

## DESAIN DAN PEMBUATAN MESIN FILAMEN PRINTER 3D METODE EXTRUDER BERBAHAN LIMBAH BOTOL PLASTIK

Trio Setiyawan\*, Riles Melvy Wattimena, Timotius anggik kristiawan, Sugeng Irianto dan Nur Hidayati

<sup>1,2,3,4,5</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof. Sudarto, Tembalang, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50275

\*E-mail: [trio.setiyawan@polines.ac.id](mailto:trio.setiyawan@polines.ac.id)

### Abstrak

Banyaknya minuman kemasan yang menggunakan botol plastik berdampak pula pada limbah sampah yang berupa botol plastik, dengan banyaknya limbah botol plastik memungkinkan untuk dimanfaatkan menjadi barang yang berguna yaitu salah satunya dengan mengubah limbah botol plastik menjadi fillamen printer 3D dalam proses perubahan dari botol plastik menjadi fillamen dibutuhkan mesin pembuat fillamen dengan metode ekstruder. Proses pembuatan mesin fillamen ini dilakukan dengan tahapan penelitian ini yaitu identifikasi masalah, perumusan masalah, sintesis analisis, evaluasi dan presentasi. dari keseluruhan proses desain dan pembuatan mesin fillamen printer 3D metode ekstruder berbahan botol plastik memiliki spesifikasi dimensi Panjang mesin 1600 mm dengan lebar 300 mm kontrol menggunakan Arduino, penggerak ekstruder menggunakan stepper motor Nema 34, penggerak penggulung fillamen menggunakan stepper motor Nema 23, menggunakan 4 pemanas dan filamen yang dihasilkan memiliki diameter 1.75 mm. Ditahapan evaluasi Mesin fillamen printer 3D metode ekstruder dilakukan pengujian menggunakan 2 macam variabel yaitu variabel tetap dan bebas. Variabel tetap pada penelitian ini yaitu menggunakan suhu (195°C, 220°C dan 250°C). Variabel bebas yang digunakan adalah kecepatan putar (66 RPM dan 80 RPM) Hasil penelitian menunjukkan bahwa, pada uji coba lapangan di dapat filament diameter homogen berdiameter 1,75 mm, warna tidak gosong, tekstur tidak kasar dan berbintik hitam. Dengan parameter terbaik kecepatan screw 80 RPM dan suhu pemanasan 220°C menggunakan variabel pendingin 2 buah kipas. Mampu menghasilkan kapasitas keluaran mesin ekstruder filament 3D Printing adalah 2.079 kg/jam.

**Kata Kunci:** *Fillamen, ekstruder, plastik*

### 1. Pendahuluan

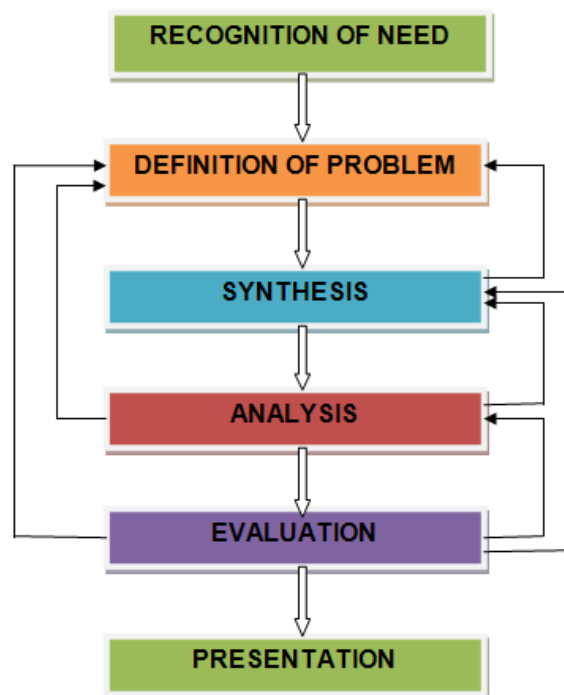
Sampah plastik yang timbul pada tahun 2023 sebanyak 32.103.043 ton per tahun dan yang mampu dikelola sebanyak 64.21% maka diperlukan daur ulang sampah plastik salah satunya dengan mengaplikasikan mesin *plastic filament extruder* (Kementerian lingkungan hidup dan kehutanan, 2023). Hal ini dapat dijadikan sebagai solusi pengolahan sampah plastik, di sisi lain untuk saat ini kebutuhan *filament* sebagai bahan baku pencetakan *3D Printing* sangat dibutuhkan, sedangkan *filament* plastik di pasaran memiliki harga yang tinggi apabila diproduksi dari bijih plastik *serta filament* plastik yang digunakan sebagai bahan baku produksi sebagian besar masih dengan cara impor. *Plastic Filament Extruder* diharapkan dapat memenuhi kebutuhan bahan baku *pencetakan filament mesin 3D Printer*.

