

**PEMBUATAN EXTRUDER FILAMENT 3D PRINTER DENGAN BAHAN RECYCLE PLASTIK PP**

**Andhy Rinanto<sup>1\*</sup>, Silvester Yesage Suryana Adi<sup>2</sup>, Ikmal Hulalango<sup>3</sup>, Klaudius Cristian Vieri Harson<sup>4</sup>, Langgeng Kidung Pramudita<sup>5</sup>, Rizky Eka Saputra<sup>6</sup>, Ignatius Krisna Adi Mulya Putra<sup>7</sup>**

<sup>1,2,3,4,5,6,7</sup> Program Studi Teknik Mesin Industri, Politeknik ATMI Surakarta

Jl. Mojo No. 1 Karangasem, Laweyan, Surakarta 57145

\*Email: [andhy.rinanto@atmi.ac.id](mailto:andhy.rinanto@atmi.ac.id),

**ABSTRAK**

*Extruder Filament 3D Printer dirancang dan dibuat untuk mengolah limbah plastik PP (Polypropylene) yang ada di WI. Perancangan Extruder Filament 3D Printer ini memiliki tujuan untuk mengolah kembali limbah plastik PP dan sebagai media pembelajaran di Politeknik ATMI Surakarta. Dalam proses pengolahan plastik PP menjadi filament 3D Printer terdapat beberapa tahapan proses antara lain: Studi literatur, pengumpulan data permintaan pelanggan, perhitungan screw, pembuatan desain, dan analisa. Extruder Filament 3D Printing ini hanya fokus pada jenis Polypropylene (PP) dengan diameter 1.75mm. Mesin ini memiliki keunggulan antara lain: portable, konsumsi daya yang rendah, dan ringkas. Extruder Filament 3D Printer Dari Recycle Plastik PP ini dirancang agar dapat menghasilkan filament dengan kapasitas produksi 1 kg/jam dengan panjang 100 meter.*

**Kata kunci:** Sampah Plastik, Ekstruder, Filament 3D Printer

**1. PENDAHULUAN**

Sistem pengolahan limbah plastik ada beberapa metode dan proses, salah satunya adalah dengan proses ekstrusi. Sampai saat ini proses pengolahan limbah plastik dengan mesin ekstrusi dianggap sebagai metode yang paling murah dan efisien. Mesin ekstrusi banyak dipergunakan untuk memproduksi produk-produk plastik dengan bentuk panjang dan sederhana seperti pipa, sedotan, selang plastik serta filament untuk mesin *3D printing*. Maka dari itu mesin ini sangat efektif dan banyak untuk proses pengolahan daur ulang plastik.

Metode ekstrusi saat ini sering digunakan oleh industri manufaktur plastik dan ada juga industri rumahan (*home industry*) yang memakai mesin ekstrusi sebagai mesin produksi utama mereka. Mempunyai kelebihan dari biaya rendah dan *production rate* yang tinggi menjadikannya sebagai pilihan metode manufaktur yang populer untuk produk plastik sederhana (Wikikomponen, 2020).

Melihat dari data limbah plastik PP murni di WI yang berjumlah 1 ton dan untuk PP *crusher* berjumlah 1 ton yang belum diolah secara maksimal, ditambah kondisi lingkungan yang kian memprihatinkan. Terciptalah sebuah ide untuk membuat sebuah mesin ekstruder *filament 3D printing* dengan bahan baku hasil daur ulang limbah plastik *polypropylene* (PP). Mesin ini memiliki keunggulan antara lain: *portable*, konsumsi daya yang rendah, dan ringkas. *Extruder Filament 3D Printer Dari Recycle Plastik PP* ini diharapkan mampu menghasilkan *filament* dengan kapasitas produksi 1 kg/jam dengan panjang 100 meter.

**2. METODOLOGI**

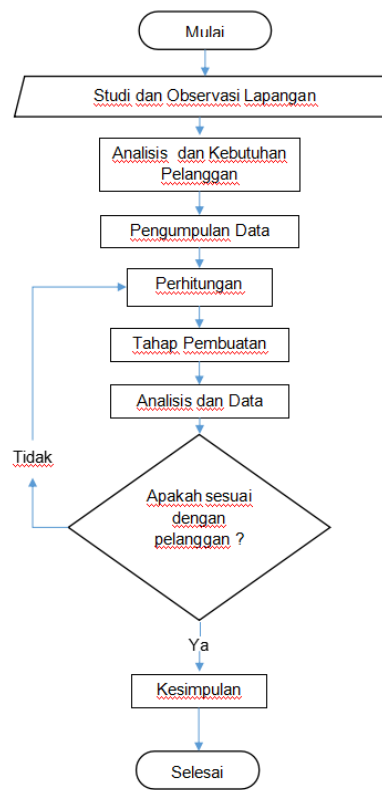
Proses perancangani ini memerlukan beberapa pengumpulan data, rumus perhitungan dan simulasi pada perangkat *SolidWorks*.

