

# Design of a Single Screw Extruder Machine for 3D Printing Filament Production Applications

## Perancangan Mesin Extruder Single Screw untuk Aplikasi Produksi Filamen 3D Printing

Edi Widodo<sup>1)</sup>, Achmad Bagas Maulana<sup>\*2)</sup>

1) Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

2) Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

\*Email Penulis Korespondensi: [161020200072@umsida.ac.id](mailto:161020200072@umsida.ac.id)

**Abstract.** *This study aims to determine the optimal 3D Printer filament extruder machine design, to determine the design of the extruder components for filament production, to determine the single screw design used for filament production. The research method used is creating flow chart. The result of the research is the calculation of the diameter of the 3D Printer filament of 1.77 mm, by measuring the diameter of the filament by taking a 2 meters long sample to be measured every 10 cm. the most influential components in this research are diameter, length of single screw extruder, length of filament winding process, production capacity and total electric power. With a screw speed of 5 RPM, 1.5 kg of ready-to-use 3D printer filament is produced within 1 hour of production. So there, is an error between the calculation and the realcondition of 15%.*

**Keywords** - 3d printers, extruders, film waste.

**Abstrak.** *Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui desain mesin extruder filament 3d printer yang optimal, untuk mengetahui desain komponen-komponen extruder untuk produksi filament, untuk mengetahui desain single screw yang digunakan untuk produksi filament. Metode penelitian yang digunakan ialah membuat diagram alir. Hasil penelitian adalah perhitungan diameter pada filament 3D Printer sebesar 1.77 mm, dengan dilakukan pengukuran diameter filament yaitu mengambil sampel sepanjang 2 meter untuk dilakukan pengukuran tiap 10 cm. komponen yang paling berpengaruh dalam penelitian ini ialah diameter, panjang single screw extruder, panjang filament winding proses, kapasitas produksi, dan total daya listrik. Dengan kecepatan screw RPM sehingga dihasilkan filament 3d printer siap pakai sebanyak 1.5 Kg dalam waktu 1 jam produksi. Sehingga terdapat error antara perhitungan dan kondisi ril sebesar 15%.*

**Kata Kunci** – 3D Printe, extruder, limbah filment.

## PENDAHULUAN

Sistem pengolahan limbah plastik ada beberapa metode dan proses, salah satunya adalah dengan proses ekstrusi. Sampai saat ini proses pengolahan limbah plastik dengan mesin ekstrusi dianggap sebagai metode yang paling murah dan efisien. Mesin ekstrusi banyak dipergunakan untuk memproduksi produk-produk plastik dengan bentuk panjang dan sederhana seperti pipa, sedotan, selang plastik serta filament untuk mesin 3D printing. Maka dari itu mesin ini sangat efektif dan banyak untuk proses pengolahan daur ulang plastik. (Harson et al. 2021)

Dalam dunia industri, percetakan 3 dimensi (*3D Printing*) sangat disukai karena untuk pembuatan prototipe yang biasa membutuhkan waktu yang lama dapat dimaksimalkan waktu yang lebih pendek. Proses manufaktur dengan tata cara *3D printing* saat ini tumbuh dengan sangat pesat. Teknologi ini membagikan kelebihan ialah bisa membuat geometri yang lingkungan dari bermacam-macam tipe material mulai dari plastik, keramik, sampai logam bisa memakai tata cara ini. Filamen yang menjadi bahan buat membentuk model 3D nyatanya terdapat banyak jenis, semacam Polylactid Acid (PLA), Acrylonitrile Butadiene Stryrene (ABS), Polyethylene Terephthalate (PET), Thermoplastic Elastomers (TPE). Dikala ini tipe filamen buat 3D printing ini memanglah didominasi oleh termoplastik serta turunannya.

