

Rancang Bangun Mesin Ekstrusi Plastik Khusus Bahan *Styrofoam*

Bagus Putera Beni Abdullah^{1*}, Muhammad Shah², dan Nopem Ariwiyono³

¹Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

^{2,3}Jurusan Teknik Perkapalan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jawa Timur 60111 Indonesia

*E-mail: bagusputera27@gmail.com

Abstrak

Styrofoam banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari antara lain digunakan untuk dekorasi, maket bangunan dan wadah penyajian bagi hidangan produk siap saji. Namun, pemanfaatan styrofoam yang luas menjadi permasalahan bagi lingkungan berupa pencemaran. Styrofoam yang dimanfaatkan dalam kegiatan pengemasan, alat rumah tangga, mainan, dan bahan pelengkap menyebabkan menumpuknya sisa hasil pemakaian berupa limbah. Limbah styrofoam sulit terurai dan sering kali menggenangi di sungai. Bahkan limbah styrofoam menghasilkan 57 zat berbahaya ke udara. Pengolahan styrofoam yang menggunakan metode sabuk pemanas memiliki hasil keluaran yang belum sempurna. Hal ini dikarenakan suhu pemanasan yang dicapai oleh sabuk pemanas tidak sesuai dengan yang diharapkan, juga karena kurangnya gaya penekanan didalam tabung pemanas sehingga hanya beberapa bagian yang mencair. Namun, dengan metode ekstrusi ini, panas yang dihasilkan tidak meradiasi keluar. Dalam penelitian tugas akhir ini telah dirancang dan dibuat mesin pengolahan limbah plastik styrofoam berupa mesin ekstruder dengan ukuran diameter dalam pada barrel 200 mm dan diameter screw 120 mm. Dengan pemanas Elektrik heater dengan jenis Band heater 7500 watt sedangkan transmisi ekstruder 1:5 dengan motot listrik yang memiliki daya 25 hp pada 1450 rpm.

Keywords: Ekstrusi, Mesin ekstrusi khusus bahan *styrofoam*

1. PENDAHULUAN

Dalam Kehidupan sehari-hari kita tidak bisa terlepas dari bahan plastik. Plastik merupakan senyawa organik yang sangat mudah dibentuk, punya rantai yang sangat panjang karena dibentuk dari polimerisasi bahan organik dan punya berat molekul yang sangat besar. Plastik Terbuat dari karbon, hidrogen, dan atom-atom lainnya yang terikat dalam rantai molekul panjang yang disebut polimer. Plastik tidak ditemukan di alam, tetapi dibuat dari produk-produk batu bara, minyak bumi, katun, kayu, gas, garam dan air yang menghasilkan beberapa varian plastik. Plastik sangat bermanfaat dalam kehidupan kita terutama untuk alat-alat mesin, *packaging*, perabotan rumah tangga dan lain-lain.

Langkah-langkah pemerintah untuk menekan penggunaan plastik kurang efektif karena masyarakat masih melihat manfaat efisiensi penggunaan plastik. Beberapa langkah lain misalnya dilakukan pemerintah daerah untuk mengelola sampah plastik menjadi pembangkit listrik dan lain-lain. Salah satu usaha untuk mengurangi sampah limbah plastik adalah plastik yang didaur ulang, di beberapa tempat telah dijumpai baik pengusaha pengrajin sampah plastik maupun pengusaha *Inject* sampah plastik yang telah didaur ulang misalnya mesin pellet plastik, mesin cetak plastik dan lain-lain yang sangat membantu mengurangi jumlah sampah plastik. Tetapi ini dirasa masih kurang karena memang untuk ilmu mengelola sampah plastik masih terbatas, dan biaya untuk mengelola juga mahal terutama harga mesin-mesin untuk mendaur ulang sampah masih banyak yang berasal dari produksi luar negeri seperti eropa, taiwan, maupun china.