**2.1 Metode Perancangan**

Metode yang digunakan dalam perancangan mesin ini dari data, perhitungan, dan simulasi menggunakan perangkat *SolidWorks* untuk menganalisa plastik PP yang akan diproses menjadi *filament*.

## 2.2 Proses Penelitian

Metode pengerjaan dilakukan dengan beberapa tahapan yang ditunjukkan pada *flowchart* di gambar 2.1.



**Gambar 2.1 Flowchart Proses Penelitian**

### 2.2.1 Studi Literatur

Studi literatur digunakan untuk memahami dasar – dasar teori yang berhubungan dengan proses peleburan plastik. Studi literatur ini diperoleh dari berbagai sumber antara lain buku / *text book*, diktat yang mengacu pada referensi, jurnal ilmiah, tugas akhir yang berkait, dan media internet.

### 2.2.2 Observasi Lapangan

Metode pengumpulan data melalui pengamatan langsung atau peninjauan secara cermat dan secara langsung di lapangan atau lokasi penelitian, agar memperoleh gambaran yang jelas tentang permasalahan dan mungkin petunjuk - petunjuk tentang cara pemecahannya.

### 2.2.3 Analisis Dan Kebutuhan Pelanggan

PUTP adalah salah satu bagian dari unit dari Politeknik ATMI Surakarta yang bergerak dalam bidang plastik, melihat limbah yang berada di WI yang menumpuk banyak dan belum dimaksimalkan pemanfaatannya PUTP memiliki tujuan untuk mengolahnya. Dalam kasus ini PUTP akan membuat *filament* dengan memanfaatkan dari limbah yang berada di WI, disisi lain PUTP juga membuat mesin Extruder Filament sebagai metode pembelajaran.

### 2.2.4 Pengumpulan Data

Dalam pembuatan extruder *filament* banyak acuan yang digunakan, acuan tersebut meliputi:

1. Internet

2. Jurnal *extruder filament*
3. Skripsi
4. *Catalog* mesin

### 3. Perhitungan

Langkah awal untuk pembuatan *extruder filament* adalah perhitungan komponen yang akan digunakan. Tujuan dari perhitungan adalah memastikan bahwa spesifikasi mesin sudah sesuai dengan permintaan pelanggan. Selain itu perhitungan bisa digunakan untuk mengetahui apakah mesin dapat dioperasikan dengan aman. Berikut adalah macam – macam perhitungan komponen yang akan digunakan pada *extruder filament*:

#### 3.1 Perhitungan Screw

Hasil perhitungan diameter barrel dapat digunakan untuk menghitung spesifikasi *screw* yang aktual. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang screw (L)} &= 400 \text{ mm} \\
 \text{L/D ratio} &= 20 : 1 \\
 \text{Diameter screw} &= \frac{L}{L/D} \\
 &= \frac{400}{20/1} \\
 &= 20 \text{ mm} \\
 \text{L feed zone} &= 60\% \times L \\
 &= 60\% \times 400 \\
 &= 240 \text{ mm} \\
 \text{L metering zone} &= 20\% \times L \\
 &= 20\% \times 400 \\
 &= 80 \text{ mm} \\
 \text{L transition zone} &= \text{L metering zone} \\
 &= 80 \text{ mm} \\
 \text{Compression ratio (CR) for PP} &= 3 - 4 : 1 \\
 &= 3,5 : 1 \\
 \text{CR} &= \frac{FD}{MD} \\
 \text{Range feed channel depth} &= 0,1D - 0,3D \\
 \text{FD} &= 0,2 \times D \\
 &= 0,2 \times 20, \\
 &= 4 \text{ mm} \\
 \text{MD} &= \frac{FD}{CR} \\
 &= \frac{4}{3,5} \\
 &= 1,14 \text{ mm} \\
 \text{Feed root diameter} &= D - (2 \times FD) \\
 &= 20 - (2 \times 4) \\
 &= 12 \text{ mm} \\
 \text{Metering root diameter} &= D - (2 \times MD) \\
 &= 20 - (2 \times 1,14) \\
 &= 17,72 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, disimpulkan bahwa panjang *screw* adalah 400 mm. Setelah mengetahui kebutuhan *screw* yang diperlukan, maka hasil tersebut dapat digunakan untuk mengukur laju kecepatan aliran plastik menggunakan rumus, sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 &\text{Diketahui :} \\
 v &= \frac{S \times n}{60}
 \end{aligned}$$

