Ln = Panjang nozzle = 180 mm.

Kedalaman alur screw depan = 3 mm.

Kedalaman alur screw belakang = 12 mm.

Asumsi-asumsi :

L = panjang screw dimana semua plastik sudah meleleh

= 4 alur screw = 4 x 40 mm = 160 mm

h = Kedalaman alur rata-rata pada screw sepanjang L (dimana semua plastik sudah meleleh) = 3,5865 mm.

Suhu screw bagian depan = suhu nozzle, sehingga $\mu = \mu n \rightarrow \frac{\mu n}{\mu} = 1$.

Untuk nozzle berbentuk silinder :

$$k = \frac{\pi Rn^4}{8Ln}$$

$$= \frac{3,14 (7,5)^4}{8 (180)} = 6,8994.$$

Penyelesaian perhitungan putaran screw adalah :

$$q = \frac{\frac{1}{2} \pi D b h \cos^2 \theta \cdot N}{1 + \frac{b h^3 \sin \theta \cos \theta}{12 L k} \left(\frac{\mu n}{\mu} \right)}$$

$$= \frac{\frac{1}{2} (3,14) (40) (36) (3,5865) (\cos 17,7^\circ)^2}{1 + \frac{36 (3,5865)^3 (\sin 17,7) (\cos 17,7)}{12 (160) (6,8994)}} \quad (1)$$

$$= \frac{7364,0847}{1,03633} \cdot N$$

diinginkan output, $q = 1 \text{ lt/menit} = 1.000.000 \text{ mm}^3/\text{mt}$.

ka :

$$1.000.000 = \frac{7364,0847}{1,03633} \cdot N$$

$$N = \frac{1036330}{7464,0847} \text{ rpm} = 140,73 \text{ rpm}$$

Diambil putaran screw = 141 rpm.

Sedangkan tahap selanjutnya adalah cara kerja mesin. Cara kerja mesin injeksi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Cek voltase motor dan sumber arus.
2. Hidupkan mesin (lampu monitor menyala)
3. Setel panel panas pada suhu yang diinginkan
4. Lakukan pemanasan mesin sampai suhu yang diinginkan tercapai (± 1 jam)
5. Masukkan material plastik ke dalam hopper.
5. Jalankan screw (tekan tombol "ON")
7. Cek lelehan yang keluar sudah sempurna/belum
8. Bila lelehan yang keluar sudah sempurna hentikan screw (tekan tombol "OFF").
9. Pasang cetakan pada tempatnya.
10. Jalankan screw sampai cetakan penuh.
1. Jika cetakan sudah penuh hentikan screw.
2. Angkat cetakan dan masukkan dalam air.
3. Buka cetakan, bakalan acuan dikeluarkan
4. Cetakan diangkat dari air dan bakalan acuan tetap direndam dalam air sampai seluruh plastik mengeras.

Setelah penyusunan cara kerja mesin, tahap selanjutnya adalah melaksanakan percobaan ("trial run") mesin, dimana pada tahap ini dilakukan untuk mengetahui karakter mesin yang dibuat guna mencari kondisi operasi yang optimum. Bahan plastik yang digunakan adalah LLDPE grade injeksi.

HASIL PEREKAYASAAN DAN PEMBAHASAN

HASIL :

Mesin injeksi bakalan acuan memiliki spesifikasi teknis sebagai berikut :

1. Jenis mesin : "Single screw".
2. Kapasitas : 500 cm³/menit.
3. Screw :
 - Bahan : "Stainless steel".
 - Diameter : 40 mm.
 - Rasio L/D = 24 : 1
 - "Compression ratio" = 4 : 1
 - Perputaran : 153 rpm (setelah dilakukan perhitungan secara teoritis).
 - Panjang screw efektif : 960 mm.
 - Kedalaman alur depan (daerah "metering") : 3 mm.
 - Kedalaman alur belakang (daerah "feed") : 12 mm.
4. Barrel :
 - Diameter : 80 mm.
 - Panjang : 960 mm.
 - "Heating zone" : 5.
5. Sistem Pemanas :
 - Type : Pemanas listrik
 - Heater : 220/380 V, 700 W.
 - Pengontrol suhu : "Electronic Thermocontroller", type IL - 28, ϕ - 400°C.
6. Nozzle :
 - Bahan : Besi baja as.
 - Diameter : 14 mm.

