

**RANCANG BANGUN MESIN EKSTRAKSI  
FILAMEN 3D  
PRINTER di PT. LABTECH BATAM**

**NASKAH PUBLIKASI**



**WAHYU KURNIADI**  
**NPM. 16.08.0.027**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS RIAU KEPULAUAN  
BATAM  
2023**

**LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING**

**RANCANG BANGUN MESIN EKSTRAKSI FILAMEN 3D  
PRINTER DI PT. LABTECH BATAM**

Disusun Oleh :

**WAHYU KURNIADI**

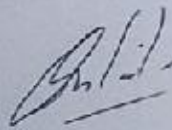
**16.08.0.027**

Artikel ilmiah ini disusun berdasarkan skripsi Wahyu kurniadi untuk persyaratan wisuda periode Oktober 2023 dan telah diperiksa dan disetujui oleh kedua pembimbing.

Pembimbing

Batam, September 2023

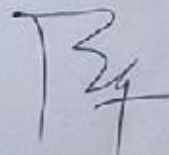
Dosen Pembimbing I



Oomarotun Nurlaila, ST.,MT.

NIDN : 1007127802

Dosen Pembimbing II



Buyung Nul Hakim, ST.,MT.

NIDN: 1023017003

# RANCANG BANGUN MESIN EKSTROKSI FILAMEN 3D PRINTER di PT. LABTECH BATAM

**Wahyu Kurniadi**

Program studi Teknik mesin, fakultas Teknik, Universitas Riau Kepulauan Batam  
Jl. Pahlawan No.99, Bukit Tempayan, Kec. Batu Aji, Kota Batam, Kepulauan Riau  
29425

Email: [wahyukurniadic@gmail.com](mailto:wahyukurniadic@gmail.com)

## ABSTRAK

3D printer adalah sebuah mesin yang dapat mencetak objek 3 dimensi dengan menggunakan bahan mentah dalam bentuk filamen. Filamen ini di proses dengan cepat dan presisi tinggi oleh mesin pencetak 3D, membentuk objek dengan detail yang sangat akurat. Sebelum mencetak, gambar digital dari objek yang akan di cetak perlu di buat terlebih dahulu dengan menggunakan software CAD atau modelling. Setelah gambar selesai, file tersebut akan di kirim ke mesin pencetak 3D untuk di olah dan di cetak. Banyak perusahaan yang menggunakan mesin 3D printer untuk menunjang proses produksi produknya, tak terkecuali PT. LABTEC Batam penggunaan mesin 3D printer digunakan untuk menghemat budget pengeluaran perusahaan dengan mengaplikasikan mesin tersebut untuk mendukung pembuatan alat peraga yang dipesan, Adapun contoh penggunaan mesin 3D printer di perusahaan ini adalah untuk membuat PCB support, kotak control panel, dan sebagainya. Untuk lebih mengoptimalkan pengurangan budget penulis berupaya untuk mencari solusi yang lebih efisien dan hemat biaya. Salah satu solusi yang diambil penulis adalah dengan membuat mesin ekstruksi sendiri untuk memproduksi filamen 3D printer. Ekstrusi plastik adalah proses manufaktur bervolume tinggi di mana plastik mentah dilebur dan dibentuk menjadi profil kontinu . Ekstrusi menghasilkan barang-barang seperti pipa/tubing, pelapis cuaca , pagar, pagar dek , kusen jendela , film dan terpal plastik , pelapis termoplastik , dan insulasi kawat.

Proses ini dimulai dengan memasukkan bahan plastik (pelet, butiran, serpihan atau bubuk) dari hopper ke dalam tong ekstruder. Bahan tersebut secara bertahap dicairkan oleh energi mekanik yang dihasilkan dengan memutar sekrup dan pemanas yang diatur di sepanjang laras. Polimer cair kemudian dipaksa menjadi cetakan, yang membentuk polimer menjadi bentuk yang mengeras selama pendinginan.

