RANCANG BANGUN MESIN EKSTRUDER FILAMEN 3D PRINTER

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin

Disusun Oleh :

Nama	**: Haqira Tondi**
No. Mahasiswa	**: 14525044**
NIRM	**: 2014070396**

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2019

PERNYATAAN ORISINALITAS TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini, Haqira Tondi menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul "Rancang Bangun Mesin Ekstruder Filamen 3D Printer" adalah hasil karya tulisan sendiri. Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau symbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat dari penulis lain, yang saya akui sebagai tulisan saya sendiri tanpa memberikan pengakuan dari penulisnya.

Yogyakarta, 26 Februari 2019

Haqira Tondi

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

RANCANG BANGUN MESIN EKSTRUDER FILAMEN 3D PRINTER

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama	**: Haqira Tondi**
No. Mahasiswa	**: 14525044**
NIRM	**: 2014070396**

Yogyakarta, 8 Februari 2019

Pembimbing I,	Pembimbing I,
Muhammad Ridlwan,S.T.,M.T.	Faisal Arif Nurgesang,S.T.,M.Sc.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

RANCANG BANGUN MESIN EKSTRUDER FILAMEN 3D PRINTER

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Haqira Tondi

No. Mahasiswa : 14525044

NIRM : 2014070396

Tim Penguji

Faisal Arif Nurgesang, S.T.,M.Sc.
Ketua — Tanggal : 23 Februari 2019

Muhammad Khafidh,S.T.,M.T.,Ph.D
Anggota I — Tanggal : 15 Februari 2019

Arif Budi W,S.T.,M.Eng.
Anggota II — Tanggal : 21 Februari 2019

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr.Eng.Risdiyono,S.T.,M.Eng

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan segala puji syukur kehadirat Allah SWT serta atas dukungan dan do'a dari orang-orang tercinta, akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, dengan rasa bangga dan bahagia saya sampaikan rasa syukur dan terima kasih saya kepada:

Allah SWT, karena hanya atas izin dan karunia-Nya maka skripsi ini dapat selesai pada waktunya. Puji syukur yang tak terhingga pada Allah SWT Tuhan semesta alam yang mengabulkan segala do'a.

Ayah dan ibu tercinta yang selalu memberikan doa, semangat serta memberikan kasih sayangnya yang tidak akan lekang oleh waktu.

Yang tidak mungkin bisa dibalas dengan apapun. Dosen-dosenku dan para staff UII yang selalu memberikan arahan baik dalam masa kuliah maupun saat pengerjaan tugas akhir ini.

Keluargaku, saudara-saudaraku, sahabat-sahabatku, rekan-rekan Teknik Mesinku yang selalu mendukung dan selalu memberi semangat serta masukan yang membuat diri menjadi lebih baik

HALAMAN MOTTO

“Kemudian apabila engkau bertekad, maka berusahalah. Dan hanya kepada Tuhanmu saja hendaknya kamu menaruh harapan” (Q.S Al – Insyirah: 7 – 8)

“Kehidupanmu adalah buah dari tindakan yang kamu lakukan. Tidak ada yang bisa disalahkan selain dirimu sendiri” (Joseph Campbell)

“Jika kamu bersungguh – sungguh dalam melakukan segala sesuatunya, pasti akan sampai pada tujuanmu”

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji Syukur kehadirat Allah SWT karena atas berkat rahmat yang luar biasa memberikan kesehatan, kemudahan dan kelancaran dalam menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul "**Rancang Bangun Mesin Ekstruder Filamen 3d Printer**" dapat terselesaikan dalam waktu yang ditentukan.

Adapun Laporan Tugas Akhir merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi sebagai kelulusan strata satu (S1) Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini tentunya tidak lepas dari peranan dan bantuan beberapa pihak.

Adapun dalam kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak dan Ibu yang selalu memberikan semangat dan doa selama pengerjaan Tugas Akhir ini berlangsung.
2. Ketua program studi Teknik Mesin UII, Bapak Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng.
3. Dosen pembimbing I Bapak Muhammad Ridlwan S.T., M.T. dan Dosen pembimbing II Bapak Faisal Arif Nurgesang S.T., M.Sc. yang telah memberikan banyak saran serta masukan selama pengerjaan tugas akhir ini berlangsung.
4. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
5. Rekan tugas akhir Entol Rifki Firmansyah yang telah bekerja sama dan membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Seluruh keluarga Teknik Mesin yang telah memberikan bantuan maupun saran ketika proses pengerjaan tugas akhir berlangsung.
7. Dan semua pihak yang telah mendukung penyusunan yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Laporan tugas akhir ini diharapkan dapat menjadi bermanfaat baik untuk seluruh pihak. Namun penulis sadar bahwa masih banyak terdapat

kekurangan dan ketidaksempurnaan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mohon maaf dan berharap adanya kritik serta saran dari semua pihak yang dapat membangun demi terciptanya laporan tugas akhir yang lebih baik

Yogyakarta, 26 Februari 2019

Haqira Tondi

ABSTRAK

Sampah plastik merupakan salah satu permasalahan yang saat ini sedang di hadapi oleh negara–negara di dunia termasuk Indonesia, yang dari 65 juta ton sampah yang dihasilkan setiap harinya, terdapat 24 persen sampah yang tidak terkelola dan 14 persen diantaranya adalah sampah plastik. Padahal hampir semua jenis plastik bisa didaur ulang. Beberapa jenis plastik di dunia industri yang sering didaur ulang adalah *polyethylene therephtalathe* (PET), *high density polyethylene* (HDPE), *polyvinyl chloride* (PVC), *low density polyethylene* (LDPE), *polypropylene* (PP), dan *polystyrene* (PS) yang masing masing memiliki karakteristik pengolahan yang berbeda-beda. Untuk jenis plastik LDPE dan PVC masih sangat sulit didaur ulang. Untuk plastik jenis PET biasanya dapat diolah menjadi wadah makanan dan minuman. Pada jenis plastik PP biasanya diolah menjadi komponen otomotif. Untuk plastik jenis PS banyak digunakan untuk mainan dan alat medis. Dan untuk HDPE biasanya diolah menjadi botol shampo dan botol oli. Sebelum didaur biasanya plastik dicacah terlebih dahulu atau dibuat menjadi biji plastik dan biasanya proses daur ulang ini sebagian besar masih dilakukan oleh skala industri yang memiliki peralatan yang mahal. Ada cara lain yang bisa menjadi alternatif untuk mengolah plastik menjadi produk dengan murah dan memiliki nilai ekonomi yang tinggi yaitu dengan dijadikan filamen 3D printer. Dan dalam perancangan ini dibuat mesin ekstruder yang mampu menghasilkan filamen dengan kapasitas produksi 820mm/menit atau sebesar 0.108kg/jam dengan diameter 1.72 mm.

Kata kunci : Sampah Plastik, mesin ekstruder, filamen 3D printer

ABSTRACK

Plastic waste is one of the problems which is faced by countries in the world including Indonesia, of which 65 million tons of waste are produced every day, there are 24 percent of unmanaged waste and 14 percent of which is plastic waste. Though almost all types of plastic can be recycled. Some types of plastic in the industrial world that are often recycled are *polyethylene therephtalathe* (PET), *high density polyethylene* (HDPE), *polyvinyl chloride* (PVC), *low density polyethylene* (LDPE), *polypropylene* (PP), and *polystyrene* (PS), each have different processing characteristics. LDPE and PVC plastics are still difficult to recycle. For PET type plastic can usually be processed into food and beverage containers. PP types are usually processed into automotive components. For PS type plastic is widely used for toys and medical devices. And for HDPE is usually processed into shampoo bottles and oil bottles. Before being recycled plastic is usually chopped first or made into plastic seeds and usually this recycling process is mostly still carried out by industrial scale which has expensive equipment. There are other ways that can be an alternative to processing plastics into products cheaply and have high economic value by making 3D printer filaments. And in this design an extruder machine is made that is capable of producing filaments with a production capacity of 820 mm/minute or 0.108 kg/hour with a diameter of 1.72 mm.

Keyword : Plastic waste, extruder machine, 3D printer filament

DAFTAR ISI

Halaman Judul i
Halaman Persembahan v
Halaman Motto vi
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih vii
Abstrak ix
Abstrack x
Daftar Isi xi
Daftar Tabel xiv
Daftar Gambar xv
Bab 1 Pendahuluan 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan 3
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan 3
1.6 Sistematika Penulisan 3
Bab 2 Tinjauan Pustaka 5
2.1 Kajian Pustaka 5
2.2 Dasar Teori 6
2.2.1 Plastik 6
2.2.2 Filamen 3D Printer 7
2.2.3 Motor DC 8
2.2.4 Rantai dan Sproket 9
2.2.5 Baja Tahan Karat 9
2.2.6 Bantalan 10
Bab 3 Metode Penelitian 12
3.1 Alur Penelitian 12
3.2 Observasi Spesifikasi Alat dan Bahan 12
3.3 Konsep dan Perancangan Desain 13
3.4 Alat dan Bahan 13

3.4.1 Alat 14
3.4.2 Bahan 17
Bab 4 Hasil dan Pembahasan 24
4.1 Pembuatan Desain 24
4.1.1 Desain Rangka 24
4.1.2 Desain Barel 24
4.1.3 *Screw* 25
4.1.4 *Nozzle* 26
4.1.5 *Hopper* 27
4.2 Pembuatan Alat 28
4.2.1 Pembuatan Rangka 29
4.2.2 Pembuatan Barel 29
4.2.3 Pembuatan *Hopper* 29
4.2.4 Pembuatan *Nozzle* 29
4.2.5 Pembuatan Dudukan *Heater Band* 29
4.2.6 Modifikasi Scew 30
4.2.7 Proses *Assembly* 30
4.3 Perhitungan 30
4.3.1 Pemilihan Motor Listrik 30
4.3.2 Jumlah Pemanas 31
4.4 Hasil Perancangan 32
4.4.1 Hasil Perancangan Rangka 32
4.4.2 Hasil Modifikasi *Screw* 33
4.4.3 Hasil Perancangan *Nozzle* 34
4.4.4 Hasil Perancangan Dudukan *Heater* 35
4.5 Rincian Biaya 36
4.6 Hasil Pengujian 37
4.6.1 Pengujian Kekuatan Rangka 37
4.6.2 Pengujian Pengoperasian Mesin 39
4.7 Analisis dan Pembahasan 39
Bab 5 Penutup 43
5.1 Kesimpulan 43

5.2 Saran 43
Daftar Pustaka 44

DAFTAR TABEL

Table 4-1 Rincian biaya..... 36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Mesin ekstruder filamen 3D printer di pasaran. 6
Gambar 2-2 Konstruksi motor DC. 8
Gambar 2-3 Rantai dan sproket. 9
Gambar 2-4 Pipa *stainless steel.* 10
Gambar 2-5 Bantalan. 11
Gambar 3-1 Diagram alir perancangan. 12
Gambar 3-2 Gerinda tangan. 14
Gambar 3-3 Gerinda potong. 15
Gambar 3-4 Mesin las. 15
Gambar 3-5 Bor tangan. 16
Gambar 3-6 Mesin bubut. 16
Gambar 3-7 Pipa *stainless steel.* 17
Gambar 3-8 Mata bor *auger bit.* 18
Gambar 3-9 Silinder kuningan pejal. 18
Gambar 3-10 Baja siku. 19
Gambar 3-11 Bantalan. 19
Gambar 3-12 Plat baja. 20
Gambar 3-13 Plat besi. 20
Gambar 3-14 Nepel. 21
Gambar 3-15 Sproket 21
Gambar 3-16 Rantai 22
Gambar 3-17 *Heater Band.* 22
Gambar 3-18 PID *controller.* 23
Gambar 3-19 *Speed controller.* 23
Gambar 4-1 Desain rangka. 24
Gambar 4-2 Desain 2D barel. 25
Gambar 4-3 Desain 3D *screw.* 25
Gambar 4-4 *Nozzle.* 26
Gambar 4-5 Desain 2D *nozzle.* 26
Gambar 4-6 *Hopper* tampak depan. 27