7. Motor Penggerak :

- Jenis motor : Motor Induksi
- Kapasitas : 5,5 Hp.
- Perputaran : 1400 rpm.
- Tegangan : 380 V.

PEMBAHASAN :

Secara umum pembuatan mesin injeksi sesuai dengan apa yang telah direncanakan hanya ada sedikit perbedaan. Perbedaan-perbedaan tersebut adalah :

1. Diameter nozzle yang direncanakan : 15 mm, kenyataannya : 14 mm.
2. Output mesin yang direncanakan $1.000 \text{ cm}^3/\text{menit}$ untuk putaran screw = 141 rpm, kenyataannya hanya $500 \text{ cm}^3/\text{menit}$. Hal ini disebabkan oleh putaran screw yang berbeda. Setelah dilakukan perhitungan secara teoritis, output mesin = $661,333 \text{ cm}^3/\text{menit}$ dan kenyataannya $500 \text{ cm}^3/\text{menit}$ untuk putaran screw yang dianggap sama (107,1 rpm), jadi ada beda output = $161,333 \text{ cm}^3/\text{menit} = 24,395 \%$. Ini disebabkan dalam perhitungan kita menganggap bahwa lelehan plastik merupakan fluida Newton sedang kenyataannya fluida bukan Newton. Secara keseluruhan efisiensi output kenyataan dengan teoritis adalah :

$$\frac{500}{661,333} \times 100 \% = 75,605 \%, \text{ berarti sudah dianggap baik.}$$

Untuk cetakan bakalan acuan no. 20 s/d 32 yang bervolume = 1.000 cm^3 dengan output mesin = $500 \text{ cm}^3/\text{menit}$, akan terisi selama ± 2 menit. Sedang untuk cetakan bakalan acuan no. 35 s/d 40 yang bervolume = 1.500 cm^3 akan terisi selama ± 3 menit.

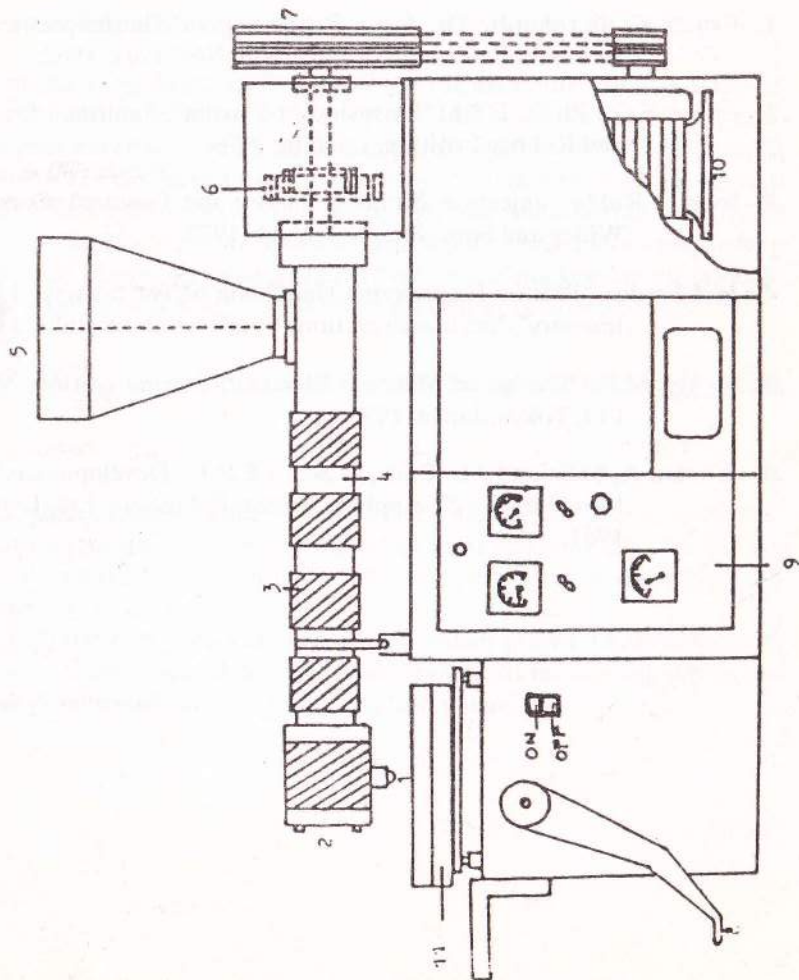
Dari hasil "Trial run" mesin injeksi dengan bahan plastik LLDPE ternyata bakalan acuan yang diperoleh sudah baik. Ini berarti mesin yang dibuat cocok untuk pembuatan bakalan acuan dari bahan jenis PE.