**Kata kunci :** 3D Printer, Ekstruksi, Filamen.

## I. Pendahuluan

Mesin 3D printer adalah peralatan yang digunakan untuk mencetak objek tridimensional dari bahan plastik, atau lainnya. Fungsi utama dari mesin 3D printer adalah untuk mengubah desain digital menjadi objek fisik yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi.

3D printing bukan lagi hanya digunakan oleh desainer produk, perguruan tinggi, atau perusahaan, teknologi ini pun

mulai diminati oleh konsumen perorangan. untuk membuat produknya sendiri dalam menjadikan sebuah desain digital menjadi objek fisik tersebut dibutuhkan filamen yaitu bahan yang digunakan dalam proses cetak 3D, terdiri dari berbagai jenis bahann plastik dengan karakteristik yang berbeda-beda. Beberapa jenis filamen yang populer digunakan diantaranya: *Polyethylene Terephthalate (PETE)*, *High Density*

*Polyethylene (HDPE), Polypropylene (PP), Polystyrene (PS), Poly Lactic Acid (PLA)* dan lain-lain

Banyaknya perusahaan yang menggunakan teknologi ini salah satunya adalah PT. LABTECH Batam, Merupakan suatu perusahaan terbesar di dunia yang membuat dan merancang alat – alat peraga untuk sistem pendidikan keterampilan dan teknik. Di perusahaan ini penggunaan mesin 3D printer digunakan untuk menghemat budget pengeluaran perusahaan dengan mengaplikasikan mesin tersebut untuk mendukung pembuatan alat peraga yang dipesan, Adapun contoh penggunaan mesin 3D printer di perusahaan ini adalah untuk membuat PCB support, kotak control panel, dan sebagainya, departemen yang dipercayakan memegang alat ini adalah *departemen machining*.

Untuk lebih mengoptimalkan pengurangan budget pengeluaran dari pembelian material filamen penulis berupaya untuk mencari solusi yang lebih efisien dan hemat biaya. Salah satu solusi yang diambil adalah dengan membuat mesin ekstraksi sendiri untuk memproduksi filamen 3D printer. Dengan memiliki mesin ekstraksi sendiri, perusahaan dapat menghemat biaya pembelian bahan baku. Pembuatan alat ini juga didukung dengan banyaknya material bekas dari proses fabrikasi sehingga nantinya penulis akan membuat mesin ekstraksi filamen sederhana tersebut dengan menggunakan material bekas yang terdapat di PT. LABTECH

## II. Perancangan Alat

Dalam Rancang Bangun Mesin Ekstruksi Filamen 3D Printer di PT. LABTECH Batam Adapun alat dan Bahan yang akan dipakai adalah sebagai berikut:

### A. Alat

1. **Mesin bubut**, digunakan untuk pembuatan barrel dengan proses memngecilkan diameter luar alumunium dan membuat lubang pada tengas alumunium untuk tempat mata bor single screw.
2. **Mesin milling**, digunakan dalam proses pembuatan *barrel*, digunakan untuk membuat lubang baut pada barel untuk bracket mesin dan membuat mata bor single screw dari mata material bor kayu
3. **Gerinda tangan**, digunakan untuk memotong dan merapikan hasil potongan plat besi, besi hollow, dan aluminium
4. **Mesin las**, digunakan untuk membuat rangka mesin filament ekstruder, *hopper* atau corong untuk memasukkan cacahan plastic ke *barrel*, dan menyatukan *hopper* dengan *barrel*
5. **Bor tangan**, digunakan untuk membuat lubang pada *bracket barrel* dengan rangka, dan *bracket motor DC*.