Salah satu sampah plastik yang kurang diminati untuk di daur ulang adalah sampah jenis *Styrofoam*. Ada dua hal yang menyebabkan kurang diminati yaitu volume yang besar sedangkan berat yang sangat ringan, juga teknologi pengolahannya belum banyak yang mengetahuinya. Padahal jenis sampah ini cukup dominan digunakan untuk pembungkus oleh-oleh, pembungkus alat-alat elektronik, pembungkus makanan terutama untuk nasi dan mie dan sebagainya. Di beberapa tempat terdapat sebagian masyarakat telah mengolah sampah plastik menjadi jenis beku dengan cara dibakar, cara ini sangat tidak dianjurkan karena di samping menimbulkan pencemaran juga nilai tambah yang dihasilkan produknya juga rendah, sehingga nilai jualnya juga rendah.

Penelitian ini bermaksud membuat rancang bangun mesin pelebur limbah plastik jenis *styrofoam* sehingga dapat digunakan ulang dan menghasilkan nilai tambah yang lebih baik dan dapat mengurangi sampah plastik yang memiliki volume yang besar.

2. METODOLOGI

2.1 Identifikasi Masalah

Perumusan masalah yang diangkat dalam Tugas Akhir ini didapat dari hasil di lapangan, dimana mesin ekstrusi yang ada di lapangan tidak bisa maksimal untuk digunakan pada bahan *styrofoam*.

2.2 Studi Literatur

Persiapan yang berhubungan dengan tugas akhir ini, yaitu dengan melakukan studi literatur. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan teori – teori dasar untuk pemahaman proses kerja mesin ekstrusi plastik dan segala sesuatu yang berhubungan dengan penelitian ini yang nantinya akan digunakan sebagai acuan dalam penelitian. Dalam penelitian ini untuk teori mengacu terhadap beberapa buku dan jurnal. Penelitian ini yang diangkat adalah teori yang berhubungan dengan mesin ekstruder plastik.

2.3 Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data merupakan proses awal dalam melakukan penelitian dan kemudian dilakukan perhitungan-perhitungan dan analisis untuk mendapatkan solusi yang terbaik bagi perusahaan.

Data yang diperlukan untuk membuat tugas akhir ini adalah:

- Data Primer
Data primer dalam Tugas Akhir ini berasal dari hasil penimbangan *styrofoam* dalam volume tertentu sehingga didapatkan massa jenis *styrofoam*.
- Data Sekunder
Data sekunder dalam Tugas Akhir ini berasal dari jurnal penelitian meliputi suhu dan RPM yang digunakan peneliti.

2.4 Pengolahan data

Tahap pengolahan data merupakan tindak lanjut dari pengumpulan data yang telah dilakukan. Adapun tahap pengolahan data ini antara lain:

- Melakukan perhitungan spesifikasi mesin ekstruder plastik khusus *styrofoam*.
Kapasitas produksi = $(R^2 - r^2)\pi \cdot t \cdot \text{rpm} \cdot 60$ (1)
 $N_0 = (Q \times L \times W_0) / 36,7 \cdot \sin\beta$ (2)
 $\omega_1 \cdot R_1 = \omega_2 \cdot R_2$ (3)
- Melakukan perhitungan elemen pemanas.
 $Q = \frac{m \cdot c \cdot \Delta T}{860 \cdot t \cdot \eta}$ (4)
 $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ (5)
- Menggambar desain mesin ekstruder plastik khusus *styrofoam*.
- Melakukan pengujian mesin ekstruder plastik khusus *styrofoam*.

2.5 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dapat penarikan kesimpulan dari hasil perhitungan didapatkan nilai perbandingan *styrofoam* sebelum dileburkan dan *styrofoam* sesudah dileburkan. Dan didapatkan dimensi *screw* untuk mesin ekstruder plastik khusus untuk bahan *styrofoam*. Saran dimaksudkan untuk melakukan penelitian selanjutnya dengan obyek penelitian yang lebih luas dan sebagai bahan pertimbangan serta refrensi kepada perusahaan untuk dapat diaplikasikan pada alat yang telah dibuat oleh peneliti.