Penelitian *plastic extrusion* sebelumnya telah digunakan *genetic algorithm* sebagai pengatur penentuan *membership Function* pada pengendalian temperatur pada proses ekstrusi dan telah menghasilkan hasil yang optimal (Groover, 2010). Selain itu, terdapat penelitian yang menjabarkan mengenai ekstrusi plastik dengan menggunakan bahan baku sampah namun belum menghasilkan hasil yang optimal (Subramanian, 2016). Mesin tersebut tidak terdapat *roller* yang mampu menggulung otomatis hasil *filament* yang sudah jadi

serta tidak terdapat pengendalian pada motor pendorong *screw* menjadi salah satu faktor yang menyebabkan hasil dari ekstrusi plastik belum optimal.

Desain dan pembuatan mesin *filament extruder* untuk kebutuhan mesin *Mesin 3D Printer* ini sudah pernah dilakukan penelitian dimana penelitian tersebut hanya berfokus pada mesin *filament extruder*. Rangkaian mesin tersebut juga tanpa adanya pendingin yang mana memungkinkan hasil *filament* tidak sempurna dengan hasil pemanasan yang maksimal tapi tidak ada sistem pendingin. Selain itu mesin tersebut tidak dikhususkan pada pengolahan limbah plastik saja, mesin yang akan desain dan dibangun dalam penelitian yang memiliki pembaharuan model desain dengan penambahan sistem pendingin yang mampu memproduksi *filament* dengan lebih efisien. Penambahan *roller* juga terdapat pada rancang bangun yang dibuat oleh penulis agar *filament* yang keluar mampu digulung secara langsung. Mesin *filament extruder* mampu menjadi solusi atas permasalahan sampah yang timbul dan mengolah sampah tersebut menjadi produk yang mampu dipasarkan berupa *filament 3D printer* berdiameter 1.75 mm.

## 2. Metode Penelitian



**Gambar 1** Proses Perancangan Shigley-Mitchell

Tahapan pada proses perancangan Model Shigley-Mitchell di atas dapat dijelaskan seperti berikut ini [9]

a. *Recognition of need* (Identifikasi kebutuhan)

Proses perancangan dimulai dengan diidentifikasinya kebutuhan Mesin filamen printer 3D, yang menyadari adanya suatu *problem* yang akan terpecahkan jika diciptakan produk baru atau modifikasi produk yang telah ada.

b. *Definition of problem* (Perumusan masalah)

Pada tahap ini kegiatan yang dilakukan adalah merumuskan masalah tentang kebutuhan Mesin filamen printer 3D, yang akan menghasilkan arahan perancangan. Sekaligus menentukan spesifikasi mesin penarik kulit kambing yang akan dirancang, seperti kapasitas, desain dan dimensi.

c. *Synthesis* (Sintesis)

Tahap ini sebagai alternatif pemecahan masalah yang melatar belakangi perancangan alat bantu ini, ada 3 rancangan desain Mesin filamen printer 3D, Penilaian alternatif desain dilakukan dengan menentukan alternatif desain mana yang akan dipilih. Penilaian ini dilakukan untuk menyimpulkan mengenai analisa terhadap ketiga variase desain tersebut. Penilaian yang akan di lakukan adalah penilaian dengan cara memberikan bobot atau *point* dari ketiga alternatif desain tersebut

d. *Analysis* (Analisis)

Pada desain mesin filamen printer 3D ini dilakukan analisa agar menghasil mesin yang bisa bekerja secara optimal Adapun yang dianalisa yaitu volume bagian - bagian mesin filamen printer 3D, waktu pemanasan , daya heater, daya motoran yang dibutuhkan, putaran mesin dan kopling

e. *Evaluation* (Evaluasi)

Pengujian mesin dilakukan untuk menjadi dasar apakah mesin filamen printer 3D dapat memenuhi tujuan desain dan pembuatan yang telah ditetapkan sebelumnya satau mesin bisa bekerja secara optimal.