Gambar 4-7 *Hopper* tampak samping. 27
Gambar 4-8 Desain 3D *hopper*. 28
Gambar 4-9 Desain *assembly*. 28
Gambar 4-10 Pemotongan baja siku. 32
Gambar 4-11 Pengelasan baja siku. 33
Gambar 4-12 Rangka. 33
Gambar 4-13 Hasil modifikasi *screw*. 34
Gambar 4-14 *Nozzle*. 35
Gambar 4-15 Dudukan *heater band*. 35
Gambar 4-16 Mesin ekstruder filamen 3D printer. 36
Gambar 4-17 Beban aksial depan. 38
Gambar 4-18 Beban aksial belakang. 38
Gambar 4-19 Penggumpalan filamen pada suhu lebih dari 165℃ 39
Gambar 4-20 Bentuk filamen pada suhu dibawah 160℃. 40
Gambar 4-21 Hasil pemanasan pada suhu 162℃ 41

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah plastik merupakan salah satu permasalahan yang saat ini sedang di hadapi oleh negara – negara di dunia dan Indonesia adalah salah satunya. Menurut riset terbaru dari Sustainable Waste Indonesia (WSI) yang dikutip dari CNN Indonesia dari 65 juta ton sampah yang dihasilkan di Indonesia setiap harinya, terdapat 24 persen sampah yang tidak terkelola dan 14 persen diantaranya adalah sampah plastik.

Hampir semua jenis plastik bisa didaur ulang. Menurut Purwaningrum ada beberapa jenis plastik dalam dunia industri yang dapat didaur ulang yaitu *polyethylene therephtalathe* (PET), *high density polyethylene* (HDPE), *polyvinyl chloride* (PVC), *low density polyethylene* (LDPE), *polypropylene* (PP), dan *polystyrene* (PS). Jenis plastik PET adalah jenis plastik yang mudah pembuatannya dan sering dijadikan sebagai wadah makanan dan minuman. PVC adalah salah satu jenis plastik yang sulit untuk didaur ulang dan biasanya dipakai sebagai pipa dan konstruksi bangunan. PP adalah jenis plastik yang memiliki ketahanan terhadap reaksi kimia kecuali klorin dan bahan bakar serta tahan uap panas sehingga banyak dipakai pada komponen otomotif, karpet, dan lain-lain. PS adalah jenis plastik yang memiliki kekakuan yang baik dan banyak dipakai menjadi mainan, alat medis, dan sebagainya. LDPE adalah jenis plastik yang sangat sering dijumpai dan sering digunakan sebaga kantung, pelapis karton makanan dan lain-lain namun untuk proses daur ulangnya masih sangat sulit dilakukan. Dan terakhir adalah HDPE yaitu jenis plastik yang sering digunakan untuk botol shampo, botol oli, dan lain-lain. Jenis plastik ini juga memiliki karakteristik kuat dan sangat mudah didaur ulang dan salah satu pilihan untuk mendaur ulang ini adalah dibuat suatu filamen 3D printer.

3D printer adalah teknologi pembuatan benda dengan kendali komputer dengan cara menggabungkan dan memadatkan serbuk atau filamen tanpa adanya proses pemesinan. Dan untuk pembuatan filamen tersebut maka dibutuhkan mesin

ekstruder. Teknologi ini sedang berkembang pesat bahkan menurut Forbes, 3D printer telah menjadi salah satu bidang industri yang telah tumbuh hingga mencapai nilai $ 7.3 milyar dan diestimasikan akan terus tumbuh. Hal ini disebabkan teknologi ini mampu membuat segala bentuk *prototype* dengan berbagai bentuk dari aksesoris hingga bidang medis.

Dalam penggunaan 3D printer memerlukan filamen yang terbuat dari plastik yang memiliki harga cukup mahal yaitu Rp 200.000,00 per kilogram tergantung jenis dan kualitasnya. Dan saat pemakaiannya ada beberapa bagian yang disebut *support* yaitu bagian penopang bentuk utama *prototype* yang pada saat *finishing* harus dibuang. Sehingga diperlukan alat untuk mendaur ulang bagian filamen yang terbuang ataupun jenis plastik lain yang dapat memproduksi filamen agar penggunaan 3D printer menjadi lebih murah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka perlu dirumuskan masalah yang akan ditentukan yaitu “Bagaimana cara membuat alat ekstruder filamen 3D printer?”

1.3 Batasan Masalah

Dalam melakukan penelitian ini, diperlukan batasan masalah agar tidak menyimpang dari permasalahan inti dan lebih fokus terhadap pembahasan yang telah ditentukan. Adapun batasan masalah yang diberikan adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan desain alat menggunakan *software* Inventor 2016.
2. Tidak membahas kelistrikan.
3. Tidak membahas umur alat.
4. Tidak membahas cara penggulungan filamen.
5. Jenis plastik yang digunakan adalah berbentuk biji plastik atau cacahan jenis HDPE.

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari perancangan ini adalah membuat mesin ekstruder filamen untuk pengolahan biji plastik dan cacahan plastik dengan suhu maksimal 300 ℃ dengan kapasitas produksi minimal 90 gram/jam.

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Adapun manfaat yang didapat jika tujuan penelitian ini dicapai adalah:

1. Dapat menjadi alternatif pengolahan biji plastik.
2. Dapat mengurangi biaya untuk pemakaian filamen 3D printer.

1.6 Sistematika Penulisan

Agar dapat mempermudah pemahaman dalam penulisan penelitian ini, maka dibuatlah susunan sistematika penulisan. Adapun sistematika penulisan ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Menjelaskan tentang latar belakang dilakukannya penelitian ini, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Menjelaskan tentang kajian pustaka dan dasar teori serta informasi yang mendukung jalannya penelitian.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Menjelaskan tentang tahapan penelitian, alat dan bahan penelitian, dan langkah – langkah yang dilakukan dalam penelitian agar dapat tercapainya tujuan yang diinginkan.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Menguraikan hasil penelitian yang sudah dilakukan untuk selanjutnya dibahas mengenai hasil penelitian tersebut.

BAB 5 PENUTUP

Berisi pernyataan yang merupakan kesimpulan serta saran – saran yeng diperoleh dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Sampah plastik merupakan limbah yang bisa diolah menjadi barang yang memiliki nilai ekonomis tinggi jika diolah dengan benar. Salah satunya adalah dengan dicacah terlebih dahulu. Ada banyak manfaat yang didapatkan dengan mencacah plastik. Selain dapat meningkatkan nilai jual plastik, cacahan plastik juga dianggap lebih mudah dalam hal pengepakan dan pengiriman serta banyak dibutuhkan oleh pabrik–pabrik pengolahan plastik (Napitupulu, 2013). Hal ini dikarenakan cacahan dan biji plastik dapat diolah menjadi berbagai macam benda dengan berbagai bentuk menggunakan mesin ekstruder.

Ekstruder pada thermoplastik adalah alat untuk melakukan proses ekstrusi atau pembentukan dan cacahan plastik dengan menggunakan suhu tinggi untuk proses pelelehan dan dibentuk kembali dengan cetakan menjadi suatu bentuk tertentu (Amenan, 2018). Thermoplastik sendiri adalah polimer yang dapat diolah berulang kali dengan cara dipanaskan. Dalam proses ekstrusi ada beberapa tahap yang dilakukan yaitu :

1. **Proses memasukkan biji ke dalam *hopper*.**

   Tahap ini dilakukan agar biji plastik terdorong oleh *screw* ke dalam *feeding zone* yaitu tempat pemanasan dan pelelehan plastik.

2. **Proses pemanasan biji plastik.**

   Pada tahap ini dilakukan proses pemanasan biji plastik di dalam barel yang berperan sebagai feeding zone. Setelah melalui *feeding zone*, maka biji plastik akan diteruskan keluar barel melalui cetakan.

3. **Proses pencetakan.**

   Pada tahap ini plastik yang telah meleleh akan dikeluarkan sekaligus dicetak sesuai bentuk yang diinginkan.

   Pada proses pencetakan inilah plastik bisa di ubah menjadi bentuk apapun termasuk filamen 3D printer. Untuk mesin ekstruder penghasil filamen 3D printer itu sendiri rata–rata masih dirancang untuk skala industri. Adapun

mesin ekstruder berskala kecil yang dijual di pasaran adalah mesin ekstruder yang memiliki parameter kecepatan ekstrusi 650 mm/menit atau 90 gram/jam yang di jual seharga Rp13.500.000. Pada gambar 2-1 ditunjukkan mesin ekstruder filamen yang telah ada di pasaran.

Gambar 2-1 Mesin ekstruder filamen 3D printer di pasaran.
(Bukalapak, 2015)

2.2 Dasar Teori

Dalam perancangan ini, terdapat beberapa dasar teori yang digunakan sebagai landasan dalam melakukan penelitian dan perancangan. Adapun dasar teori yang dipakai adalah sebagai berikut:

2.2.1 Plastik

Menurut Wicaksana, plastik adalah kumpulan dari polimer yang saling mengikat dan membentuk rantai panjang dengan molekul yang berulang. Plastik digolongkan menjadi 2 macam yaitu:

1. Thermoplastic

Thermoplastic adalah jenis plastik yang melunak jika dipanaskan dan akan mengeras jika didinginkan. Proses ini dapat dilakukan berulang-ulang sehingga plastik ini dapat didaur ulang. Jenis plastik yang termasuk golongan *thermoplastic* adalah HDPE, LDPE, PE, PVC, dan PS. Ada beberapa cara untuk melakukan proses pengolahan thermoplastic yaitu:

2. Thermoset

Thermoset adalah jenis plastik yang tidak bisa didaur ulang kembali. Hal ini dikarenakan jika plastik ini dipanaskan akan menimbulkan kerusakan pada molekul-molekulnya. Contoh dari plastik ini adalah resin dan bakelit.

Ada beberapa cara yang dilakukan untuk melakukan proses pengolahan plastik yaitu:

- Injection molding yaitu proses pembentukan biji plastik dengan cara memasukkan biji plastik ke dalam barel panas dan diinjeksikan dengan *screw* menuju cetakan. Setelah dingin plastik kemudian didorong oleh pompa hidrolik.
- Proses ekstrusi yaitu proses untuk membuat benda berpenampang tetap. Proses ini hampir sama dengan injection molding yaitu plastik dilelehkan dalam barel dan ditransfer dengan *screw*.
- Proses *thermoforming* yaitu proses pembuatan benda berbentuk lembaran dengan menggunakan daya hisap atau tekan.
- Proses *blow molding* yaitu proses untuk membuat benda berongga. Cara kerja alat ini hampir sama dengan cara ekstrusi hanya saja dikembangkan dengan menambah cetakan dan mekanisme penekanan oleh gas.

2.2.2 Filamen 3D Printer

Filamen pada 3D printer adalah material yang digunakan untuk mencetak desain yang telah dibuat melalui perangkat lunak di komputer. Ukuran diameter filamen yang sesuai standar adalah 1.75 mm namun ada juga jenis 3D printer rakitan yang memakai filamen dengan ukuran diameter 3 mm. Ada banyak jenis material yang bisa dibuat menjadi filamen. Material yang digunakan untuk membuat 3D printer adalah *thermoplastic* yang memiliki sifat tangguh, kuat dan mudah dibentuk. Hal ini juga yang mendasari kualitas filamen tersebut. Semakin kuat dan bagus bentuk benda yang dihasilkan oleh filamen maka semakin tinggi pula kualitas filamen tersebut. Pada saat ini filamen yang umum dijual di pasaran terbuat dari *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS), dan *polylactide* (PLA).