$$v = \frac{1D \times n}{60}$$

$$v = \frac{0,02m \times 103rpm}{60}$$

$$v = 0,034333m/s$$

### 3.1.2 Perhitungan Motor

Dalam proses pembuatan extruder ini sistem penggerak menggunakan motor DC, motor DC dipilih karena mampu memenuhi kapasitas yang diinginkan. Selain itu pembuatan *extruder* ini berfokus untuk media pembelajaran serta produksi mandiri secara kecil, hal ini berdampak terhadap konsumsi daya yang minim. Berikut spesifikasi mesin yang direncanakan :

Motor DC 150 W *single phase* 24 VDC, berdasarkan perhitungan yang ada maka motor yang digunakan adalah tipe **TJX55R54106S**, yang memiliki spesifikasi sebagai berikut :

|         |            |
|---------|------------|
| Daya    | = 150 watt |
| Torque  | = 40 Nm    |
| n (rpm) | = 200 rpm  |

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan, motor dengan tipe **TJX55R54106S** layak digunakan sebagai sistem penggerak dalam pembuatan *extruder* ini. Karena torsi dan rpm yang dihasilkan > dari torsi dan rpm yang dibutuhkan.

### 3.1.3 Menentukan Daya Yang Diperlukan *Heater Band*

Menghitung daya *heater band* dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

- Menghitung daya *heater band*

- *Screw*:

$$P = \frac{m \times C \times \Delta T}{860 \times t \times s}$$

$$P = \frac{0,993 \times 0,113 \times 225}{860 \times 0,5 \times 0,25}$$

$$P = 0,196 \text{ kW}$$

- *Barrel*:

$$P = \frac{m \times C \times \Delta T}{860 \times t \times s}$$

$$P = \frac{0,993 \times 0,113 \times 225}{860 \times 0,5 \times 0,25}$$

$$P = 0,196 \text{ kW}$$

- Plastik:

$$P = \frac{m \times C \times \Delta T}{860 \times t \times s}$$

$$P = \frac{0,993 \times 0,0294 \times 225}{860 \times 0,5 \times 0,25}$$

$$P = 0,051 \text{ kW}$$

Dengan diketahuinya perpindahan kalor yang terjadi dan daya yang dibutuhkan, maka daya total yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

$$P_{total} = (P_{screw} + P_{barrel} + P_{plastik})$$

$$P_{total} = 0,443 \text{ kW} + 0,0010654 \text{ kW}$$

$$P_{total} = 444 \text{ W}$$

### 3.1.4 Waktu Yang Dibutuhkan Untuk Menaikkan Suhu *Barrel*

Dari data yang diketahui, total kalor yang dibutuhkan adalah 205.497,98 *joule*, sehingga lama waktu untuk menaikkan suhu *barrel* adalah :

$$t = \frac{Q}{P}$$

$$t = \frac{205.497,98}{444} \quad t = 462,81 \text{ s}$$

### 3.1.5 Perhitungan Umur Pakai *Bearing*

Perhitungan *bearing* digunakan untuk mengetahui umur pakai suatu *bearing*. Bantalan yang digunakan tipe SKF 3006 dengan bearing no 2RSL yang memiliki spesifikasi sebagai berikut :

|     |            |
|-----|------------|
| C   | = 6,37 kN  |
|     | = 6370 N   |
| Co  | = 3,25 kN  |
|     | = 3250 N   |
| (P) | = 0,137 kN |
|     | = 137 N    |

$$\begin{aligned} \text{Umur bantalan (L}_h\text{)} &= \left(\frac{C}{P}\right)^b \times \frac{10^6}{60 \times n} \\ &= \left(\frac{6370}{3250}\right)^{3,33} \times \frac{10^6}{60 \times 27} \\ &= 5.888,21 \text{ jam} \quad (2.23) \\ \text{Jam Kerja} &= 5 \text{ hari ( 4 jam/hari )} \\ &= 20 \text{ jam / minggu} \\ &= 960 \text{ jam / tahun} \\ \text{Umur pakai} &= \frac{5.888,21}{960} \\ &= 6,13 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, didapat untuk penggunaan *bearing* **SKF 6003** pada *shaft* unit ekstrusi dapat bertahan hingga 5.888,21 jam atau 6,13 tahun.