KESIMPULAN

Dari hasil perckayasaan ini dapat diambil kesimpulan bahwa mesin injeksi bakalan acuan sepatu telah selesai pembuatannya dan dapat menghasilkan lelehan plastik yang siap diinjeksikan ke dalam cetakan, serta diperoleh bakalan acuan yang sudah baik, tak ada rongga udara yang berarti.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ernest C. Bernhardt, Dr. Ing., "Processing of Thermoplastic Materials", Reinhold Publishing Corporation, New York, 1962.
2. Fisher E.G., Ph.C., F.P.I., "Extrusion of Plastics", Published for the Plastics and Rubber Institute, London, 1976.
3. Irvin I. Rubin, "Injection Molding Theory, and Practice", Copyright, John Wiley and Sons. Inc., New York, 1972.
4. Joel Frados, "Plastics Engineering Handbook of The Society of The Plastics Industry", Inc, fourth edition, Van Nostrand Reinhold Co.
5. Spotts, M.F., "Design of Machine Element", Second edition, Maruzen Co, Ltd, Tokyo, Japan, 1958.
6. Whelan A, M.Sc and J.L. Craft, M.Sc., A.P.R.I., "Developments in Injection Moulding 1 - 2", Applied Science Publishers, Ltd, London, 1978 - 1981.



KETERANGAN :

1. Nozzle.
2. Adapter.
3. Heater (Pemanas).
4. Barrel.
5. Heater.
6. Rada Transmisi.
7. Pelly V Belt.
8. Pedal Cetakan.
9. Kontrol Panel.
10. Motor.
11. Cetakan.
12. OFF/ON.

RALAT
MAJALAH BARANG KULIT, KARET DAN PLASTIK
 EDISI: No. 18 VOL IX NO. 18 1993/1994

Halaman	Tertulis	Seharusnya
1. 9 baris ke 3 dari atas 2. 9 baris 13 dari bawah 3. 9 baris 9 dari bawah 4. 9 baris 3 dari bawah	penyimpangan fisik dan kekuatan komponen serabutan kulit yang salah biakannya $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$	penyimpanan fisik adalah kekakuan komponen serabut kulit, salah biaknya. $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$
5. 10 baris 12 dari bawah 6. 10 baris 14 dari atas 7. 11 baris 8 dari atas		

RALAT
MAJALAH BARANG KULIT, KARET DAN PLASTIK
 EDISI VOL. X No. 19 1993/1994

Halaman	Tertulis	Seharusnya
Cover dalam Daftar Isi No. 6 Daftar Isi No. 9 Daftar Isi No. 11 36	Ir. Dwi Wahini Nurhayati M. Eng. SOEANDI SOFAN KARANI Kompon rancang Bantun	Ir. Dwi Wahini Nurhayati M. Eng. SOEWANDI SOFYAN KARANI Kompon rancang Bangun