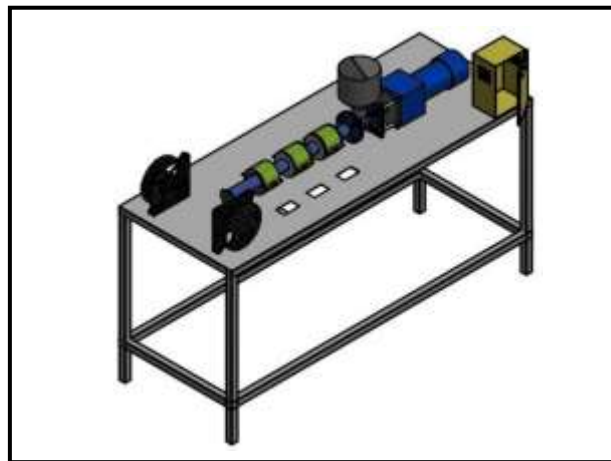
Material atau bahan baku dari teknologi *3D printing* atau biasa disebut dengan filament dapat dibuat menggunakan material jenis polimer. Proses pembuatan filament dapat dilakukan dengan proses ekstrusi, menggunakan mesin extruder. Pengaplikasian filament *feed* dalam proses *3D printing*, dilakukan percobaan menggunakan proses ekstrusi dengan menjalankan screw extruder untuk memperoleh filament yang kontinyu.

Dalam pembuatannya maka akan menghasilkan barang sisa yang disebut dengan limbah. Limbah plastik ialah limbah anorganik yang tersusun dari bahan kimia berbahaya yang memerlukan waktu yang lama untuk dapat terurai di dalam tanah. Pada proses pembuatan prototype dengan 3D printer sering terjadi kegagalan dan terdapat filament sisa dari bentuk utama prototype pada saat finishing sehingga menumpuk menjadi limbah. Sampah filament dari bagian support dan filament dari hasil cetak yang kandas, diproses kembali karena proses pemakaian barangnya sama. Peralatan pengolah limbah polylactic acid (PLA) atau biasa disebut mesin ekstruder bertujuan untuk dapat memanfaatkan kembali mesin printer 3D.

Atas bawah permasalahan ini, setelah itu dicoba pembuatan desain mesin ekstruder yang dimaksudkan untuk memproses biji plastik daur ulang jadi filamen. Tujuan dari pembuatan ekstruder ini ialah mendaur ulang sampah plastik sehingga dapat mengurangi sampah plastik. Oleh karena itu, dalam menanggapi kasus tersebut maka akan dilakukan uji coba perancangan mesin ekstruder yang maksimal guna penciptaan filament 3D Printer.

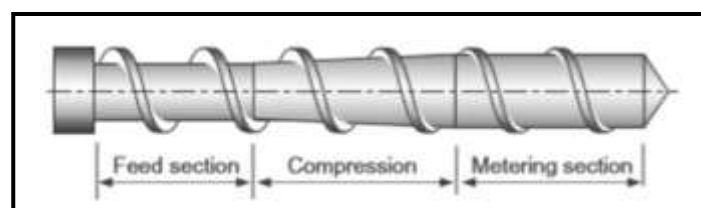
## METODE

Pada penelitian ini metode yang digunakan sesuai dengan urutan pada diagram alir yang dimulai dari studi literatur digunakan untuk mencari data tentang apa saja yang berhubungan dengan komponen dan bahan yang dihasilkan oleh mesin ekstruder. Secara lengkap, metodologi ini digambarkan pada *flowchart* yang secara umum menerangkan alur yang berurutan tentang proses perancangan mesin *single screw extruder* tersebut hingga proses yang dilakukan.



Gambar 1. Desain Mesin Extruder single screw

Mesin ekstrusi ini mempunyai bagian utama berupa sebuah poros berulir (screw) yang berfungsi untuk mendorong dan menekan bahan pellet hingga keluar dari die. Dalam prosesnya bahan baku polimer berbentuk pellet dimasukkan ke dalam hopper dan digerakkan melalui barrel dengan menggunakan sebuah poros berulir yang berbentuk helical (screw conveyor) dan kemudian dihantarkan hingga ke cetakan (die). Poros berulir seperti terdiri dari tiga bagian utama (Irawan and Bisono 2018). Konsep desain single screw extruder yang akan dirancang menjadi tiga bagian daerah atau zona seperti pada gambar dibawah bagian-bagian tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Bagian zona single screw

