



Available online at JKTM Website :

<http://journal.uta45jakarta.ac.id/index.php/jktm/index>



JURNAL KAJIAN TEKNIK MESIN Vol. 6 No. 2  
Hal 13 s/d 23

## ALAT PENGOLAHAN LIMBAH *FILAMENT 3D PRINT* DENGAN MATERIAL *POLYLACTIC ACID (PLA)*

Didit Sumardiyanto; Setiawan Putra

Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta  
Jl. Sunter Permai Raya No. 1 Sunter Agung Podomoro, Jakarta Utara (14350)  
didit.sumardiyanto@yahoo.co.id  
[setiawanbngx@gmail.com](mailto:setiawanbngx@gmail.com)

### ABSTRAK

Limba h plastik adalah limbah anoganik yang tersusun dari bahan kimia berbahaya bagi lingkungan dan memerlukan waktu yang lama untuk dapat terurai di dalam tanah. Salah satu cara mengurangi limbah plastic adalah dengan mendaur-ulang. Saat ini cukup banyak pembuatan komponen alat material plastic dengan menggunakan *3D printer*. Pada proses pembuatan *prototype* menggunakan *3D printer*, material yang digunakan adalah *filament* plastik jenis PLA (*PolyLactic Acid*). Pada proses pembuatan *prototype* dengan *3D printer* sering terjadi kega lan dan juga terdapat *filament* sisa dari bentuk utama *prototype* pada saat *finishing* yang menumpuk menjadi limbah. Sampah *filament* dari bagian *support* dan *filament* dari hasil cetak yang ga gal inilah yang diproses kembali dapat digunakan kembali atau *reused* karena menggunakan material yang sama.

Terka it dengan permasalahan tersebut, dibuat alat pengolah limbah polylactic acid (PLA) yang disebut mesin ekstruder a gar limbah PLA dapat dimanfaatkan kembali untuk mesin printer 3D

Dari mesin ekstruder yang dibangun, diperoleh hasil fila ment terbaik untuk kapasitas produksi 155 g/h dengan diameter filament 1.75 mm adalah pada suhu pemanasan sebesar 104 °C dengan kecepatan screw 60 rpm.

**Kata kunci** : sampah *filament*, *extruder*, *polylactic acid*

### ABSTRACT

*Plastic waste is anoganic waste composed of chemicals that are harmful to the environment and require a long time to decompose in the soil. One way to reduce plastic waste is to recycle it. At this time quite a lot of making plastic material tool components using a 3D printer. In the process of making a prototype using a 3D printer, the material used is a plastic filament type PLA (PolyLactic Acid). In the process of making prototypes*

*with a 3D printer, failures often occur and there are also leftover filaments from the main form of the prototype at the time of finishing which accumulate into waste. The filament waste from the support and filament parts of the failed print is reprocessed which can be reused or reused because it uses the same material.*

*Starting with this problem, a polylactic acid (PLA) waste processing device called an extruder machine was made so that PLA waste can be reused for a 3D printer machine.*

*From the extruder machine that was built, the best filament results were obtained for a production capacity of 155 g/h with a filament diameter of 1.75 mm at a heating temperature of 104 °C with a screw speed of 60 rpm.*

**Keywords :** *Garbage filament, extruder, polylactic acid*

## **1. PENDAHULUAN**

### **a. Latar Belakang**

Pada saat ini banyak sekali pabrik/produsen pembuatan alat/benda dengan menggunakan material plastik, contohnya ialah pabrik jasa *3D printer*. *3D printer* adalah teknologi pembuatan benda dengan kendali komputer dengan cara memadatkan serbuk atau *filament* tanpa adanya proses pemesinan.

Dalam proses *3D printer* menggunakan plastik untuk pembuatan *filament* dengan harga plastik cukup mahal, tergantung jenis dan kualitasnya. Pada pembuatan *3D printer* terdapat *filament* sisa dari bentuk utama *prototype* pada saat *finishing* yang harus dibuang atau yang disebut bagian *support*. Pada proses *3D printer*, tidak jarang terjadi kegagalan atau tidak langsung berhasil. Ketika *filament* itu gagal, otomatis dibuang dan menjadi sampah. Sampah *filament* dari bagian *support* dan *filament* dari hasil cetak yang gagal inilah yang menumpuk dan terbuang menjadi limbah,

padahal bisa digunakan kembali atau *reused* karena menggunakan material yang sama.