3. HASIL ADAN PEMBAHASAN

3.1 Perbandingan Volume *Styrofoam* Sebelum Dan Setelah Dileburkan

Dari hasil penimbangan *styrofoam* bentuk busa diperoleh massa *styrofoam* dari 1m^3 adalah 7 kg. Dan massa jenis *styrofoam* bentuk padat adalah 1050 kg/m^3 .

Dari perbandingan massa jenis.

$$\begin{aligned} \rho_{\text{busa}} &: \rho_{\text{padat}} \\ 7,595\text{ kg/m}^3 &: 1050\text{ kg/m}^3 \\ 1 &: 138,25 \end{aligned}$$

Jadi volume *styrofoam* busa sama dengan 138,25 kali bentuk padat.

3.2 Mesin Exstrusi Cetak Pellet Plastik Khusus Bahan *Styrofoam*

Kapasitas yang diinginkan adalah 100 kg/jam, kapasitas muatan untuk mesin extruder adalah 30%. Ukuran diameter barrel 200 mm dengan ukuran antar ulir pada *screw* 100 mm. Diameter poros *screw* adalah:

Untuk volume *styrofoam* 1m^3 mempunyai berat = 7 kg

$$1\text{m}^3 = 7\text{ kg} \approx 1/7\text{ m}^3 = \text{kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } 333\text{ kg/jam} &= 333 \times 1/7\text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 47,57\text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Dengan pilihan ukuran barrel 200mm, jarak antar ulir pada *screw* 100mm dan tebal ulir 20mm. Maka diameter poros *screw* dalam waktu satu jam dengan rpm 400.

$$\text{Volume} = L \cdot O \cdot \text{tinggi (tabung)}$$

$$\text{Kapasitas produksi} = (R^2 - r^2) \pi \cdot t \cdot \text{rpm} \cdot 60$$

Dimana,

R = Jari-jari barrel

r = Jari-jari screw

t = Panjang tabung

$$47,57 = (10^2 \cdot [\text{cm}]^2 - r^2 \cdot [\text{cm}]^2) \pi \cdot 10 \text{cm} \cdot 400 \cdot 60$$

$$47,57 = (10^2 \cdot [\text{cm}]^2 - r^2 \cdot [\text{cm}]^2) \cdot \pi \cdot (10 \text{cm} \cdot 400 \cdot 60)$$

$$47,57 = (100 - r^2) \cdot \pi \cdot (753.983,24 [\text{cm}]^3 / \text{jam})$$

$$47,57 = (100 - r^2) \cdot \pi \cdot (0,75398324 \text{ m}^3 / \text{jam})$$

$$100 - r^2 = (47,57 \text{ m}^3 / \text{jam}) / (0,75398324 \text{ m}^3 / \text{jam})$$

$$100 - r^2 = 63$$

$$100 - 63 = r^2$$

$$r^2 = 37$$

$$r = 6,082 \text{ cm}$$

Jadi jari-jari untuk screw adalah 6,082 cm.

3.3 Daya Yang Dibutuhkan

Daya yang dibutuhkan dirumuskan dengan:

$$N_o = (Q \times L \times W_o) / 36,7 \cdot \sin \beta$$

$$\text{Maka } N_o = (100 \text{ kg/jam} \times 1,1 \times 4) / 36,7 \cdot \sin [23^\circ] = 11,598 \text{ kW}$$

$$1 \text{ kw} = 1,34102 \text{ hp}$$

$$11,598 \text{ kw} = 15,553 \text{ hp}$$

Dimana:

Q = 100 kg/jam, kapasitas mesin (kg/jam)

L = 1,1 m, panjang screw (m)

W_o = 4,0 (untuk material pasir butir besar dan kecil)

β = 23° (sudut kemiringan screw)