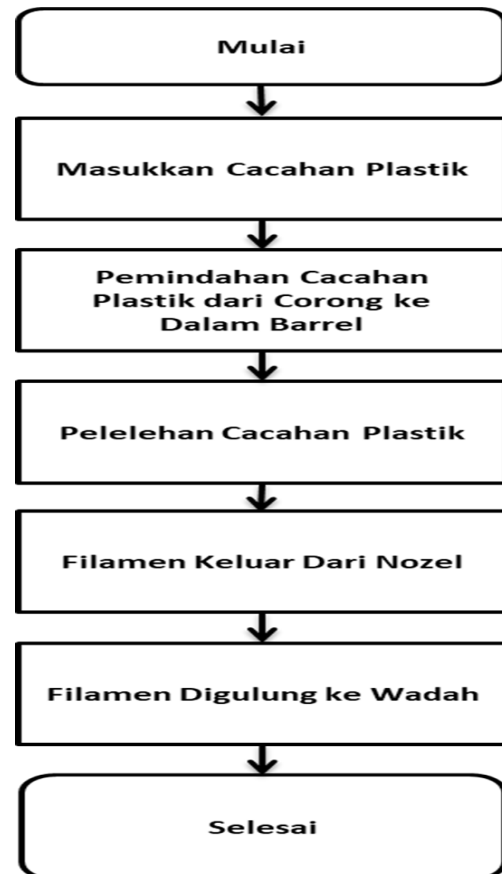
### B. Bahan

1. **Aluminium**, untuk membuat hopper dan *barrel*, *Jenis* alumunium yang digunakan adalah aluminium siku, plat dan padat.
2. **Aluminium Composite Panel (ACP)**, bahan bangunan yang terbuat dari perpaduan antara plat aluminium dan bahan komposit.
3. **Mata bor kayu**, berfungsi sebagai *extruder screw* yang akan mentransferkan biji plastik Yang berada didalam barrel
4. **Motor DC**, digunakan untuk memutar mata bor yang ada di dalam barrel.
5. **Nozzle ekstruder**, berfungsi untuk tempat keluarnya plastik yang telah mengalami proses ekstruksi

6. **Rantai dan sprocket**, berfungsi untuk menghubungkan motor DC dengan screw ekstruder
7. **Band heater**, berfungsi memanaskan barrel
8. **Termokopel**, digunakan untuk mengukur suhu yang ada pada barrel
9. **Catu daya**, digunakan sebagai sumber daya untuk menyalakan komponen-komponen yang digunakan
10. **Biji plastik**, digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan filamen
11. **Besi hollow**, digunakan sebagai rangka bawah untuk *barrel*.
12. **Plat besi**, digunakan untuk dudukan pada barrel, motor penggerak mata bor dan penggulung filament.

### C. Perancangan Sistem Kerja Mesin

Secara garis besar alat ini bekerja mulai dari memasukkan cacahan plastik kedalam mesin filament ekstruder, kemudian mesin akan melakukan proses pelelehan cacahan plastik dan menghasilkan bentuk filament yang keluar dari nozel.

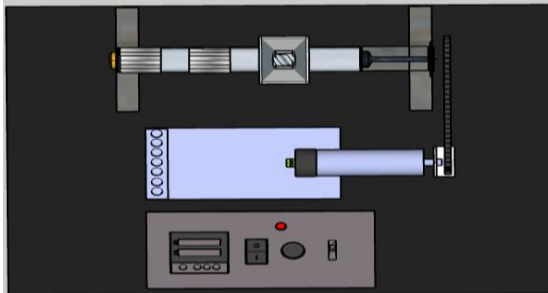


Gambar 2. 1 Alur Sistem Kerja Mesin

1. Memasukkan cacahan plastik dengan takaran 40 Gram secara perlahan agar cacahn plastik dapat ditransfer dengan baik oleh mata bor.
2. Pemindahan cacahan plastik dari hopper menuju bagian mata bor yang terbagi 3 bagian yaitu feed section, compression section, dan metering section
3. Pelelehan cacahan plastik yang berpindah dengan baik diharapkan akan meleleh pada proses metering section
4. Filamen yang telah meleleh diharapkan dapat keluar melalui nozel dengan ukuran yang diharapkan yaitu 1,75 sampai 2 mm
5. Proses penggulangan filamen yang telah keluar akan digulung kewadah agar filamen dapat