### **b. Tujuan Perancangan**

Tujuan dari pembuatan extruder ini adalah untuk mendaur ulang sampah plastik, yang utamanya adalah sampah plastic berupa *filament PolyLactic Acid* yang berasal dari proses *3d printer yang gagal dan sisa-sisa pemakaian yang tidak dapat dipergunakan lagi*, sehingga dapat mengurangi sampah plastik.

## **2. KAJIAN PUSTAKA**

Filament pada 3D printer adalah bahan baku yang digunakan untuk mencetak disain yang telah dibuat melalui software di computer. Filament memiliki dua ukuran diameter standar, yaitu 1,75 mm dan 3 mm. (Wikipedia, 3D Printing Filament). Jenis material yang digunakan untuk membuat 3D printer adalah thermoplastic karena memiliki sifat kuat, tangguh dan mudah dibentuk.

Ada banyak jenis material yang digunakan untuk membuat filament. Semakin tinggi kualitas filament tersebut maka semakin kuat dan bagus bentuk benda yang dihasilkan. Jenis material yang paling sering dijual dipasaran dan digunakan untuk 3D printer adalah *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS), dan *PolyLactic Acid* (PLA).

*PolyLactic Acid* berbeda dengan sebagian besar jenis termoplastik polimer yang berasal dari distilasi dan polimerisasi cadangan minyak bumi yang tidak terbarukan, dan *PolyLactic Acid* berasal dari biomassa dan dikenal dengan bioplastik, ramah lingkungan dan sumberdaya terbarukan, contohnya dari pati jagung atau tebu plastik

*PolyLactic Acid* memiliki kelebihan yaitu plastik yang terbuat dari senyawa tanaman maupun hewan atau biodegradable, seperti kolagen, selulosa, lipid, protein atau chitosan yang diambil dari ekstrasi hewan dan tanaman. (Manique., 2017). Kelebihan lain dari PLA yaitu kualitas tarik yang bagus, tidak beracun, kualitas permukaan bagus, menyempit pada saat proses pemanasan sehingga baik untuk digunakan sebagai bahan pembungkus plastik, memungkinkan membuat komponen dengan resolusi tinggi, sangat baik untuk model dan prototype yang membutuhkan detail dan estetika, dan biasa digunakan untuk aplikasi pencetakan 3D. Yang paling menarik adalah *PolyLactic Acid* dapat mengalami pelapukan atau degradasi pada waktu tertentu, yaitu berkisar antara 6 hingga 24 bulan. Dengan ini,

sampah botol yang dibuat dari jenis plastik PLA akan menjadi ramah lingkungan karena terjadinya proses pelapukan.



**Gambar 1.** Filament 3D Printer.

Dasar perhitungan untuk pembuatan mesin pengolah sampah *filament 3D*, pada perancangan ini adalah :

**a. Torsi**

Untuk mendorong serpihan filament dari hopper sampai ke barrel adalah berasal gaya putar/torsi yang dihasilkan oleh motor penggerak poros screw conveyor. Besar torsi yang dibutuhkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$T = F x r = (m x g) r$$

Keterangan :

$T$  = Torsi (Nm)

$F$  = Gaya (N)

$m$  = Massa filament yang kontak dengan poros motor (kg)

$g$  = Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

$r$  = Jarak gaya dari pusat torsi (m)

**Daya motor poros screw conveyor**

Poros *screw conveyor* digerakkan oleh sebuah motor. Besar daya motor penggerak poros *screw conveyor* diperoleh dari persamaan berikut :

$$P = \frac{T.n}{\left(\frac{60.102}{2\pi}\right)}$$

Keterangan :

$P$  = Daya yang diperlukan, kW

$T$  = Torsi, Nm

$n$  = Putaran poros, rpm

## b. Diameter Poros Ulir

Serpihan sampah filament masuk extruder melalui hoper kemudian dengan screw conveyor didorong ke barel untuk dipanaskan. Perhitungan untuk mendapatkan dimensi poros screw conveyor adalah sebagai berikut :

Torsi rencana ( $T_d$ )

$$T_d = f_c \times T$$

Keterangan :