Pada gambar 2- berikut dapat dilihat filamen yang biasa digunakan yang dijual di pasaran.

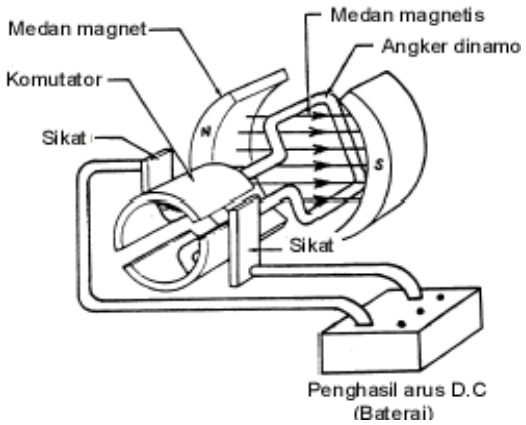
Gambar 2-2 Filamen 3D printer.

(Aneka3D, 2017)

2.2.3 Motor DC

Motor adalah peralatan yang berfungsi untuk mengubah energi gerak menjadi energi listrik. Sedangkan arus DC (*direct current*) adalah arus listrik yang mengalir ke kutub positif ke kutub negative secara searah. Sehingga motor dc adalah alat yang mengubah arus listrik searah menjadi energi gerak.

Pada motor DC terdapat kumparan pada bagian tidak berputar yang disebut stator dan kumparan yang berputar yang disebut rotor. Saat kumparan – kumparan di dalam motor dialiri listrik maka akan timbul gaya magnet yang menghasilkan putaran. Jika terjadi putaran pada bagian rotor, akan timbul gaya gerak listrik yang berubah–ubah arahnya pada setiap setengah putaran dan untuk menghasilkan putaran, motor memiliki satu lilitan yang dapat berputar bebas diantara kutub–kutub medan magnet.



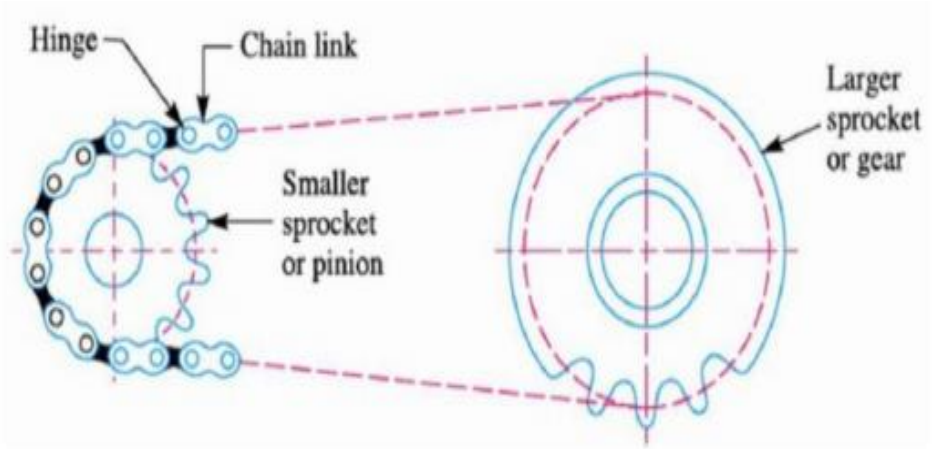
Gambar 2-3 Konstruksi motor DC.

(Kho, 2017)

2.2.4 Rantai dan Sproket

Rantai adalah suatu rangkaian dari sejumlah mata rantai yang dihubungkan oleh engsel yang bersifat fleksibel untuk menghubungkan dan mentransmisikan daya dari suatu sproket ke sproket lainnya. Sedangkan sproket adalah pasangan dari rantai yaitu sebuah roda yang bergigi khusus untuk dipasangkan pada rantai.

Rantai mempunyai bentuk khusus sehinggga dapat mencengkram sproket dengan sempurna untuk menghindari slip. Karena terbuat dari baja, rantai dapat mentarnsmisikan daya yang tinggi sehingga banyak digunakan untuk transmisi daya poros pada sepeda, sepeda motor, alat pertanian, konveyor, dan lain-lain.



Gambar 2-4 Rantai dan sproket.
(Setiawan, Sagitta, & Adhi, 2015)

2.2.5 Baja Tahan Karat

Baja tahan karat atau yang lebih sering dikenal dengan sebutan *stainless steel* adalah jenis baja yang lebih tahan terhadap korosi akibat oksidasi karena memiliki kandungan *chromium* yang tinggi (Belyakov, Miura, & Sakai, 1998). Baja tahan karat diklasifikasikan menjadi beberapa tipe. Setiap tipe pada jenis-jenis baja memiliki sifat yang berbeda-beda dikarenakan material penyusunnya dan salah satu jenisnya adalah baja tahan karat tipe 304.

Baja tahan karat tipe 304 termasuk pada kelas *austenitic*. Sifat pada kelas ini adalah ketahanannya pada korosi yang paling baik diantara kelas lainnya. Selain itu baja ini juga tahan pada suhu tinggi sehingga banyak dipakai untuk keperluan

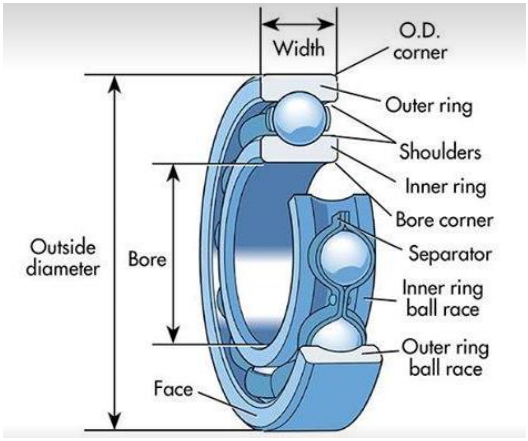
industri untuk produksi benda-benda steril dan panas. Berikut ini dapat dilihat pipa *stainless steel* pada gambar 2-5.

Gambar 2-5 Pipa *stainless steel*.

2.2.6 Bantalan

Bantalan merupakan salah satu bagian pada mesin yang berfungsi untuk menahan suatu poros tetap berputar pada sumbu yang lurus dan menahan beban sehingga tidak bergesekan dengan bagian mesin yang lainnya. Jika antara dua logam saling bergesekan, akan menimbulkan panas dan menyebabkan keausan yang akan memengaruhi kinerja alat. Sehingga pada bagian dalam bantalan yang berputar harus diberi pelumas agar awet. Jika bantalan rusak, maka poros alat yang dipasang pada bantalan akan sulit berputar dan akan memngaruhi kinerja seluruh mesin. Pada gambar akan terlihat konstruksi umum pada bantalan.

Pada gambar 2-5 dapat dilihat konstruksi bagian dalam bantalan.



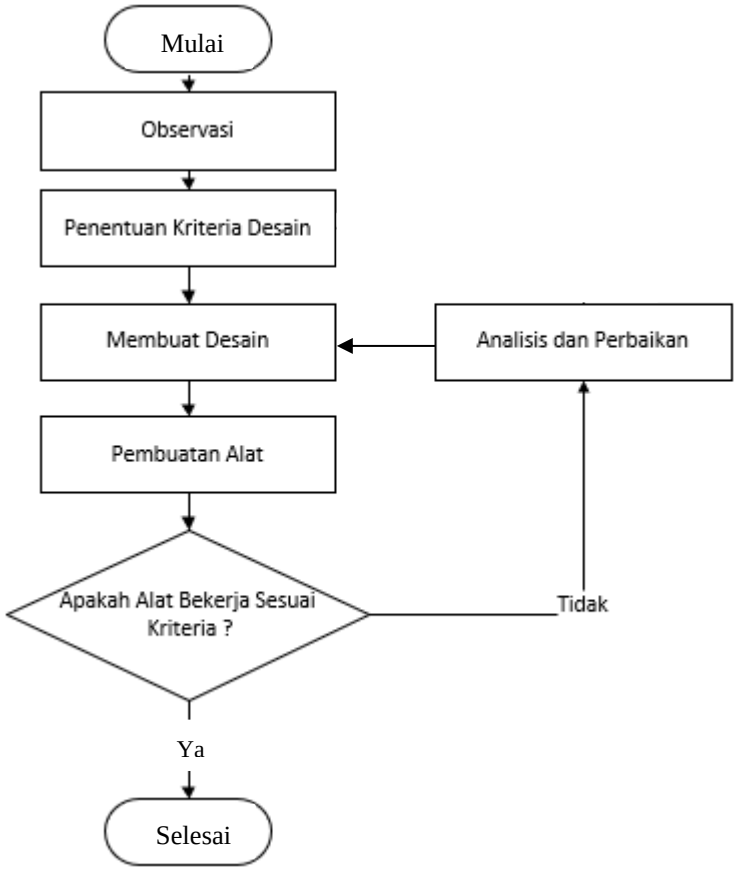
Gambar 2-6 Bantalan.

(Machine Design, 2015)

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Dalam membuat perancangan, dibuat sebuah diagram seperti yang dapat dilihat pada gambar 3-1 yang berisikan tahapan-tahapan proses yang akan dilakukan.



Gambar 3-1 Diagram alir perancangan.

3.2 Observasi Spesifikasi Alat dan Bahan

Sebelum melakukan proses perancangan, dilakukan pengamatan atau observasi untuk mendapatkan informasi-informasi yang berguna untuk mempermudah proses perancangan desain alat. Observasi yang dilakukan adalah

secara studi literatur dan melihat standar ukuran bahan yang akan disesuaikan dengan desain yang akan dibuat.

3.3 Konsep dan Perancangan Desain

Setelah melakukan observasi spesifikasi alat dan bahan, dilakukan pembuatan konsep dan perancangan desain. Hal ini dilakukan untuk menentukan bagaimana kriteria alat yang nantinya akan dibuat. Adapun kriteria desain yang ditentukan dalam perancangan adalah sebagai berikut :

1. Produktif

Setiap perancangan harus memiliki kapasitas produksi yang ditargetkan dan sebisa mungkin harus dicapai. Walaupun nantinya akan ada banyak faktor-faktor yang memengaruhi hasil akhir yang harus dipertimbangkan. Kapasitas produksi yang ditargetkan adalah mampu menghasilkan filamen dengan diameter 1.75 mm dan kapasitas produksi 100 gram/jam dengan waktu pemanasan awal maksimal 30 menit.

2. Murah

Selain memiliki kecepatan produksi yang lebih tinggi dari produk yang telah ada, harga alat juga dibuat seminimal mungkin agar bisa menjadi lebih murah. Untuk target pembuatan alat diharapkan bisa dicapai dengan modal kurang dari Rp 10.000.000.

3. Kontrol Mudah

Ada banyak jenis plastik dengan karakteristik titik lebur yang berbeda-beda. Sehingga untuk mempermudah proses pembuatan filamen alat dirancang agar bisa dikontrol temperatur dan kecepatan putar motornya.

4. Perawatan Mudah

Kriteria lain yang ada pada mesin adalah mudah perawatannya yaitu mesin mudah dibongkar dan dibersihkan.