digunakan untuk bahan baku 3D printer

#### D. Perancangan Mekanik



Gambar 2. 2 Perancangan alat dan tata letak mesin

Gambar di atas adalah rancangan alat dan tata letak atau *layout* mesin



Gambar 2. 3 Perakitan dan wiring alat

#### 1. Pemilihan Motor DC

Untuk pemilihan motor listrik, terlebih dahulu harus diketahui jenis motor dan besar torsi yang diperlukan agar screw pada mesin dapat berputar dengan baik. Untuk mencari torsi (T) digunakan rumus:

$$T = F \times r$$

$$T = m \times g \times r$$

$$T = (17 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 4.25 \text{ cm})$$

$$T = 708.05 \text{ Ncm}$$

(jika diubah kedalam satuan Nm)

$$T = 708.05 \text{ Ncm} \div 100$$

$$T = 7.08 \text{ Nm}$$

Dimana:

T = torsi (kg/cm)

F = gaya (N)

g = percepatan gravitasi (9,8m/s<sup>2</sup>)

r = jarak gaya dan pusat putaran (cm)

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa torsi maksimal yang dibutuhkan alat agar dapat bisa berputar

untuk mengalirkan biji plastik adalah 7.08 Nm. Sehingga motor yang digunakan adalah motor listrik DC dengan torsi 15 Nm dan 1500 rpm.

#### 2. Pemilihan *Band Heater*

Dalam memilih kapasitas dan jumlah *band heater*, penulis melakukan percobaan dengan memanaskan aluminium yang memiliki ketebalan 6mm menggunakan satu *band heater* dengan daya 200W. Dari hasil percobaan tersebut didapatkan beberapa data, yaitu:

Percobaan	Suhu awal °C	Waktu pemanasan(Menit)
1	27	36
2	28	37
3	27	37
4	30	38
5	26	36
6	27	36
Rata-rata	27	36

- Band heater* dengan daya 200W dapat memanaskan aluminium sampai dengan suhu 290°C, namun suhu dapat turun 1°C sampai 3°C jika terkena hembusan angin.
- Lama pemanasan dari suhu ruang sampai dengan 290°C memerlukan waktu 35-40 menit

Dari hasil percobaan tersebut maka penulis menggunakan dua *band heater* dalam merancang mesin filamen ekstruder ini, agar dalam proses pemanasan *barrel* lebih cepat dan suhu tidak mudah turun jika mesin terkena angin secara langsung.

#### 3. Pemilihan Rasio Sproket

Saat melakukan percobaan untuk memutar motor menggunakan motor *dimmer* kecepatan minimal yang di dapat adalah 16 sampai 18 RPM, nilai tersebut terlalu cepat untuk memutar *screw* ekstruder karna asumsi kecepatan yang peneliti inginkan adalah 8 sampai

9 RPM setengah dari minimum putaran motor

Untuk mensiasati hal itu maka diperlukan adanya penggunaan sproket dengan menggunakan susunan sproket reduksi yaitu jumlah roda gigi pada poros output lebih besar dari roda gigi pada poros input. Poros output akan memiliki kecepatan rendah. Maka penulis menggunakan perbandingan rasio 1:2 yang artinya satu putaran pada sproket input memutar setengah gear output, dengan perhitungan

$$R = \frac{T_{input}}{T_{output}}$$

$$R = \frac{12}{24}$$

$$R = 0,5$$

$$R = \text{Rasio}$$

$T = \text{Teeth (Jumlah gigi pada sproket)}$

Artinya dalam sekali putaran penuh sproket input, sproket output akan berputar 0,5 kali atau setengah dari putaran input

Maka dalam penelitian ini penulis memilih sproket input dengan jumlah 12T(*Teeth*) dan sproket output dengan jumlah 24T(*Teeth*)