$f_c$  = Faktor keamanan untuk jenis pembebanan

Tegangan geser ijin ( $\tau_a$ )

$$\tau_a = \frac{\sigma_b}{sf_1 \times sf_2}$$

Keterangan :

$\sigma_b$  = Kekuatan tarik material, kg/mm<sup>2</sup>

$sf_1$  = Faktor material yang dipergunakan (tergantung pada material yang dipergunakan. SF : 5.6, SC : 6)

$sf_2$  = Faktor pengaruh konsentrasi tegangan akibat adanya alur pasak, 1,3 s/d 3,0

Diameter pasak dapat diperoleh dari persamaan berikut :

$$d_s = \left[ \frac{5.1}{\tau_a} \times K_T \times C_B \times T_d \right]^{1/3}$$

Keterangan :

$T$  = Torsi, kg.mm

$K_T$  = Faktor pembebanan, untuk tumbukan

$C_B$  = Pengaruh pembebanan beban lentur

## c. Kalor Untuk Peleburan

Kalor yang dibutuhkan untuk melebur PLA,

$$Q = \frac{m.c(T_2 - T_1)}{860.t.\mu}$$

Keterangan :

$m$  = massa isi barrel, kg

$c$  = kalor jenis, kcal/kg°C

$T_2$  = Target yang dicapai, °C

$T_1$  = suhu ruang, °C

$t$  = waktu pemanasan, jam

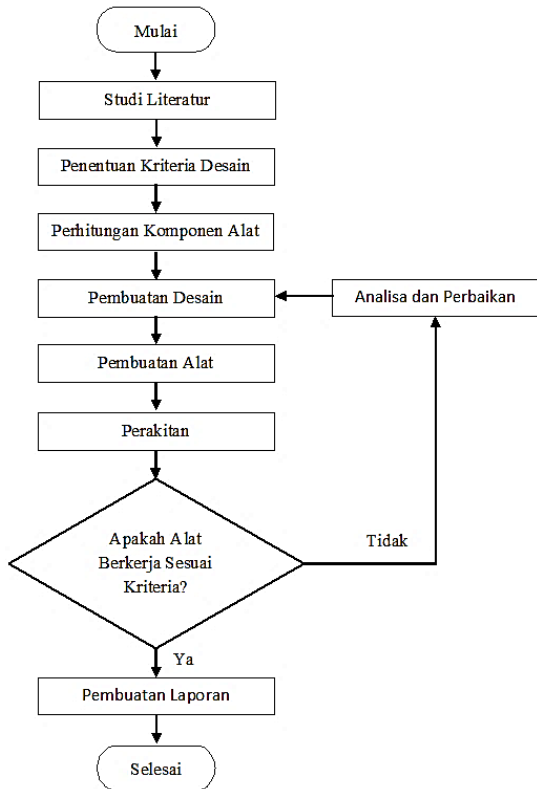
$\mu$  = efisiensi energi yang diserap lingkungan (0,1-0,5)