3.4 Alat dan Bahan

Pada perancangan ini dibutuhkan alat dan bahan yang digunakan untuk memproduksi mesin ekstruder penghasil filamen 3D printer

3.4.1 Alat

Berikut ini adalah alat -alat yang digunakan dalam proses pembuatan mesin ekstruder filamen 3D printer:

1. Gerinda Tangan

Gerinda tangan merupakan alat perkakas yang digunakan untuk mengasah, memotong, dan merapikan benda kerja. Dalam pembuatan mesin ini gerinda tangan digunakan untuk memotong bahan-bahan dan merapikan bahan dari sisa potongan dari bahan logam seperti pipa baja anti karat, plat baja dan kuningan. Gerinda tangan ini juga digunakan untuk membersihkan karat pada baja siku yang dipakai sebelum proses pengecatan. Berikut dapat dilihat gerinda tangan yang digunakan pada gambar 3-2.

Gambar 3-2 Gerinda tangan.

2. Gerinda potong

Pada dasarnya gerinda potong memiliki prinsip kerja yang sama dengan gerinda tangan, hanya saja gerinda potong lebih cocok untuk pemotongan benda dengan ukuran yang lebih tebal dan utnuk profil potongan yang berbentuk tegak lurus. Pada pengerjaan mesin ekstuder ini gerinda potong digunakan untuk memotong baja siku dan kuningan.

Berikut dapat dilihat gerinda potong yang digunakan pada gambar 3-3.

Gambar 3-3 Gerinda potong.

3. Mesin Las

Mesin las adalah mesin yang digunakan untuk menyambung logam-logam tertentu. Cara kerja mesin las yaitu dengan cara memanaskan logam pengisi diantara logam yang ingin disambungkan. Pengelasan dilakukan untuk menyambungkan baja siku menjadi rangka, menyambungkan antara sproket dan *screw*, dan membuat *hopper* dari plat baja. Berikut dapat dilihat mesin las yang digunakan pada gambar 3-4.

Gambar 3-4 Mesin las.

4. Bor Tangan

Bor tangan adalah perkakas yang digunakan untuk membuat profil lubang pada suatu permukaan benda yang dioperasikan dengan memakai tangan. Dalam perancangan ini bor tangan digunakan untuk membuat lubang baut pada baja siku agar bisa dibongkar pasang. Berikut dapat dilihat bor tangan yang digunakan pada gambar 3- 5.

Gambar 3-5 Bor tangan.

5. Mesin Bubut

Mesin bubut adalah perkakas yang digunakan untuk memotong benda dengan cara memutar benda kerjanya. Dalam perancangan ini mesin bubut digunakan untuk memotong dan membuat lubang pada kuningan yang akan dijadikan sebagai *nozzle* dan dudukan *heater band***.** Berikut dapat dilihat mesin bubut yang digunakan pada gambar 3-6:

Gambar 3-6 Mesin bubut.

3.4.2 Bahan

Berikut ini adalah bahan-bahan yang dipakai dalam pembuatan mesin ekstruder filamen 3D printer:

1. Pipa *Stainless Steel.*

Pipa *stainless steel* merupakan pipa baja yang memiliki persentasi chromium yang tinggi yang menyebabkan pipa menjadi lebih tahan terhadap karat. Dalam perancangan ini pipa *stainless* digunakan sebagai barel yang berfungsi sebagai tempat berlangsungnya pemanasan biji plastik. Barel ini juga harus tahan deformasi yang diakibatkan paparan panas dan dapat menghantarkan panas dengan baik. Pipa yang dipakai juga harus sesuai ukurannya dengan *screw* yang dipakai nantinya agar aliran plastik tidak mengalir berbalik arah dari *nozzle*. Pipa stainless steel yang dipakai dapat dilihat pada gambar 3-7 berikut.

Gambar 3-7 Pipa *stainless steel*.

2. Mata Bor *Auger Bit*

Ada banyak jenis-jenis mata bor yang dipakai dalam kehidupan sehari-hari dan salah satunya adalah *auger bit*, yaitu jenis mata bor yang digunakan untuk membuat dan memperbesar lubang pada kayu. Pada perancangan ini, mata bor auger bit ini berfungsi sebagai *screw* yang akan mentransferkan biji plastik dari *hopper* menuju *nozzle*. *Auger Bit* yang

dipakai memiliki ukuran diameter 16 mm dan panjang 460 mm dapat dilihat pada gambar 3-8 berikut ini :

Gambar 3-8 Mata bor *auger bit.*

3. Silinder Kuningan Pejal

Silinder kuningan pejal merupakan logam paduan yang terbuat dari campuran tembaga (Cu) dan seng (Zn) yang memiliki karakteristik penghantar panas yang sangat baik. Dalam perancangan ini silinder kuningan digunakan sebagai bahan dasar untuk pembuatan *nozzle* dan sebagai dudukan pada *heater band.* Berikut ini dapat dilihat silinder kuningan pada gambar 3-9 yang dipakai dalam perancangan.

Gambar 3-9 Silinder kuningan pejal.

4. Baja siku

Baja siku merupakan baja yang dibuat memiliki profil dengan sudut 90 derajat. Dalam perancangan ini baja siku digunakan sebagai material utama dari pembuatan komponen rangka. Pada gambar 3-10 dapat dilihat baja siku yang digunakan.

Gambar 3-10 Baja siku.

5. Bantalan

Bantalan merupakan komponen pendukung untuk menyokong poros agar dapat berputar dengan baik. Pada perancangan ini bantalan digunakan untuk menyokong *screw* agar dapat berputar dengan baik. Bantalan yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3-11 berikut.

Gambar 3-11 Bantalan.

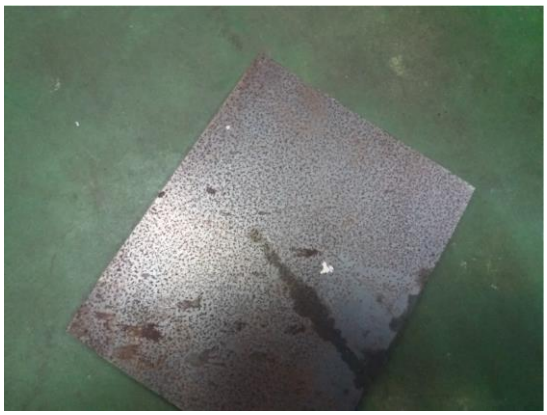
6. Plat Baja.

Plat baja adalah logam besi yang dipadukan dengan karbon yang dibentuk menjadi lembaran plat. Pada penelitian ini plat baja digunakan sebagai bahan utama untuk pembuatan *hopper*. Berikut adalah gambar plat baja yang dipakai dalam perancangan.

Gambar 3-12 Plat baja.

7. Plat besi

Plat besi adalah logam berbentuk lembaran yang terbuat dari besi. Dalam perancangan ini plat besi yang digunakan adalah plat berukuran 200 mm x 600 mm dengan ketebalan 3 mm yang digunakan sebagai alas tempat dibautnya rangka utama. Plat besi yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3-13 berikut.



Gambar 3-13 Plat besi.

8. Nepel Baja

Nepel baja adalah logam yang digunakan untuk menyambung dua benda yang berbentuk silinder dengan menggunakan ulir. Pada perancangan ini nepel digunakan sebagai sambungan antara pipa *stainless steel* dan *nozzle*. Nepel yang digunakan dalam perancangan dapat dilihat pada gambar 3-14 berikut.

Gambar 3-14 Nepel.

9. Sproket

Sproket adalah sebuah roda yang memiliki gigi yang berguna untuk mencengkram rantai agar bisa mentransimisikan gerakan putar. Dalam perancangan ini sproket digunakan untuk mentransmisikan gerakan putar dari motor menuju *screw*. Sproket yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3-14 berikut.

Gambar 3-15 Sproket

10. Rantai

Rantai adalah pasangan dari sproket yang berfungsi untuk meneruskan gaya gerak dari suatu sproket ke sproket lainnya. Pada perancangan ini sproket yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3-15 berikut.

Gambar 3-16 Rantai.

11. *Heater Band* dan PID *Controller*.

Heater band adalah elemen pemanas berbentuk gelang yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi kalor dalam perancangan ini *heater band* digunakan untuk memanaskan biji plastik yang berada didalam pipa *stainless steel*. *Heater band* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3-16 berikut.

Gambar 3-17 *Heater Band*.

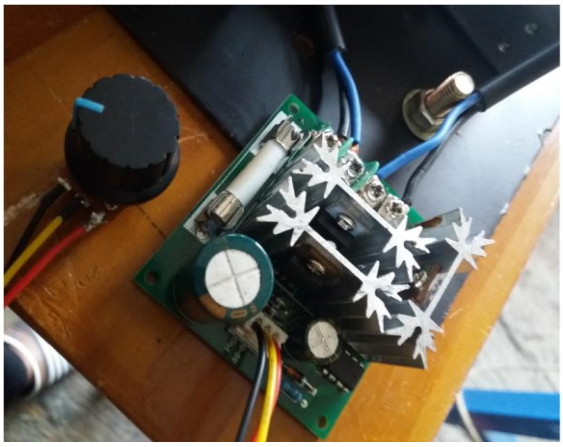
12. PID *Controller*

PID *Controller* adalah sistem kontrol yang berfungsi untuk memberikan umpan balik (*feedback*) dari sensor agar bisa mengatur nilai *output.* Pada perancangan ini PID *controller* berfungsi sebagai pengatur suhu pada *heater band* seperti yang ditunjukkan pada gambar 3-17 berikut.

Gambar 3-18 PID *controller.*

13. *Speed controller*

Speed controller adalah sistem kontrol yang berfungsi untuk mengendalikan nilai *output* dari sumber listrik menuju motor agar bisa dikendalikan kecepatannya. Pada perancangan ini speed controller yang dipakai dapat dilihat pada gambar 3-19.



Gambar 3-19 *Speed controller*.

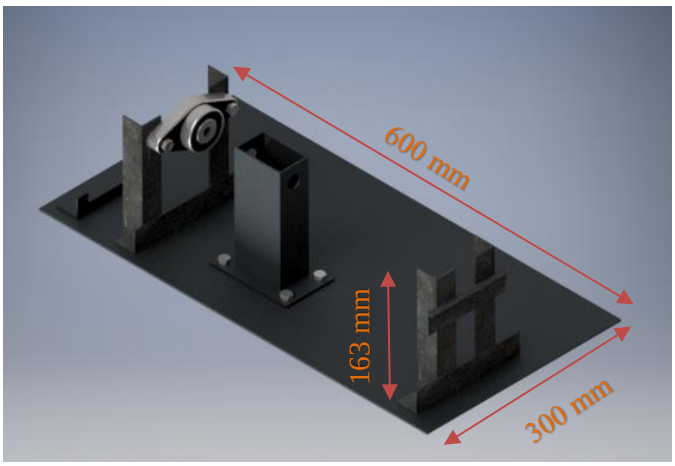
BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembuatan Desain

Pembuatan desain mesin ekstruder filamen 3D Printer ini menggunakan perangkat lunak *Autodesk Inventor* 2016. Desain dalam perancangan ini dibuat menyesuaikan kriteria yang telah dibahas. Berikut beberapa desain hasil perancangan.

4.1.1 Desain Rangka

Rangka pada perancangan ini digunakan sebagai tempat dudukan barel dan *screw* agar bisa berputar. Desain rangka yang dibuat dari bantalan untuk menahan screw dari bagian belakang dan baja siku ini memiliki ukuran panjang, lebar, dan tinggi secara berurutan sebesar 600 x 300 x 163 mm. Ukuran tersebut didapatkan setelah memperkirakan jumla *heater band* yang dipakai dan ukuran *screw* yang dijual dipasaran.