Dengan hasil daya yang dibutuhkan sebesar 16,0776 kw maka dipilih menggunakan jenis motor penggerak dengan spesifikasi berikut:

Jenis motor	: AC Motor
Daya	: 18,5 kW (25 HP)
Putaran mesin	: 1450 rpm
Ampere	: 37,6 A

3.4 Diameter Pulley

Perhitungan diameter pulley.

$$\omega_1 \cdot R_1 = \omega_2 \cdot R_2$$

Dimana,

ω₁ = Kecepatan sudut roda 1

R₁ = Jari-jari roda 1

ω₂ = Kecepatan sudut roda 2

R₂ = Jari-jari roda 2

f = frekuensi (putaran/sekon)

T = periode

$$2\pi / T_1 \cdot R_1 = 2\pi / T_2 \cdot R_2$$

$$R_1 / T_1 = R_2 / T_2$$

$$T = 1 / f$$

Maka,

$$R_1 \cdot f_1 = R_2 \cdot f_2$$

$$7,5 \cdot 1450 / 60 = R_2 \cdot 400 / 60$$

$$7,5 \cdot 24,16 = R_2 \cdot 6,6$$

$$R_2 = 27,45 \text{ cm}$$

Jari-jari yang digunakan pada pulley screw adalah 27,45 cm

Ringkasan dari spesifikasi mesin hasil rekayasa perancangan adalah sebagai berikut :

Screw

Poros Screw Ø 120 mm dan Ulir dengan Ø 199.9 mm

Material yang dipilih adalah St 60.

Barrel

Diameter dalam 200 mm dan Diameter luar 240 mm.

Material yang dipilih adalah St 60.

Motor listrik dengan daya 25 hp , 1450 rpm.

Reducer 27,5 : 7,5 ≈ 1 : 5

V-belt type C – 3

3.5 Pemilihan Pemanas Elektrik

Dalam pemilihan pemanas elektrik, ada beberapa hal yang harus di perhatikan seperti target panas yang di inginkan, waktu pemanasan awal, dari benda kerja yang di panaskan, dan panas dari matrial yang di panaskan , untuk menentukan ukuran heater, menggunakan rumus 2.5 sebagai berikut :

Daya heater (Q)	:? (kWatt)
Massa barrel (m)	: 66,35 kg
Panas jenis matrial besi (c)	: 0,113 $\frac{kkall}{kg^{\circ}C}$
Target panas yang di capai	: 150 °C
Suhu ruang	: 25 °C
Waktu pemanasan (t)	: 0,5 jam (30 menit)
Efisiensi (n)	: 0,1 – 0,5

Massa Barrel:

$$([7,5] ^2 - [4,5] ^2) \times \pi \times 50 \times 0.008$$

$$= 66,35 \text{ kg}$$

$$Q = (66,35 \text{ kg} \times 0,113 \text{ kcall}/(\text{kg}^{\circ}\text{C}) \times (150^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C})) / 860 \times 0,5 \times 0,3$$

$$= 7,2651 \text{ k Watt} = 7265,1 \text{ Watt.}$$

Diketahui daya heater yang dibutuhkan adalah 7265,1 watt. Untuk mempermudah pembelian karena ketidaktersediaan komponen dipasaran, maka diputuskan menggunakan heater dengan kapasitas 7500 Watt. Untuk jenis pemanas elektrik yang di pilih adalah band heater karena dapat disesuaikan dengan bentuk barrel yang di panaskan.

3.6 Jumlah Kalor Pada Barrel

Untuk menaikkan suhu atau merubah suhu pada barrel, harus diketahui terlebih dahulu jumlah kalor yang diserap oleh barrel. Untuk mencari kalor barrel menggunakan rumus.

