

**RANCANG BANGUN MESIN *EXTRUDER* FILAMEN 3D
*PRINTING***

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan
Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Diusulkan oleh:

Iqbal Firmansyah *NIM* 1042116

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG**

2024

LEMBAR PENGESAHAN

**RANCANG BANGUN MESIN *EXTRUDER* FILAMEN 3D
*PRINTING***

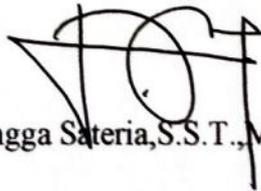
Diusulkan Oleh:

Iqbal Firmansyah *NIM* 1042116

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan Program Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Bangka Belitung

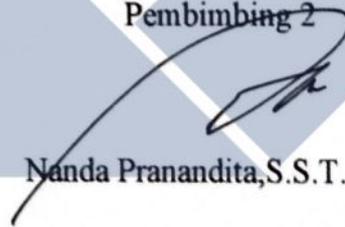
Menyetujui,

Pembimbing 1



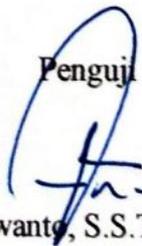
Angga Sateria, S.S.T., M.T.

Pembimbing 2



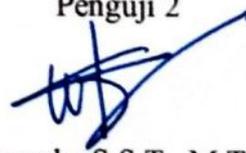
Nanda Pranandita, S.S.T., M.T.

Penguji 1



Erwanto, S.S.T., M.T.

Penguji 2



Juanda, S.S.T., M.T.

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : IQBAL FIRMANSYAH

Dengan Judul : RANCANG BANGUN MESIN *EXTRUDER FILAMEN*
3D PRINTING

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 19 November 2024

Nama Mahasiswa

1. IQBAL FIRMANSYAH



Tanda Tangan

ABSTRAK

Filamen 3d printer adalah bahan yang dipakai untuk pembuatan desain dari perangkat lunak komputer yang ingin dicetak. Ada beberapa jenis bahan yang dapat dibuat menjadi filamen salah satu bahan yang sering digunakan untuk membuat 3d printer adalah thermoplastic yang mempunyai kelebihan sifat yang tangguh, kuat dan gampang dibentuk, jika dipanaskan akan mengalami perubahan bentuk dan jika didinginkan akan mengeras. Proses pembuatan filament dengan cara di ekstruksi atau di extruder dengan menggunakan suatu alat dengan suhu yang tinggi yang dapat meleleh sehingga dapat dibentuk menggunakan cetakan. Agar dapat menghasilkan filamen dan tidak mengabiskan banyak biaya, jadi dibuatkan rancang bangun mesin extruder filamen yang diharapkan dapat membantu user 3d printing dalam mendapatkan filamen. Metode perancangan yang dipakai dalam pembuatan mesin extruder filamen 3d printer menggunakan metodologi perancangan VDI 2222 (Verein Deutcher Ingenieure) menggunakan tahapan-tahapan yaitu merencana, mengkonsep, merancang, dan penyelesaian. Dari hasil rancangan ini mesin extruder filamen 3d printing menggunakan motor listrik dilengkapi dengan roda gigi dan rantai sprocket dengan posisi vertikal. Dari hasil pengujian mesin, pengaturan suhu dan kecepatan putar screw yang tepat untuk menghasilkan diameter filamen yang mendekati ukuran standar filamen adalah menggunakan pengaturan suhu mesin sebesar 250°C dan kecepatan putaran screw sebesar 5 rpm.

Kata Kunci: *Filamen, Plastik, Extruder, VDI 2222*

ABSTRACT

A 3D printer filament is a material used to create the design of the computer software that is to be printed. There are several types of materials that can be made into filaments, one of the materials that is often used to make 3d printers is thermoplastic which has the advantage of toughness, strength and easy to shape, if heated it will undergo deformation and if cooled it will harden. The process of making filament by extruding or extruding using a tool with a high temperature that can melt so that it can be formed using a mold. In order to produce filament and not use a lot of filament, a filament extruder machine was designed which is expected to help 3d printing users in obtaining filament. The design method used in the manufacture of 3d printer filament extruder machine uses the VDI 2222 (Verein Deutscher Ingenieure) design methodology, using the stages, namely planning, conceptualizing, designing, and completion. From the results of this design, the 3d printing filament extruder machine uses an electric motor equipped with gears and sprocket chains with a vertical position. Based on the test results of the machine, the appropriate temperature and screw rotation speed settings to produce filament diameters close to the standard size are a machine temperature of 250°C and a screw rotation speed of 5 RPM.

Keywords: *Filament, Plastik, Extruder, VDI 2222*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan nikmat kesehatan, kesempatan, serta karunia-Nya, dengan ini penulis dapat menyelesaikan tugas akhir serta menyusun laporan tugas akhir yang berjudul **”RANCANG BANGUN MESIN EXTRUDER FILAMEN 3D PRINTING”** ini dapat terselesaikan. Shalawat serta salam tidak lupa penulis curahkan atas baginda Nabi Muhammad SAW.

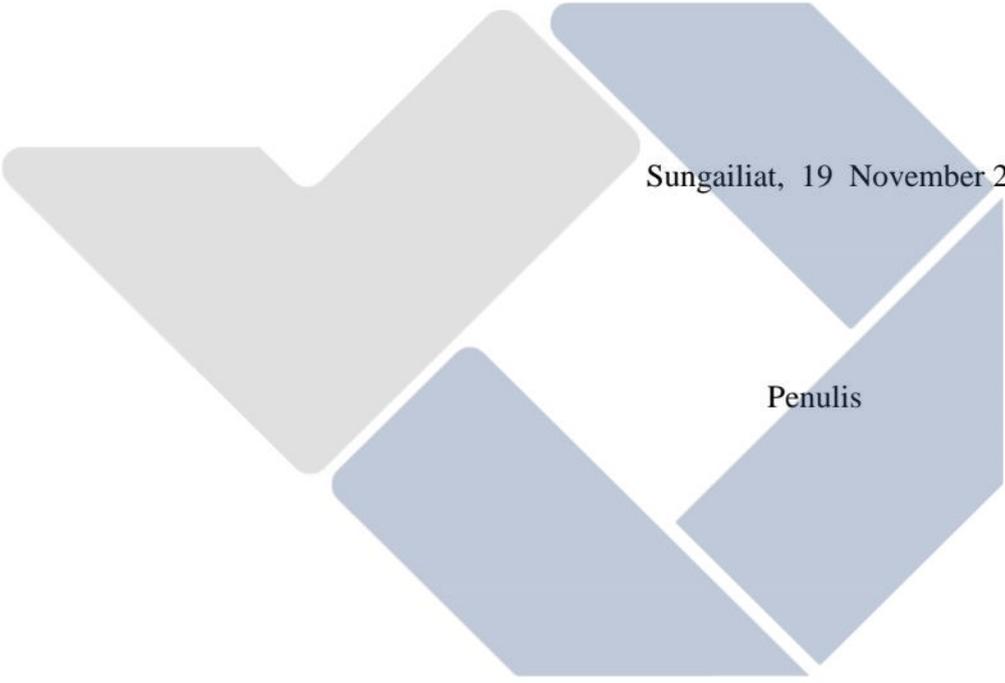
Laporan proyek akhir ini bertujuan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Studi Sarjana Terapan pada Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur, jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang-orang yang telah membantu sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan:

1. Kedua orang tua tercinta yang selalu mendukung dan mendoakan dan memberikan motivasi serta semangat kepada penulis.
2. Bapak Angga Sateria, S.S.T., M.T. selaku dosen pembimbing satu yang terus memberikan masukan serta saran dan ilmu tentang proyek akhir ini.
3. Bapak Nanda Pranandita, S.S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kedua yang terus memberikan masukan, motivasi, tentang proyek akhir ini.
4. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D selaku direktur kampus Polman Negeri Bangka Belitung yang telah mendukung pelaksanaan proyek akhir.
5. Bapak Dr ilham Ary Wahyudie , S.S.T., M.T. selaku kepala Jurusan Teknik Mesin yang telah mendukung pelaksanaan proyek akhir.
6. Bapak Boy Rollastin, M.T., selaku Kepala Prodi Teknik Mesin dan Manufaktur yang telah mendukung pelaksanaan proyek akhir.
7. Rekan proyek akhir Raju Wiraraja Triatna yang telah bekerja sama dan membantu dalam penyelesaian proyek akhir ini.

8. Serta semua teman-teman Teknik Mesin yang telah memberikan bantuan serta motivasi ketika proses pengerjaan proyek akhir.
9. Serta semua pihak yang ikut serta dalam pengerjaan proyek akhir yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Laporan proyek akhir ini diharapkan dapat bermanfaat bagi semua pihak. Namun penulis sadar masih banyak kekurangan dan ketidaksempurnaan dalam penyusunan laporan proyek akhir ini oleh karena itu penulis mohon maaf berharap ada kritik serta saran dari semua pihak agar laporan proyek akhir ini menjadi lebih baik.



Sungailiat, 19 November 2024

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
BAB II DASAR TEORI.....	3
2.1 Teori Terkait.....	3
2.2 Landasan Teori.....	5
2.2.1 Plastik.....	5
2.2.2 3D Printer	5
2.2.3 Filamen 3D Printer	6
2.2.4 Ekstrusi/Extruder	7
2.2.5 Screw Conveyor	8
2.2.6 Komponen Mesin	9
2.2.7 Komponen Elektronik	11
2.2.8 Elemen Pengikat.....	13
2.2.9 Rancangan Desain.....	16
BAB III METODE PENELITIAN	22
3.1 Tahapan-Tahapan Kegiatan	22

3.2 Pengumpulan Data	23
1. Studi Literatur	24
3.3 Merancang Mesin.....	24
3.4 Pembuatan Part Mesin.....	24
3.5 Perakitan Mesin.....	24
3.6 Proses Pemasangan Elektrikal Mesin.....	24
3.7 Proses Ekstrusi	24
3.8 Uji Coba	25
3.9 Kesimpulan	25
BAB IV PEMBAHASAN.....	26
4.1 Pendahuluan	26
4.2 Menganalisis	26
4.2.1 Analisa Pengembangan Awal	26
4.2.2 Pengumpulan data	26
4.3 Mengkonsep	26
4.3.1 Metode Penguraian Fungsi.....	26
4.3.2 Alternatif Fungsi Bagian.....	29
4.3.3 Varian Konsep.....	33
4.3.4 Penilaian Varian Konsep.....	37
4.3.5 Keputusan.....	39
4.4 Merancang.....	39
4.4.1 Analisa Perhitungan	39
4.5 OP (<i>Operational Plan</i>).....	44
4.6 Perakitan/ <i>Assembly</i>	47
4.7 Uji Coba Mesin	51

4.8 Rincian Biaya	52
BAB V.....	54
5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA	55



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Filamen ABS	7
Gambar 2. 2 Filamen PLA	7
Gambar 2. 3 <i>Screw Conveyor</i>	8
Gambar 2. 4 <i>Aluminium Profile</i>	9
Gambar 2. 5 Plat Besi.....	10
Gambar 2. 6 <i>Stainless Steel</i>	10
Gambar 2. 7 <i>Bearing 6002</i>	11
Gambar 2. 8 <i>Band Heater</i>	11
Gambar 2. 9 Motor Power Window Universal	12
Gambar 2.10 Power Suplay.....	12
Gambar 2. 11 PWM DC Motor.....	13
Gambar 2. 12 <i>Thermocouple</i>	13
Gambar 2. 13 Macam Macam Baut dan Mur.....	14
Gambar 2. 14 Tipe Sambungan Pengelasan.....	15
Gambar 2. 15 Pembagian <i>Zona Single Screw Extruder</i>	16
Gambar 2. 16 Keterangan Dimensi <i>Screw</i>	20
Gambar 3. 1 Diagram Alir	23
Gambar 4 1 Diagram <i>Black Box</i>	27
Gambar 4 2 Diagram Struktur Fungsi.....	27
Gambar 4 3 Diagram Fungsi Bagian.....	28
Gambar 4 4 Varian Konsep 1	34
Gambar 4 5 Varian Konsep 2.....	35
Gambar 4 6 Varian Konsep 3.....	36
Gambar 4 7 Diagram Penilaian Aspek Teknis dan Ekonomis.....	39
Gambar 4 8 Desain Screw 2 Dimensi	42
Gambar 4 9 Desain Screw 3 Dimensi	42
Gambar 4 10 Desain 2D Barel	43
Gambar 4 11 Desain 3D Barel	43

Gambar 4 12 Barrel.....	44
<i>Gambar 4 13 Housing Bearing</i>	46
Gambar 4 14 Dudukan Sensor	46
Gambar 4 15 Pemasangan <i>Hopper</i>	48
Gambar 4 16 Pemasangan Dudukan <i>Barrel</i>	48
Gambar 4 17 Pemasangan <i>Barrel</i>	48
Gambar 4 18 Pemasangan Rangka dan <i>Hopper</i>	49
Gambar 4 19 Pemasangan <i>Housing Bearing</i> ke <i>Screw Extruder</i>	49
Gambar 4 20 Pemasangan <i>Screw Extruder</i> ke <i>Barrel</i> dan <i>Hopper</i>	49
Gambar 4 21 Pemasangan <i>Nozzel</i>	49
Gambar 4 22 Pemasangan Kopling dan Roda Gigi Serta Motor DC.....	50
Gambar 4 23 Pemasangan Rantai <i>Sprocket</i>	50
Gambar 4 24 Pemasangan <i>Heater</i> dan Dudukan Sensor	50
Gambar 4 25 Mesin <i>Extruder</i> Filamen <i>3D Printing</i>	51
Gambar 4 26 Mesin <i>Extruder</i> Filamen <i>3D Printing</i>	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Data Rancangan <i>Singgel Screw Extruder</i> Girsang Garsiman, (2018) .	17
Tabel 4. 1 Deskripsi Fungsi Bagian	28
Tabel 4. 2 Alternatif <i>Hopper</i>	29
Tabel 4. 3 Alternatif <i>Screw Extruder</i>	30
Tabel 4. 4 Alternatif Sistem Penggerak	31
Tabel 4. 5 Alternatif Sistem Transmisi	32
Tabel 4. 6 Metode Kotak Morfologi	37
Tabel 4. 7 Skala Penilaian Varian Konsep	37
Tabel 4. 8 Keriteria Penilaian Teknis	38
Tabel 4. 9 Keriteria Penilaian Ekonomis	38
Tabel 4. 10 Data <i>Screw</i> Baru.....	41
Tabel 4. 11 Data Hasil Pengujian Mesin.....	52
Tabel 4. 12 Rincian Biaya.....	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Daftar Riwayat Hidup.

Lampiran 2 : Gambar Hasil Uji Coba.

Lampiran 3 : Gambar Susunan, Gambar Bagian.



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi berkembang dengan cepat berkat pengetahuan manusia yang semakin tinggi. Salah satu terobosan terbaru dalam dunia teknologi adalah 3d printing alat yang akan membuat suatu benda sehingga menjadi dimensi tiga bukan hanya gambar atau teks di dalam kertas, dengan 3d *printer* berbagai macam benda termasuk prototype dapat dicetak dengan mudah. Donny Prasetyo Prayitno, (2023).

Untuk pengguna 3d *printer*, filamen memegang peran penting dalam proses pencetakan namun biaya filamen yang diperlukan harganya mahal, untuk memudahkan pengoperasian alat dan penghemat biaya, dirancanglah sebuah alat berupa *filamen extruder*. R. Mahfud, Dkk, (2020).

Extruder ialah alat untuk menekan keluar bahan padat menjadi lembek melalui lubang menjadi bentuk tertentu. Proses *ekstruksi* membentuk potongan potongan kecil dengan menggunakan alat *extruder* kemudian akan dikeluarkan melalui *nozzle* dalam bentuk filamen sesuai geometri filamen pada umumnya, mesin *ekstrusi* atau mesin *ekstruder* dirancang sedemikian rupa untuk dapat mengekstruksi pellet plastik dimana terdapat hopper untuk penampung pellet plastik kemudian akan didorong menggunakan motor *screw* kemudian masuk ke tahapan pemanasan yang dimana tahap ini sangat berpengaruh terhadap hasil dari *ekstruksi* dan menghasilkan yang dikeluarkan dari *nozzle*. Akbar Teguh Prakoso, Dkk, (2022).

Menurut Haqira Tondi (2019)”, telah dibuat sebuah mesin *extruder* filamen 3d *printer* mesin ini menggunakan pellet HDPE sebagai bahan baku dan hasil experiment yang optimal untuk produksi filamen HDPE adalah dengan *ekstruksi* suhu 162°C pada kecepatan motor 64,24 rpm. Dengan pengaturan tersebut mesin mampu menghasilkan filamen 3d *printer* sebanyak 0,108kg/jam dalam waktu 820mm/menit dengan diameter hasil *ekstruksi* 1,72mm namun diameter yang diinginkan 1,75mm belum terpenuhi maka belum bisa dipakai untuk 3d *printer*.

Menurut studi yang dilakukan oleh Nursyahbani Putri Parahdiba, Dkk (2021)”, telah dibuat sebuah mesin *ekstrusi* untuk pembuatan filamen dengan sistem *screw conveyvor* mesin ini dirancang agar menghasilkan filamen dengan konsistensi tidak meleleh dan tidak cepat keras serta saat filamen yang keluar dari nozzle mempunyai ukuran yang sama dengan lubang *nozzel*.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah ada akan dibuat rancang bangun mesin *extruder* filamen untuk menghasilkan filamen 3d *printing* mesin ini mempunyai bagian-bagian sebagai berikut pemanas atau (*heater*), *control temperatur*, motor penggerak, kopling, barel, ulir *extruder*, *nozzel*, *hopper*. Bahan plastik yang digunakan adalah *Akrlonitril Butadiena Stiren* (ABS) dalam bentuk pellet.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang dan membuat mesin *extruder* filamen 3d *printing* dengan metode perancangan VDI 2222.
2. Bagaimana melakukan pengujian mesin *extruder* filamen dengan parameter suhu mesin dan rpm mesin serta respon yang diamati adalah diameter filamen yang terbentuk

1.3 Tujuan

1. Merancang dan membuat mesin *extruder* filamen 3d *printing* yang mampu menghasilkan filamen.
2. Melakukan pengujian mesin *extruder* filamen dengan parameter suhu mesin dan rpm mesin serta respon yang diamati adalah diameter filamen yang terbentuk

BAB II DASAR TEORI

2.1 Teori Terkait

Penelitian pertama Hanafi, H. Sujana, Dkk (2022). Pada penelitian ini memanfaatkan dua limbah plastik *Polypropylene* dan *Polyethylene* yang menggunakan motor listrik dengan aliran listrik AC 220 V menuju *control PID* yang berfungsi untuk menghantarkan aliran listrik menuju pemanas (*heater*) yang dapat juga mengontrol naik turunnya *temperatur* pemanas. Pada penelitian ini sistem kerja motor listriknya dapat berputar menuju *screw* dengan sistem transmisi *pully* dan sabuk menuju *gearbox* disambungkan dengan *sprocket* rantai menuju poros *screw* yang kemudian menghasilkan filamen. Rancang bangun mesin ini dibuat untuk kedepannya sampah plastik menjadi berguna dan mengurangi dampak dari limbah plastik, terdapat perbedaan suhu dan hasil dari limbah pelastik *polypropylene* dan *polyethylene* didapatkan hasil terbaik dari kedua limbah plastik ini yaitu *polypropylene* pada suhu 230° diameter stabil, meleleh dengan baik, terjadi lekukan pada filamen, putih transparan sedangkan untuk limbah plastik *polyethylene* pada suhu 175° stabilitas diameter filamen bagus, meleleh sempurna, permukaan halus, warna bening keabu-abuan

Penelitian kedua Akbar Teguh Prakoso, Dkk, (2022). Pada penelitian ini memanfaatkan limbah plastik berjenis PLA (*Polylactic Acid*) sebagai bahan untuk pembuatan filamen sehingga limbah plastik ini dapat di daur ulang dengan cara di proses menggunakan mesin *extruder* sehingga berdampak mengurangi terjadinya pencemaran lingkungan. Pada penelitian memiliki proses perencanaan sistem pemanas yang menggunakan *heater* untuk melelehkan limbah plastik PLA (*Polylactic Acid*) sehingga akan mempengaruhi hasil *extruksi* dan sistem pendingin menggunakan *Fan Cooling* untuk mendinginkan filamen sehingga filamen dapat berubah sesuai dengan yang diinginkan. Sistem pemanas yang dipakai 168 Watt, maka dipilih pemanas yang berkapasitas 200 W dan untuk sistem pendingin yang di pakai menggunakan *Fan Cooling* dengan putaran yang tinggi dengan ukuran 12v.