## 3. METODOLOGI

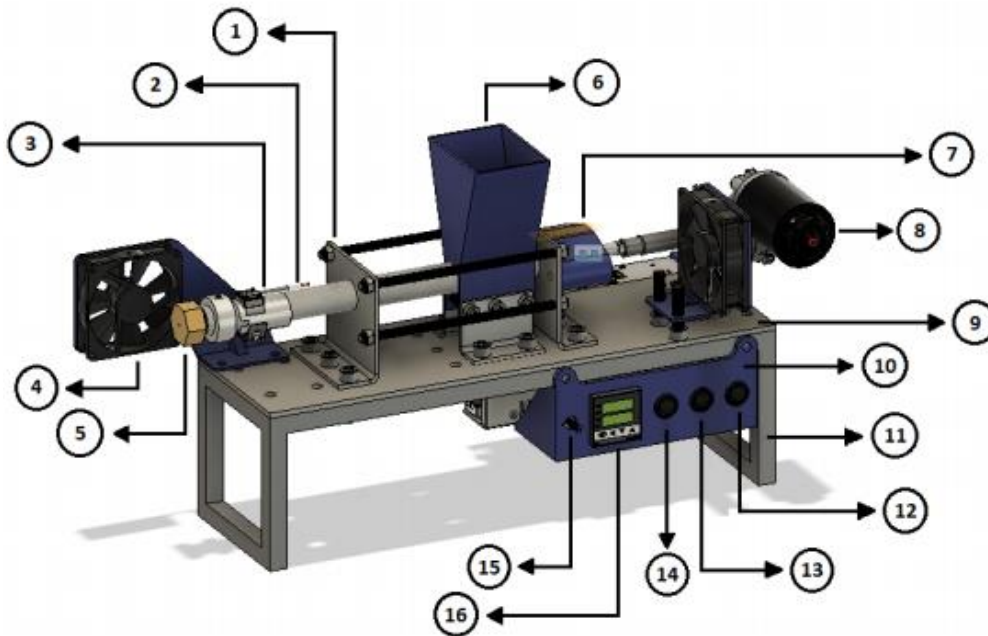
Pembuatan extruder ini melalui beberapa tahapan, dimulai dari mencari literature yang terkait dengan limbah yang akan diolah kembali, teori dasar perhitungan, penentuan material, dilanjutkan dengan melakukan perhitungan, pembuatan gambar kerja dan dilanjutkan pembuatan elemen-elemen dari alat pengolah limbah plastic/extruder. serta pengadaan part-part yang tidak dapat dibuat sendiri. Langkah selanjutnya adalah perakitan. Langkah akhir adalah melakukan pengujian terhadap kinerja alat.

Adapun alur proses pembuatan extruder seperti terlihat pada Gambar 3.1

**Gambar 3.1** Diagram Alur Perancangan



#### 4. RANCANG BANGUN DAN PEMBAHASAN



**Gambar 4.1** Desain *Assembly Full*

Keterangan :

No	Part name	No	Part name
1	<i>Barrel Support</i>	9	<i>Base plate</i>
2	<i>Barrel</i>	10	<i>Controll Panel</i>
3	<i>Band Heater</i>	11	<i>Cantilever</i>

4	<i>Fan</i>	12	<i>Band heater switch</i>
5	<i>Nozzle</i>	13	<i>Motor switch</i>
6	<i>Hopper</i>	14	<i>Power supply adapter switch</i>
7	<i>Bearing Housing</i>	15	<i>PWM Motor Controller</i>
8	<i>DC motor</i>	16	<i>PID Controller</i>

#### 4.1 Perhitungan

##### a. Torsi

Torsi yang dibutuhkan untuk mendorong potongan PLA di dalam *Barrel*

$$T = 0,891 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,4026 \text{ m}$$

$$T = 3.51 \text{ Nm}$$

##### b. Daya Penggerak

Kebutuhan Daya Penggerak Mesin (P) adalah :

Dimana :

$$T = 3,51 \text{ Nm}$$

$$n = 60 \text{ rpm (ditetapkan)}$$

$$P = \frac{3.51 \times 60}{\left(\frac{60 \times 102}{2 \times 3.14}\right)} = \frac{210.6}{974.52} = 0.21 \text{ kW}$$

##### c. Diameter Poros Ulir

Poros yang dipergunakan adalah poros berulir (*screw shaft*)

Torsi rencana ( $T_d$ ):

$$T_d = f_c \times T$$

Keterangan :

$$T = 3,51 \text{ Nm} = 357.8 \text{ kg.mm}$$

$$f_c = 2 \text{ untuk beban rata-rata}$$

Maka,

$$T_d = 2 \times 357,6 = 715.6 \text{ kg.mm}$$

Material poros baja karbon cor SC46, dimana kekuatan bending ( $\sigma_B$ ) = 42 kg/mm<sup>2</sup>

$$\tau_a = \frac{\sigma_b}{sf_1 \times sf_2}$$

Dimana :

$$sf_1 = 6 \text{ untuk material SC}$$

$$sf_2 = 1.5 \text{ untuk beban rata-rata}$$

Maka :

$$\tau_a = \frac{42}{6 \times 1.5} = 4,67 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

Sehingga diameter poros ( $d_s$ )

$$d_s = \left[ \frac{5.1}{\tau_a} \times K_T \times C_B \times T_d \right]^{1/3}$$