*Screw* pada mesin *single screw* ini secara keseluruhan mempunyai wujud conical ialah terus menjadi dekat ke arah dies, hingga bagian inti screw terus menjadi membesar untuk menciptakan kompresi sesudah berlangsung perubahannplastik dari solid jadi liquid. Tujuan dan Target yang diharapkan dari modifikasi screw ini adalah mendapatkan kualitas outflow yang optimal dan dapat meminimalkan cacat/kegagalan produk tanpa harus merubah panjang dan diameter screw itu sendiri. (Suryana 2019)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Rancangan Dasar

Sebagai dasar dalam perancangan mesin ekstruder, digunakan perhitungan *rate of production single screw extruder* dan kemudian dilakukan eksperimen langsung untuk memvalidasi hasil perhitungan dan produk sebenarnya yang dihasilkan setelah mesin beroperasi.

kemudian dilakukan perhitungan kebutuhan diameter barrel berdasarkan semua data yang telah diperoleh sebelumnya sehingga didapatkan nilai diameter barrel yang dibutuhkan.

$$Rate = 60 \cdot \rho \cdot N \cdot \eta \cdot \pi^2 \cdot H \cdot Db \cdot (Db - H) \cdot \frac{W}{W + W_{Flt}} \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta$$

Diketahui:

Rate	= 1.5 kg/jam	Rate	= 1.5 kg/jam
Fl	= 800 mm	S	= w + wflt = 18,93 mm
Wflt	= 1,18 mm	w	= 17,75 mm
H	= 0,8 mm	$\eta^F$	= 0.2565 (ABS)
Pb	= 0,773	N	= 8,88 rpm

Db desain = 58,70 mm

Ditanya Db optimal = ?

Jawab :

$$Rate = 60 \cdot \rho_b \cdot N \cdot \eta_F \cdot \pi^2 \cdot H \cdot Db \cdot (Db - H) \cdot \frac{W}{W + W_{Flt}} \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta$$

$$1,5 = 60 \cdot 0,773 \cdot 8,88 \cdot 0,2565 \cdot (3,14^2) \cdot Db \cdot (Db - 0,8) \cdot \frac{17,75}{18,93} \cdot \sin 9^\circ \cdot \cos 9^\circ$$

$$1,5 = 105,64 \times 9,86 \times Db \cdot (Db - 0,8) \times 0,937 \times 0,412 \times -0,91$$

$$Db^2 - Db \times 0,8 = \frac{1,5}{105,64 \times 9,86 \times 0,937 \times 0,412 \times -0,91}$$

$$Db^2 - Db \times 0,8 = \frac{1,5}{105,64 \times 9,86 \times 0,937 \times 0,412 \times -0,91}$$

$$Db^2 - Db \times 0,8 = \frac{1,5}{-391,1}$$

$$Db^2 - Db \times 0,8 = -0,003$$

$$Db^2 - Db \times 0,8 + 0,003 = 0$$

$$Db^2 \times (0,8 + 0,003) = Db$$

$$Db^2 \times 0,803 = Db$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan bahwa diameter barrel yang dibutuhkan agar dapat menghasilkan 1.5 kg filament 3d printer dalam 1 jam yaitu sebesar 1,77 mm.

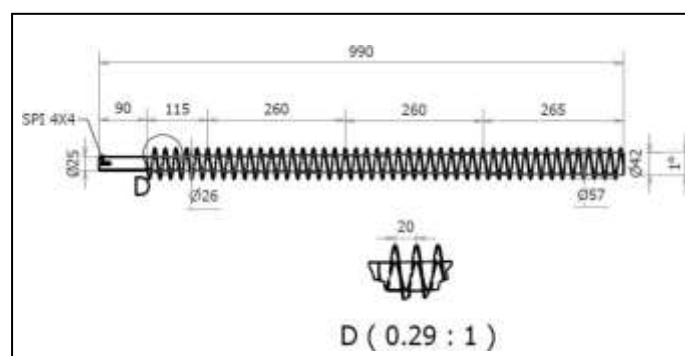
### Desain Single Screw

Dengan data yang diperoleh dari desain single screw extruder sebelumnya serta dari data yang diperoleh pada rancangan dasar single screw extruder maka diketahui rasio L/D dari screw baru adalah 600/37.1 atau L/D = 16.17. dengan melakukan scaling down dari data pada Tabel 3.1 maka didapatkan data desain screw yang baru sebagai berikut pada Tabel 1