Untuk suhu dan waktu yang dibutuhkan dalam penelitian ini agar dapat melelehkan material bijih PLA adalah di suhu 220°C dengan waktu 300 detik.

Penelitian ketiga Iskandar, D, Dkk., (2019) Pada penelitian ini sistem dirancang berbasis arduino mega 2560 menggunakan dua buah sensor, sensor *temperatur* berfungsi untuk mengontrol suhu yang diinginkan sistem juga dilengkapi dengan sensor digital caliper yang berfungsi untuk mengetahui diameter *filamen* yang dihasilkan setelah proses *extrusi*. Dari proses pembahasan diperoleh bahwa rancang bangun *filamen extruder machine* menggunakan dua buah sensor bekerja dengan baik, sensor *temperatur* yang digunakan dapat membaca suhu yang dihasilkan dengan suhu dibawah 30°C memiliki eror 1% dan sensor digital caliper yang bisa membaca diameter *filamen* dengan eror 1,1% yang mengaruhi keakurasian nilai diameter *filamen*. Berdasarkan proses pengujian didapatkan *filamen* dengan ukuran diameter 1,7 mm dengan konsistensi sepanjang 100 mm.

Penelitian keempat Sumardiyanto, D., Dkk. (2021). Pada penelitian ini memanfaatkan *filamen Polylatic Acid* menjadi bahan untuk proses *extruksi* untuk mengurangi sampah plastik material didapatkan dari sisa-sisa penggunaan 3d *printer*, penelitian ini menggunakan tiga suhu yang berbeda dengan suhu 160°, 125° dan 142° masing-masing suhu mendapatkan hasil *filamen* yang berbeda. Dari ketiga suhu ini didapatkan hasil dengan suhu 160°C mengalami kerusakan bentuk dari *filamen* dikarenakan suhu terlalu tinggi mengakibatkan *filamen* menjadi cair dan terjadi penumpukan *filamen* pada *nozzel* untuk suhu 125°C *filamen* mengalami perbedaan bentuk *filamen* yang tidak beraturan hal ini terjadi karena *filamen* belum sepenuhnya hancur sebelum dan mempengaruhi sistem penggerak menjadi berat sehingga sulit untuk menjadi *filamen* yang diinginkan dan terakhir dengan suhu 142°C mendapatkan hasil sefesifik dari mesin dengan kecepatan putar poros *konveyor* 60rpm dengan kecepatan produksi 860 mm/menit atau 155 g/jam untuk kecepatan motor penggerak 0,21 Kw dengan berat dan nilai kalor seberat 0,691 kg dan sebesar 0,104kW.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Plastik

Plastik adalah gabungan polimer yang membentuk rantai panjang yang saling terhubung dengan molekul yang terikat. Ada dua jenis plastik yaitu *Thermoplastic* dan *Thermoset* terdapat perbedaan jenis dari dua plastik ini *Thermoplastic* adalah jenis plastik yang memiliki sifat yang jika dipanaskan akan mengalami perubahan bentuk dan jika didinginkan akan mengeras . Untuk plastik *Thermoplastic* memiliki kelebihan yang dapat didaur ulang secara terus-menerus dan plastik ini memiliki beberapa jenis yaitu HDPE, LDPE, PE, PVC, dan PS, sedangkan plastik jenis *Thermoset* tidak dapat didaur ulang. Saat dipanaskan plastik mengalami kerusakan unsur molekulnya dan contoh plastik *thermosat* adalah fenolik.

Contoh proses pengolahan plastik dan cara kerjanya yaitu :

- *Injection molding* adalah proses pemanasan material biji plastik di dalam barel yang akan diinjeksikan menggunakan *screw* menuju cetakan bila dingin material didorong dengan pompa hidrolis.
- Proses *extruksi* adalah proses pembentukan menggunakan pemanas sehingga menghasilkan bentuk yang diinginkan proses yang hampir sama dengan *injection molding* sama sama menggunakan barel dan *screw*.
- Proses *thermoforming* adalah proses pengolahan plastik dengan cara ditekan sehingga menghasilkan pembentukan dengan cetakan.
- Proses *blow molding* adalah proses pembentukan benda berongga dengan menggunakan proses *extruksi* dengan modifikasi mekanisme penekanan dari gas. Haqira Tondi. (2019).

2.2.2 3D Printer

3D *printer* adalah suatu alat yang bisa mengubah atau mencetak benda bertiga dimensi yang merupakan hal baru dalam dunia teknologi pencetakan digital adapun kelebihan 3d *printer* dapat membuat sesuatu yang detail dan jelas dikarenakan *printer* mendapatkan pergerakan yang leluasa pada ruang lingkup tiga dimensi. Menurut keterangan tersebut 3d *printer* ini menjadi berguna dalam dunia

manufaktur. Masuk ke material *printer*, terdapat beberapa bahan yang sering di pakai untuk 3d *printer* yaitu plastik, metal dan keramik dan ada juga bahan 3d *printer* yang belum sering digunakan karena titik leleh yang rendah yaitu jenis lilin ada kelebihan dari filamen lilin ini dapat diuapkan dan bisa membuat pola yang rumit. Untuk proses penerapan digunakan proses *lost wax-casting* sebagai pembuatan pola. Harga *filamen* yang mahal karena dipengaruhi oleh konstruksi alat yang rumit dan besar. Ery Muchyar Hasiri dkk., (2022).

2.2.3 Filamen 3D Printer

Filamen 3d *printer* adalah bahan yang dipakai untuk pembuatan desain dari perangkat lunak komputer yang ingin dicetak. Filamen memiliki ukuran diameter 1,75mm yang menjadi standar diameter filamen tetapi ada juga pemakaian filamen dengan ukuran diameter 3mm untuk jenis 3d *printer* rakitan. Ada beberapa jenis bahan yang dapat dibuat menjadi filamen salah satu bahan yang sering digunakan untuk membuat 3d *printer* adalah *thermoplastic* yang mempunyai kelebihan sifat yang tangguh, kuat dan gampang dibentuk. Dari kelebihan bahan ini dihasilkan bentuk benda yang dihasilkan filamen yang semakin tinggi juga kualitas *filamen* tersebut. Ada dua jenis filamen yang sering dipakai yang dibeli dipasaran terbuat dari *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS), dan *polylactide* (PLA). Haqira Tondi (2019). Terdapat kelebihan dan kekurangan dari dua jenis filamen ini yaitu:

1. *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) adalah menjadi bahan yang banyak digunakan untuk filamen mesin 3d *printer*. Kelebihan *filamen* ini stabil akan suhu dan paparan kimia. Filamen ini memiliki kekurangan yang bahanya tidak dapat diuraikan secara alami dikarenakan plastik sintetis untuk filamen ini membutuhkan suhu yang tinggi dengan penggunaan daya juga besar. Contoh gulungan filamen jenis ABS yang sering dipakai dan dijual pasaran dapat dilihat pada gambar (2.1).



Gambar 2. 1 Filamen ABS

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/1ad5oQQx9qTdxdTq6>)

2. *Polylactic acid* (PLA) adalah filamen yang sering digunakan dan mempunyai bahan baku yang alami yang menjadikannya terurai jika dibuang ketanah. Harga *filament* ini dijual dengan harga cenderung murah dipasaran dan untuk pencairan memerlukan daya yang rendah. Dengan penggunaan daya yang rendah tidak diperlukan lagi untuk pemakaian bantalan karena membakar benda disekitarnya juga rendah. Untuk kekurangan PLA ini hanya mudah meleleh saat suhu yang sangat tinggi. Budi Wijayanto Atmoko (2022). Contoh filamen PLA yang ada dipasaran terlihat pada gambar (2.2).



Gambar 2. 2 Filamen PLA

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/2jAbFaqG4TEeKfSn7>)

2.2.4 Ekstrusi/Exstruder

Extruder pada *thermoplatic* adalah proses ekstrusi dan cacahan plastik menggunakan suatu alat dengan suhu yang tinggi yang dapat meleleh sehingga dapat dibentuk menggunakan cetakan. *Thermoplatic* adalah polimer yang bisa di gunakan berulang ulang kali dengan cara dipanaskan. Cara kerja proses ekstrusi ada beberapa cara yang dilakukan yaitu:

- Proses pertama dimasukkannya biji ke dalam hooper. Cara kerja ini dilakukan agar plastik masuk ke dalam *screw* dan terbawa masuk ke dalam tempat pemanas yang akan dilelehkan.
- Proses kedua biji plastik dipanaskan. Untuk cara kerja ini dilakukan proses pemanasan barel yang terdapat biji plastik setelah itu biji plastik bergerak keluar dari barel menuju cetakan.
- Proses ketiga proses pencetakan. Setelah dilakukan pemanasan sehingga plastik meleleh yang membuat biji plastik keluar melalui cetakan dengan bentuk yang diinginkan.

Terdapat 3 proses di atas yang di mana proses ini dapat mengubah plastik ke dalam macam-macam bentuk termasuk filamen 3d *printer*. Mesin *extruder* yang menghasilkan filamen 3d *printer* ini masih dirancang untuk skala industri. Nursyahbani Putri Parahdiba (2021).

2.2.5 *Screw Conveyor*

Screw conveyor adalah alat berjenis pipa yang mempunyai ulir yang tersusun pada pipa dan poros di dalam tabung tetap yang berputar untuk mendorong macam-macam jenis material yang mempunyai daya alir. Berarti partikel bebas bergerak menuju partikel lainnya. Hal ini penting untuk proses *screw conveyor*.



Gambar 2. 3 *Screw Conveyor*

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/8zAvqzGMNjAvDeLS6>)

Terdapat kelebihan dan kekurangan dari *screw conveyor* yaitu:

Kelebihan *screw conveyor* adalah untuk pencampuran bahan disamping itu fungsi utamanya sebagai penggerak untuk memindahkan bahan dan material bisa keluar di berbagai titik yang ingin tercapai. Hal ini sangat berpengaruh untuk material yang

berjenis panas, berdebu dan berbau yang terakhir adalah untuk memindahkan material seperti butiran aspal, batubara, abu, krikil, dan pasir.

Kekurangan dari *screw conveyor* adalah yang tidak bisa menggerakkan bahan dengan ukuran besar, rapuh, dan lengket. Sehingga membuat beban menjadi berlebihan dan membuat kemacetan, merusak poros, *screw* berhenti dan kekurangan kedua adalah terjadi gesekan material terhadap *screw* dan pergerakan sehingga konsumsi daya yang tinggi. Setelah mengetahui di atas *screw conveyor* memakai kapasitas rendah dengan (sampai 100mpersegi/jam) biasanya panjang sampai 30-40 m. Nursyahbani Putri Parahdiba dkk (2021).

2.2.6 Komponen Mesin

1. Aluminium *Profile*

Profile aluminium merupakan satu dari beberapa jenis material aluminium yang sudah mengalami teknologi pengolahan modern, dengan mengutamakan tujuan untuk mengoptimalkan sifat-sifat aluminium. Bahan ini diekstruksi sehingga mengalami proses perlakuan panas dan menjadi berbagai deformasi yang kompleks. *Profile* aluminium memiliki ketahanan korosi yang tinggi, daya tahan, ringan dan mudah dikerjakan. Umumnya *profile* aluminium sering digunakan dalam pembuatan pintu dan diintegrasikan untuk beberapa jenis kaca dan berbagai mekanisme penguncian. Dapat dilihat pada gambar 2.4 di bawah ini.

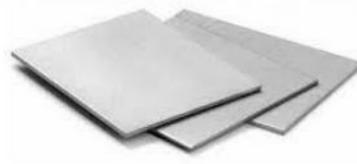


Gambar 2. 4 Aluminium *Profile*

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/1TrNhqCsDeN1fzmA9>)

2. Plat Besi

Plat besi adalah plat besi atau biasa disebut plat Acer merupakan logam datar campuran dari besi atau paduan karbon. Dapat dilihat pada gambar 2.5 di bawah ini.



Gambar 2. 5 Plat Besi

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/Atrs65cdqztSzGKc8>)

3. *Stainless Steel*

Stainless steel adalah baja tahan karat yang mempunyai beberapa sifat fisik datar yang menjadikan bahan ini tahan akan korosi dan oksidasi. Bahan ini bukan merupakan penghantar atau listrik yang baik, bisa juga ditarik dengan magnet karena memiliki gabungan dengan besi. Dapat dilihat pada gambar 2.6 di bawah ini.



Gambar 2. 6 *Stainless Steel*

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/mgTmh5btOmt48hbS8>)

4. Bantalan (*Bearing*)

Bearing adalah suatu alat yang sangat penting sebagai penahan poros agar tetap lurus dan untuk menahan poros agar tetap lurus sehingga tidak mengenai bagian-bagian akan terjadinya gesekan antar logam yang panas sehingga akan haus untuk itu harus diberikan pelumas sehingga pemakaiannya awet. Kemudian jika *bearing* rusak poros yang dipasang dibantalan akan sulit berputar sehingga akan

mempengaruhi performa mesin. Bisa dilihat pada gambar 2.7 di bawah ini Haqira Tondi (2019).



Gambar 2. 7 Bearing 6002

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/AugmLrk93mYx5gep9>)

2.2.7 Komponen Elektronik

1. Band Heater

Band heater adalah alat pemanas yang banyak digunakan untuk mengolah plastik dalam bentuk silinder, *band heater* ini dapat diatur untuk dimensi dan dayanya sehingga bisa berubah sesuai kebutuhan, umumnya dimensi ukuran diameter yang sering digunakan ialah mulai dari $\phi 25$ sampai dengan 500 mm di industri. *Band heater* memiliki harga yang terjangkau jika dibandingkan dengan *band heater* lain seperti *band heater* keramik. *Band heater* juga memiliki kemampuan mengeluarkan daya sebesar 50-10.000 watt dan dapat diaplikasikan di mesin-mesin *injeksi/extruder*.



Gambar 2. 8 Band Heater

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/qxTgZnny42NKdj349>)

2. Motor Power Window Universal.

Motor power window universal merupakan mesin yang berfungsi untuk menggerakkan suatu poros agar dapat berputar dengan menggunakan energi listrik dari aki.



Gambar 2. 9 Motor Power Window Universal

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/qOwGNYHKVpsw5BZf9>)

3. Power Suplay.

Power suplay adalah alat yang berfungsi untuk memberikan atau menyalurkan arus listrik yang berlawanan yang berubah menjadi arus listrik yang searah.



Gambar 2.10 Power Suplay

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/tpZySnwjpZvZ3PX29>).

4. Pwm Dc Motor *Speed Controller*

Pwm dc motor speed controller digunakan untuk mengatur tegangan yang keluar mulai dari 0 volt sampai maksimal, berfungsi untuk mengendalikan aliran listrik yang dialirkan kemotor.

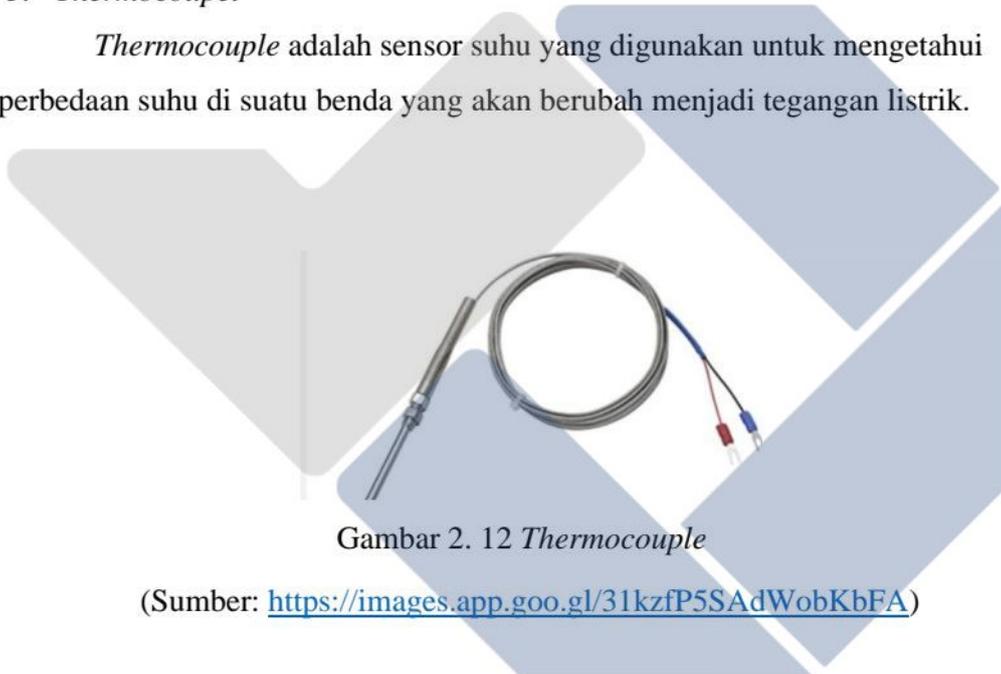


Gambar 2. 11 PWM DC Motor

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/katvNUR3L9b9qZVs9>).

5. *Thermocoupe*

Thermocouple adalah sensor suhu yang digunakan untuk mengetahui perbedaan suhu di suatu benda yang akan berubah menjadi tegangan listrik.



Gambar 2. 12 *Thermocouple*

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/31kzfP5SAdWobKbFA>)

2.2.8 Elemen Pengikat

Ada beberapa elemen mesin yang digunakan untuk mesin *extruder filamen 3d printing* ini.

1. Baut dan Mur

Baut dan mur merupakan dua jenis benda pengikat yang banyak dipakai untuk pembuatan alat. Baut berbentuk Nut dan mur berbentuk Bolt yang ukuranya kecil tetapi memiliki kemampuan yang sangat penting untuk keamanan sebuah alat yang dibuat.