### III. Hasil dan Pembahasan

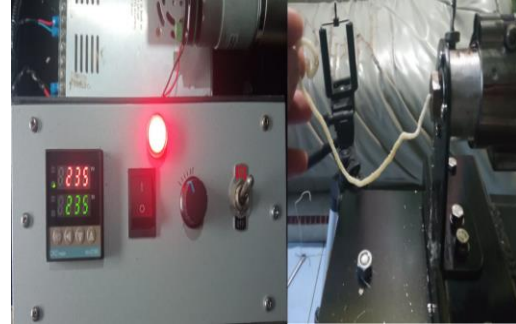
#### A. Pengujian Alat

Setelah selesai melakukan proses perakitan dan *wiring* maka alat sudah bisa dilakukan pengujian. Berikut adalah langkah – langkah proses pengujian alat:

1. Pengujian dilakukan didalam ruangan dengan suhu antar 27°C sampai 30°C.
2. Menghubungkan kabel plug pada stop kontak.
3. Mengatur suhu pada kontrol PID.
4. Merubah saklar pemanas ke posisi on.
5. Menunggu barrel mencapai kondisi suhu yang diinginkan.
6. Menghidupkan motor.

7. Menuangkan biji plastik pada *hopper*.

8. Memperhatikan filamet yang keluar dari *nozzle* ekstruder.



Gambar 3. 1 Pengujian Alat

#### B. Pengambilan Data Dan Analisa

Pengambilan data dari setiap biji plastik dilakukan sebanyak lima kali yaitu pada suhu 230°C, 250°C dan 280°C dengan kecepatan motor 8 rpm. Untuk membandingkan hasil dari filamen penulis menggunakan 2 jenis plastik selain HDPE yaitu *Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) High Impact Polystyrene (HIPS)*

##### 1. Pengambilan Data High Density Polyethylene (HDPE)

Tabel 3. 1 Hasil pengambilan data HDPE

Percobaan	Suhu	RPM motor	Berat plastik (gram)		panjang rata-rata (cm/menit)	Rata-rata diameter filamen	Keterangan
			Masuk	Keluar			
1	230	8 RPM	500				Filamen tidak meleleh
2							
3							
4							
5							
1	250/280	8 RPM	500	400	15	2mm	Motor menjadi panas akibat kelebihan beban dikamarkan filamen meleleh dengan lambat
2					15	2mm	
3					15	2mm	
4					15	2mm	
5					15	2mm	
1	8 RPM	500	400		17	2mm	
2					17	2mm	
3					17	2mm	
4					17	2mm	
5					17	2mm	

Dari hasil pengambilan data untuk jenis plastik HDPE didapati bahwa:

- a. Pada pengambilan data yang pertama disuhu 230°C, dengan kecepatan motor 8 rpm, filamen tidak dapat keluar, karna pada suhu ini biji plastik HDPE belum bisa meleleh.

- b. Pada pengambilan data yang kedua pada suhu 250°C, dengan kecepatan motor 8 rpm, filamen dapat keluar dengan ukuran diameter rata-rata 2mm. Pada suhu ini motor menjadi panas karna kelebihan beban
- c. Pada pengambilan data yang ketiga pada suhu 280, dengan kecepatan motor 8 rpm, filamen dapat keluar dengan ukuran diameter rata-rata 2mm. Pada suhu ini motor bergerak lancar dengan kecepatan konstan.



Gambar 3. 2 Pengambilan data plastik HDPE

## 2. Pengambilan Data High Impact Polystyrene (HIPS)

Tabel 3. 2 Hasil pengambilan data HIPS

Percobaan	Suhu	RPM motor	Berat plastik (gram)		panjang rata-rata (cm/menit)	Rata-rata diameter filamen	Keterangan
			Masuk	Keluar			
1	230	8 RPM	500		30	2mm	
2					30	2mm	
3					30	2mm	
4					30	2mm	
5					30	2mm	
1	250	8 RPM	500	400	30	2mm	
2					30	2mm	
3					30	2mm	
4					30	2mm	
5					30	2mm	
1	280	8 RPM	500	400			Filamen menjadi cair dan gosong
2							
3							
4							
5							

Dari hasil pengambilan data filamen untuk jenis plastik HIPS didapati bahwa:

- a. Pada pengambilan data yang pertama disuhu 220°C, dengan kecepatan motor 8 rpm, filamen dapat keluar dengan ukuran diameter rata-rata 2 mm, dan teksturnya tidak rata. Kondisi motor bergerak menjadi lebih lambat dan cepat panas dikarenakan biji plastik belum meleleh sepenuhnya.
- b. Pada pengambilan data yang kedua

pada suhu 240°C, dengan kecepatan motor 8 rpm, filamen dapat keluar dengan ukuran diameter rata-rata 2 mm dan teksturnya tidak rata. Pada suhu ini motor bergerak lancar dengan kecepatan konstan.