Tabel 1. Data Desain Screw

Diameter	37.11 mm
Flighted Length	800 mm
Feed Section Length	184.62 mm
Compression Section Length	207.69 mm
Metering Section Length	207.69 mm
Compression Ratio	3 : 1
Constant Screw Pitch (Flight lead)	37.11 mm
Channel Depth Feed Section	8.30 mm
Channel Depth Metering Section	2.50 mm
Channel Width	33.40 mm
Flight Width	3.71 mm
Flight Angle	17.65
Screw Tip Angle	120 ~ 150

*Scaling down* desain ini dilakukan berdasarkan perbandingan antara diameter barrel yang didapatkan dari rancangan dasar terhadap ukuran tiap bagian *screw*. Kemudian dari data tersebut diatas maka dibuat desain 2 dimensi dan 3 dimensi dari *screw* dengan menggunakan aplikasi Inventor yang ditunjukkan pada gambar 2 untuk gambar 2 dimensi *screw* tampaksamping dan gambar 3 untuk gambar 3 dimensi *single screw*.

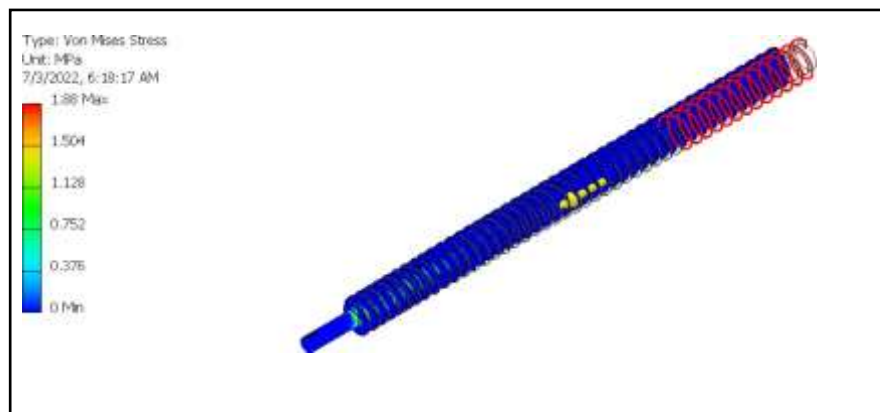


Gambar 3. Desain 2 Dimensi Single Screw



Gambar 4. Desain 3 Dimensi Single Screw

Setelah dilakukan desain 3D dari screw baru, maka untuk mengetahui bagaimana perilaku *screw* jika diberikan beban torsi maka dilakukan simulasi mekanik dengan kondisi yang ditetapkan yaitu material screw adalah AISI 4140 yang merupakan material yang umum digunakan sebagai *screw extruder*, dengan jumlah nodes 27550 dan dengan *material assignment Structural Steel* kemudian menetapkan *fixture* atau tumpuan yaitu pada *screw face*, pembebanan sebesar 500Nm. didapatkan besar deformasi yang terjadi ketika diberikan beban torsi sebesar 500 Nm adalah minimal sebesar 0 mm dan maksimal 0.001 mm sehingga desain ini dianggap aman. Pada gambar 4 ditunjukkan deformasi benda ketika diberi beban torsi.