Sebagai elemen pengikat baut dan mur memiliki kelebihan dan kekurangan sebagai berikut

Kelebihan penggunaan baut dan mur

- Sambungan mudah untuk dibuka dan dipasang saat digunakan
- Kontruksi bisa dengan mudah di sambung dan di bongkar
- Sambungan bisa diaplikasikan untuk pembuatan alat yang bersifat beban bertukar

Kekurangan penggunaan mur dan baut

- Sambungan harus diperhatikan terus agar tidak mengalami kerusakan
- Jika salah satu dari baut dan mur mengalami kerusakan mengakibatkan susah untuk dilepas
- Perlu pemantauan pada ikatan baut dan mur agar tidak mengalami kelonggaran



Gambar 2. 13 Macam Macam Baut dan Mur

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/hiacY9yVP5JLD9GD8>)

2. Pengelasan

Pengelasan (*Welding*) adalah Penyambungan pada sambungan dua logam yang harus dalam keadaan dicairkan, sehingga pengelasan merupakan penyambungan logam diarea yang akan disambungkan dengan menggunakan busur panas yang didapatkan dari busur nyala listrik. Pengelasan yang banyak digunakan untuk memperbaiki semua alat yang terbuat dari logam, logam yang mengalami keretakan, penyambungan sementara. Muhammad Arsyad Dkk (2020).

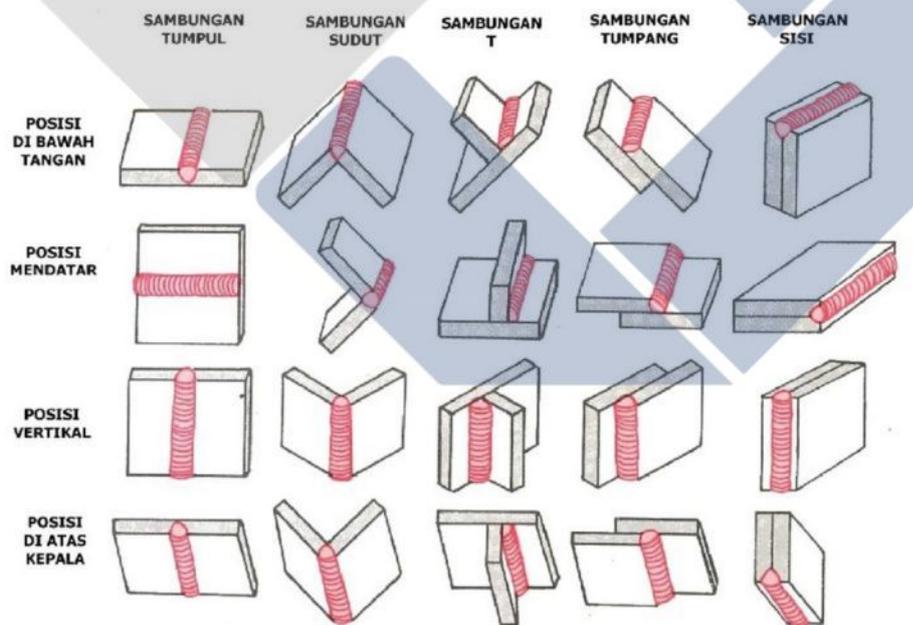
Adapun Kelebihan dan kekurangan penggunaan pengelasan untuk elemen pengikat

Kelebihan penggunaan pengelasan

- Sambungan yang efisien dapat digunakan pada konstruksi, dapat berkerja pada suhu yang tinggi
- Penyambungan dalam pengelasan tidak memiliki batas ketebalan tetapi ada juga pengelasan yang mempunyai batas ketebalan
- Sambungan tidak mengalami kelonggaran
- Memiliki sambungan yang simpel atau sederhana

Kekurangan penggunaan pengelasan

- Logam las yang dicairkan berbeda dengan logam induk. Umumnya kualitas logam yang rendah
- Terjadinya perubahan bentuk pada saat pengelasan apabila terlalu panas
- Kerusakan pada bagian sambungan las sulit dideteksi
- Penyambungan pengelasan tidak dapat dibongkar kembali.

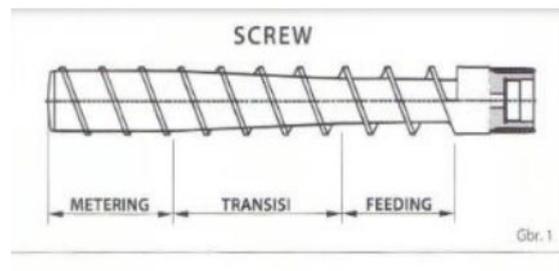


Gambar 2. 14 Tipe Sambungan Pengelasan

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/nruoDh4U9S6CmjzUA>)

2.2.9 Rancangan Desain

Desain ini adalah *single screw extruder portabel* yang ingin dirancang dengan tiga daerah atau zona yang ditunjukkan pada Gambar 2.15 zona itu ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. 15 Pembagian Zona Single Screw Extruder

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/x9X75QaSP6Vmsdmg9>)

1. Feeding

Untuk bagian ini pellet akan masuk ke dalam hopper dan pellet belum, mengalami perubahan.

2. Transisi

Pada saat pellet akan masuk ke dalam barrel pellet akan mengalami perubahan bentuk akibat pemanasan yang terjadi di dalam barrel.

3. Metering

Selanjutnya pellet akan digerakan menggunakan *screw* ke bawah dan akan mengalami tekanan dan pemansan pada pellet

Screw untuk mesin *extruder* filamen 3d *printing* ini berbentuk *conical* untuk keseluruhanya yaitu semakin dekat ke arah dies, maka semakin dekat ke daerah inti *screw* dan akan terjadi perubahan yang akan bergerak dan dengan tekanan kemudian terjadi perubahan dari bentuk awal menjadi lembek.

2.2.10 Pra-Desain Single Screw Extruder Portabel

Dalam satu mesin *single screw extruder*, harus memiliki komponen utama yaitu *screw*, *barrel*, pemanas dan *nozzel*. Untuk pemakian matrial harus tepat dalam proses *extruder* material yang dipakai akan sangat memengaruhi hasil jadi dalam pemakian matrial harus tau jenis material sehingga mesin dapat berkerja secara

efisien. Terdapat data sifat-sifat yang diperlukan untuk proses desain mesin *single screw extruder portabel* sebagai berikut:

- 1) Daya hantar material *barrel*
- 2) Sifat mekanik dari material *screw*
- 3) Sifat fisis dari material

Berdasarkan informasi yang telah dikumpulkan dari proses pengumpulan data dan kondisi operasional, akan dibuat sebuah desain *screw extruder portabel* dengan menggunakan data sementara. Langkah berikutnya adalah melakukan evaluasi guna meningkatkan efisiensi mesin. Penelitian ini bertujuan untuk merancang mesin *single screw extruder portabel* dengan kapasitas produksi sebesar 1,5 kg/jam. Untuk memenuhi aspek portabilitas, panjang *barrel screw* dibatasi hingga 600 mm. Data yang digunakan dalam perancangan dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 Data Rancangan *Singgel Screw Extruder* Girsang Garsiman, (2018)

TYPICAL DIMENSION	
Diameter	60 mm
<i>Flighted Length</i>	1560 mm (26D)
<i>Feed Section Length</i>	480 mm (8D)
<i>Compression Section Length</i>	540 mm (9D)
<i>Metering Section Length</i>	540 mm (9D)
<i>Compression Ratio</i>	3
<i>Constant Screw Pitch</i>	60 mm (1D)
<i>Channel depth Feed Section</i>	8,3 mm
<i>Screw Tip Angel</i>	120-150
<i>Channel Depth Metering Section</i>	2,5 mm
<i>Channel Widht</i>	54 mm (0,9D)
<i>Flight Widht</i>	3 mm
<i>Flight Angel</i>	17.65

<i>Flight to Root Radius</i>	<i>Feed Section</i>	<i>Compression Section</i>	<i>Matering Section</i>
<i>Leading Edge Radius</i>	8.3 mm	8.3-25 mm	2.5 mm
<i>Trailing Edge Radius</i>	5 mm	5-2 mm	2mm

2.2.11 Sistem Penggerak

Untuk merancang mesin single screw extruder portabel, digunakan motor penggerak tipe 12V Hi-Torque DC motor yang memiliki keunggulan berupa ukuran yang compact dan tidak memerlukan penggunaan rantai, belt, atau tipe traksi lainnya. Dalam sistem ini, kecepatan putar motor DC diatur melalui tegangan DC yang dapat disesuaikan menggunakan rangkaian skematik penggerak motor DC.

2.2.12 Desain Screw

Screw pada mesin *extruder* merupakan komponen yang memiliki peran penting. Gerakan berputar dari *screw* menghasilkan dorongan maju, memungkinkan material dari *hopper* bergerak menuju *nozzle*. Dalam proses desainnya, dilakukan pemilihan material yang tepat. Material yang digunakan adalah baja AISI 4140, yaitu baja karbon medium dengan harga yang relatif terjangkau.

2.2.13 Kecepatan Screw Conveying

Kecepatan pada *screw conveying* di dapatkan dari perbandingan pada panjang total *flighted screw* dan membutuhkan waktu untuk dipanaskan sehingga material polymer sama pada titik melting.

$$x = \frac{\text{Panjang total flighte leng}}{\text{Waktu Pemanasan}} \text{ (mm/s)}$$

Dari hasil hitungan diatas Girsang Garsiman, (2018), telah didapatkan hasil kecepatan *screw* dalam mm/s dengan perkiraan waktu pemanasan yang dicapai dari bawah hopper menuju ke nozzle yaitu 52 detik dikarenakan adanya proses putaran di dalam *screw extruder*, lalu dirubah dalam *revolution per minute* (RPM).

$$\eta = \frac{V \times 60}{s} \text{ (Rpm)}$$

$n = \text{Revolution per minute (Rpm)}$

$V = \text{Kecepatan conveying (mm/s)}$

$S = \text{screw leads (mm)}$

2.2.14 Material Density

Material yang di pakai dalam penelitian kali ini adalah *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) yang berupa pellet dan selanjutnya dihitung bulk density setelah mendapatkan data hitunganya yang digunakan untuk menghitung kemampuan produksi mesin.

$$\rho_b = \frac{m}{V}$$

$\rho_b = \text{Bulk density}$

$M = \text{Masa material}$

$V = \text{Volume wadah ukur}$

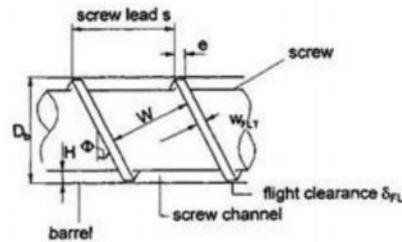
Berdasarkan perhitungan menggunakan metode ASTM D 1895B, dilakukan pengukuran densitas bulk pellet ABS dengan memanfaatkan gelas ukur berkapasitas 50 ml dan timbangan digital. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa densitas bulk pellet ABS yang digunakan adalah 0,773 gr/mm³. Pellet ABS yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari LG Chem dengan tipe ABS HF 380 dan telah dikeringkan selama 2 jam pada suhu 80°C. Girsang Garsiman, (2018).

2.2.15 Rate of Production per Hour

Dasar dari suatu perancangan mesin *extruder*, akan dipakai perhitungan *rate of production single screw extuder*, setelah itu akan diuji coba untuk mengetahui hasil yang benar setelah mesin berkerja.

$$60 \times \rho_b \times N \times \eta_F \times \pi^2 \times (D_b \times D_b - H)$$

$$\times \frac{W}{W+W_{FLT}} \times \sin \theta \times \cos \theta$$



Gambar 2. 16 Keterangan Dimensi *Screw*

Sumber:(<https://images.app.goo.gl/hw3ArKVxeHVx991R8>)

- D_b =Diameter barel
- s =Jarak *pitch screw*
- v =Jumlah saluran
- w_{flt} =Lebar saluran
- w =Lebar saluran
- H =Kedalaman saluran
- N =Kecepatan *screw*
- ρ_B =Masa jenis Polimer
- η_F =Efisiensi Penyampaian (0.2565 for ABS)

2.2.16 Metode Perancangan VDI 2222

Metode perancangan proses di mana memikirkan masalah dengan teratur sehingga dapat menyelesaikan suatu masalah dengan hasil yang diinginkan, yang membuat suatu kegiatan awal dari suatu susunan kegiatan untuk pembuatan produk. Untuk melakukan analisis menggunakan metode perancangan yang membantu dalam menyelesaikan masalah. Metode perancangan ini dikerjakan mengikuti tahapan perancangan menurut *Verein Deutsche Ingenieuer 2222* (VDI 2222). Perancangan metode ini merupakan perancangan untuk menisistematikan dan mengendalikan beberapa metode perancangan yang sedang dikembangkan sebagai hasil kegiatan penelitian.

Dijelaskan setiap tahap proses metode perancangan di bawah ini

1. Pertama analisa terlebih dahulu dilakukan untuk mengidentifikasi masalah dalam perancangan

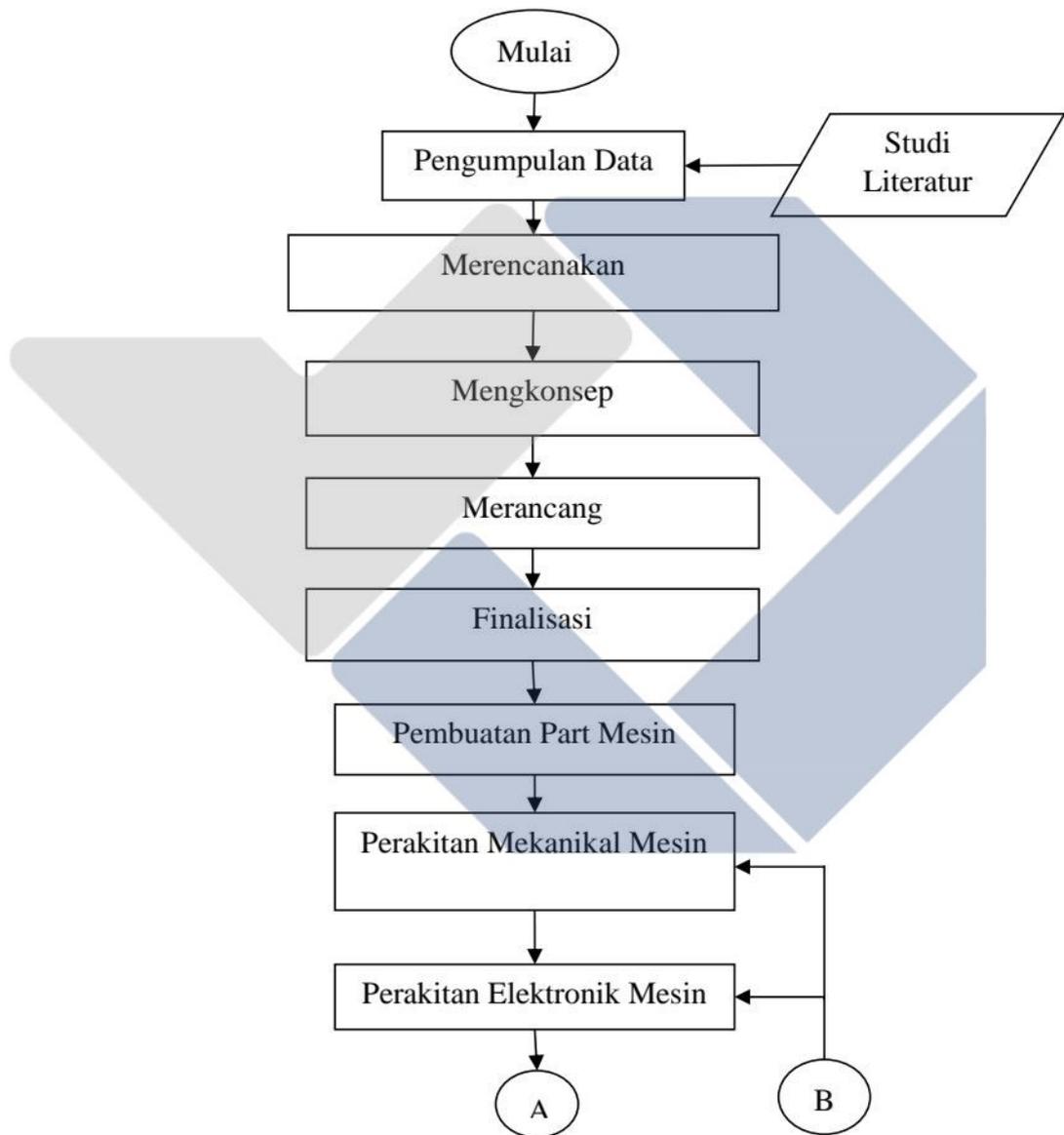
2. Setelah mendapatkan data dari analisa pertama berikutnya tahap prancangan produk. Rincian rancangan berisi ketentuan yang tertera yang dapat diukur.
3. Selanjutnya merancang adalah gambaran hasil dari pemikiran suatu konsep rancangan. Membuat rancangan dan dipilihlah hasil terbaik sesuai dengan asepek teknis dan ekonomis.
4. Penyelesaian adalah tahapan terakhir dari perancangan, hasil berupa data dari merancang dan dilakukan perancangan. Kuwoyo, W. (2019).

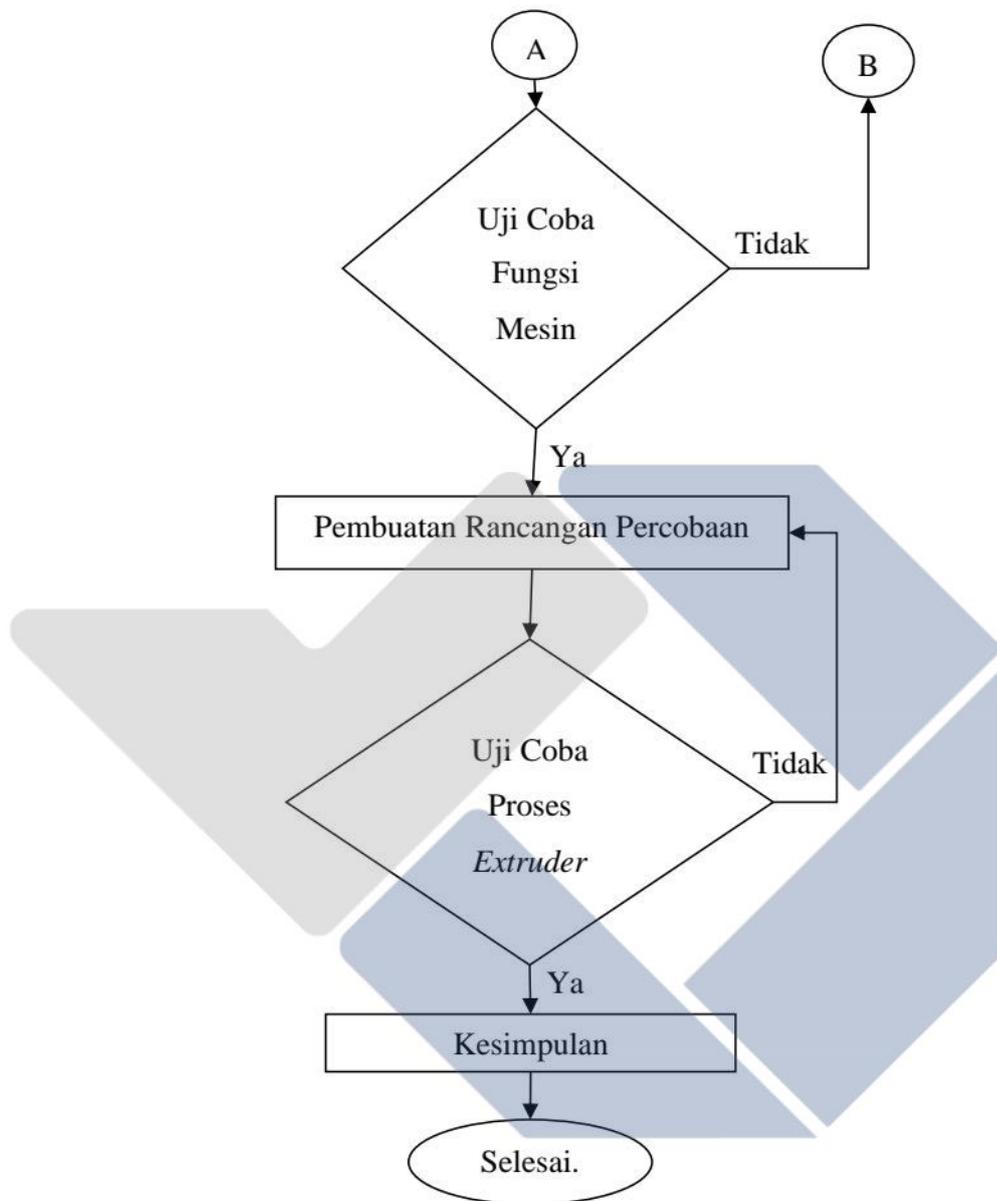


BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan-Tahapan Kegiatan

Tahapan pelaksanaan pada proyek akhir ini adalah merancang kegiatan-kegiatan dalam bentuk diagram alir. Diagram alir dapat dilihat pada gambar 3.1





Gambar 3. 1 Diagram Alir

3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data ini dilakukan agar dapat data dukung yang dibutuhkan untuk merancang dan membuat mesi *extruder* filamen 3d *printing* sehingga menghasilkan filamen. Ada kegiatan yang dilakukan untuk mendapatkan data ini adalah sebagai berikut.