- c. Pada pengambilan data yang ketiga pada suhu 280, dengan kecepatan motor 8 rpm, filamen keluar dengan bentuk lebih lunak dan gosong dikarenakan suhu yang diterima berlebih dari titik leleh termoplastik jenis HIPS.



Gambar 3. 3 Hasil pengambilan data HIPS

## 3. Pengambilan Data Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)

Tabel 3. 3 Hasil pengambilan data ABS

Percobaan	Suhu	RPM motor	Berat plastik (gram)		panjang rata-rata (cm/menit)	Rata-rata diameter filamen	Keterangan
			Masuk	Keluar			
1	230	8 RPM	500				Filamen tidak meleleh
2							
3							
4							
5							
1	250	8 RPM	500	400	8	2mm	
2					8	2mm	
3					8	2mm	
4					8	2mm	
5					8	2mm	
1	280	8 RPM	500	400	10	2mm	
2					10	2mm	
3					10	2mm	
4					10	2mm	
5					10	2mm	

Dari hasil pengambilan data untuk jenis plastik ABS didapati bahwa:

- a. Pada pengambilan data yang pertama disuhu 220°C, dengan kecepatan motor 8 rpm, filamen tidak dapat keluar, karna pada suhu ini biji plastik ABS belum bisa meleleh.
- b. Pada pengambilan data yang kedua pada suhu 240°C, dengan kecepatan motor 8 rpm, filamen dapat keluar dengan ukuran diameter rata-rata

2mm. Pada suhu ini motor bergerak lancar dengan kecepatan konstan.

- c. Pada pengambilan data yang ketiga pada suhu 280, dengan kecepatan motor 8 rpm, filamen dapat keluar dengan ukuran diameter rata-rata 2mm.



Gambar 3. 4 Hasil pengambilan data ABS

#### 4. Analisa

Ada beberapa hasil analisis yang didapatkan saat melakukan percobaan yang memungkinkan belum tercapainya target yaitu:

- a. Penurunan temperatur pada filamen kurang maksimal perlu adanya penambahan perlakuan seperti pendinginan menggunakan air yang bersirkulasi pada filamen
- b. Ada perbedaan ukuran panjang dan besar pada setiap jenis plastik yang di produksi
- c. Perhitungan perpindahan panas terhadap biji plastik HDPE

Dik:  $m = 500 \text{ gr} = 0.5 \text{ kg}$

Nilai kalor jenis plastik HDPE  $c = 10,814 \text{ kcal/kg}$

$\Delta t \text{ A} = 230 \text{ }^\circ\text{C} - 30 \text{ }^\circ\text{C} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$

$\text{B} = 250 \text{ }^\circ\text{C} - 30 \text{ }^\circ\text{C} = 220 \text{ }^\circ\text{C}$

$\text{C} = 280 \text{ }^\circ\text{C} - 30 \text{ }^\circ\text{C} = 250 \text{ }^\circ\text{C}$

untuk menghitung perpindahan panas (Q) maka digunakan rumus sebagai berikut:

Dimana:

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

$$Q = 0,5 \text{ kg} \cdot 10,814 \text{ kcal/kg} \cdot 200 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q = 1.351 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$\text{A} = 1.351 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$\text{B} = 1.189 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$\text{C} = 1.351 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$$

#### IV. Kesimpulan

Dalam proses Perancangan mesin filamen ekstruder, pembuatan desain mekanikal dan desain elektrikal menggunakan perangkat lunak sketchup 2019, dalam perancangan dilakukan percobaan dan perhitungan yaitu percobaan dalam pemilihan bandheater, perhitungan untuk memilih motor DC yang cocok untuk memutar mata bor ekstruksi, dan pemilihan rasio sproket