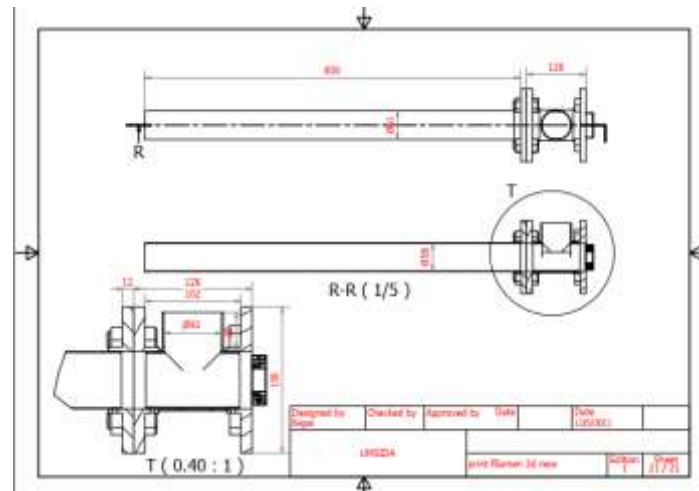


Gambar 5. Deformasi ketika diberi pembebanan

### **Desain Barrel Extruder**

Extruder barrel adalah sebuah tabung yang menyelimuti screw extruder. Feed Throat adalah bagian dari ekstruder dimana material pertama kali masuk kedalam *screw channel*. Umumnya, feed throat memiliki sistem *watercooling* yang berfungsi untuk menghindari naiknya temperatur pada *feed throat* yang menyebabkan polimer dapat menempel pada permukaan *feed throat* sehingga menghambat masuknya material kedalam *screw channel*. Extruder barrel hanya sebuah tabung dengan *flange*. Extruder barrel harus mampu menahan tekanan sebesar 70 Mpa dan harus memiliki kekuatan struktural yang baik untuk menghindari defleksi. Selain itu, screw extruder harus memiliki ketahanan arus pada dinding dalam barrel sehingga material yang digunakan pada extruder barrel konvensional yaitu bimetallic steel yang diproduksi dengan cara *centrifugal casting*. Dalam desain ini material barrel yang digunakan yaitu stainless steel 304. Diameter barrel yang digunakan sebesar 37.1 mm sesuai dengan perhitungan dengan ketebalan 10 mm.

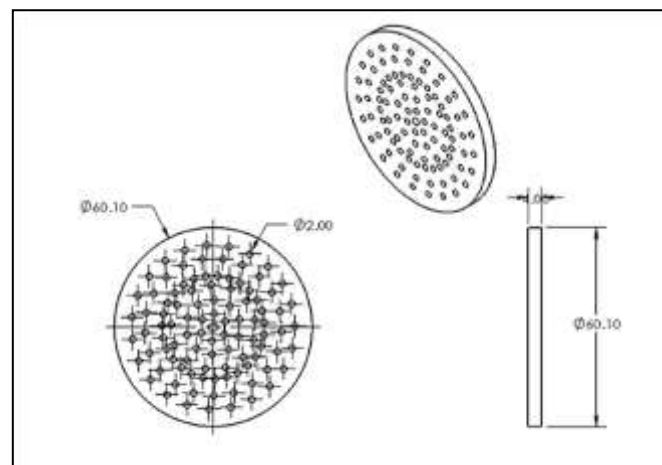
Pada barrel bagian *feed section*, material yang masuk pada *feed section* harus dalam kondisi solid sehingga pada bagian *feed section* harus dijaga tetap rendah agar tidak mengganggu proses seperti penyumbatan pada bagian hopper karena material meleleh sebagian atau terjadinya penyumbatan pada screw feed section karena root depth mengecil sehingga untuk mengatasi hal ini, barrel pada bagian feed section dibuat terpisah dengan mekanisme penyambungan screwing dan dengan penambahan ruang kosong pada bagian sambungan sebagai thermal barrier seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Desain Barrel dan Letak Thermal Barrier

### Komponen Dies

Komponen dies terdiri dari 3 bagian yaitu *breaker plate*, *dies*, dan *dies housing*. Breaker plate adalah salah satu bagian dari dies yang berfungsi untuk memastikan semua polymer sebelum masuk kedalam dies dalam keadaan melting dan juga untuk mengubah aliran melted polymer dari aliran yang berputar karena gaya dorong yang dihasilkan dari screwextruder menjadi aliran yang lurus searah dengan dies. Desain geometri breaker plate ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 7. Geometri Breaker Plate