Dimana :

$$K_T = 1.5$$

$$C_B = 1.5, \text{ ada sedikit beban lentur}$$

Maka diameter poros :

$$d_s = \left[ \frac{5.1}{4,67} \times 1,5 \times 1,5 \times 715,6 \right]^{1/3} = 12.07 \text{ mm}$$

##### d. Kebutuhan Kalor

Kalor diperlukan untuk meleburkan filament PLA. Besar kalor yang dibutuhkan adalah :

$$Q = \frac{m \cdot c \cdot (T_2 - T_1)}{860 \cdot t \cdot \mu}$$

Dimana :

$$m = 0,691 \text{ kg}$$

$$c = 0.119 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$T_2 = 300 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 27 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t = 30 \text{ min}$$

$$\mu = 0,5$$

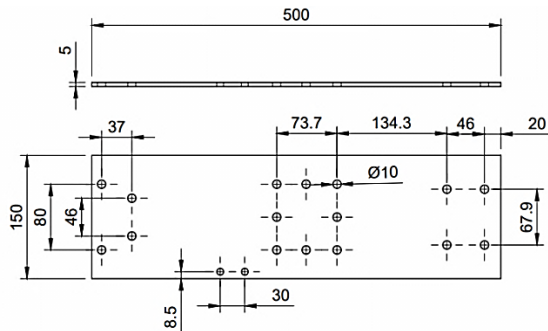
Maka,

$$Q = \frac{0,691 \cdot 0,119 \cdot (300 - 27)}{860 \cdot 0,5 \cdot 0,5} = 0.104 \text{ kW}$$

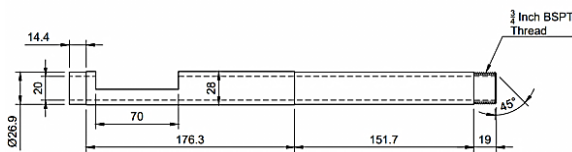
### Gambar kerja hasil rancangan

#### Equipment Parts :

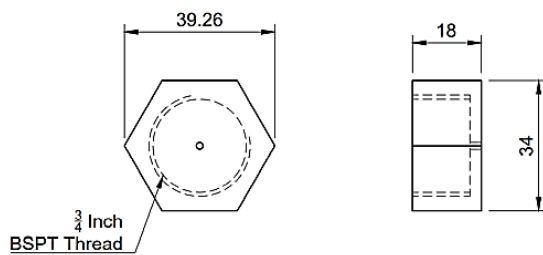
##### a. Base plate



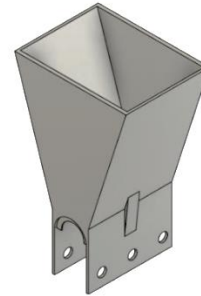
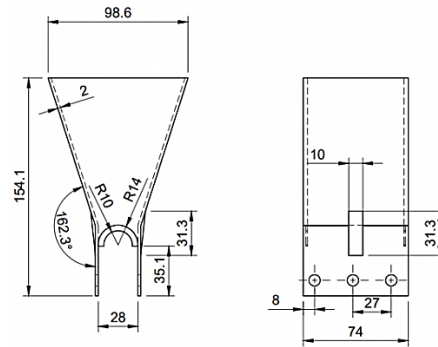
##### b. Barrel



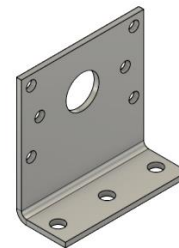
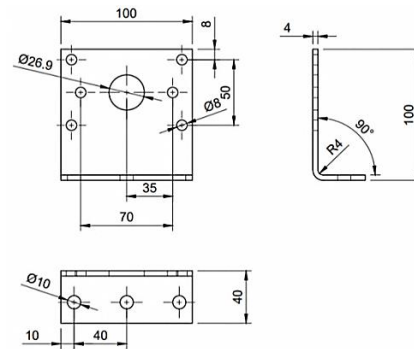
##### c. Nozzle