### 3.1.6 Menghitung Kecepatan Perpindahan Panas

Kecepatan rambat panas yang dihantarkan oleh *heater band* dapat dihitung secara matematis menggunakan persamaan 2.25 dan 2.26 seperti di bawah ini :

#### 1. Konduksi

Data – data yang diketahui :

|                           |                                         |
|---------------------------|-----------------------------------------|
| Panjang <i>barrel</i> (L) | = 548 mm                                |
|                           | = 0,548 m                               |
| Luas Penampang (A)        | = 647,953 mm <sup>2</sup>               |
|                           | = 6,5 x 10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> |
| Koefisien termal (k)      | = 14 joule/s m°C                        |
|                           | = 3,34 kal/s m°C                        |

$$\Delta T (250-25) = 225^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} H &= \frac{k \times A \times \Delta T}{L} \\ H &= \frac{3,34 \times 6,5 \times 10^{-4} \times 225}{0,548} \end{aligned}$$

$$H = 0,89 \text{ kal/s}$$

## 2. Konveksi

Data – data yang diketahui :

$$\begin{aligned} \text{Koefisien termal (k)} &= 79,5 \text{ joule/s m}^\circ\text{C} \\ &= 18,99 \text{ kal/s m}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\Delta T (250-25) = 225^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Penampang (A)} &= 314,16 \text{ mm}^2 \\ &= 3,1 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$H = k \times A \times \Delta T$$

$$H = 18,99 \times 3,1 \times 10^{-4} \times 225$$

$$H = 1,3 \text{ kal/s}$$

## 3.2. Tahap Pembuatan Desain

Pembuatan desain dilakukan setelah perhitungan sudah benar dan, proses pembuatan desain meliputi :

1. Pembuatan 3D mesin
2. Pembuatan part untuk mesin dengan 2D
3. Pembuatan simulasi mesin dalam bentuk video

### 3.2.1 Analisis dan Data

Setelah pengujian dilakukan maka harapan mendapatkan data tentang kinerja mesin. Dari data yang akan didapatkan, lalu akan dilakukan analisa mengenai keunggulan dari mesin yang sudah di desain. Jika desain belum sesuai dengan pelanggan maka akan dilakukan perhitungan dan perancangan kembali.

## 4. Kesimpulan



Dari perhitungan dan analisa yang ada, maka terdapat spesifikasi mesin sebagai berikut :

|                         |                                                |
|-------------------------|------------------------------------------------|
| Dimensi Mesin           | : 1535 x 206 x 335 mm                          |
| Motor                   | : 90W                                          |
| Kecepatan Putar         | : 35 rpm                                       |
| Hasil <i>Filament</i>   | : Ø 1,75 mm                                    |
| Kapasitas Mesin         | : 1 kg/jam dengan panjang <i>filament</i> 400m |
| Daya <i>Heater Band</i> | : 443 W                                        |

## DAFTAR PUSTAKA

Adharsyah Taufan, (2019). SEBEGINI PARAH TERNYATA MASALAH SAMPAH PLASTIK DI INDONESIA, <https://www.cnbcindonesia.com/lifestyle/20190721140139-33-86420/sebegrini-parah-ternyata-masalah-sampah-plastik-di-indonesia>