1. Studi Literatur

Metode ini dilakukan untuk mendapat informasi dan memahami tentang penelitian yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan, yang mengenai tentang pemikiran yang terstruktur. Studi literatur ini bisa didapatkan di sumber jurnal, buku, karya ilmiah. Sehingga dapat dipelajari agar dapat mengetahui dan mempermudah penelitian yang dilakukan.

3.3 Merancang Mesin

Tahap merancang mesin ini dilakukan mengikuti metode VDI 2222. Tahap ini mempunyai tahapan seperti merencana, mengkonsep, merancang dan penyelesaian. Untuk setiap tahapan merencana yang akan membuat daftar tuntutan dan tahap mengkonsep membuat alternatif fungsi bagian dari komponen mesin dan yang terakhir tahap penyelesaian membuat gambar kerja setelah itu merakit mesin

3.4 Pembuatan Part Mesin

Pada tahap pembuatan part-part mesin ini dilakukan di Bengkel Politeknik Manufaktur Bangka Belitung. Pembuatan part-part mesin menggunakan mesin bubut, mesin bor, mesin miling, mesin las dan alat perkakas lainnya.

3.5 Perakitan Mesin

Selanjutnya akan dilakukan penggabungan dari beberapa part mesin yang telah selesai dibuat dan menghasilkan satu konstruksi mesin utuh yang nantinya dapat digunakan untuk pembuatan filamen. Setiap komponen mesin dirakit sesuai dengan desain rancangan.

3.6 Proses Pemasangan Elektrikal Mesin

Proses Pemasangan Elektrikal Mesin ini merupakan tahap penyambungan beberapa komponen elektrikal sehingga tersambung menjadi satu kesatuan sehingga dapat membuat mesin bergerak menggunakan komponen *elektrikal* yang sudah di rakit sesuai dengan yang diinginkan.

3.7 Proses Ekstrusi

Pada proses ekstrusi ini biji plastik yang masuk kedalam *barrel* akan mengalami perubahan bentuk yang disebabkan oleh suhu yang panas dan

didorong dengan *screw* yang berputar ke bawah menuju *nozzel* sehingga biji plastik yang sudah keluar dari *nozzel* akan menjadi filamen,

3.8 Uji Coba

Kegiatan ini dikerjakan untuk mengetahui kemampuan mesin pada saat proses pembuatan filamen sesuai dengan yang diinginkan. Tahap uji coba ini dilakukan untuk melihat kekuatan rangka mesin, proses ekstrusi, pergerakan alat saat digunakan, dan melihat berapa ukuran diameter yang dihasilkan berhasil atau tidak. Apabila dari hasil pengujian mesin tersebut filamen keluar dan menghasilkan apa yang diinginkan maka pengujian dianggap berhasil. Namun jika filamen tidak keluar aka ada pemeriksaan dalam pembuatan rancangan percobaan setelah mengetahui penyebab filamen tidak keluar akan dilakukan perbaikan part-part mesin yang menyebabkan filamen tidak keluar.

3.9 Kesimpulan

Dari rancangan di atas dapat disimpulkan mesin menggunakan filamen *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) sebagai material yang akan di ekstrusi dengan posisi mesin *vertikal* sehingga bisa menghasilkan hasil yang diinginkan.

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Pendahuluan

Dalam bab ini akan dilakukan langkah-langkah yang akan dikerjakan dalam penyelesaian mesin *extruder* filamen 3d *printing*. Perancangan yang akan digunakan dalam proses perancangan mesin *extruder filamen 3d printing* menggunakan metode perancangan VDI (*Verain Deutch Ingenieur*) 2222, sehingga dengan menerapkan metode VDI 2222 pada perancangan mesin *extruder* filamen 3d *printing* diharapkan fungsi-fungsi yang diinginkan bisa tercapai.

4.2 Menganalisis

4.2.1 Analisa Pengembangan Awal

Mesin *extruder* filamen 3d *printing* dibuat, dimulai dengan melihat filamen yang sangat dibutuhkan untuk pemakaian mesin 3d *printing*, kemudian dilanjutkan dengan menyesuaikan bentuk filamen. Dengan adanya mesin ini diharapkan dapat mempermudah para pemakai mesin 3d *printing* untuk mendapatkan filamen

4.2.2 Pengumpulan data

Untuk mendapatkan data dilakukan dengan melakukan studi literatur berupa kegiatan mendapatkan referensi dari tulisan karya ilmiah dan pencarian secara online. Jadi pencarian secara karya ilmiah dan secara online yang dapat membantu penelitian untuk mendapatkan informasi tentang bagaimana proses *extruder* pada mesin *extruder* filamen 3d *printing* serta komponen mesin apa saja yang akan dipakai dan mengetahui material atau pellet yang akan dipakai untuk proses *extruder*.

4.3 Mengkonsep

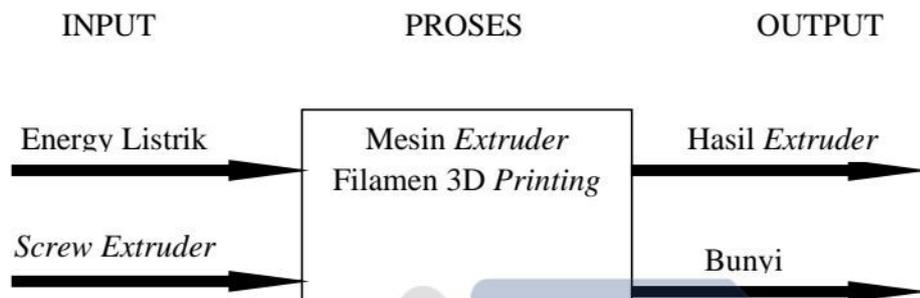
Berikut ini proses yang akan dibuat untuk mengkonsep mesin *extruder* filamen 3d *printing*.

4.3.1 Metode Penguraian Fungsi

Proses memecahkan suatu masalah sehingga dibuatkan diagram *black box* untuk mengetahui fungsi bagian utama mesin *extruder* filamen 3d *printing*.

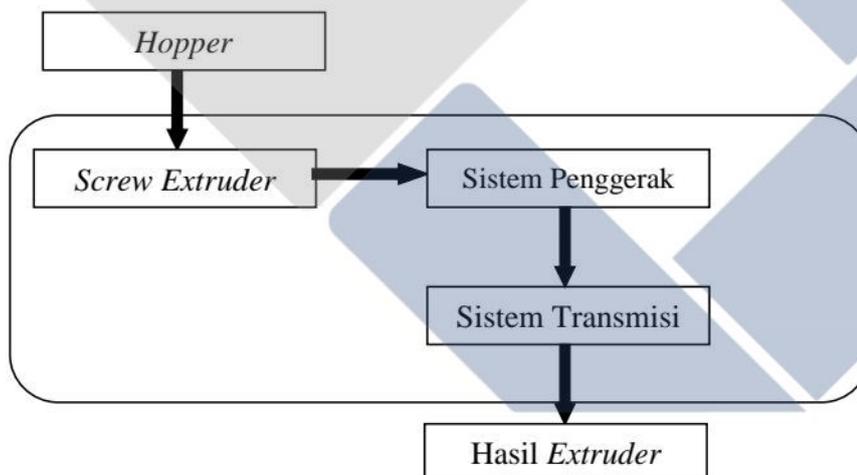
4.3.2.1 Black Box

Berikut ini adalah gambar diagram *black box* yang digunakan pada mesin *extruder* filamen 3d printing ditunjukkan pada gambar 4.1



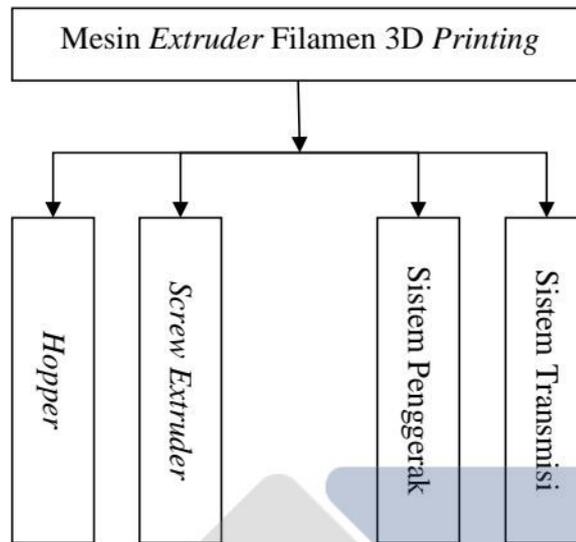
Gambar 4 1 Diagram *Black Box*

Setelah itu dibuatkan diagram struktur fungsi mesin *extruder* filamen 3d printing pada gambar 4.2.



Gambar 4 2 Diagram Struktur Fungsi

Setelah dibuatkan diagram struktur fungsi mesin kemudian dibuat alternatif solusi perancangan mesin *extruder filamen* menurut sub fungsi bagian pada gambar 4.3 diagram fungsi bagian berikut ini.



Gambar 4.3 Diagram Fungsi Bagian

4.3.2.2 Tuntutan Fungsi Bagian

Kemudian sesudah mendapatkan tuntutan yang diinginkan dari fungsi bagian (gambar 4.3), setelah itu membuat alternatif untuk masing-masing bagian mesin *extruder* filamen dengan tuntutan tersebut. Pada tabel 4.1 berikut ini adalah deskripsi sub-fungsi bagian mesin *extruder* filamen.

Tabel 4. 1 Deskripsi Fungsi Bagian

No.	Fungsi Bagian	Deskripsi
1	<i>Hopper</i>	Untuk Menampung dan mengalirkan bahan apa pun dan membuangnya ke bawah.
2	<i>Screw Extruder</i>	Alat yang bisa mendorong dan mencampurkan plastik menuju <i>nozzel</i> .
3	Sistem Penggerak	Motor listrik sebagai penggerak poros agar bisa berputar.
4	Sistem Transmisi	Alat yang menghubungkan poros ke motor listrik agar bisa bergerak.

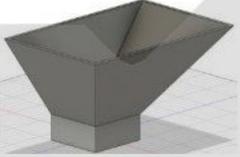
4.3.2 Alternatif Fungsi Bagian

Untuk langkah ini dibuatkan bagian-bagian dari alternatif mesin *extruder* filamen 3d *printing* yang akan di desain dan dirancang. Katagori alternatif fungsi bagian dan disertai gambar rancangan, kelebihan dan kekurangan.

1. Alternatif *Hopper*

Pada tabel 4.2 berikut ini adalah tiga gambar alternatif *hopper* yang akan dijelaskan kelebihan dan kekurangan dari ketiga alternatif *hopper*

Tabel 4. 2 Alternatif *Hopper*

No	Alternatif	Kelebihan	Kekurangan
A1	1. <i>Hopper</i> Persegi 	-Desainya lebih sederhana -Mudah dipasang -Ruang yang efisien	-Pembuangan yang tidak merata -Terjadi penyumbatan
A2	2. <i>Hopper</i> Bulat 	-Mudah dibersihkan - bahan mengalir dengan lancar	-Pembuatan yang lebih kompleks -Sulit digabungkan dengan struktur lain -Pemakaian ruang yang tidak efisien
A3	3. <i>Hopper</i> Persegi Delapan 	-Aliran bahan cukup baik -Ruang yang efisien	-Desain yang rumit -Pembuatan yang rumit -Terlalu banyak menggunakan material

2. Alternatif *Screw Extruder*

Pada tabel 4.3 berikut ini akan dijelaskan kelebihan dan kekurangan dari ketiga alternatif *screw extruder*

Tabel 4. 3 Alternatif *Screw Extruder*

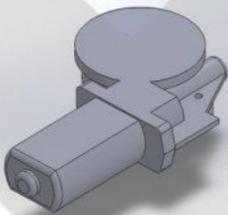
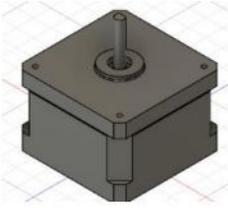
No	Alternatif	Kelebihan	Kekurangan
B1	<p>1. <i>Screw Extruder Circular</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Volume biji pellet yang masuk ke <i>screw</i> lebih sedikit sehingga lebih cepat mencair -Mendorong bahan dengan baik -Pencampuran bahan yang baik 	<ul style="list-style-type: none"> -Memerlukan tenaga listrik yang tinggi -Memerlukan ruang yang banyak -Pengaturan proses yang lebih kompleks
B2	<p>2. <i>Screw Extruder Square</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Baik dalam mendorong bahan -<i>Ekstrusi</i> stabil -Volume biji pellet yang masuk ke <i>screw</i> lebih besar sehingga biji pellet lebih lama mencair 	<ul style="list-style-type: none"> -Resiko terjadinya penyumbatan -Proses lebih lambat -Membutuhkan pemanas yang tinggi untuk mencairkan material
B3	<p>3. <i>Screw Extruder Triangular</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> -Pengelolaan 	<ul style="list-style-type: none"> -Lebih cepat haus

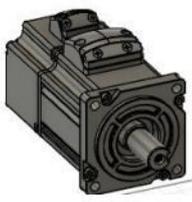
		yang baik -Pengurangan penumpukan	-Resiko kerusakan <i>screw</i> - Perawatan rumit
--	---	--------------------------------------	---

3. Alternatif Sistem Penggerak

Pada tabel 4.4 berikut ini ada tiga alternatif sistem penggerak yang akan dijelaskan kelebihan dan kekurangannya

Tabel 4. 4 Alternatif Sistem Penggerak

No	Alternatif	Kelebihan	Kekurangan
C1	1.Motor DC 	-Dapat dioperasikan dikecepatan tinggi -Bisa Menggunakan dua arus listrik ac dan dc -Putaran dapat di rubah	-Memerlukan perawatan yang lebih -Efisiensi energi kurang
C2	2.Motor Stepper 	-Torsi lebih besar -Pemakaian yang lama -Lebih aman dalam pemakaian	-Memiliki bunyi yang berisik dan getar -Menghasilkan pemanasan yang berlebih

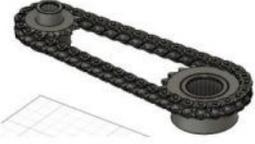
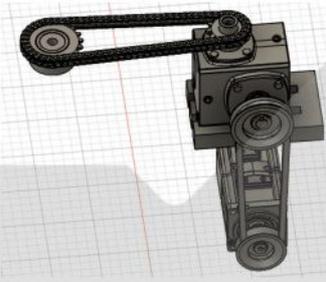
C3	<p>3. Motor Servo</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Stabil saat beroperasi -Memiliki kecepatan respon yang cepat -Mudah dikontrol dalam penggunaannya 	<ul style="list-style-type: none"> -Memiliki harga yang mahal -Memiliki ukuran yang besar -Memerlukan perawatan yang rutin
----	---	--	---

4. Alternatif Sistem Transmisi

Pada tabel 4.5 berikut ini ada tiga alternatif sistem transmisi dan dijelaskan kelebihan dan kekurangannya

Tabel 4. 5 Alternatif Sistem Transmisi

No	Alternatif	Kelebihan	Kekurangan
D1	<p>1. <i>Pulley dan Belt</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Memiliki kecepatan transmisi yang tinggi -Mudah di ganti 	<ul style="list-style-type: none"> -Sabuk rentan putus -Bisa terjadi slip bila mendapatkan beban besar

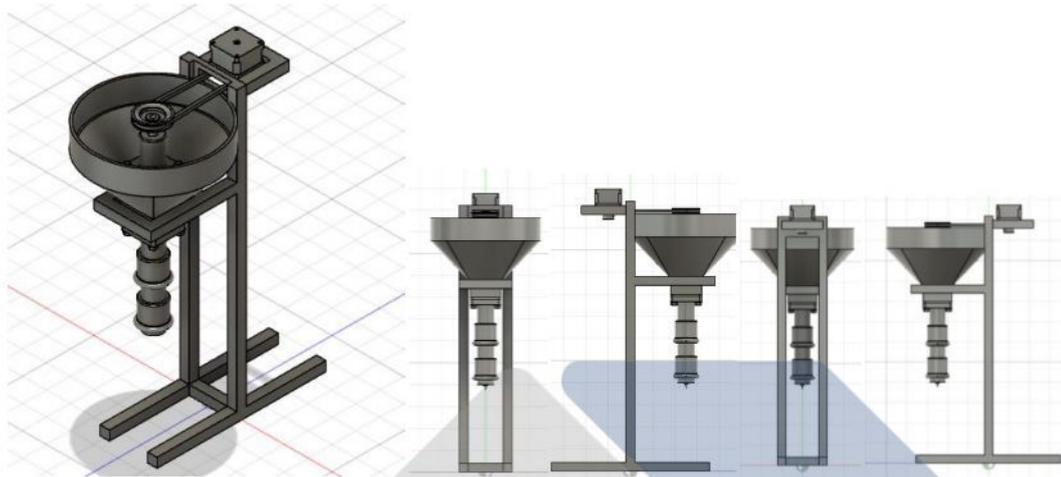
D2	<p>2.Chain dan Sprocket</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Memiliki kekuatan gerak yang besar -Jarang terjadi slip -Dapat beroperasi bila terkena air 	<ul style="list-style-type: none"> -Rumit dalam pemasangan -Bisa menimbulkan suara berisik
D3	<p>3.GearBox</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Meningkatkan performa mesin -Dapat berfungsi pada berbagai kecepatan -Kecepatan dan tenaga dapat disesuaikan dengan tepat 	<ul style="list-style-type: none"> -Perawatan yang teratur -Memiliki ukuran yang besar -Biaya yang mahal

4.3.3 Varian Konsep

Setiap komponen varian konsep yang dibuat kemudian dijelaskan alternatif fungsi dari bagian yang digunakan, cara kerjanya serta kelebihan dan kekurangannya.

Telah dikombinasikan tiga varian konsep pada mesin *extruder* filamen 3d *printing*. Berikut ini dijelaskan ketiga varian konsep.