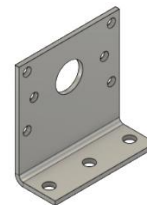
##### d. Hopper

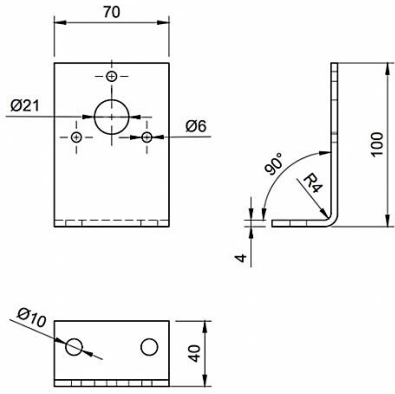


##### e. Barrel Support

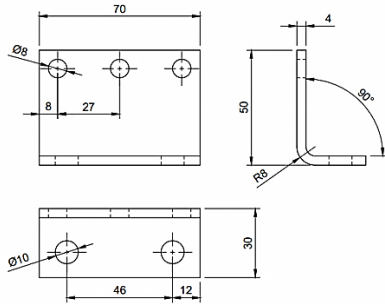


##### f. Motor support

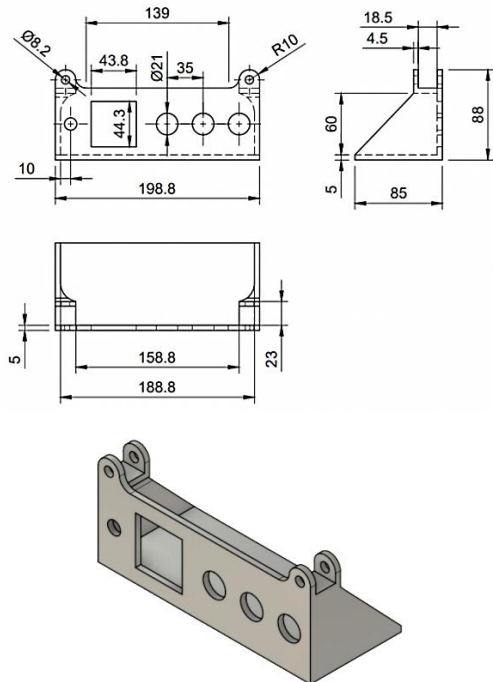




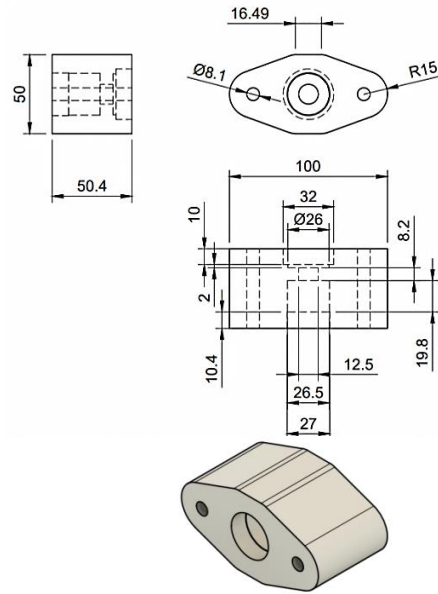
g. Hopper support



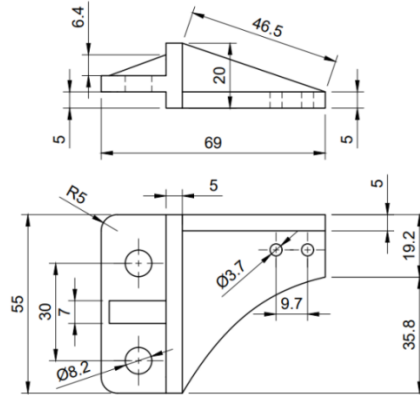
h. Control Panel



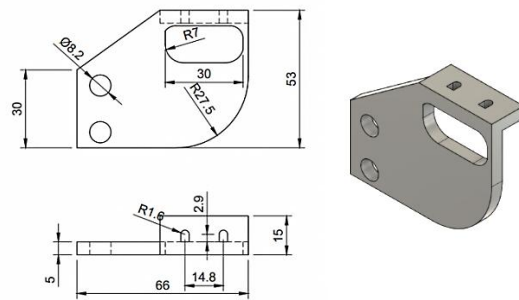
i. Bearing Housing



j. Adaptor Power Supply support



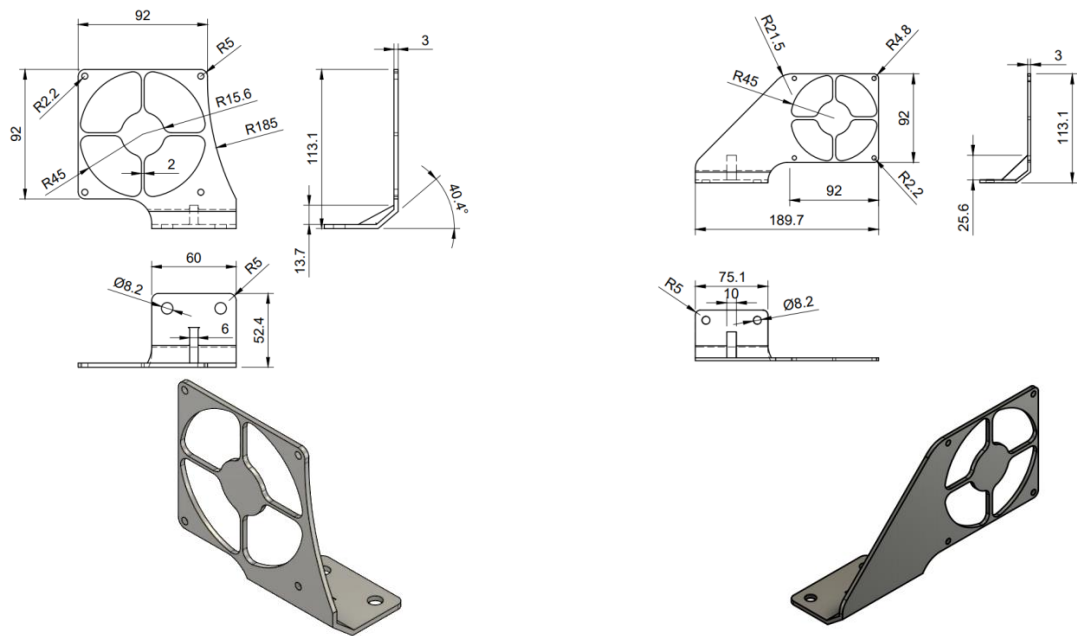
Top



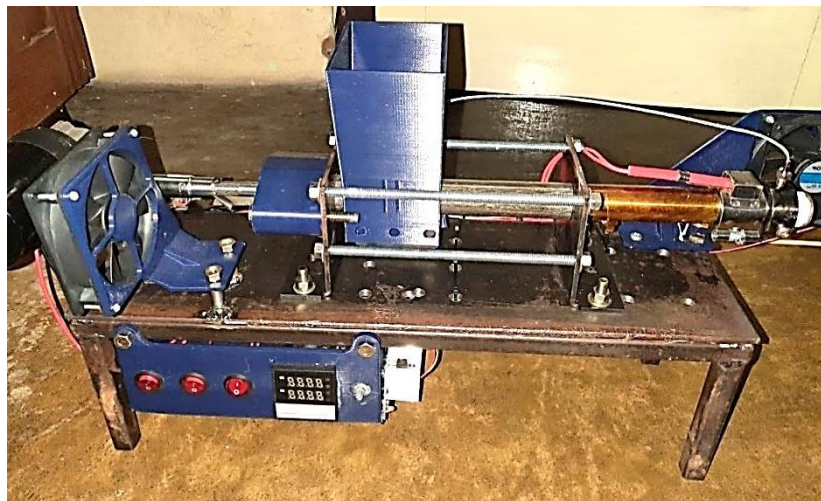
Side

k. Cooling motor fan support





1. Filament cooling fan support









Gambar 4.2. Extruder hasil rancangan

## 4.2. Hasil Pengujian dan Pembahasan

### 1) Hasil Pengujian

Temperatur (°C)	Speed (rpm)	Hasil	Keterangan
--------------------	----------------	-------	------------

160	60			Terlampau cair, temperatur pemanasan diturunkan
142	60			Sesuai standar
125	60			Menggumpal, menaikkan temperatur pemanasan

### 4.3 Pembahasan

Pada saat *barrel* dipanaskan sampai mencapai suhu  $160^{\circ}\text{C}$ , terjadi cacat produksi pada *filament* dikarenakan tekstur *filament* yang terlalu cair yang mengakibatkan penggumpalan pada *nozzle*.