- Deprintz. (2015). Perbandingan Mesin Laser Jenis CO2 Laser, YAG Laser dan Fiber Laser. Tulisan pada <https://deprintz.com/news/43/Berbagai-Jenis-Tipe-Mesin-Laser-Cutting-Marking-Engraving>.
- Fauzi Abror, Agam Septian, (2018). INDONESIA DARURAT SAMPAH PLASTIK. <http://indonesiabaik.id/infografis/indonesia-darurat-sampah-plastik>
- Garsiman, Girsang (2018). STUDI RANCANG BANGUN MESIN SINGLE SCREW EXTRUDER PORTABLE UNTUK APLIKASI PRODUKSI FILAMENT 3D PRINTER. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Irawan, Dani. Rahayu Mekar Bisono. (2018). RANCANG BANGUN PROTOTYPE MESIN EKSTRUSI POLIMER SINGLE SCREW. Kediri: Politeknik Kediri.
- K, Endang. Mukhtar G, Abed Nego, F.X. Angga Sugiyana. (2016). Pengolahan Sampah Plastik dengan Metoda Pirolisis menjadi Bahan Bakar Minyak.
- Kautsar, Al Ahmad. (2015). RANCANG BANGUN ARCHIMEDEAN SCREW MESIN EXTRUSION BLOW MOLDING. Jember: Universitas Jember.
- Khavilla, Vidya Putri; Sri Wahyuni; Ari Fajar Riyanto; Jumaeri; Harjono. (2019). Preparasi dan Karakterisasi PP (Polypropylene) Termodifikasi LLDPE (Linear Low Density Polyethylene) dengan Teknik Pencampuran Biasa. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Kusmanto, Angga. Arya Panji Wicaksana; Fransiscus Johan Febriawan; F.X., Yoga Perdana W.R.; Phillipus Kenny F.H. (2018). LAPORAN TUGAS AKHIR MESIN 3D PRINTER 3 NOZZLEE (WARNA) BERBASIS ROUTER. Surakarta: Politeknik ATMI Surakarta.
- Lisam, Bibi. (2019). Apa itu power supply? <http://www.podfeeder.com/teknologi/apa-itu-power-supply-berikutpenjelasannya/>.
- Malik, Rendy. (2014). PROSES PENGOLAHAN LIMBAH PLASTIK MENGGUNAKAN MESIN EKSTRUSI. <https://rendymalik29.wordpress.com/2014/11/05/proses-pengolahan-limbah-plastik-menggunakan-mesin-ekstrusi/>
- Naimah Siti, Nuraeni Chicha, Rumondang Irma, Jati Bumiarto Nugroho, Ermawati Rahyani, (2012). DEKOMPOSISI LIMBAH PLASTIK POLYPROPYLENE DENGAN METODE PIROLISIS. Jakarta: Balai Besar Kimia dan Kemasan (BBKK) – Kemenperin.
- Prameswari, Mutiara. (2018). PERENCANAAN ULANG MESIN PEMBERSIH PASIR MENGGUNAKAN SCREW CONVEYOR DENGAN KAPASITAS 17 TON/JAM. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Septiani, Berliana Anggun; Dian Mitra Ariani; Via Fide Aditya Andi Risman; Widhi Handayani; Istiarsi Saputri Sri Kawuryan. (2019). Pengolahan Sampah Plastik di Salatiga. Salatiga: Universitas Kristen Satya Wacana.
- Sibarani, Maradu. Muhammad Piky Allan; Putu M. Santika. (2018). Perancangan Unit Extruder pada Mesin Extrusion Lamination Flexible Packaging. Tangerang: Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir, BATAN.
- Sofiana, Yunida. (2010). PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN PELAPIS (UPHOLSTERY) PADA PRODUK INTERIOR. Jakarta Barat: Universitas Bina Nusantara.
- Sumardi; Indra Mawardi. (2009). PERANCANGAN DAN FABRIKASI MESIN EXTRUSI SINGLE SCREW. Lhokseumawe: Politeknik Negeri Lhokseumawe.

- Surono, Untoro Budi, Ismanto (2016). Pengolahan Sampah Plastik Jenis PP, PET dan PE Menjadi Bahan Bakar Minyak dan Karakteristiknya. Yogyakarta: Universitas Janabadra.
- Tondi, Haqira. (2019). RANCANG BANGUN MESIN EKSTRUDER FILAMENT 3D PRINTER. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Wahyudi, Ekky; Zultiniar; Edy Saputra. (2016). Pengolahan Sampah Plastik Polipropilena (PP) Menjadi Bahan Bakar Minyak dengan Metode Perengkahan Katalitik Menggunakan Katalis Sintetis. Pekanbaru: Universitas Riau.
- WikiKomponen, (2020). *Sistem Produksi Plastik Dengan Metoda Ekstrusi* <https://www.wikikomponen.com/sistem-produksi-plastik-dengan-metoda-ekstrusi/>
- (2018) Apa itu Polypropylene (PP)? <http://id.cnsantongplastic.com/info/what-is-polypropylene-pp-and-what-is-it-use-25907560.html>