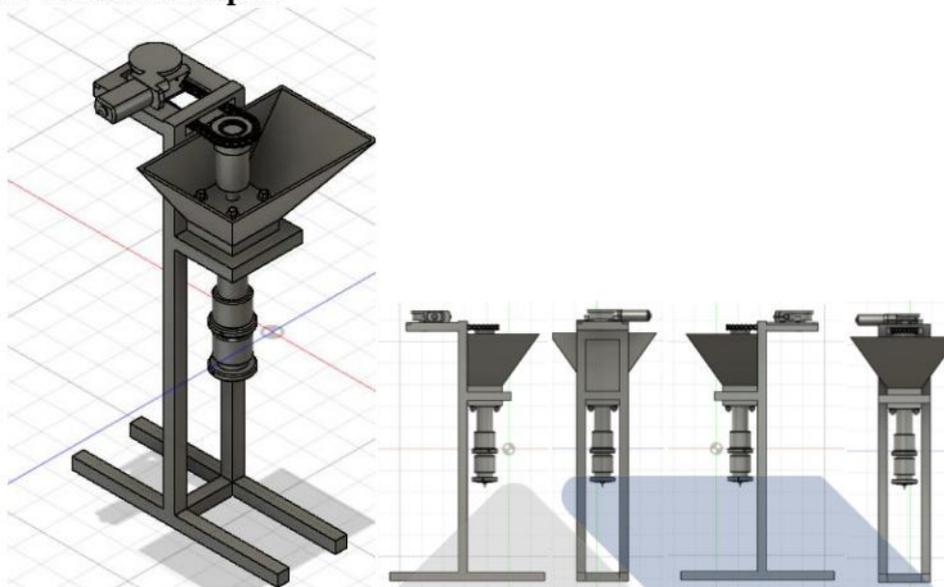
1. Varian Konsep I



Gambar 4 4 Varian Konsep 1

Pada gambar 4.4 varian konsep I menggunakan *hopper* yang berbentuk tabung, sedangkan untuk *screw extruder* memakai *screw* dengan sirip *screw* yang tajam untuk sistem penggerak menggunakan motor stepper yang di kunci dengan baut dan mur pada dudukan motor, sementara sistem transmisi menggunakan *pully* dan *belt*. Kelebihan dari konsep varian I yaitu, memiliki *hopper* berbentuk bulat sehingga pada mengoprasikan mesin untuk memasukan bahan langsung mengalir ke *screw extruder*, kemudian tidak akan terjadi penumpukan dan penyumbatan. Sementara pada sistem transmisi menggunakan *pully* dan *belt* dapat digunakan pada kecepatan yang tinggi kemudian untuk sistem penggerak menggunakan motor stepper yang aman untuk di pakai. Kerugian pada varian konsep I yaitu *hopper* rumit dalam pembuatan dan *screw extruder* cepat mengalami kerusakan atau haus. Pada sistem penggerak memiliki suara yang berisik serta dalam pemakaian lama akan panas. Pada sistem transmisi menggunakan *pully* dan *belt* akan terjadinya slip pada pengoprasian untuk beban yang diputar besar

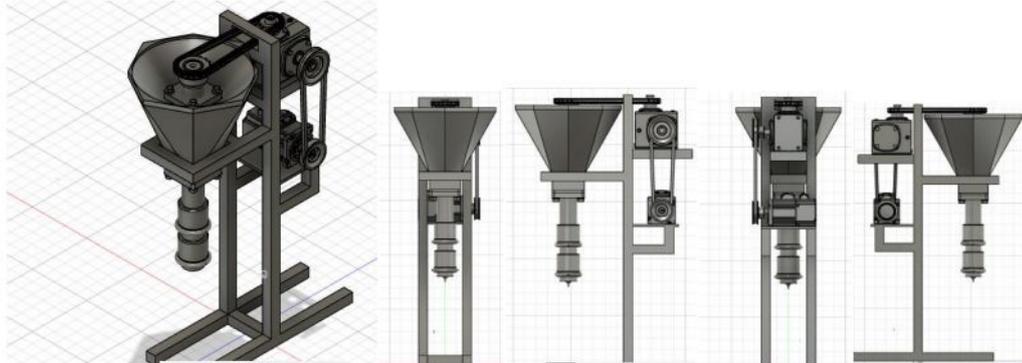
2. Varian Konsep II



Gambar 4 5 Varian Konsep 2

Pada gambar 4.5 berikut ini varian konsep II menggunakan *hopper* berbentuk persegi, dengan menggunakan *screw extruder* yang sirip kecil dan menggunakan sistem penggerak motor dc yang dipakai mur dan baut pada dudukan motor sebagai penahan motor dc sedangkan untuk sistem transmisi menggunakan rantai dan *sprocket*. Kelebihan dari varian konsep II yaitu menggunakan *screw extruder* dengan sirip yang kecil sehingga menjadikan operasi mesin yang stabil dan pada saat proses *extruksi* menjadi stabil, lalu menggunakan *hopper* yang berbentuk persegi akan mudah dalam pembuatannya dan mudah dalam pemasangan kemudian sistem penggerak menggunakan motor dc yang dapat diubah putranya sehingga bila terjadi penyumbatan bisa memutar arah putaran untuk mengeluarkan bahan yang tersumbat. Kerugian pada varian konsep II yaitu dalam pengoprasian akan terjadi penyumbatan jadi harus mempertimbangkan pemasukan bahan melalui *hopper*, selain itu pada sistem transmisi menggunakan rantai dan *sprocket* yang menimbulkan suara yang berisik.

3. Varian Konsep III

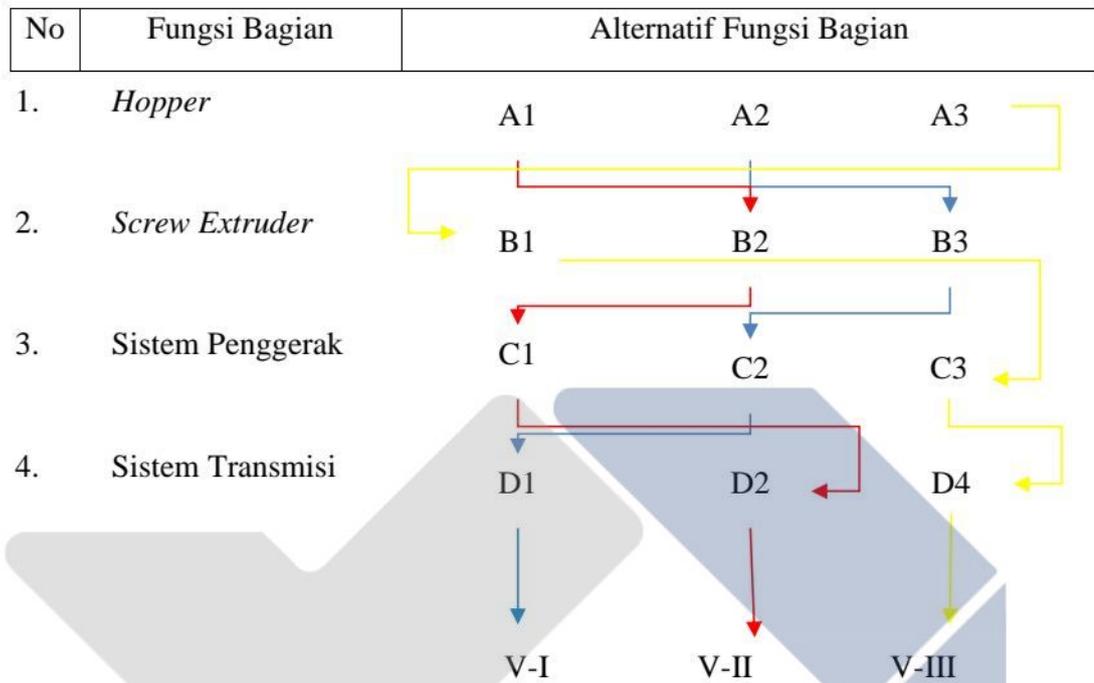


Gambar 4 6 Varian Konsep 3

Pada gambar 4.6 berikut ini adalah varian konsep III menggunakan *hopper* yang berbentuk persegi 8 lalu menggunakan *screw extruder* yang memiliki sirip yang lebar, sedangkan untuk sistem penggerak menggunakan motor servo yang dipakai baut dan mur sebagai penahan padaudukan motor sebagai penahan saat mengalami getaran, pada sistem transmisi varian konsep III menggunakan *gearbox*. Kelebihan dari varian konsep III yaitu, *screw extruder* tidak mudah rusak atau haus dan bisa mendorong beban yang besar dan memiliki *hopper* dengan bentuk persegi 8 yang memudahkan bahan mengalir ke bawah dan memiliki ruang yang efisien dan pada sistem penggerak menggunakan motor servo yang stabil saat beroperasi serta memiliki kecepatan respon yang cepat serta menggunakan sistem transmisi *gearbox* yang memiliki kemampuan meningkatkan performa mesin dan dapat berfungsi diberbagai kecepatan. Kerugian pada varian konsep III yaitu, Pada saat pengoprasian membutuhkan tenaga listrik yang kuat dan pembuatan kontruksi pada *hopper* sangat rumit, kemudian pada sistem penggerak memerlukan perawatan yang rutin dan pada sistem transmisi menggunakan *gearbox* ini harganya mahal dan ukuranya yang besar.

Pada tabel 4.6 berikut ini merupakan tabel metode kotak morfologi untuk mengkombinasikan varian konsep I, II dan III

Tabel 4. 6 Metode Kotak Morfologi



4.3.4 Penilaian Varian Konsep

4.3.4.1 Keriteria Penilaian

Telah disusun alternatif fungsi keseluruhan, dari masing-masing varian konsep sudah di berikan nilai yang di tentukan. Jadi dari nilai tersebut, dipilihnya varian konsep dengan menentukan besarnya nilai dari varian konsep itu diantara varian konsep lainnya. Diberikan skala penilaian untuk menilai pada tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4. 7 Skala Penilaian Varian Konsep

4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Cukup Baik	Kurang Baik

4.3.4.2 Penilaian Dari Aspek Teknis

Tabel 4. 8 Keriteria Penilaian Teknis

No	Kriteria Penilaian	Bobot	Varian Konsep I		Varian Konsep II		Varian Konsep III		Total Ideal	
1	<i>Screw Extruder</i>	4	3	12	4	16	4	16	4	16
2	Pembuatan	4	3	12	4	16	3	12	4	16
3	Perakitan	4	3	12	4	16	4	16	4	16
4	Keamanan	4	4	16	3	12	4	16	4	16
5	Pengoprasian	4	3	12	4	16	3	12	16	16
Total Nilai			64		76		72		80	
Presentase			80%		95%		90%		100%	

4.3.4.3 Penilaian Dari Aspek Ekonomis

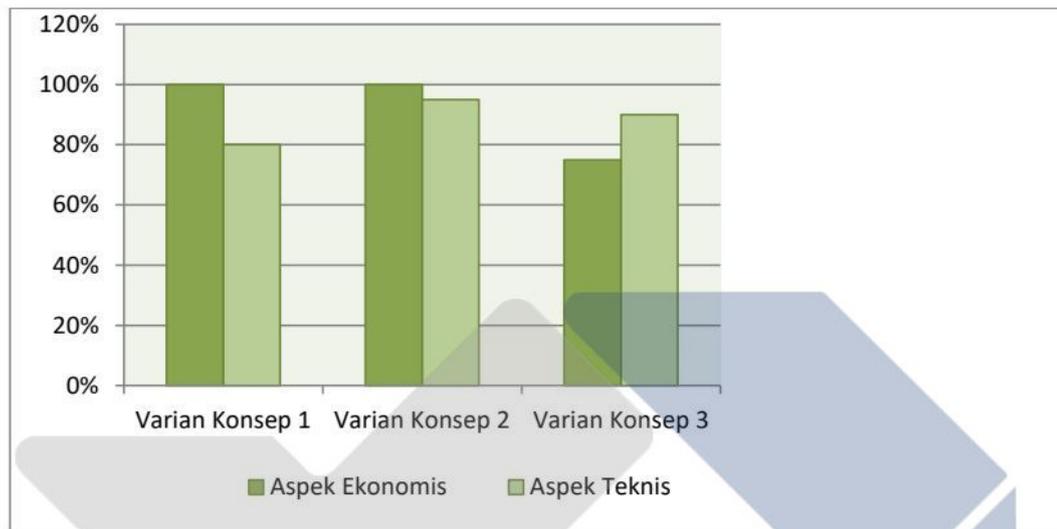
Pada tabel 4.9 ini adalah tabel kriteria penilaian ekonomis dari varian konsep I, II dan III tabel ini akan membuat perbandingan nilai dari biaya pembuatan masing masing varian konsep

Tabel 4. 9 Keriteria Penilaian Ekonomis

No	Kriteria Penilaian	Bobot	Konsep Varian I		Varian Konsep II		Varian Konsep III		Total Ideal	
1	Biaya Pembuatan	4	4	16	4	16	3	12	4	16
Total Nilai			16		16		12		16%	
Persentase			100%		100%		75%		100%	

Keterangan: $Nilai\% = \frac{\text{Total Nilai}}{\text{Total Ideal}} \times 100\%$

4.3.5 Keputusan



Gambar 4.7 Diagram Penilaian Aspek Teknis dan Ekonomis

Gambar 4.7 menampilkan diagram yang membandingkan aspek teknis dan ekonomis untuk menentukan varian konsep terbaik. Varian konsep yang dipilih adalah yang memiliki skor tertinggi dibandingkan varian lainnya. Oleh karena itu, diputuskan untuk memilih varian konsep yang memiliki nilai paling tinggi pada aspek teknis dan aspek ekonomis, yaitu varian konsep 2.

4.4 Merancang

Kemudian untuk tahap ini dilakukan analisa perhitungan. Berikut ini dilakukanya analisa perhitungan.

4.4.1 Analisa Perhitungan

Untuk itu akan dilakukan tahap analisa perhitungan rancangan dasar dan perhitungan kebutuhan komponen mesin dan lain-lain sebagai berikut

1. Rancangan Dasar

Ada hal yang dibutuhkan dalam melakukan perancangan, ada beberapa data dasar untuk melakukan perhitungan dan perancangan mesin. Di bawah ini data yang telah di tentukan

Rate = 1,5kg
 FI = 250mm
 S = $w + w_{flt} = 30\text{mm}$
 $w_{flt} = 15\text{mm}$
 W = 15mm
 H = 5mm
 $\eta_F = 0.2565$ (ABS)

Dibutuhkan nilai dari diameter *barrel* agar dapat diketahui berapa besar ukuran diameter *barrel* sehingga mesin *single screw extruder portebel* memiliki panjang 250mm, agar dapat menghasilkan produk filamen 3d *printer* sebanyak 1,5kg/jam. Oleh sebab itu, dihitunglah nilai putaran *screw* per menit (RPM). Berikut ini akan dilakukan perhitungan material.

$$V = \frac{\text{Panjang Keseluruhan Screw}}{\text{Waktu Pemanasan}}$$

$$V = \frac{250\text{mm}}{180 \text{ detik}}$$

$$V = 1,38 \text{ mm/detik}$$

Selanjutnya dirubah hasil laju material ke *revolution per minute* (RPM), yang akan dihitung sebagai berikut.

$$n = \frac{v \times 60}{S}$$

$$n = \frac{1,38 \times 60}{30}$$

$$n = 2,76 \text{ RPM}$$

Lalu dilakukan perhitungan yang dibutuhkan diameter *barrel* semua data yang diperoleh sebelumnya agar mendapatkan nilai diameter yang diperlukan.

$$\text{Rate} = 60 \times p_b \times N \times \eta_F \times \pi^2 \times (D_b \times D_b - H)$$

$$\times \frac{W}{W + W_{FLT}} \times \sin \theta \times \cos \theta$$

$$15 = 60 \times 0.773 \times 2,76 \times 0.2565 \times \pi^2 \times 5$$

$$D_b \times (D_b - 5) \times 0,5 \times 0.3034 \times 0.953$$

$$D_b^2 - D_b \times 0,5 - \frac{1,5}{854,4}$$

$$D_b^2 - 0,5D_b - 0,0017 = 0$$

$$X_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$= \frac{0,5 \pm \sqrt{0,5^2 - 4 \times 1 \times (-0,0017)}}{2}$$

$$= \frac{0,5 \pm \sqrt{0,25 + 0,0068}}{2}$$

$$= 38 \text{ mm}$$

Setelah melakukan perhitungan didapatkanlah diameter barrel yang bisa menghasilkan 1,5kg *filamen 3d printer* dalam 1 jam adalah 38 mm.

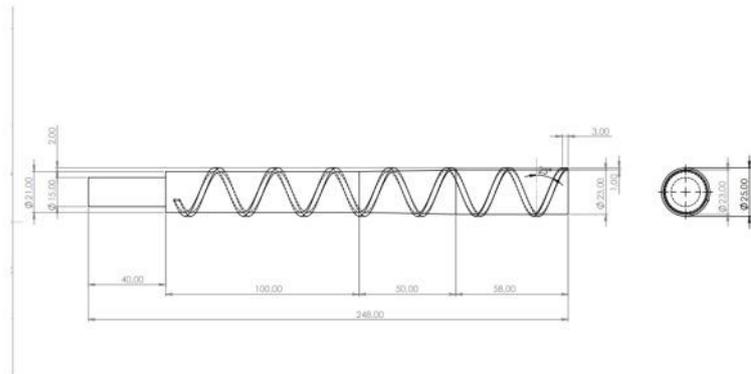
2. Desain *Screw Extruder*

Dari data yang telah ada telah diketahui data dari *single screw extruder portable* dapat diketahui rasio L/D dari *screw* baru yaitu 250/38. Jadi didapatkanlah data desain *screw* pada tabel 4.10 berikut ini.

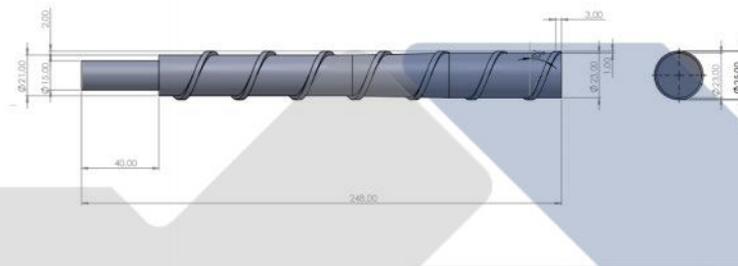
Tabel 4. 10 Data *Screw* Baru

Diameter <i>Screw</i>	38mm
Panjang <i>Screw</i>	248mm
Panjang Bagian Pakan	100mm
Panjang Bagian Kompresi	50mm
Panjang Bagian Pengukuran	100mm
Jarak Pitch	15mm
Lebar <i>Screw</i>	3mm
Sudut Helik	25°

Telah didapatkan ukuran *screw* yang dilakukan berdasarkan perbandingan antara diameter barrel yang didapatkanlah ukuran tiap bagian-bagian *screw*. Dari data ini dibuatkanlah desain dua dimensi dan 3 dimensi dari *screw*.