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

Diketahui dari data :

Panas jenis matrial besi (c)	: 0,11 kkal/(kg°C) (450 J/(kg°C))
--------------------------------	-----------------------------------

Target panas yang di capai	: 150°C
----------------------------	---------

Suhu ruang	: 25°C
------------	--------

Massa barrel (m)	: 66,35 kg
--------------------	------------

Jumlah kalor yang di serap atau di lepas (Q)	: ? J
--	-------

$$Q = 66,35 \text{ kg} \times 450 \text{ J}/(\text{kg}^{\circ}\text{C}) \times (150^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C})$$

$$= 3732187,5 \text{ J}$$

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dicapai dari perancangan mesin ekstruder pellet plastik antara lain:

- Perbandingan volume Styrofoam sebelum dileburkan dan setelah dileburkan adalah 1 : 138,25. Dari hasil penimbangan styrofoam bentuk busa diperoleh massa styrofoam dari 1m³ adalah 7 kg. Dan massa jenis styrofoam bentuk padat adalah 1050 kg/m³.
- Hasil dari rancang bangun mesin ekstruder didapatkan spesifikasi diameter screw pada mesin sebesar 12,164 cm. Dan dari perhitungan didapatkan daya 16,0776 kW maka dipilih motor dengan daya 18,5 kW.
- Heater yang digunakan pada mesin ekstruder cetak pellet plastik styrofoam adalah jenis band heater dengan kapasitas daya 7265,1 Watt. Panas yang dibutuhkan untuk dapat memanaskan barrel agar plastik jenis styrofoam adalah 150 °C. Waktu yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu barrel adalah ± 9 menit.

5. DAFTAR NOTASI (10 pt, bold, satuan SI)

R = Jari-jari Barrel [cm]

R = Jari-jari Screw [cm]

Q = Kapasitas mesin [kg/jam]

L = Panjang screw [m]

β = Sudut kemiringan screw [°]

ω1 = Kecepatan sudut roda 1

R1 = Jari-jari roda 1 [cm]

ω2 = Kecepatan sudut roda 2

R2 = Jari-jari roda 2 [cm]

f = frekuensi (putaran/sekon)

T = periode

m = Massa *barrel* [kg]

c = Panas jenis material besi [$\frac{kcal}{kg^{\circ}C}$]

n = efisiensi

6. DAFTAR PUSTAKA (10 pt, *bold*)

- Baianu. (1992). Twin Screw dan Single Screw Extruder. Model twin screw extruder (TSE).
- Groover. Mikel P. 1996. Fundamentals of Modern Manufacturing Material, Processes and Systems, John Wiley & Sons Inc. New York
- Hengki. (2017). Rancang Bangun Mesin Ekstruder Molding Pellet Plastik Jenis Polypropylene. Jakarta Material, Processes and Systems, John Wiley & Sons Inc. New York
- Cema, (1971). Material Classification Standart– screw conveyor. International Engineering.
- Frame. (1994). Energi Mekanis pada Extruder. International Technical Conference. Australia. Jhon Wiley & Sons Hoboken. (2006). Aplikasi extrude molding pada industri plastik. United States of America.
- Johannaber. (1997). Daftar temperatur termoplastik. Book Johannaber Temperature of Plastic. Firlandia
- Kamal, M.R. & Patterson. (2011). Rheological analysis of stabilizing forces in wire - coating dies.
- Holman, J.P. (1995). Perpindahan Kalor. Erlangga, Jakarta. Kurmi & Kurmi & Gupta. (2002). Buku perbandingan kecepatan pully.
- Mervat. (2010). Preparation and Shaping, Building Developments Association, Nottingham. Manual Book Extrusion Processes 2000. Reliance Electric.
- Musa, R. Kamal & Afram I. (2011). Injection molding – technology and applications.
- N. Conely & D. Abu Fara. (2008). Principles of polymer processing.
- Neculai & Catalin. (2010). Temperatur extrude molding. The International Journal of The Institution Of Engineers. Singapore
- Ridwan. (1999). Mekanika Fluida Dasar. Jakarta: Gunadarma.
- 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..