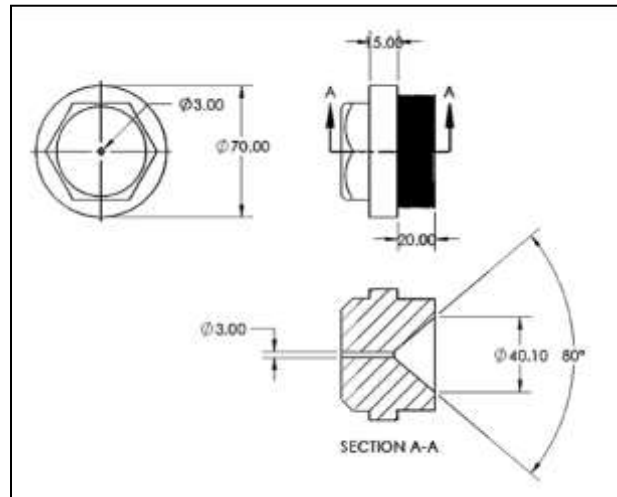
Dies adalah bagian yang akan membentuk produk akhir dari mesin single screw extruder yang pada penelitian ini yaitu untuk memproduksi filmaent 3d printer. Desain geometri ditunjukkan pada gambar 4.9. pada

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY).

The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

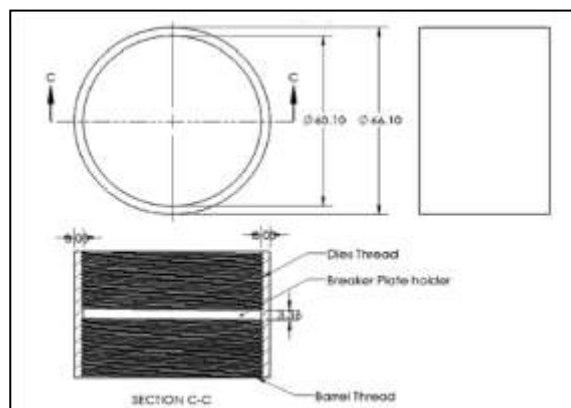
desain ini, output dari dies ini berupa filament dengan diameter dies end 3 mm. filament dengan ukuran 3 mm kemudian ditarik menggunakan filament puller sehingga diameter akan mengecil. Ukuran akhir filament bergantung dari kecepatan motor filament puller.

Ukuran yang diharapkan sesuai dengan standar yang digunakan pada 3D Printer yaitu berdiameter 1.75 mm sehingga dibutuhkan penyesuaian pada kecepatan motor filament puller.



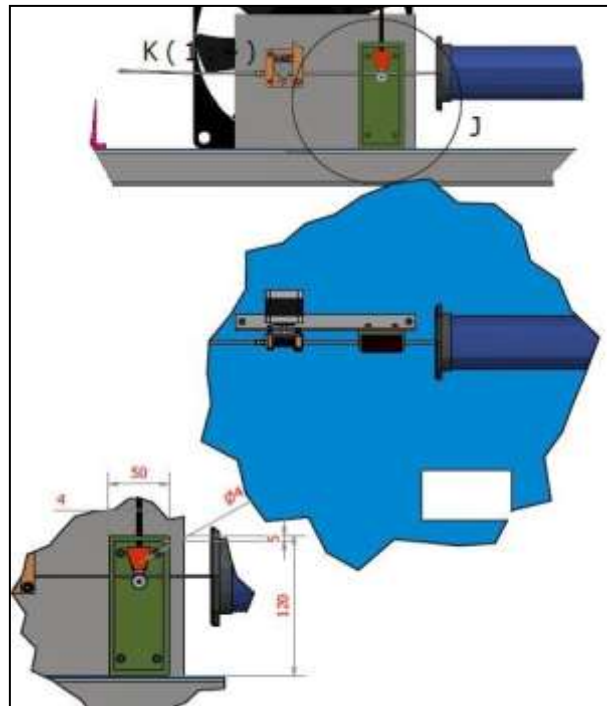
Gambar 8. Geometri dies

Dies housing adalah bagian yang menghubungkan antara barrel dan dies serta sebagai tempat meletakkan breaker plate. fungsi dari dies housing juga untuk mempermudah dalam penggantian jenis, bentuk, ataupun ukuran dies. Dies housing dapat dilihat pada gambar 8, material yang digunakan pada komponen ini harus yang memiliki konduktivitas thermal yang baik karena merupakan komponen yang kontak langsung dengan elemen pemanas dan dies sehingga untuk komponen ini dipilih material Aluminium.