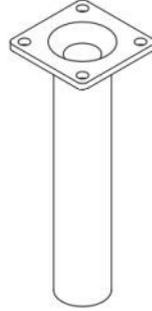
Gambar 4 8 Desain Screw 2 Dimensi



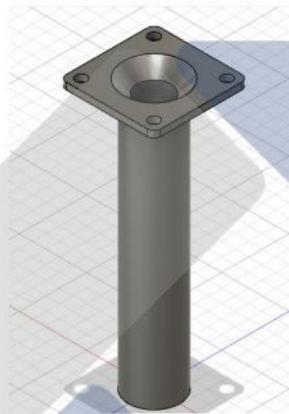
Gambar 4 9 Desain Screw 3 Dimensi

3. Desain Barel *Extruder*

Extruder barrel merupakan tabung yang menutupi *screw*. Bagian pakan adalah bagian dimana bahan pertama kali di *extruder* dan pertama kali bahan masuk ke *screw channel*. Biasanya di bagian pakan ini memiliki pendingin air untuk menghindari naik turunnya *temperatur* pada bagian pakan sehingga menyebabkan polimer dapat menempel pada bagain, atas pakan yang menghambat masuknya bahan ke *screw extruder barrel* adalah sebuah tabung yang berlubang. *Extruder barrel* hanya mampu menahan tekanan sebesar 70 Mpa yang harus memiliki kekuatan ketahanan yang baik agar dapat menghindari defleksi. Ada juga *screw extruder* yang harus memiliki sifat ketahanan aus pada dinding *barrel*, bahan yang digunakan dalam desain *barrel* ini ialah *stainless steel 304*, diameter *barrel* yang digunakan yaitu 38 mm yang memiliki ketebalan 12 mm. Dari penjelasan diatas di buatkanlah desain 2 dimensi dan 3 dimensi pada gambar 4.10 dan 4.11 berikut ini.



Gambar 4 10 Desain 2D Barel



Gambar 4 11 Desain 3D Barel

4. Motor Listrik

Motor listrik yang dipakai yaitu motor listrik dc yang mempunyai daya watt sebesar 350 watt dan voltase kerja 12-36 vdc. Ciri-Ciri umum motor dc yang memiliki torsi terbesar 50% RPM yang digunakan untuk motor listrik, dengan RPM 1283. Torsi yang telah diketahui dengan kecepatan tersebut sebesar 0,8NM. Untuk mendapatkan kebutuhan rpm dari mesin *extruder* jadi dihitunglah perhitungan gear rasio.

$$Gear\ Ratio = \frac{Driver\ Gear\ Speed}{Driven\ Gear\ Speed}$$

$$Gear\ Ratio = \frac{1283\ rpm}{2.76} = 464.85:1$$

5. Jumlah Pemanas

Selanjutnya mengetahui jumlah pemanas yang digunakan untuk memanaskan *barrel*, maka perlu diketahui jumlah daya W yang diperlukan. Untuk mencari daya W diperlukan rumus:

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

$$Q = \frac{2,44 \text{ kg} \cdot 0,119 \frac{\text{kkal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} (300 - 27)^\circ\text{C}}{\left(\frac{1000 \text{ W}}{\text{kW}}\right)} \times \frac{\text{kW jam}}{\text{kkal}}$$

$$Q = 0.164 \text{ kW}$$

$$Q = 614 \text{ W}$$

Dimana:

m = massa (kg)

c = Kalor Jenis $\frac{\text{kkal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$

T_2 = suhu akhir ($^\circ\text{C}$)

T_1 = suhu awal ($^\circ\text{C}$)

t = waktu pemanasan (jam)

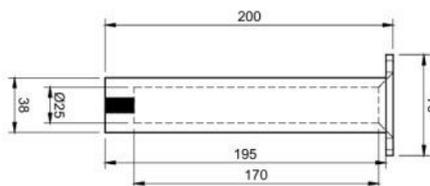
η = efisesni pemanasan

Setelah dilakukan perhitungan, sudah diketahui jumlah daya yang dipakai adalah 614W. Daya yang dihasilkan dari satu *heater band* adalah 250 jadi jumlah *heater band* yang memenuhi target adalah dua yang akan menghasilkan 500W.

4.5 OP (Operational Plan)

Proses produksi pemesinan untuk *extruder* filamen 3d *printing* ini dilakukan melalui beberapa tahapan permesinan di bawah ini.

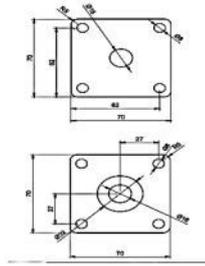
1. OP (Operational Plan) Pembuatan *Barrel* pada gambar 4.12 berikut ini.



Gambar 4 12 Barrel

1. Proses Bubut Bakal *Barrel*

- 1.0 Periksa benda kerja dan gambar kerja
- 2.0 *Setting* mesin dan alat potong
- 3.0 *Marking out* benda kerja
- 4.0 Pencekaman benda kerja
- 5.0 Proses pemakanan / permesinan
 - 1.01. Periksa benda kerja dan gambar kerja
 - 1.02. *Setting* mesin (pasang pahat tepi rata HSS, n= 175 RPM)
 - 1.04. Pencekaman benda kerja (bagian atas untuk posisi pemakanan, bagian belakang tercekam)
 - 1.05. Proses pemakanan bagian atas hingga diameter 38 mm
 - 2.04. Pencekaman benda kerja (bagian belakang untuk posisi pemakanan, bagian atas tercekam)
 - 2.05. Proses pemakanan bagian belakang sampai diameter 38 mm
 - 3.04. Pencekaman benda kerja (bagian atas untuk posisi pemakanan, bagian belakang tercekam)
 - 3.05. Proses pemakanan bagian atas hingga rata dan mencapai panjang 195 mm
- 2. Pengeboran Dudukan *Barrel* Menggunakan Mesin *Frais*
 - 1.0 Periksa benda kerja dan gambar kerja
 - 2.0 *Setting* mesin dan alat potong
 - 3.0 *Marking out* benda kerja
 - 4.0 Cekam benda kerja
 - 5.0 Proses pengeboran benda kerja
 - 1.01. Periksa benda kerja dan gambar kerja
 - 1.02. *Setting* mesin (pasang mata bor HSS Ø 8, n = 875 RPM)
 - 1.04. Pencekaman benda kerja (bagian depan posisi diatas, bagian samping kiri dan kanan tercekam)
 - 1.05. Proses pengeboran bagian atas sampai ke bawah pada diameter Ø8
 - 2.01. Periksa benda kerja dan gambar kerja
 - 2.02. *Setting* mesin (pasang mata bor HSS Ø38, n = 184 RPM)
 - 2.05. Proses pengeboran diameter Ø38 dari bagian atas sampai ke bawah
- 2 OP (*Operational Plan*) pembuatan *housing bearing* pada gambar 4.13 berikut ini.



Gambar 4 13 Housing Bearing

PROSES PENGEBORAN YANG DILAKUKAN DI MESIN *FRAIS*

1.0 Periksa benda kerja dan gambar kerja

2.0 *Setting* mesin dan mata bor

3.0 *Marking out* benda kerja

4.0 Benda kerja dicekam

5.0 Proses pengeboran

1.01 Periksa gambar dan benda kerja

1.02 *Setting* mesin (pasang mata bor HSS Ø8, n= 875 RPM)

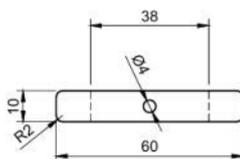
1.04 Pencekaman benda kerja (bagian samping dicekam, bagian depan di posisi atas)

1.05 Proses pengeboran bagian atas sampai ke bawah pada diameter Ø8

2.02 *Setting* mesin (pasang mata bor HSS Ø32, n= 218 RPM)

2.05 Proses pengeboran bagian atas sampai ke bawah mencapai ukuran Ø32

3 OP (*Operational Plan*) pembuatan dudukan sensor dapat dilihat pada gambar 4.14 berikut ini.



Gambar 4 14 Dudukan Sensor

PROSES PADA MESIN BUBUT

- 1.0 Periksa benda kerja dan gambar kerja
- 2.0 *Setting* mesin dan alat potong
- 3.0 *Marking out* benda kerja
- 4.0 Pencekaman benda kerja
- 5.0 Proses pemakanan menggunakan mesin bubut
- 1.01 Periksa benda kerja dan gambar kerja
- 1.02 *Setting* mesin (pasang pahat tepi rata HSS, n = 166 RPM)
- 1.04 Pencekaman benda kerja (bagian samping kiri dan kanan tercekam, bagian atas dan bawah diposisi bebas)
- 1.05 Proses pemakanan bagian depan hingga rata dan mencapai ukuran 60 mm
- 2.01 *Setting* mesin (pasang pahat *chamfer* HSS, n = 166 RPM)
- 2.05 Proses pemakanan *chamfer* hingga mencapai ukuran 2 mm

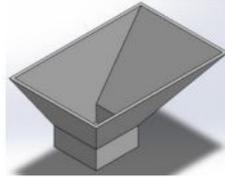
PROSES PENGEBORAN PADA MESIN *FRAIS*

- 1.0 Periksa benda kerja dan gambar kerja
- 2.0 *Setting* mesin *frais* dan mata bor
- 3.0 *Marking out* benda kerja
- 4.0 Cekam benda kerja
- 5.0 Proses pengeboran
- 1.01 Periksa benda kerja dan gambar kerja
- 1.02 *Setting* mesin (pasang mata bor Ø4 HSS, n = 1.750 RPM)
- 1.04 Pencekaman benda kerja (bagian depan posisi di atas, bagian samping tercekam)
- 1.05 Proses pengeboran bagian depan hingga ke bawah mencapai Ø4 mm
- 2.02 *Setting* mesin (pasang mata bor Ø38 HSS, n= 184 RPM)
- 2.05 Proses Pengeboran bagian depan hingga ke bawah dengan ukuran Ø38 mm

4.6 Perakitan/ *Assembly*

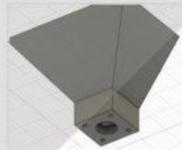
Untuk di tahap ini bagian komponen yang selesai bisa langsung melakukan tahap perakitan atau *assembly* proses dengan apa yang ada di gambar kerja. Dapat dilihat di bawah ini perakitan mesin *extruder* filamen 3d *printing*.

- 1) Mempersiapkan *hopper* yang sudah dibuat, *Hopper* mesin *extruder filamen* ini dibuat menggunakan mesin gerinda potong dan mesin las pada gambar 4.15 berikut ini.



Gambar 4 15 Pemasangan *Hopper*

- 2) Perakitan kedua pemasangan dudukan barel pada *hopper* di bagian bawah *hopper*, digunakan elemen pengikat yaitu di las keliling di bagian bawah dapat dilihat pada gambar 4.16.



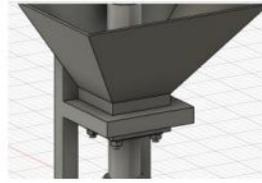
Gambar 4 16 Pemasangan Dudukan *Barrel*

- 3) Perakitan langkah ketiga pemasangan *barrel* ke dudukan *barrel* yang telah dipasang di *hopper*, digunakan elemen pengikat dengan di las. Dapat dilihat pada gambar 4.17



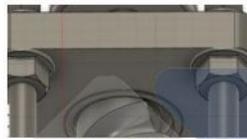
Gambar 4 17 Pemasangan *Barrel*

- 4) Perakitan langkah keempat Mempersiapkan rangka yang sudah dibuat, rangka mesin *extruder filamen 3d printing* di rakit menggunakan mur dan baut sebagai elemen pengikat dan di rakit dengan pemasangan *hopper* ke rangka dengan di masukan ke dudukan *hopper*. Gambar 4.18 berikut ini adalah gambar pemasangan rangka dan *hopper*



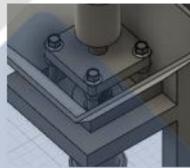
Gambar 4 18 Pemasangan Rangka dan *Hopper*

- 5) Perakitan langkah ke lima mempersiapkan *housing bearing* dan *screw extruder* yang telah di pasang, digunakan *bearing* sebagai penahan poros. Berikut ini adalah gambar 4.19 pemasangan *housing bearing* ke *screw extruder*



Gambar 4 19 Pemasangan *Housing Bearing* ke *Screw Extruder*

- 6) Perakitan langkah ke enam mempersiapkan *housing bearing* dan *screw extruder* yang telah di *assembly* dan telah di pasangan ke dudukan *barrel*, digunakan mur dan baut sebagai penahan. Dapat dilihat pada gambar 4.20.



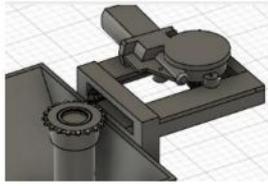
Gambar 4 20 Pemasangan *Screw Extruder* ke *Barrel* dan *Hopper*

- 7) Perakitan langkah ketujuh pemasangan *nozzel*. Berikut ini adalah gambar 4.21 pemasangan *nozzel*



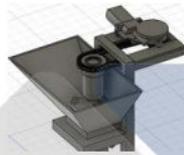
Gambar 4 21 Pemasangan *Nozzel*

- 8) Perakitan Langkah ke delapan mempersiapkan koping dan roda gigi dan motor dc, digunakan dudukan motor dc sebagai penahan dan menggunakan mur dan baut sebagai elemen pengikat. Dapat dilihat pada gambar 4.22



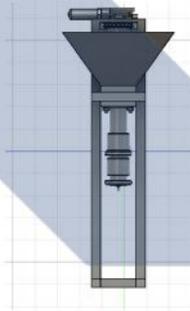
Gambar 4 22 Pemasangan Kopling dan Roda Gigi Serta Motor DC

- 9) Perakitan langkah kesembilan mempersiapkan rantai *sprocket* untuk di pasang pada roda gigi yang telah di *assembly*. Dapat dilihat pada gambar 4.23 rantai *sprocket* sudah terpasang



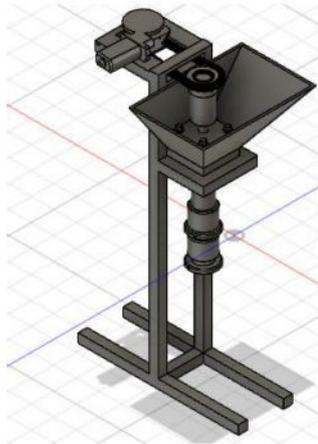
Gambar 4 23 Pemasangan Rantai *Sprocket*

- 10) Perakitan langkah ke sepuluh mempersiapkan dudukan sensor dan *heater* kemudian dipasangkan dudukan sensor dan *heater* pemasangan menggunakan dua *heater* dan dua dudukan sensor dan dipasangkan pada *barrel*. Dapat dilihat pada gambar 4.24 berikut ini



Gambar 4 24 Pemasangan *Heater* dan Dudukan Sensor

Setelah dilakukan perakitan dalam beberapa tahap dan proses *assembly* mesin *extruder* filamen 3d *printing* berhasil, pada gambar 4.25 ini adalah gambar mesin *extruder* filamen 3d *printing* yang telah selesai di *assembly* kemudian akan dilakukan uji coba.



Gambar 4 25 Mesin *Extruder* Filamen 3D *Printing*

4.7 Uji Coba Mesin

Hasil dari pembuatan mesin *extruder* filamen 3d *printing* dapat dilihat pada gambar 4.26. Cara kerja mesin adalah pellet ABS dimasukan ke *hopper* menuju *barrel* kemudian di *extruder* menggunakan *screw*, dengan bantuan *heater* sebagai pemanas untuk membuat pellet meleleh sehingga saat menuju *nozzel*, plastik keluar menjadi *filamen* dengan ukuran sesuai dengan ukuran lubang *nozzel*.



Gambar 4 26 Mesin *Extruder* Filamen 3D *Printing*

Pengujian mesin ini menggunakan parameter mesin suhu dan kecepatan putar *screw*. Pengaturan suhu yang divariasikan adalah sebesar 220°C, 250°C dan 280°C dan pengaturan kecepatan *screw* sebesar 5, 11 dan 17 RPM. Respon yang diamati dalam pengujian ini adalah diameter filamen yang terbentuk. Hasil uji coba mesin dapat dilihat pada tabel 4.11 berikut.

Tabel 4. 11 Data Hasil Pengujian Mesin.

Spesimen uji	Suhu	Rpm	Spesimen 1 (mm)	Spesimen 2 (mm)	Spesimen 3 (mm)	Rata-Rata (mm)
1	220°C	5	2.20	2.0	2.18	2.1
2	220°C	11	2.92	2.82	2.76	2.8
3	220°C	17	3.42	3.42	3.62	3.4
4	250°C	5	2.14	1.98	1.8	1.9
5	250°C	11	2.92	2.76	2.7	2.7
6	250°C	17	3.19	2.86	2.9	2.9
7	280°C	5	2.46	2.52	2.68	2.5
8	280°C	11	3.14	3.16	3.08	3.1
9	280°C	17	3.24	3.10	3.26	3.2

Dari data tersebut, didapatkan rata-rata diameter filamen yang paling mendekati standar ukuran filamen dipasaran adalah uji coba nomor 4 dengan pengaturan suhu sebesar 250°C dan kecepatan putaran *screw* sebesar 5 rpm dengan rata-rata hasil diameter filamen sebesar 1.9 mm.

4.8 Rincian Biaya

Rincian biaya akan dilakukan untuk mengetahui secara rinci dan apa saja yang telah di beli, jadi semua biaya yang dipakai untuk pembuatan mesin *extruder* filamen 3d *printer* adalah sebesar 1.748.000. Dapat dilihat pada tabel 4.12 berikut ini jumlah harga alat dan bahan yang digunakan.

Tabel 4. 12 Rincian Biaya

No	Bahan	jumlah	Harga
1	<i>Stainless steel</i>	2	Rp 350,000
2	Plat Besi 1mm x 1mm	1	Rp 50.000
3	Aluminium Profil	4	Rp 260,000
4	<i>Band Heater</i>	2	Rp 180.000
5	<i>Temperatur Controller</i>	2	Rp 200.000
6	XXR	2	Rp 250,000
7	Motor Power Window	1	Rp 84.000
8	Power Suplay	1	Rp 125,000
9	Pwm Dc	1	Rp 75.000
10	Kabel	3meter	Rp 36.000
11	Baut dan Mur	8	Rp 74.000
12	Pellet ABS	1	Rp 100,000
	Jumlah Harga		Rp 1.748.000

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan hasil penelitian ini adalah

1. Telah dirancang dan dibuatkan mesin *extruder* filamen 3d *printing* untuk produk mesin 3d *printing* berikut ini.

Spesifikasi Mesin

No	Komponen Mesin	Nilai
1	Dimensi (PxLxT)	(355x560x120) mm
	Panjang <i>Screw Extruder</i>	248 mm

2. Dari hasil pengujian mesin, pengaturan suhu dan kecepatan putar screw yang tepat untuk menghasilkan diameter filamen yang mendekati ukuran standar filamen adalah menggunakan pengaturan suhu mesin sebesar 250°C dan kecepatan putaran screw sebesar 5 rpm.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai proses *ekstrusi*
2. Harus mengetahui terlebih dahulu mengenai kondisi operasi yang benar dalam memakai pellet ABS.