Pada suhu barel  $125^{\circ}\text{C}$ , *filament* yang dihasilkan mengalami kecacatan, yaitu bentuk yang dihasilkan tidak beraturan (menggumpal) dan diameternya menjadi tidak seragam. Ini dikarenakan karena tekstur *filament* sebelum keluar dari *nozzle* masih sangat kental dan sulit dibentuk.

Selain itu kerja motor menjadi sangat berat dan mempengaruhi kecepatan putar screw.

Hasil terbaik didapatkan dari pengaturan suhu di panel *PID controller* sebesar  $142^{\circ}\text{C}$  pada kecepatan motor 60rpm. Hasilnya adalah kapasitas produksinya lebih cepat, mencapai 860mm/min atau sebesar 155 g/h.

### 5. KESIMPULAN

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pembahasan dan analisis yang dilakukan dapat disimpulkan :

1. Berdasarkan pengujian alat diperoleh, *filament* terbaik diperoleh pada pemanasan barel sebesar  $142^{\circ}\text{C}$ ,

dengan putaran poros konveyor 60rpm. Filamen yang dihasilkan berdiameter 1,75mm dengan kecepatan produksi 860 mm/menit atau sebesar 155 g/jam .

2. Produksi tersebut memerlukan motor penggerak/pemutar poros sebesar 0.21 kW, dan membutuhkan kalor sebesar 0.104kW untuk memanaskan filament seberat 0.691 kg.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

1. CNNIndonesia. (n.d.). Riset: Indonesia Penyumbang Sampah Plastik Terbesar Ke-2 Dunia. <https://www.cnnindonesia.com/gayahidup/20160222182308-277112685/indonesiapenyumbang-sampah-plastikterbesar-ke-dua-dunia>
2. Karuniastuti, N. (2013). “Bahaya plastik terhadap kesehatan dan lingkungan”. *Swara Patra*, 3(1).
3. Wicaksana, B. (2018). “Pengertian Plastik”.[http://www.academia.edu/15714311/Pengertian\\_Plastik](http://www.academia.edu/15714311/Pengertian_Plastik)
3. Mujiarto, I. (2005). “Sifat dan karakteristik material plastik dan bahan aditif”. *Jurnal Traksi*, 3(2), 11-17.
4. Indoprinter3D. “Kelebihan dan Kekurangan Polylactic Acid (PLA) Sebagai Filament Favorit Printer 3D”. [https:// indoprinter3d.com/printer-3d/material-printer3d/polylactic-acid-pla/](https://indoprinter3d.com/printer-3d/material-printer3d/polylactic-acid-pla/)
5. ManiqueShintami,2017,”Apa sih Itu Plastik Biodegradable” Ruparupa <https://www.ruparupa.com/blog/apasih-plastikbiodegradable>
6. Wikiedia.”3D Printing Filament”, [https://en.wikipedia.org/wiki/3D\\_printing\\_filament](https://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing_filament),
7. Kho, D. 2017 “Pengertian Motor DC dan Prinsip Kerjanya”., <https://teknikelektronika.com/pengertian-motordc-prinsip-kerja-dc-motor/>
8. Amenan, M. 2018. Extruder. <https://www.academia.edu/35268531/Extruder>
9. Napitupulu, R., Subkhan, M., & Nita, L. D. (2011).“Rancang bangun mesin pencacah sampah plastik”. *Jurnal Manutech*, 3(1), 1-5.
10. Setiawan, Y., Sagitta, J., & Adhi, K. (2015). “Transmisi rantai”. Universitas Udayana Jimbaran, 2015.
11. Carlos Gonzalez “What’s the Difference Between Bearings?”Machine Design. 2015, : <https://www.machinedesign.com/whats-difference-between/what-difference-between-bearings-1>
12. Adit triawan,2013, “Proses Pengolahan Plastik”, Proses Pengolahan dan Pembuatan, :<https://terasept.blogspot.com/2013/06/prosespengolahan-plastik.html>
13. Sularso, Suga. 2008. Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin. Jakarta: Pradnya Paramita
14. Haleem, A., Kumar, V., & Kumar, L. (2017). Computational analysis of polylactic acid (PLA) feed wire in fused deposition modelling machine. *Int J Recent Sci Res (IJRSR)*, 8(6), 17971-17976.