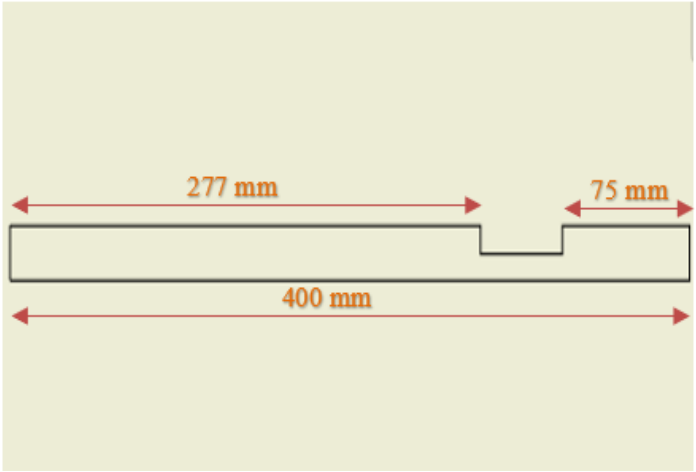


Gambar 4-1 Desain rangka.

4.1.2 Desain Barel

Untuk desain barel disesuaikan dengan ukuran pipa *stainless steel* yang memiliki diameter lubang dalam 17 mm dan panjang 400 mm yang ujungnya

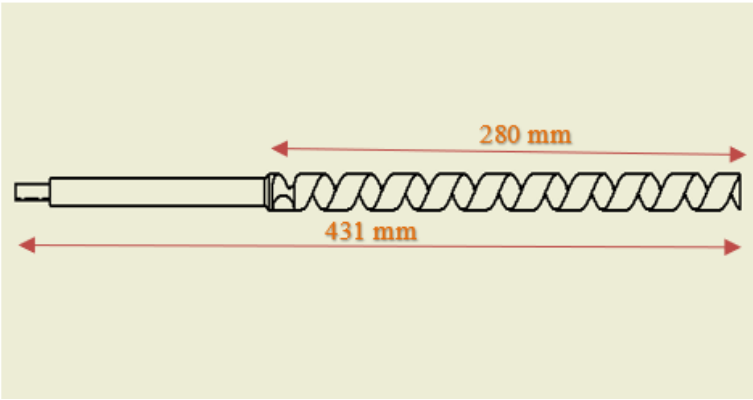
disambungkan dengan nepel baja. Ukuran ini didapatkan dengan mempertimbangkan ukuran *screw* yang memiliki diameter 16 mm dengan panjang gigi 290 mm dan juga jumlah *heater band* yang akan dipakai.



Gambar 4-2 Desain 2D barel.

4.1.3 *Screw*

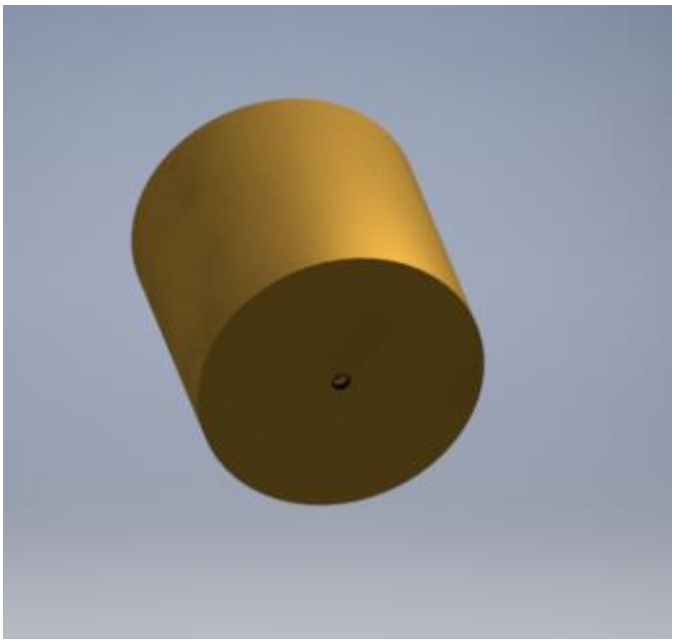
Pada perancangan ini *screw* digunakan untuk mentransferkan biji plastik dari *hopper* menuju *nozzle*. *Screw* yang digunakan terbuat dari mata bor kayu yang terbuat dari material baja dan memiliki diameter 16 mm dan panjang gigi pemakanan



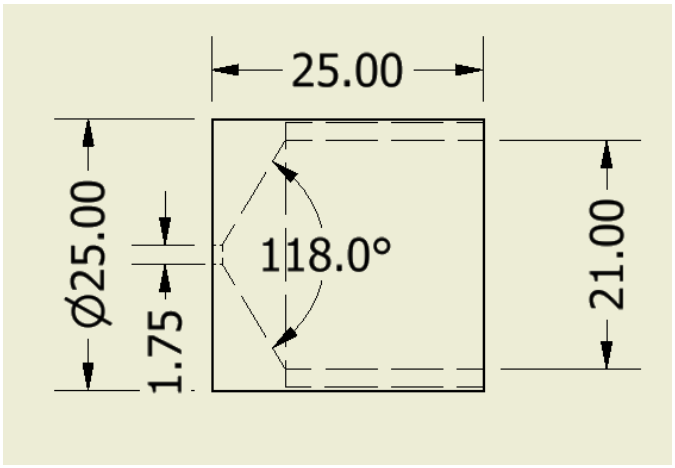
Gambar 4-3 Desain 3D *screw*.

4.1.4 *Nozzle*

Nozzle pada perancangan ini digunakan untuk mencetak plastik menjadi berbentuk filamen. Material yang digunakan dalam pembuatan *nozzle* adalah silinder kuningan dengan diameter 25 mm pada bagian tengah dibuat lubang dengan ukuran 1.75 mm. Ukuran ini didapatkan untuk mendapatkan hasil filamen yang memiliki ukuran 1,75 mm.



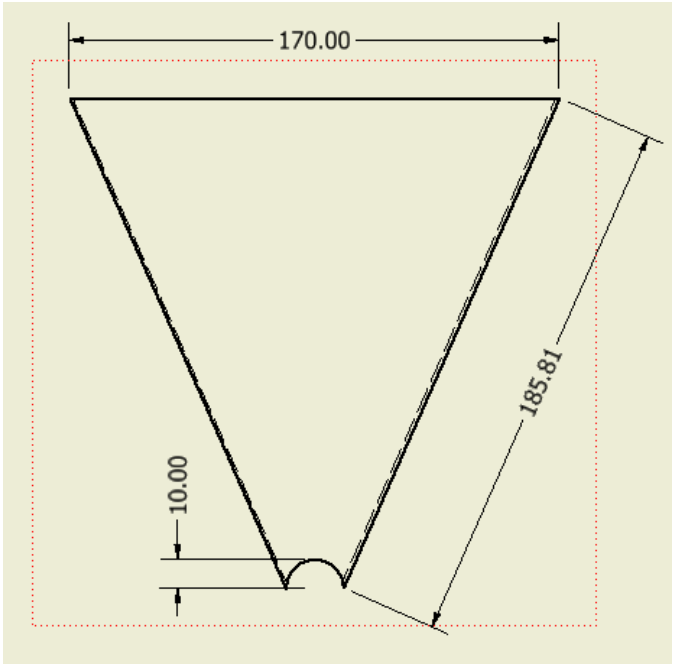
Gambar 4-4 *Nozzle.*



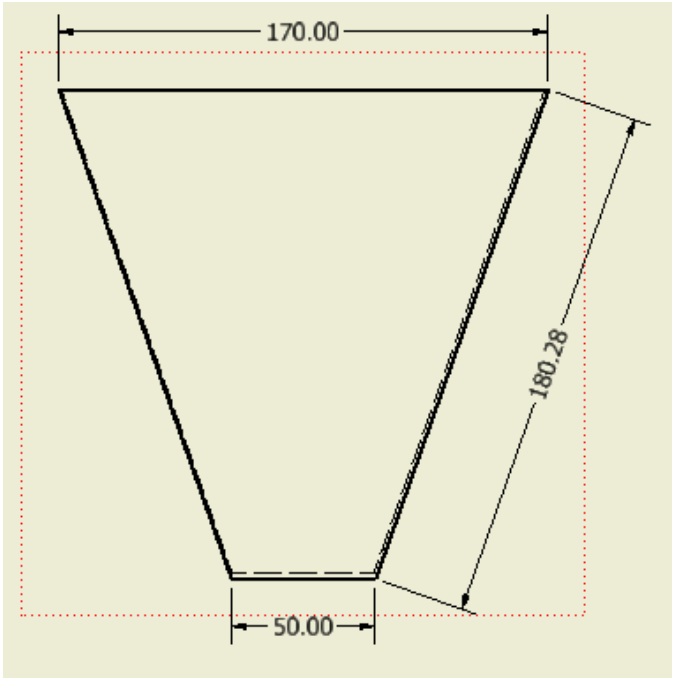
Gambar 4-5 Desain 2D *nozzle.*

4.1.5 *Hopper*

Hopper atau corong yang digunakan sebagai tempat penampung biji plastik sebelum masuk ke barel dibuat dari plat baja dengan tebal 1mm. Ukuran *hopper* dapat dilihat pada gambar 4-6 dan 4-7 yangg ukurannya dalam satuan mm..

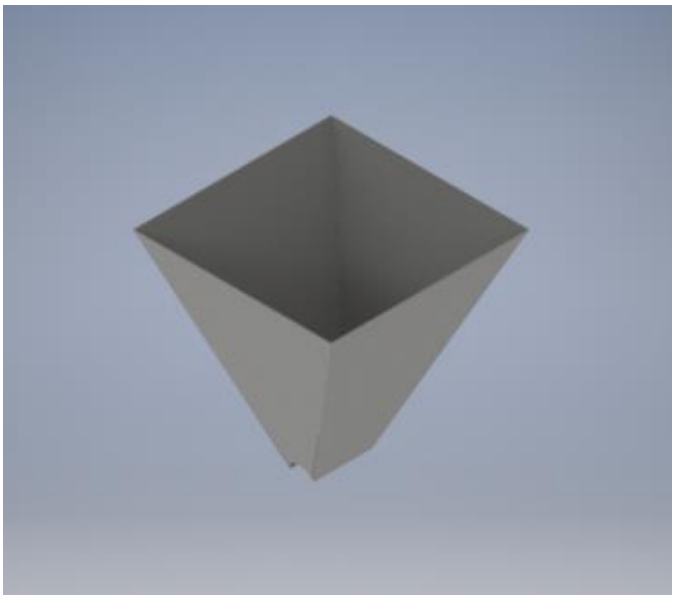


Gambar 4-6 *Hopper* tampak depan.



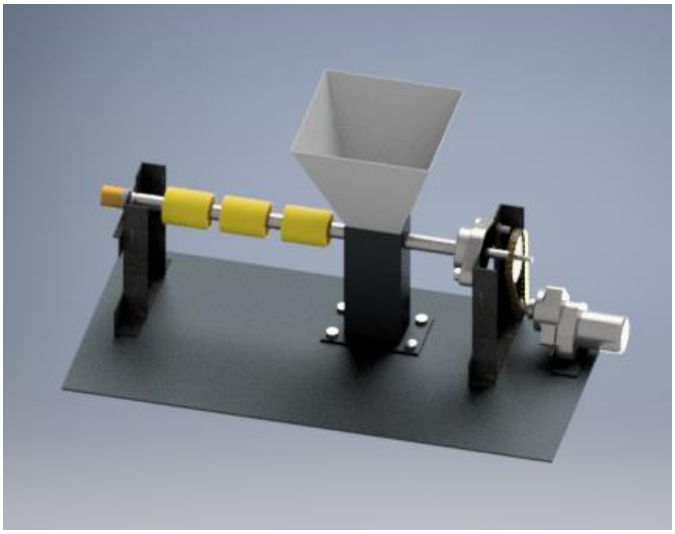
Gambar 4-7 *Hopper* tampak samping.