Pembuatan alat menggunakan material bekas fabrikasi di PT. LABTECH dan dalam proses pembuatan menggunakan alat fabrikasi yaitu gerinda, mesin las, mesin bubut, bor tangan, mesin milling. Material bekas yang digunakan dalam pembuatan mesin ini adalah alumunium digunakan untuk *barrel*, *alumunium composite panel* digunakan untuk base dasar dan panel kontrol, mata bor kayu digunakan sebagai *single screw*, *hollow structural saction* digunakan untuk base mesin, plat besi untuk membuat *bracket* dan *hopper*. Setelah pembuatan atau alat selesai, selanjutnya proses perakitan setiap komponen yang telah difabrikasi sesuai dengan desain lay out dan pemasangan *wiring* mengikuti desain yang sebelumnya telah di buat, setelah alat dirakit, alat diuji dengan mengikuti alur kerja mesin dan dari hasil pengujian alat tersebut dapat dilihat bahwa mesin filamen ekstruder yang telah dibangun dapat mengeluarkan filamen.

#### V. Saran

Ada beberapa saran yang diberikan pada perancangan mesin filamen ekstruder ini yaitu:

1. Perlu ditambahkan alat untuk penggulungan filamen yang keluar

2. Perlu adanya sistem pengatur ukuran filamen yang keluar agar filamen memiliki ukuran yang ideal

## VI. Daftar Pustaka

- Bahraini, Amanda. 2018. *7 tipe plastik yang perlu anda ketahui* <https://waste4change.com/7-types-plastic-need-know/2/>. [Accessed 29 April 2020].
- Srah Putri, Nur Desri. Mardiyati. Rochim dan Steven. 2017. Pembuatan Filamen Komposit Polypropylene High Impact Berpenguat Serat Rami Dengan Mesin Ekstrusi Sederhana. *Makalah*. Dalam: Seminar Nasional Metalurgi dan Material (SENAMM) X 2017, 08 November.
- Irawan, Dani dan Rahayu. 2018. Rancang Bangun Prototype Mesin Ekstrusi Polimer Single Screw. *Makalah*. Dalam: Seminar Nasional Multidisiplin UNWAHA Jombang 29 September
- Hidayati, Qory. Pengaturan Kecepatan Motor DC dengan menggunakan Mikrokontroler Atmega 8535. Jurusan Teknik Elektronika. Politeknik Negeri Balikpapan
- Sundari, Ella. 2011. Rancang Bangun Dapur Peleburan Alumunium Bahan Bakar Gas. *Jurnal Austent*. Vol 3 No 1 April 2011
- Mahmudi, Ali. Petrus. 2017. Optimasi Penerapan Teknologi Ekstrusi pada Prototipe Mesin Daur Ulang Limbah *Styrofoam*. ROTASI. Vol. 19, No. 2, April 2017: 92-96
- Faisal, Rony Azmi. Herianto. 2019. Analisis Pengaruh Parameter Operasional Mesin Ekstrusi Terhadap Konsistensi Produk Filamen. *Makalah*. Dalam: Seminar Nasional Teknik Industri Universitas Gajah Mada 2019. 09 Oktober.
- Tjandra, Sugih Sudharma. Hanky. Cynthia. Monika dan Lusi. 2018. “Perancangan Eksperimen Proses Ekstrusi Dengan Bahan Plastik Bekas Pakai”. Fakultas Teknologi Industri. Universitas Katolik Parahyangan. Jawa Barat.
- Poudel, Bijaya. 2015. “How to make Portable Homemade Filament Extruder”. *Plastic Technology*. ARCADA University of Applied Sciences. Helsinki, Finlandia.
- Wicaksana, Bagia. Pengertian Plastik. Retrieved from [https://www.academia.edu/15714311/Pengertian\\_Plstik](https://www.academia.edu/15714311/Pengertian_Plstik). [Accessed 12 Mei 2020].