DAFTAR PUSTAKA

- Prayitno, D. P. (2023). *Rancang Bangun 3D Printer*. Semarang.
- Mahfud, R., Adi, Y. S., & Burhanuddin, A. (2020). Rancang Bangun Mesin Filament Extruder Yang Berbasis Arduino Mega2560 Dengan Metode Penarik Dan Penggulung Otomatis. In *Proceeding Science and Engineering National Seminar* (Vol. 5, No. 1, pp. 544-553).
- Prakoso, A. T., Davin, S., Mahendra, N. Y., Saputra, M. A., & Basri, H. (2022). Pemanfaatan Limbah Plastik Dalam Pembuatan Filamen 3d Printer Menggunakan Mesin Ekstrusi Pada Lab Konversi Energi Universitas Sriwijaya. *Jurnal Pelita Sriwijaya*, 1(2), 043-052.
- Tondi, H. (2019). Rancang Bangun Mesin Ekstruder Filamen 3D Printer.
- Parahdiba, N. P., Abdullah, I., & Roji, D. F. F. (2021). *Rancang Bangun Mesin Ekstrusi Pembuat Filamen Dengan Sistem Screw Conveyor* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Ujung Pandang).
- Hanafi, H., Sujana, I., & Wicaksono, R. (2022). Rancang Bangun Alat Ekstruder Dengan Pemanfaatan Limbah Plastik Polypropylene Dan Polyethylene Terephthalate Untuk Menghasilkan Filamen 3D Printing. *JTRAIN: Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin*, 3(1), 20-26.
- Iskandar, D., Sunarya, A. S., & Ananto, G. (2019). Rancang Bangun Filament Extruder Machine Dengan Pemanfaatan Limbah Plastik Jenis Low Density Polyethylene Sebagai Bahan Baku 3D Printer. *J. Publ. Politek. Manufaktur Bandung*.

- Sumardiyanto, D., & Putra, S. (2021). Alat pengolahan limbah filament 3D print dengan material polylactic acid (PLA). *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 6(2), 13-23.
- Hasiri, E. M., Raufun, L., & Kalbi, L. I. (2022). Impelementasi Extruder Geetech Mk8 Pada Prototype Printer 3d Menggunakan Arduino Dan Ramps 1.4 Control Boards. *Jurnal Informatika*, 11(1), 17-26.
- ATMOKO, B. W. (2022). Pengembangan Mesin Ekstruder Single Screw Untuk Mendaur Ulang Limbah 3d Printing.
- Arsyad, M., Razak, A. H., Hasyim, H., & Hasil, H. (2020, January). Penerapan K3 Dalam Proses Pengelasan. In *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)* (Vol. 4, No. 1, pp. 31-34).
- Garsiman, G. (2018). *Studi Rancang Bangun Mesin Single Screw Extruder Portable Untuk Aplikasi Produksi Filament 3D Printer* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Garsiman, G. (2018). *Studi Rancang Bangun Mesin Single Screw Extruder Portable Untuk Aplikasi Produksi Filament 3D Printer* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Kuwoyo, W. (2019). *Perancangan Alat Seterika Semi Otomatis Menggunakan Teflon Conveyor Belt Dan Heater Dengan Menggunakan Metode Verein Deutsche Ingenieure 2222 (Vdi) 2222* (Doctoral Dissertation, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau).

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap = Iqbal Firmansyah
Tempat/Tanggal Lahir = Sungailiat, 18 juli 2003
Jenis Kelamin = Laki-Laki
Alamat = Jln Perumnas Pemali
Agama = Islam
Email = toleigbal@gmail.com



2. Riwayat Pendidikan

SD = SD 15 Pemali
SMP = SMP 2 Pemali
SMA = SMK 2 Jelutung.

HASIL UJI COBA

Hasil uji coba mesin *extruder filamen 3d printing*

1. Uji coba pertama di suhu mesin 220° dengan kecepatan putaran *screw* 5, 11, 17 RPM

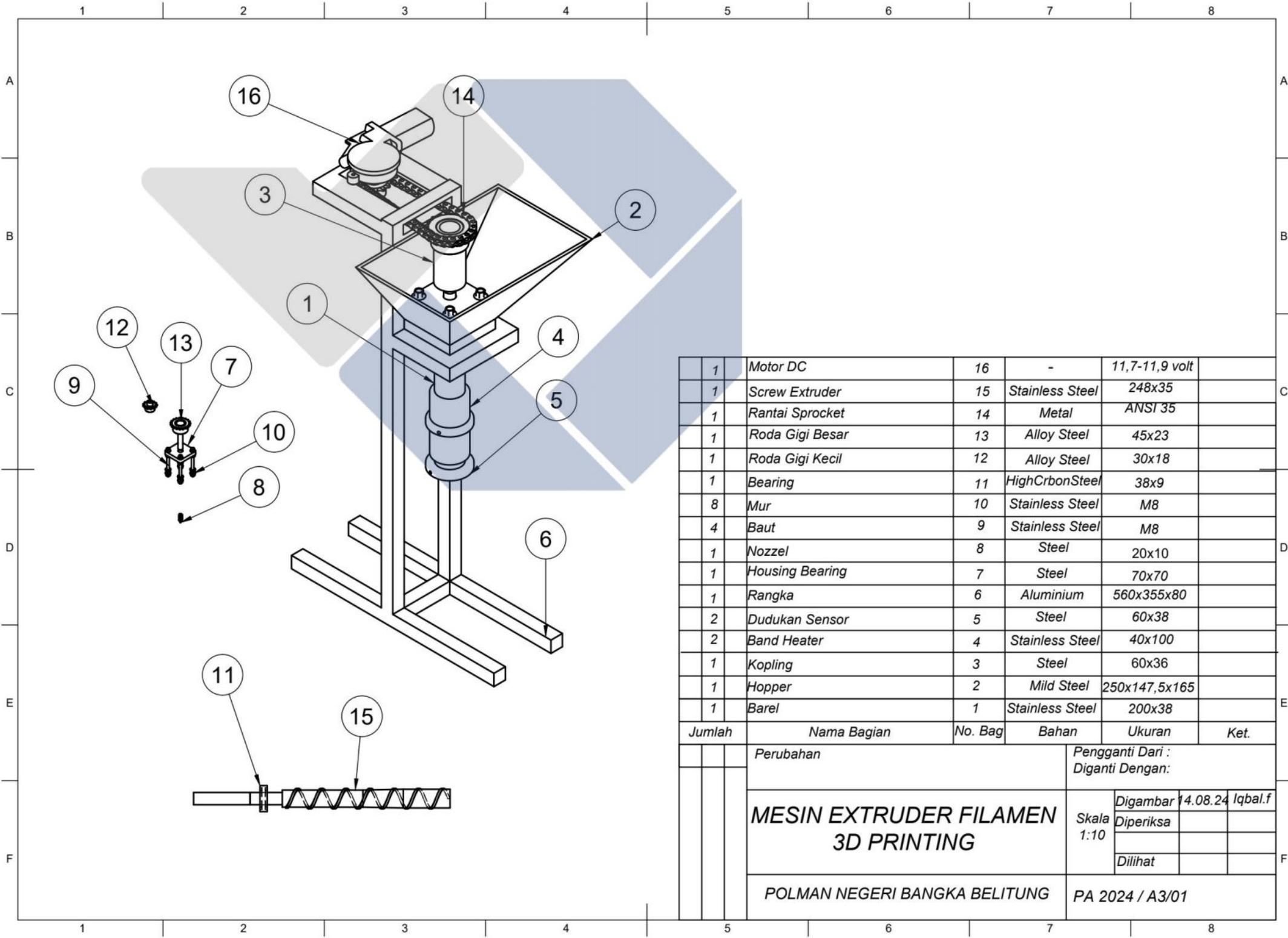


2. Hasil uji kedua di suhu mesin 250° dengan kecepatan putaran *screw* 5, 11, 17 RPM



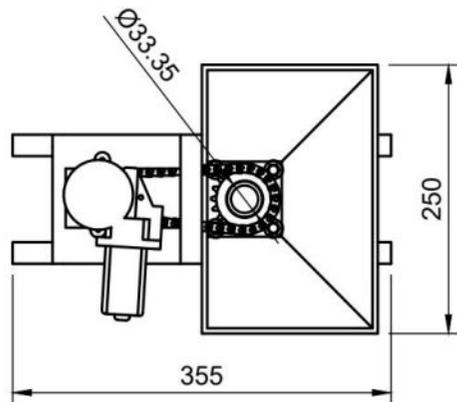
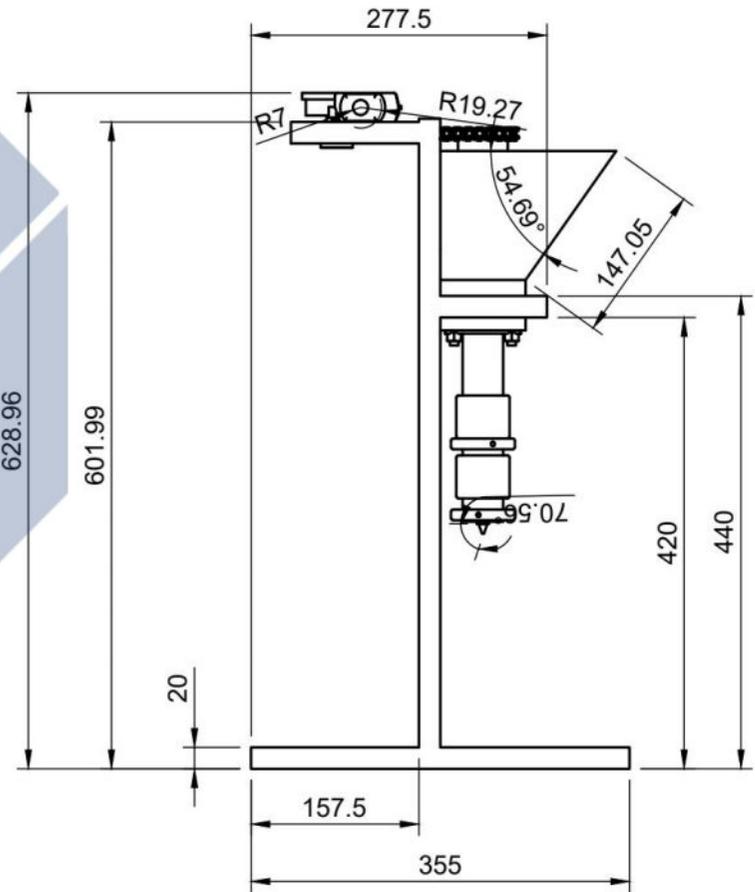
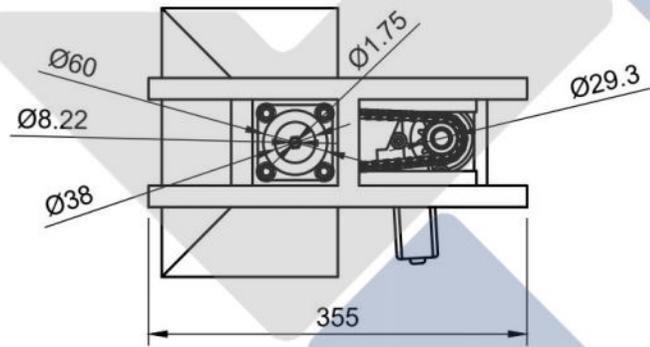
3. Hasil uji coba di suhu mesin 280° dengan kecepatan putaran *screw* 5, 11, 17 RPM





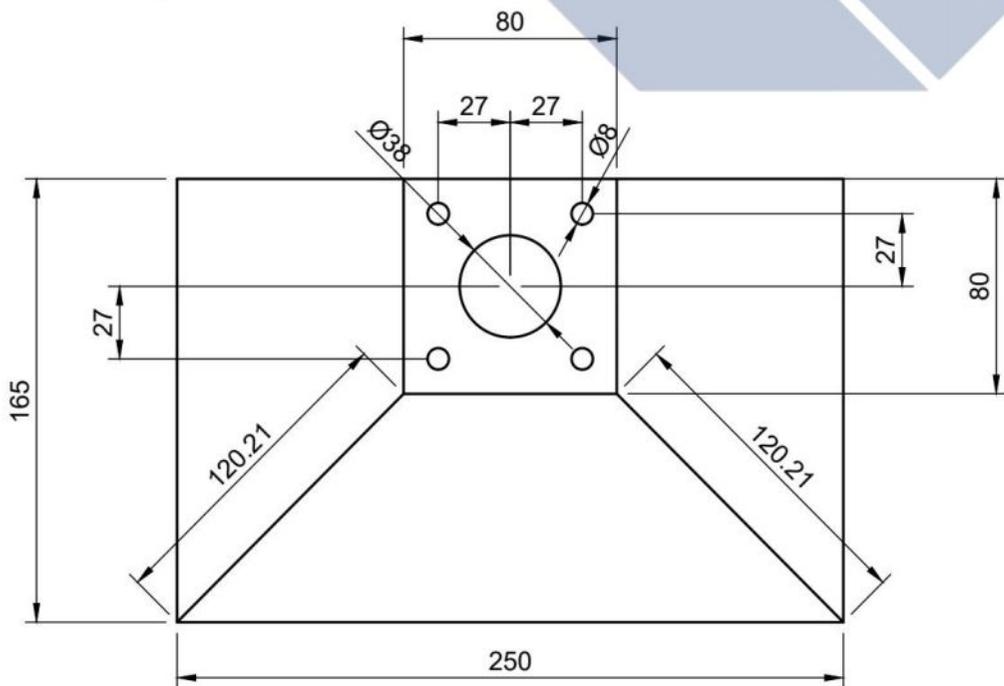
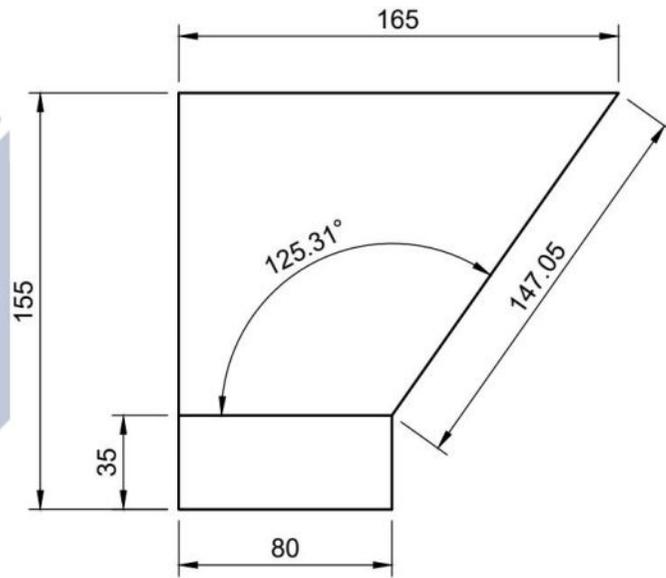
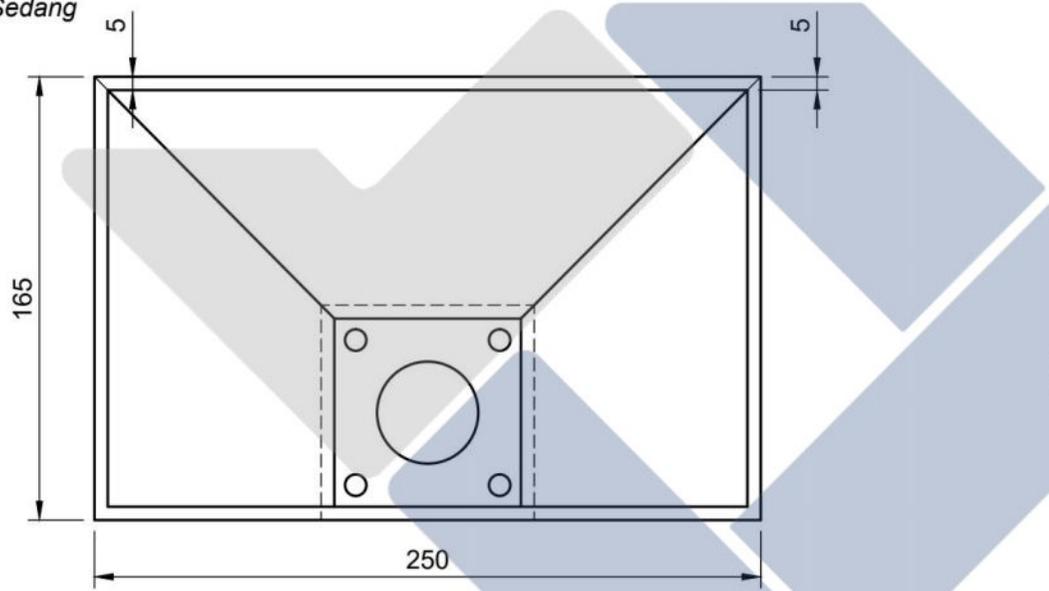
1	Motor DC	16	-	11,7-11,9 volt		
1	Screw Extruder	15	Stainless Steel	248x35		
1	Rantai Sprocket	14	Metal	ANSI 35		
1	Roda Gigi Besar	13	Alloy Steel	45x23		
1	Roda Gigi Kecil	12	Alloy Steel	30x18		
1	Bearing	11	HighCarbonSteel	38x9		
8	Mur	10	Stainless Steel	M8		
4	Baut	9	Stainless Steel	M8		
1	Nozzel	8	Steel	20x10		
1	Housing Bearing	7	Steel	70x70		
1	Rangka	6	Aluminium	560x355x80		
2	Dudukan Sensor	5	Steel	60x38		
2	Band Heater	4	Stainless Steel	40x100		
1	Kopling	3	Steel	60x36		
1	Hopper	2	Mild Steel	250x147,5x165		
1	Barel	1	Stainless Steel	200x38		
Jumlah		Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Ket.