Dan pada gambar 4-8 ditunjukkan desain 3D hopper.



Gambar 4-8 Desain 3D *hopper*.

Setelah desain seluruh komponen selesai, maka dilanjutkan dengan proses *assembly* seluruh komponen yang telah dibuat. Hasil akhir *assembly* yang didapat terlihat pada gambar 4-9.



Gambar 4-9 Desain *assembly*.

4.2 Pembuatan Alat

Setelah seluruh alat dan bahan yang dibutuhkan terkumpul, maka tahap selanjutnya yang akan dibuat adalah pembuatan alat. Adapun proses pembuatan alat yang dilakukan adalah sebagai berikut:

4.2.1 Pembuatan Rangka

Tahapan ini dilakukan dengan memotong baja siku dengan menggunakan gerinda potong sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan saat perancangan desain. Setelah itu dilas dengan menggunakan las listrik dan bagian bawahnya dilubangi dengan bor tangan untuk tempat pemasangan baut.

4.2.2 Pembuatan Barel

Pada tahap ini pipa *stainless steel* dipotong dengan menggunakan gerinda tangan sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan. Kemudian pada bagian ujungnya disambungkan dengan nepel baja dengan menggunakan las listrik untuk tempat pemasangan *nozzle* agar bisa dibongkar pasang.

4.2.3 Pembuatan *Hopper*

Pada tahap ini plat baja ukuran 1 mm di potong dengan gerinda tangan sesuai ukuran yang telah ditentukan. Kemudian disambungkan dengan las listrik.

4.2.4 Pembuatan *Nozzle*

Pada tahap ini kuningan berdiameter 25 mm dipotong dengan gerinda potong sesuai panjang yang telah ditentukan kemudian pada bagian dalam dilubangi dengan mesin bubut dan bagian tengah dilubangi dengan mata bor ukuran 1.75 mm. Agar *nozzle* bisa mudah dibuka dan dipansang kembali ke barel, maka selanjutnya dibuat ulir sesuai dengan nepel pada barel.

4.2.5 Pembuatan Dudukan *Heater Band*

Ukuran *heater band* tidak sesuai dengan pipa *stainless steel* yang dipakai sehingga perlu diberi dudukan agar *heater band* dapat terpasang sempurna ke barel. Untuk pembuatan dudukan dilakukan dengan memotong silinder kuningan yang berdiameter 38 mm yang sesuai dengan diameter *heater band* dengan menggunakan gerinda potong lalu bagian tengah kuningan tersebut dilubangi sesuai diameter luar pipa *stainless steel* yaitu sebesar 19 mm.

4.2.6 Modifikasi Scew

Pada tahap ini mata bor kayu yang digunakan sebagai *screw* dimodifikasi agar bisa diputar dengan menggunakan motor. Langkah yang dilakukan adalah dengan membuat lubang pada bagian tengah sproket yang berukuran lebih besar dengan menggunakan mesin bor. Kemudian disambungkan pada bagian pangkal mata bor kayu dengan menggunakan las listrik.

4.2.7 Proses *Assembly*

Pada tahap ini seluruh komponen yang telah dibuat dilakukan proses penggabungan (*assembly*). Proses ini dilakukan dengan menggunakan baut dan mur.

4.3 Perhitungan

Pada setiap perancangan diperlukan data-data pasti untuk menentukan pemilihan komponen yang akan digunakan. Data-data tersebut didapat melalui perhitungan, berikut perhitungan yang diperlukan dalam perancangan ini.

4.3.1 Pemilihan Motor Listrik

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 :

$T = F\ x\ r$

$T = m\ x\ g\ x\ r$

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

$T = 708.05\ Ncm$

(Dan jika diubah kedalam satuan Nm:)

$$T = \frac{708.05\ Ncm}{100\ cm/m}$$

$T = 7.08\ Nm$

Dimana :

T = torsi (kgcm)

F = gaya (N)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

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 listrik yang digunakan adalah motor listrik DC dengan torsi 10 Nm.

4.3.2 Jumlah Pemanas

Untuk mengetahui jumlah *heater band* sebagai pemanas yang digunakan untuk memanaskan barel, maka perlu diketahui jumlah daya (W) yang dibutuhkan. Untuk mencari daya (W) digunakan rumus :

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

$$Q = \frac{2{,}44\ kg \,.\, 0.119 \frac{kkal}{kg℃} \,.\, (300 - 27)℃}{860 \,.\, 0.5\ jam \,.\, 0.3}\ x \frac{kW\ jam}{kkal}$$

$$Q = 0.614\ kW\ (\frac{1000\ W}{kW})$$

$$Q = 614\ W$$

Dimana :

m = massa (kg)

c = kalor jenis ($\frac{kkal}{kg℃}$)

T_2= suhu akhir (℃)

T_1= suhu awal (℃)

t = waktu pemanasan (jam)

μ =efisiensi pemanasan

Dari perhitungan yang dilakukan, dapat diketahui jumlah daya yang dibutuhkan adalah 614 W. Sebuah *heater band* mampu menghasilkan daya sebesar 250 sehingga jumlah *heater band* yang diperlukan untuk memenuhi target adalah tiga *heater band* yang akan menghasilkan daya sebesar 750 W.

4.4 Hasil Perancangan

Setelah melewati proses observasi untuk menentukan masalah dan kriteria dari perancangan, serta melakukan proses desain menggunakan *software* CAD maka dapat dilanjutkan dengan tahap pembuatan alat. Proses pembuatan alat ini juga terbagi menjadi beberapa bagian. Berikut ini akan dibahas hasil perancangan yang telah dibuat.

4.4.1 Hasil Perancangan Rangka

Untuk perancangan rangka, material yang dipilih adalah baja yang berbentuk siku dan plat. Pemilihan profil siku dipilih agar mempermudah proses pemasangan dan penyatuan rangka diatas plat baja dengan menggunakan baut dan mur. Untuk proses pembuatan rangka digunakan gerinda potong dan las listrik untuk proses pemotongan dan penyambungan. Dan pembuatan lubang untuk baut dan mur digunakan bor tangan. Pada gambar 4-11 dapat dilihat proses pemotongan baja dengan gerinda potong.

Gambar 4-10 Pemotongan baja siku.

Pada gambar 4-12 dapat dilihat proses penyambungan rangka dengan pengelasan. Pengelasan ini digunakan untuk menyambungkan bagian baja siku.

Gambar 4-11 Pengelasan baja siku.

Setelah semua bahan rangka selesai dipotong dan dilas, maka tahap selanjutnya adalah proses *assembly* rangka.

Gambar 4-12 Rangka.

4.4.2 Hasil Modifikasi *Screw*

Proses modifikasi *screw* perlu dilakukan agar *screw* dapat diputar oleh motor yang dihubungkan dengan sproket dan rantai. Pada bagian ini pemasangan

sproket dengan *screw* harus presisi agar *screw* tidak goyang saat berputar. Sehingga untuk menggabungkan keduanya digunakan poros bergerigi dan sproket kecil yang dilas pada bagian tengah sproket besar. Pada gambar 4-2 dapat dilihat hasil modifikasi *screw* yang telah dilakukan.

Gambar 4-13 Hasil modifikasi *screw*.

4.4.3 Hasil Perancangan *Nozzle*

Untuk komponen *nozzle* dirancang dapat dilepas dan dipasang kembali agar dapat mempermudah proses pembersihan bagian dalam *nozzle* ataupun mengganti *nozzle* tersebut. Material yang dipakai untuk pembuatan *nozzle* adalah kuningan silinder kuningan berdiameter 25 mm dan panjang 25 mm.

Langkah awal prose pembuatan *nozzle* adalah membuat lubang dan ulir agar bisa dipasangkan pada nepel yang berukuran 0.5 inci. Proses ini dilakukan dengan menggunakan mesin bubut dan tap tangan. Proses pembuatan lubang dilakukan sampai kedalaman 23 mm. setelah pembuatan ulir selesai, selanjutnya adalah membuat lubang sebesar 1.75 mm pada bagian ujung lainnya sebagai tempat keluar biji plastik yang telah melunak.

Pada gambar 4-3 *nozzle* dapat dilihat hasil *nozzle* yang telah dibuat.

Gambar 4-14 *Nozzle.*

4.4.4 Hasil Perancangan Dudukan *Heater*

Ukuran *heater* berbeda-beda tergantung jenis dan spesifikasinya. Agar bisa dipasang ke barel perlu dibuat dudukan. Untuk pembuatan dudukan digunakan material silinder kuningan diameter 38 mm dan panjang 50 mm. Pada bagian tengah dibuat lubang agar bisa masuk pas pda pipa yang berukuran 19 mm. proses ini dilakukan dengan menggunakan mesin bubut. Pada gambar 4-4 dapat dilihat dudukan yang telah dibuat dari kuningan.

Gambar 4-15 Dudukan *heater band.*

Setelah pembuatan komponen dilakukan, selanjutnya adalah melakukan *assembly* seluruh komponen mekanik dan rangkaian elektrik dari PID *controller*

yang disatukan dalam sebuah kotak akrilik dan *speed controller*. Pada gambar 4-5 dapat dilihat hasil akhir setelah dilakukan *assembly*.

Gambar 4-16 Mesin ekstruder filamen 3D printer.

4.5 Rincian Biaya

Total biaya yang diperlukan untuk membuat mesin ekstruder penghasil filamen 3D printer ini adalah sebesar Rp 1,631.000. Rincian jumlah harga alat dan bahan yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4-1.

Table 4-1 Rincian biaya.

NO	BAHAN	JUMLAH	HARGA
1	*Heater*	3	RP 240.000
2	PID *controller*	2	RP 169.000
3	Mata bor kayu	1	RP 70.000
4	*Jumper*	3 meter	RP 23.500
5	Nepel dan sambungan	1	RP 90.000
6	Pipa *stainless steel*	1	RP 30.000
7	Plat baja	1	RP 125.000
8	Kabel dan slotip	3 meter	RP 26.500
9	Kuningan diameter 38 mm	1	RP 170.000
10	Kuningan diameter 25 mm	1	RP 40.000
11	Mata bor 1.75 mm	1	RP 30.000
12	Bantalan	1	RP 110.000
13	Motor DC	1	RP 275.000

NO	BAHAN	JUMLAH	HARGA
14	Rantai dan sproket	1	RP 70.000
15	Staker	1	RP 8.000
16	Saklar	1	RP 4.000
17	*Power supply*	1	RP 70.000
18	*Speed controller*	1	RP 50.000
19	Sproket kecil	1	RP 30.000
TOTAL			RP 1,631.000

Untuk biaya produksi jika dianggap tarif listrik yang dipakai adalah Rp 1.467,28 per kWh maka biaya yang di butuhkan adalah :

$Biaya = 1467{,}28 \ x \ jumlah \ daya \ mesin$

$Biaya = 141467{,}28 \ x \ (daya \ motor + 3 \ daya \ heater)$

$Biaya = 1467{,}28 \ \ (0.12 \ kW + 3.0{,}250 \ kW)$

$Biaya = 1467{,}28 \ (0{,}870 \ kW)$

$Biaya = \ Rp \ 1276{,}53$

Jadi biaya yang diperlukan untuk produksi setiap jamnya adalah Rp 1.276,76.