Gambar 9. Geometri Dies Housing

Setelah material polymer keluar dari dies extruder dalam bentuk kawat, kemudian dilakukan proses spooling yaitu proses penggulangan filament pada holder filament yang terbentuk silinder. Agar pada saat proses spooling filament tidak menumpuk pada satu titik, kemudian dirancang satu sistem yang berfungsi untuk mengarahkan filament akan teratur pada holder silinder. Agar pada saat proses spooling filament tidak menumpuk pada satu titik, kemudian dirancang suatu sistem penarik yang berfungsi untuk mengarahkan filament agar pada saat.



Gambar 4.12 Desain Pengatur ukuran filamen yang keluar dari dies

Penarik adalah sebuah alat menggunakan sistem mikrokontroler. Metode yang digunakan dalam sistem ini adalah menggerakkan motor DC untuk menjalankan fungsi penarik. Serupa dengan penarik, penggulung merupakan alat dengan system mikrokontroler. Pada komponen penggulung metode yang digunakan juga menggunakan motor DC. (Mahfud et al. 2020)

### Motor Listrik

Motor listrik yang digunakan adalah motor listrik DC dengan daya 350W dan voltase kerja 12 – 36 vdc. Karakteristik umum motor listrik DC yaitu memiliki torsi terbesar pada 50% RPM yaitu untuk motor listrik yang digunakan, yaitu pada RPM 1283. Torsi yang didapatkan pada kecepatan tersebut sebesar 0.8 Nm. Untuk menyesuaikan dengan kebutuhan rpm dari mesin ekstruder maka dilakukan perhitungan gear rasio

$$\text{Gear Ratio} = \frac{\text{Driver gear speed}}{\text{Driven gear speed}}$$

$$\text{Gear Ratio} = \frac{1283 \text{ rpm}}{6.66 \text{ rpm}} = \mathbf{192.64 : 1}$$

Kemudian rasio tersebut digunakan sebagai dasar untuk mendapatkan kebutuhan sprocket gear pada mekanisme speed reduction sprocket and chain. Ditentukan terlebih dahulu jumlah mata sprocket pada motor listrik / driver sprocket yaitu 6 sehingga kebutuhan driven sprocket pada screw extruder dapat diketahui dengan perhitungan

$$\text{Driven Sprocket} = \text{Gr} \times \text{Driver Sprocket}$$

$$\text{Driven Sprocket} = 19.69 \times 6$$

$$\text{Driven Sprocket} = \mathbf{118.4 \text{ teeth}}$$

Sehingga didapatkan torsi setelah mekanisme reduksi gearbox



$$T1 = T0 \times Gr0 \times E\%$$

$$T1 = 0.8 \times 9.78 \times 96\%$$

$$\mathbf{T1 = 7.511 Nm}$$

Torsi setelah mekanisme reduksi *chain and sprocket*

$$T2 = T1 \times Gr1 \times E\%$$

$$T2 = 7.511 \times 19.69 \times 98\%$$

$$\mathbf{T2 = 115 Nm}$$

Jadi, torsi yang didapatkan pada Rpm 6.66 setelah melalui 2 kali proses *speed reduction* yaitu sebesar 115 Nm.

### Total Kebutuhan Daya Listrik

Tabel. 2 Komponen Elektrik dan Daya Listrik

Komponen	Jumlah	Daya (W)
DC Electric Motor	1	350
Band Heater	2	200
DC Geared Motor	2	12
PID	1	50
<b>Total Daya</b>		<b>612</b>

Sehingga total daya listrik yang dibutuhkan oleh mesin ini untuk beroperasi yaitu 612 Watt.

### Visualisasi Produk

Pada bagian visualisasi produk maka peneliti akan melakukan visualisasi gambar sedetail dan semirip mungkin dengan alat yang dirancang. Tujuan dari dilakukannya visualisasi produk ialah untuk mengetahui apakah hasil perhitungan sesuai dengan hasil sebenarnya. Dilakukan proses ekstrusi dengan kondisi operasi yang telah ditetapkan pada perhitungansebelumnya. Dari hasil ekstrusi selama 60 menit, didapatkan extrudat sebanyak 1.3 Kg. sehingga dihitung nilai AbsoluteError ( $E_A$ ) dan relative error ( $E_r$ ) sebagai berikut:

$$E_A = \text{Hasil Perhitungan} - \text{hasil sebenarnya}$$

$$E_A = 1,5 - 1,3$$

$$E_A = 0,2 \text{ kg}$$

$$E_r = \frac{E_A}{\text{Hasil sebenarnya}}$$

$$E_r = \frac{0,2}{1,3}$$

$$E_r = 0,15$$

$$E_r = 15\%$$

Produk filament dapat diaplikasikan pada 3D printer maka dilakukan pengukuran diameter filament dengan mengambil sampel sepanjang 2 meter untuk dilakukan pengukuran tiap 10 mm. Kemudian di dapatkan

hasil 1.77 mm diameter pada filament 3D Printer.