Perubahan			Pengganti Dari : Diganti Dengan:			
MESIN EXTRUDER FILAMEN 3D PRINTING			Skala 1:10	Digambar	14.08.24	Iqbal.f
				Diperiksa		
				Dilihat		
POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG			PA 2024 / A3/01			



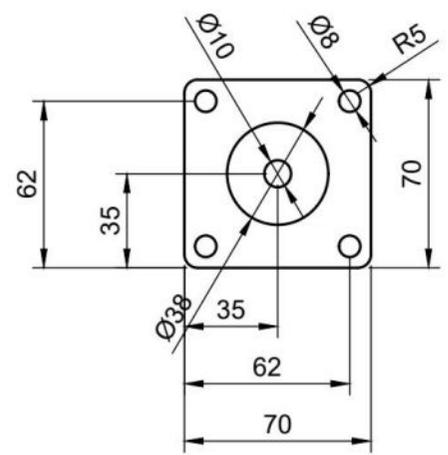
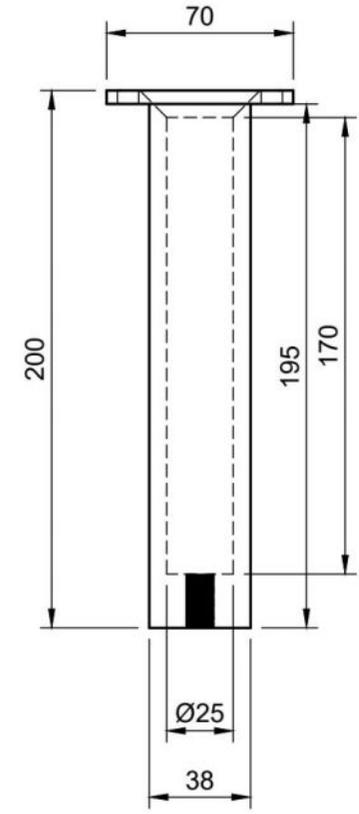
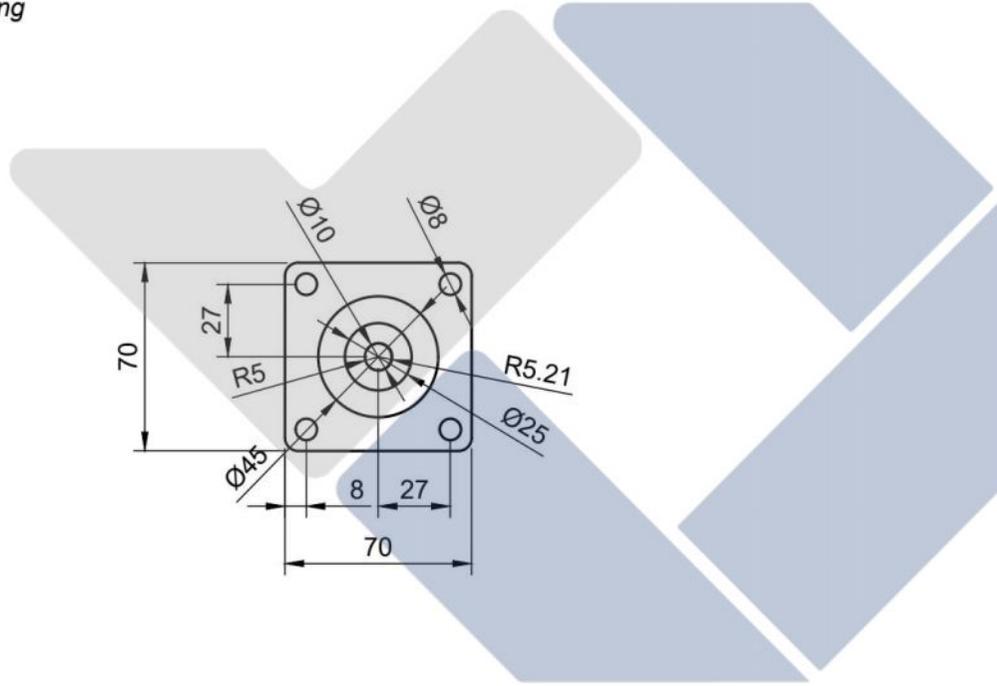
1	Mesin Extruder Filament	-	Mild Steel	355x629x277,5	-	
Jumlah	Nama Bagian	No.Bag	Bahan	Ukuran	Ket.	
	Perubahan			Pengganti Dari: Diganti Dengan:		
	MESIN EXTRUDER FILAMEN 3D PRINTING			Skala 1:5	Digambar 14.8.24 lqbal.f	
					Diperiksa	
					Dilihat	
	POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG			PA 2024/A3/02		

1. $\frac{N8}{\surd}$
Tol. Sedang

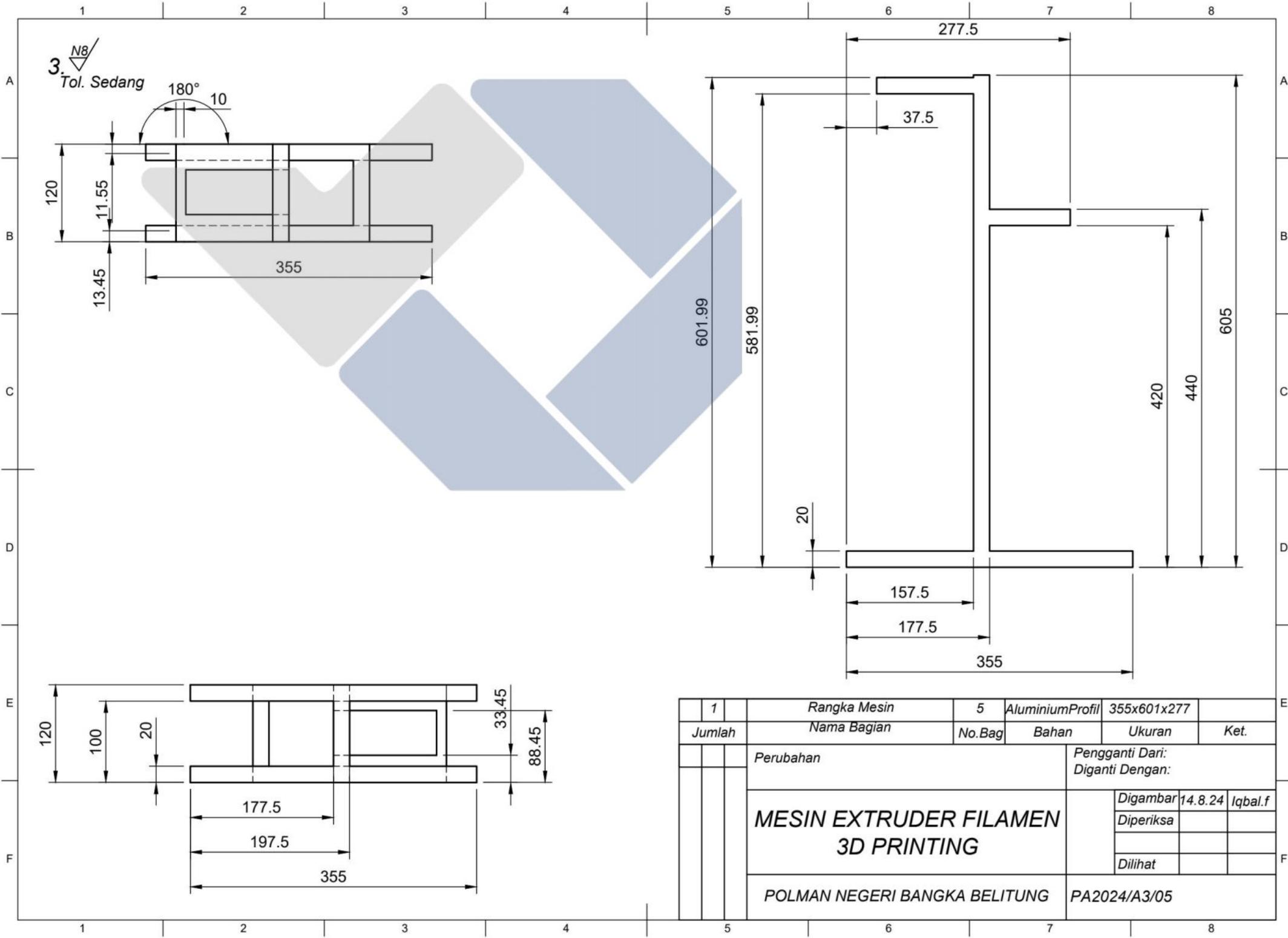


1	Hopper Mesin	1	Mild Steel	250x165x155		
Jumlah	Nama Bagian	No.Bag	Bahan	Ukuran	Ket.	
	Perubahan			Pengganti Dari: Diganti Dengan:		
	MESIN EXTRUDER FILAMEN 3D PRINTING			Digambar	14.8.24 lqbal.f	
				Diperiksa		
				Dilihat		
	POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG			PA/2024/A3/03		

2. $\frac{N8}{\text{Tol. Sedang}}$

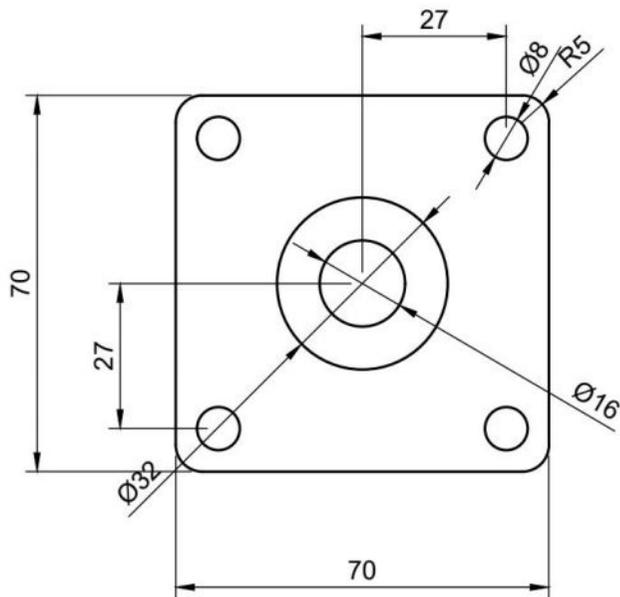
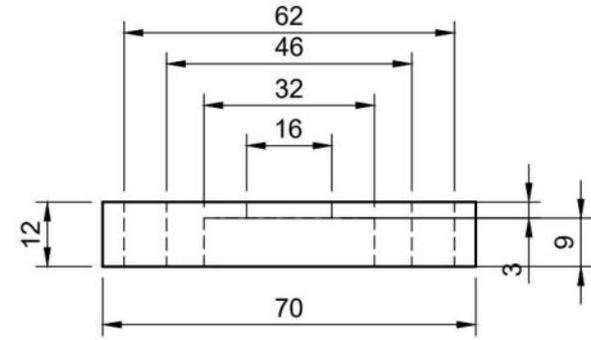
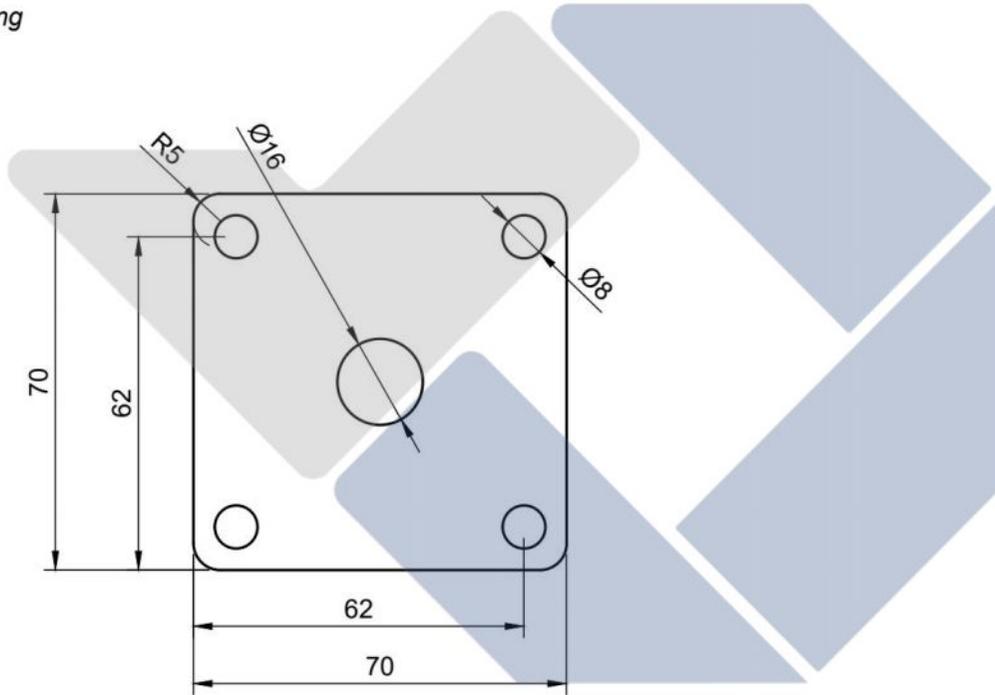


1	Barel	2	Stainless Steel	200x70x38	
Jumlah	Nama Bagian	No.Bag	Bahan	Ukuran	Ket.
	Perubahan			Pengganti Dari: Diganti Dengan:	
	MESIN EXTRUDER FILAMEN 3D PRINTING			Digambar	14.8.24 Iqbal.f
				Diperiksa	
				Dilihat	
				POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG	

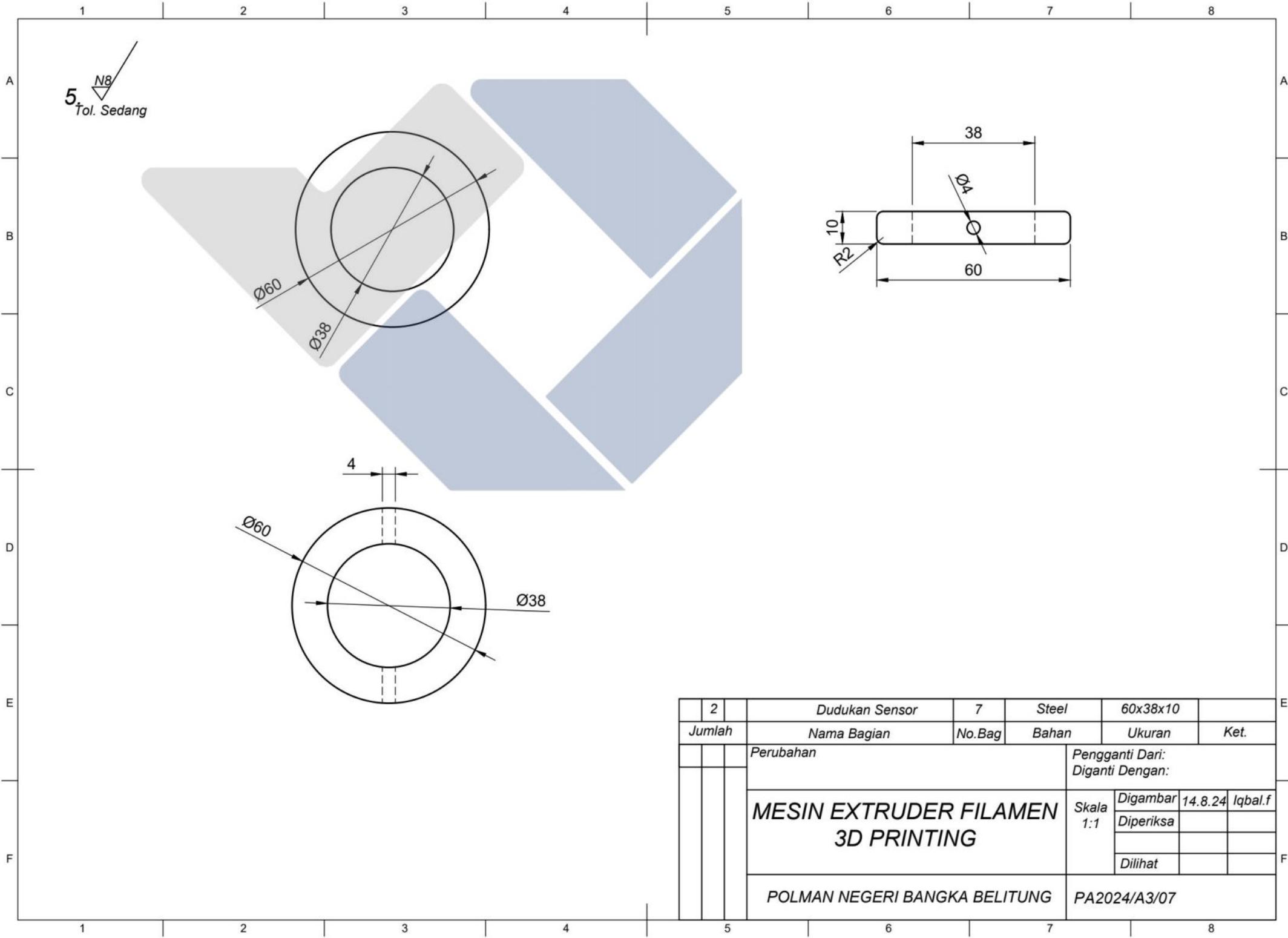


1	Rangka Mesin	5	Aluminium Profil	355x601x277		
Jumlah	Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Ket.	
	Perubahan			Pengganti Dari: Diganti Dengan:		
	MESIN EXTRUDER FILAMEN 3D PRINTING			Digambar	14.8.24	
				Diperiksa		
				Dilihat		
	POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG			PA2024/A3/05		

4. $\frac{NB}{\sqrt{}}$
Tol. Sedang

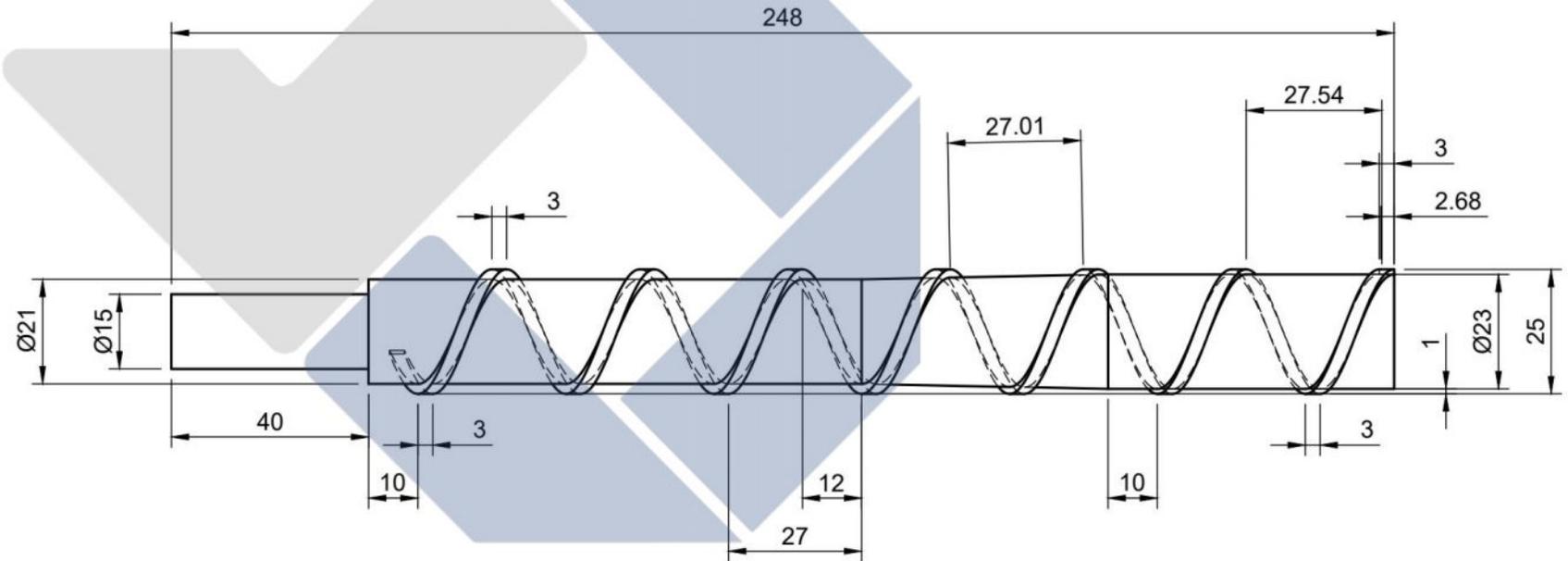


1	Housing Bearing	6	Steel	70x70x12	
Jumlah	Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Ket.
	Perubahan	Pengganti Dari: Diganti Dengan:			
	MESIN EXTRUDER FILAMEN 3D PRINTING	Skala	Digambar	14.8.24	Iqbal.f
		1:1	Diperiksa		
		Dilihat			
	POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG			PA2024/A3/06	



2	Dudukan Sensor	7	Steel	60x38x10	
Jumlah	Nama Bagian	No.Bag	Bahan	Ukuran	Ket.
	Perubahan			Pengganti Dari: Diganti Dengan:	
	MESIN EXTRUDER FILAMEN 3D PRINTING			Skala 1:1	Digambar 14.8.24
				Diperiksa	Iqbal.f
				Dilihat	
	POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG			PA2024/A3/07	

6. $\frac{N8}{\text{ Tol. Sedang}}$



1	Screw Extruder	8	Stainless Steel	248x25x15	
Jumlah	Nama Bagian	No.Bag	Bahan	Ukuran	Ket.
	Perubahan	Pengganti Dari:			
		Diganti Dengan:			
	MESIN EXTRUDER FILAMEN 3D PRINTING	Skala	Digambar	14.8.24	lqbal.f
		1:1	Diperiksa		
		Dilihat			
	POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG	PA2024/A3/08			