4.6 Hasil Pengujian

Setelah perancangan selesai, pengujian perlu dilakukan untuk mengetahui apakah alat dapat bekerja sesuai fungsinya atau tidak. Karena adanya batasan pada masalah yang akan dibahas maka pengujian yang dilakukan ada dua yaitu pengujian kekuatan rangka dari *software* dan pengujian pengoperasian mesin.

4.6.1 Pengujian Kekuatan Rangka

Pengujian kekuatan rangka dilakukan dengan fitur *stress analysis* yang terdapat pada *software Autodesk Inventor* 2016. Pengujian kekuatan rangka ini dimulai dengan pemberian beban sebesar 885 N. yang didapatkan dari perhitungan.

$$F = \frac{T}{d\frac{1}{2}}$$

$$F = \frac{7.08 \ Nm}{0.016 \ m \ \frac{1}{2}}$$

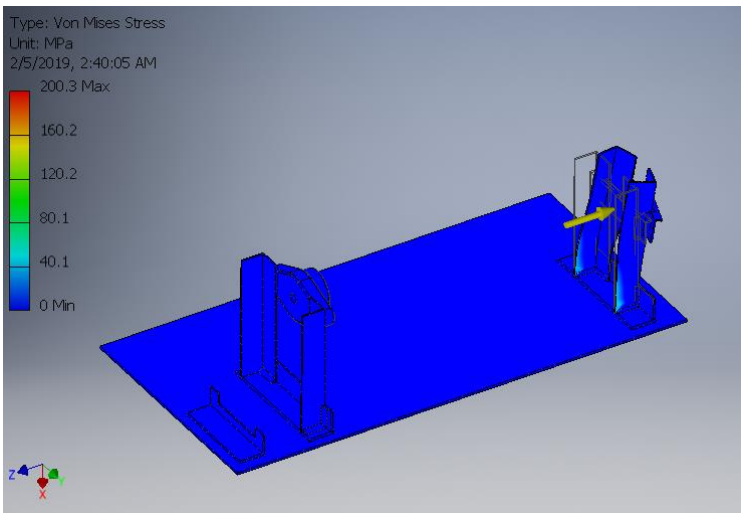
$$F = 885 \ N$$

Dimana :

F = gaya aksial (N)

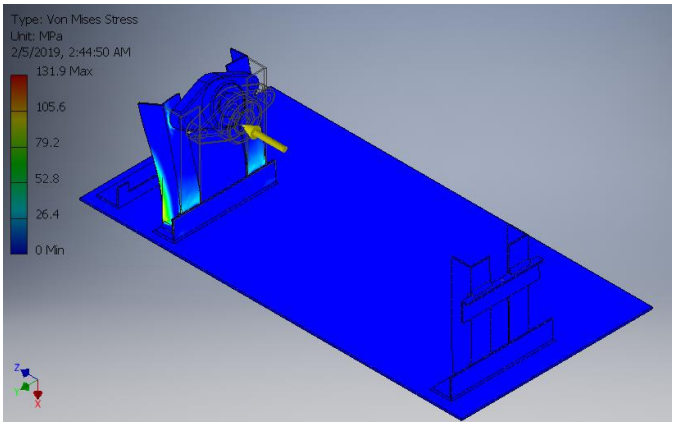
d = diameter *screw* (m)

Pada gambar 4-6 dan 4-7 dapat dilihat hasil uji *stress analysis* yang dilakukan pada bagian rangka depan dan bagian rangka belakang yang berfungsi menahan dorongan akibat tekanan dari biji plastik dan *screw* yang terjadi di dalam barel. Dari pengujian didapatkan bagian rangka depan mengalami beban maksimal 200,3 MPa dan pada rangka bagian belakang mengalami beban maksimal 131,9 MPa. Sedangkan pada baja siku memiliki *yield strength* 250 MPa sehingga dapat disimpulkan rangka mampu menahan beban aksial yang timbul.



Gambar 4-17 Beban aksial depan.

Dan pada gambar 4-19 dapat dilihat beban aksial yang bekerja pada rangka bagian belakang yang merupakan penahan *screw*.



Gambar 4-18 Beban aksial belakang.

4.6.2 Pengujian Pengoperasian Mesin

Setelah mesin di *assembly* secara utuh, dilakukan percobaan pembuatan filamen dari biji plastik berjenis HDPE. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Proses Produksi Universitas Islam Indonesia dan pengujian dilakukan dalam suhu ruang 27℃. Adapun langkah-langkah pengoperasian mesin ekstruder ini adalah :

1. Menghidupkan PID *controller*.
2. Mengatur suhu pada panel PID *controller*.
3. Menunggu hingga barel mencapai panas yang diinginkan.
4. Menghidupkan motor.
5. Memasukkan biji plastik ke dalam *hopper*.
6. Menunggu sampai hasil ekstrusi filamen keluar.

4.7 Analisis dan Pembahasan

Dari percobaan yang dilakukan saat pengoperasian alat, dibutuhkan waktu 20 menit agar barel mencapai suhu yang diinginkan yaitu antara 160℃ -165℃ (untuk biji plastik HDPE). Pada saat alat berada pada suhu diatas 165℃ terjadi cacat produksi pada filamen dikarenakan tekstur filamen yang terlalu cair dan lengket yang mengakibatkan penggumpalan pada ujung *nozzle.* Pada gambar 4- dapat dilihat kecacatan yang diakibatkan pemakaian suhu pada alat yang terlalu tinggi.

Gambar 4-19 Penggumpalan filamen pada suhu lebih dari 165℃

Dan jika temperatur pada alat diatur dibawah 160℃, filamen yang dihasilkan mengalami kecacatan berupa bentuk yang dihasilkan tidak beraturan dan diameternya menjadi tidak seragam. Ini dikarenakan karena tekstur filamen sebelum keluar dari *nozzle* masih sangat kental dan sulit dibentuk. Selain itu kerja motor menjadi sangat berat dan mempengaruhi kecepatan putar *screw*. Pada gambar 4-20 ditunjukkan kecacatan produksi saat pengaturan suhu alat dibawah 160℃

Gambar 4-20 Bentuk filamen pada suhu dibawah 160℃.

Pada percobaan didapatkan hasil terbaik yang dicapai sengan pengaturan suhu pada rentang suhu 160℃-165℃ dan dihasilkan filamen dengan ukuran diameter 1.72 mm dengan kecepatan produksi 820 mm/menit atau jika dikonversikan ke satuan kilogram yaitu :

$$V = \frac{1}{4}\pi d^2 p$$

$$V = \frac{1}{4} . 3{,}14 . (1{,}72mm)^2 . 820mm/menit$$

$$V = 1905{,}29 \frac{mm^3}{menit} \; x \; 60 \frac{menit}{jam}$$

$$V = \frac{114317{,}28mm^3}{jam}$$

$$m = V . berat\ jenis\ HDPE$$

$$m = \frac{114317{,}28\ mm^3}{jam}\ x\ \frac{0.095g}{mm^3}$$

$$m = \frac{108{,}60\ \frac{g}{jam}}{1000\ \frac{g}{kg}}$$

$$m = 0.108\ kg/jam$$

Sehingga biaya operasional alat yaitu :

$$biaya = \frac{Rp\ 1276{,}53/jam}{0.108\ kg/jam}$$

$$biaya = \ Rp\ 11.819{,}72/\text{kg}$$

Dimana :

d = diameter filamen (mm)

V= volume ($\frac{mm^3}{menit}$)

p = kapasitas produksi ($mm/menit$)

m = massa (kg)

Hasil ini didapatkan dari pengaturan suhu dipanel PID *controller* sebesar 162℃ pada kecepatan motor 64,24 rpm. Kelebihan dari alat ini adalah kapasitas produksinya yang tergolong lebih cepat dari produk yang telah ada di pasaran yaitu mencapai 820mm/menit atau sebesar 0.108kg/jam dibandingkan produk yang telah ada yang hanya menghasilkan sekitar 650 mm/menit atau sekitar 90gram/jam, namun untuk diameter sebesar 1.75 mm belum tercapai sehingga masih belum bisa digunakan pada alat 3D printer. Pada gambar 4-20 dapat dilihat filamen yang berhasil dibuat.

Gambar 4-21 Hasil pemanasan pada suhu 162℃.

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

1. Suhu pada barel sangat sensitif terhadap suhu ruangan sehingga perlu adanya penutup pada barel agar suhunya lebih stabil.
2. Diperlukan alat tambahan untuk mendinginkan sekaligus menggulung hasil filamen yang keluar agar diameter yang diinginkan dapat dicapai dan lebih stabil ukurannya.

BAB 5
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Berdasarkan hasil pengujian alat ini dapat dihasilkan filamen dengan diameter 1,72 mm dengan kecepatan produksi 820mm/menit atau sebesar 0.108kg/jam
2. Biaya operasional alat adalah Rp 1.276,76 per jam sehingga biaya untuk membuat 1 kg filamen adalah Rp 11.819,72.
3. Waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan barel untuk memulai pengoperasian alat yaitu 20 menit.

5.2 Saran

Ada beberapa saran yang diberikan pada perancangan mesin ekstruder filamen 3D printer ini yaitu:

1. Perlu ditambahkan penutup pada bagian *heater band* dan barel agar suhunya lebih stabil.
2. Perlu ditambahkan alat tambahan untuk penggulungan dan pendinginan filamen agar hasil diameter filamen yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Amenan, M. (2018). Extruder. Retrieved from https://www.academia.edu/35268531/Extruder

Belyakov, A., Miura, H., & Sakai, T. (1998). Dynamic recrystallization under warm deformation of a 304 type austenitic stainless steel. *Materials Science and Engineering: A*, *255*(1), 139–147. https://doi.org/10.1016/S0921-5093(98)00784-9

CNNIndonesia. (n.d.). Riset: 24 Persen Sampah di Indonesia Masih Tak Terkelola. Retrieved February 19, 2019, from https://www.cnnindonesia.com/gaya-hidup/20180425101643-282-293362/riset-24-persen-sampah-di-indonesia-masih-tak-terkelola

Faq - Aneka3D - 3D Printer Printing Filament Online Store - Jakarta Indonesia. Retrieved February 21, 2019, from http://www.aneka3d.com/content/6-faq

Jual Mesin Extruder Filamen Print 3D di lapak Solechan MT material_teknik. (n.d.). Retrieved February 19, 2019, from https://bukalapak.com/p/industrial/tools/xaqno-jual-mesin-extruder-filamen-print-3d

Kho, D. (2017, July 22). Pengertian Motor DC dan Prinsip Kerjanya. Retrieved February 5, 2019, from https://teknikelektronika.com/pengertian-motor-dc-prinsip-kerja-dc-motor/

Machine Design. (2015, August 26). Retrieved February 5, 2019, from https://www.machinedesign.com/whats-difference-between/what-s-difference-between-bearings-1