## KESIMPULAN

Telah dirancang dan dibuat mesin Single Screw Extruder Portable untuk produksi filament 3D Printer ini yang diperoleh sebagai berikut:

NO	KOMPONEN MESIN	NILAI
1.	Diameter Panjang Single Screw Ekstruder Panjang Filament Winding Proses	37,1 mm 80 cm 20 cm
2.	Kapasitas Produksi	1,3 kg
3.	Total Daya Listrik	612

Dengan menggunakan pellet ABS sebagai material input dari mesin ini, berdasarkan eksperimen yang dilakukan maka diketahui operasi yang tepat untuk produksi filament ABS adalah dengan ekstrusi pada temperatur 198,191 oC dengan kecepatan screw 5 RPM sehingga dihasilkan filament 3d printer siap pakai sebanyak 1.5 Kg dalam waktu 1 jam produksi. Sehingga terdapat eror antara perhitungan dan kondisi ril sebesar 15%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah memberikan dukungan serta kepada jajaran perusahaan terkait yang memberikan fasilitas kepada penulis hingga terselesaikannya penelitian ini.

## REFERENSI

- [1] Florenza, D., Meidinariasty, A., Dewi, E., & Sriwijaya, P. N. (2021). *Rancang Bangun Alat Screw Extruder Untuk Pembuatan Papan Partikel Campuran Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Plastik LDPE Program Studi Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia.*
- [2] Hasdiansah, & Herianto. (2018). Pengaruh Parameter Proses 3D Printing Terhadap Elastisitas Produk Yang Dihasilkan. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi UN PGRI Kediri*, 187–192
- [3] Ikam, B., Studi, P., Mesin, T., Teknik, F., Buana, U. M., & Umum, P. (2016). *Pengaruh temperatur dan line speed pada proses pembuatan kabel optik yang mengalami kecacatan diselubung kabel pada mesin extruder.*
- [4] ndustri, F. T. (2018). *Studi Rancang Bangun Mesin Single Screw Extruder Portable Untuk Aplikasi Produksi Filament 3D Printer*
- [5] Putra, K. S., & Sari, U. R. (2018). Pemanfaatan Teknologi 3D Printing Dalam Proses Desain Produk Gaya Hidup. *Seminar Nasional Sistem Informasi Dan Teknologi Informasi 2018.*
- [6] Tagami, T., Fukushige, K., Ogawa, E., Hayashi, N., & Ozeki, T. (2017). 3D printing factors important for the fabrication of polyvinylalcohol filament-based tablets. *Biological and Pharmaceutical Bulletin.*
- [7] Harson, Vieri, Langgeng Kidung Pramudita, Rizky Eka Saputra, and Ignatius Krisna Adi. 2021. "108-ArticleText-583-1-10-20220126."
- [8] Irawan, Dani, and Rahayu Mekar Bisono. 2018. "Rancang Bangun Prototype Mesin Ekstrusi Polimer SingleScrew." *Seminar Nasional Multidisiplin 2018*, no. September: 13–19.
- [9] Mahfud, R, Y Setyoadi, Program Studi, and Teknik Mesin. 2020. "Rancang Bangun Mesin Filament Extruder Yang Berbasis Arduino Mega2560 Dengan Metode Penarik" 5 (Sens 5): 544–53.
- [10] Suryana, Tatang. 2019. "Desain Modifikasi Screw Extruder Untuk Meningkatkan Outflow Yang Optimal Dan Meninimalkan Cacat Produk Pada Plastik." *Teknobiz : Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin* 9:19–27.

**Conflict of Interest Statement:**

*The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.*