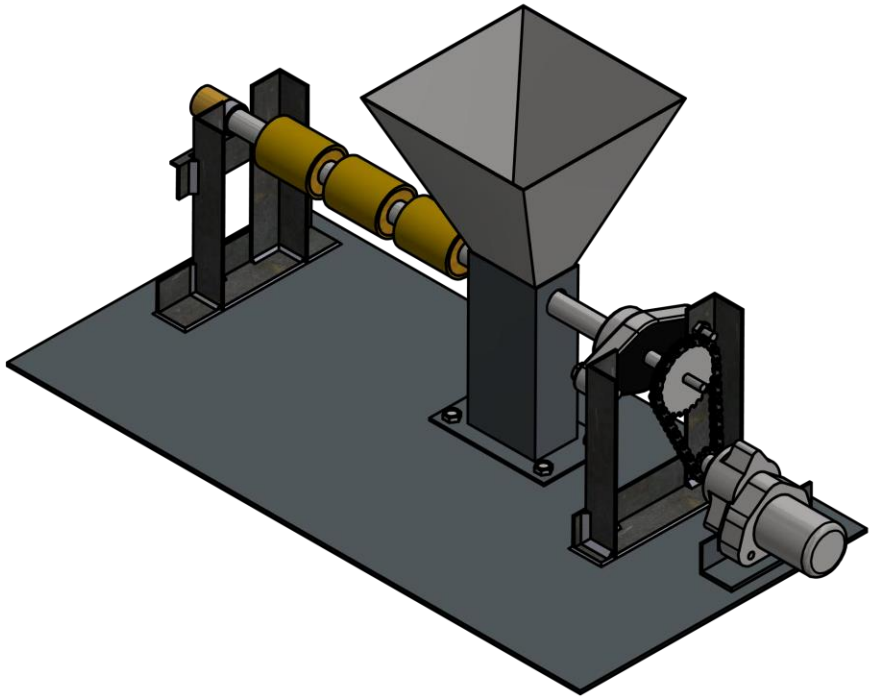
McCue, T. J. Wohlers Report 2018: 3D Printer Industry Tops $7 Billion. Retrieved February 19, 2019, from https://www.forbes.com/sites/tjmccue/2018/06/04/wohlers-report-2018-3d-printer-industry-rises-21-percent-to-over-7-billion/

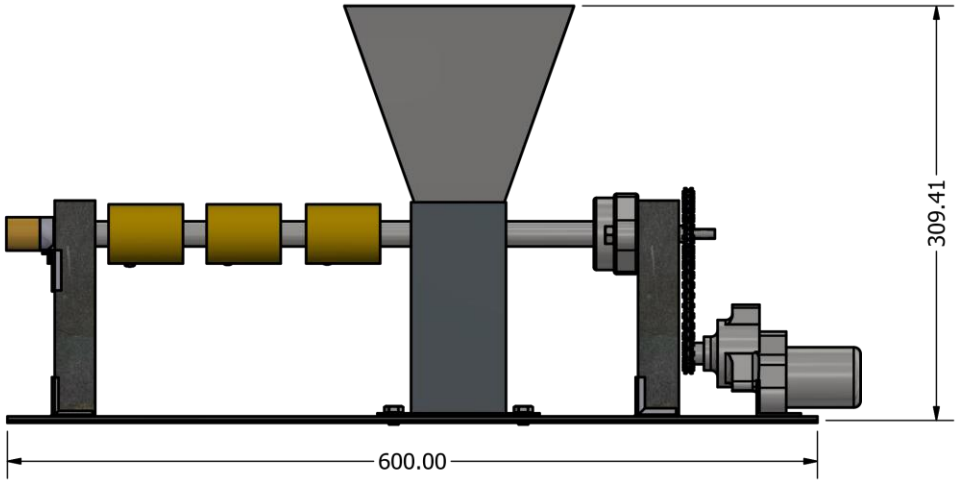
Napitupulu, R. (2013). RANCANG BANGUN MESIN PENCACAH SAMPAH PLASTIK.

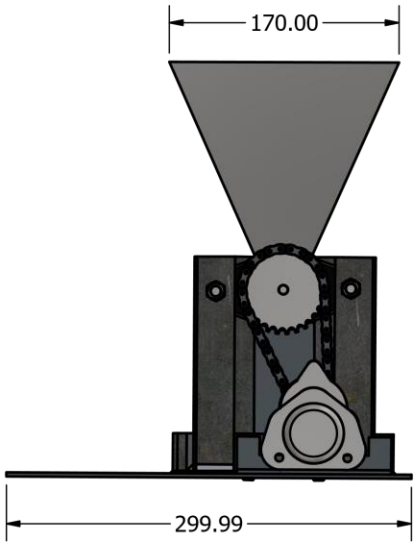
Setiawan, Y., Sagitta, J., & Adhi, K. (2015). Transmisi rantai. Retrieved February 5, 2019, from https://dokumen.tips/documents/transmisi-rantai.html

Wicaksana, B. Pengertian Plastik. Retrieved from https://www.academia.edu/15714311/Pengertian_Plastik

LAMPIRAN

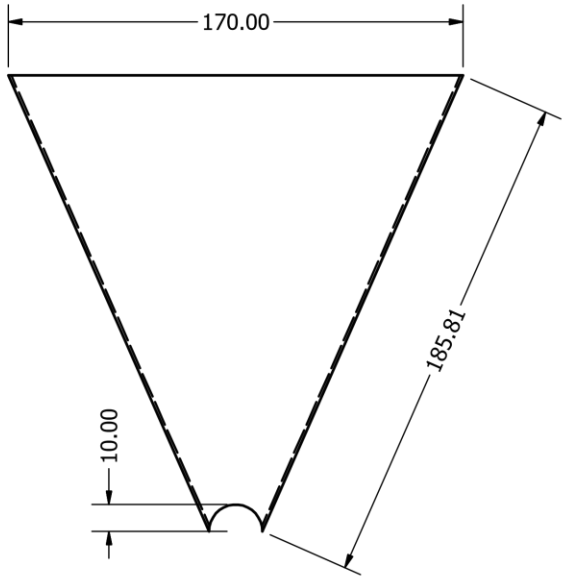


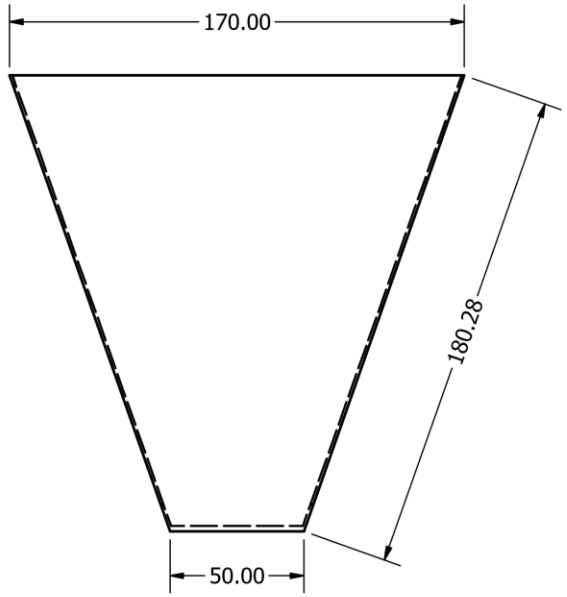


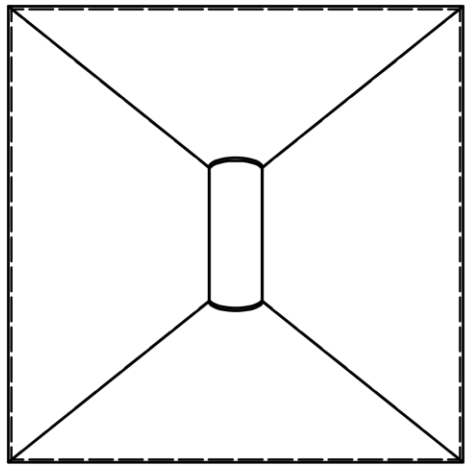


47

Skala : 1:4	Digambar : Haqira Tondi	Keterangan :	
Ukuran : mm	Jurusan : Teknik Mesin		
Tanggal : 04-01- 2019	Dilihat :		
TEKNIK MESIN UII YOGYAKARTA	MESIN EKSTRUDER FILAMEN 3D PRINTER	No.1	A3



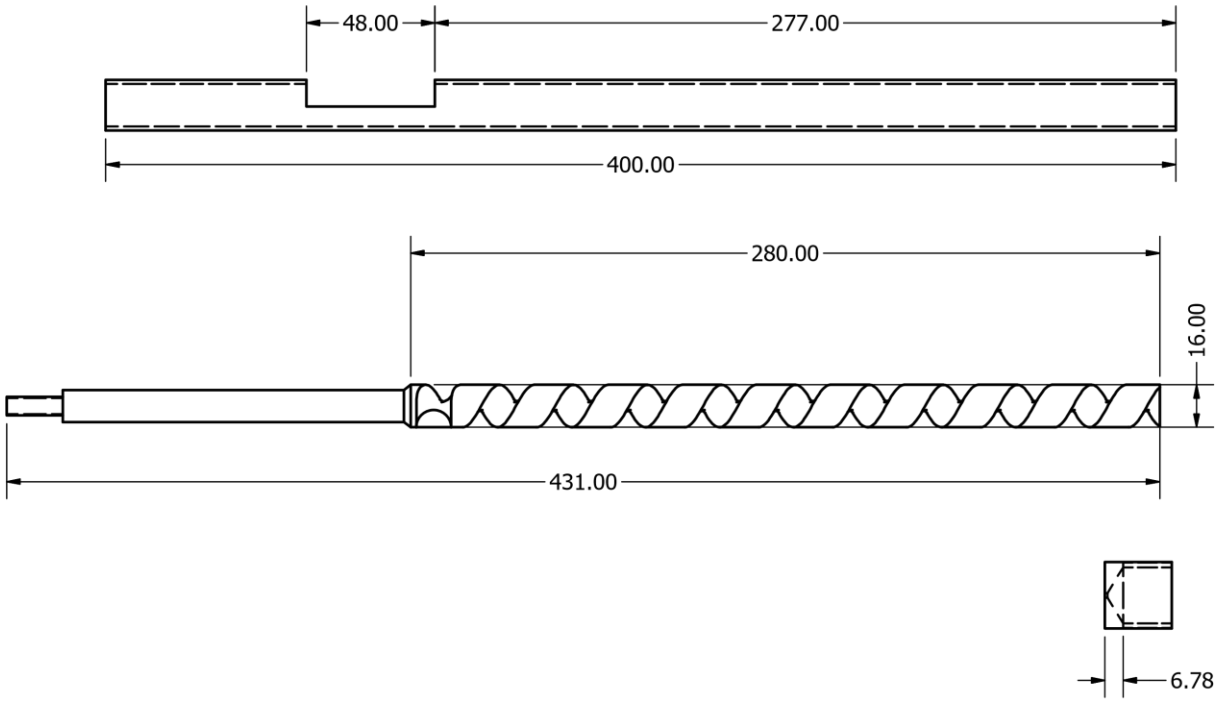


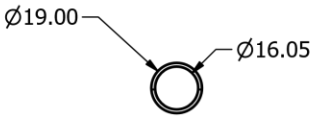


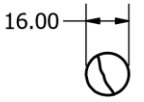
48

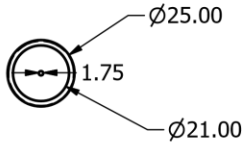
PARTS LIST			
JUMLAH	NAMA PART	KETERANGAN	MATERIAL
1	Hopper	Tebal 1 mm	Stainless Steel

	Skala : 1:2	Digambar : Haqira Tondi	Keterangan :
	Ukuran : mm	Jurusan : Teknik Mesin	
	Tanggal : 04-01- 2019	Dilihat :	
TEKNIK MESIN UII YOGYAKARTA	HOPPER	No.2	A3









49

PARTS LIST				
NO	JUMLAH	NAMA PART	MATERIAL	KETERANGAN
1	1	Barel	Stainless Steel 300	Tebal 1 mm
2	1	Screw	Steel	
3	1	Nozzle	Brass	

Skala : 1:2	Digambar : Haqira Tondi	Keterangan :	
Ukuran : mm	Jurusan : Teknik Mesin		
Tanggal : 04-01- 2019	Dilihat :		
TEKNIK MESIN UII YOGYAKARTA	BAREL, SCREW, DAN NOZZLE	No.3	A3