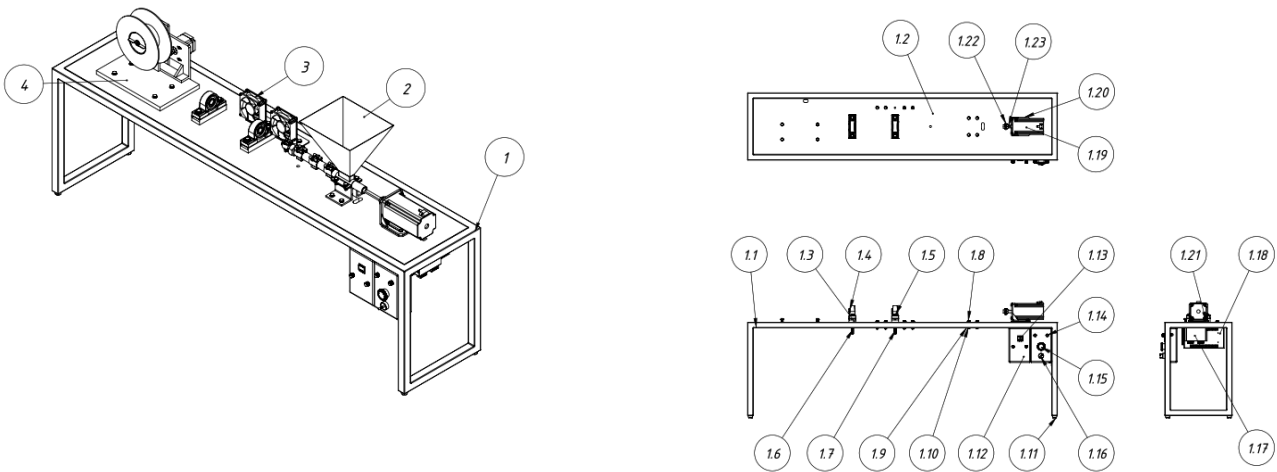
f. *Presentation* (Presentasi)

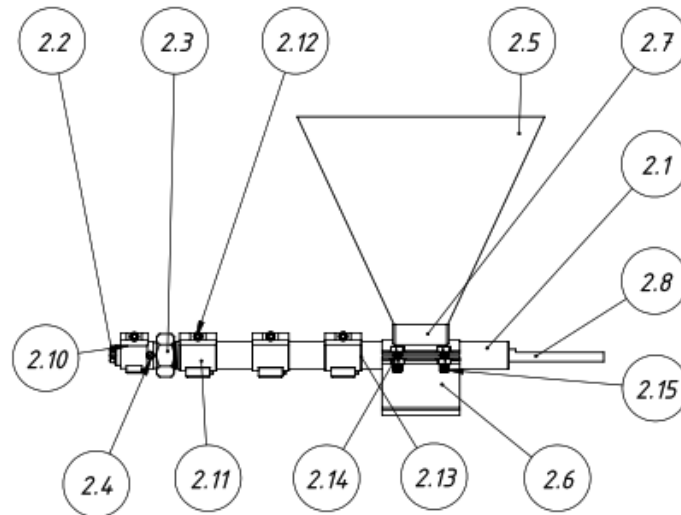
Langkah akhir dari proses perancangan adalah langkah presentasi, yakni kegiatan menyusun dokumen hasil perancangan dalam bentuk gambar lengkap atau gambar kerja (*working drawing*), daftar komponen, spesifikasi bahan, dan informasi lainnya untuk keperluan proses pembuatan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Desain Mesin

Dari tahapan penelitian yang dilakukan untuk desain dan pembuatan mesin mesin filamen printer 3D yaitu dengan tahapan identifikasi masalah, perumusan masalah, sintesis analisis, evaluasi dan presentasi maka diperoleh mesin filamen printer 3D yang memiliki spesifikasi dimensi Panjang mesin 1600 mm dengan lebar 300 mm kontrol menggunakan Arduino, penggerak ekstruder menggunakan stepper motor Nema 34, penggerak penggulung fillamen menggunakan stepper motor Nema 23, menggunakan 4 pemanas dan filamen yang dihasilkan memiliki diameter 1.75 mm





**Tabel 1.** Keterangan gambar

No	Nama Bagian	Bahan	Ukuran	Keterangan
1	Roller	PVC	300x193x180	-
2	Colling	-	90x63x130	-
4	Extruder	ST-37	34x80x300	-
6	Frame	Galvanis	1656x360x500	-

No	Nama Bagian	Bahan	Ukuran	Keterangan
1.1	Machine Frame	Galvanis	1600x420x500	General
1.2	Board stand	Playwood	1600x360x25	General
1.3	Holder Pillaow Block	ST.37	126x37x21.5	General
1.4	Pillow Block	AISI 1045	∅ 10	General
1.5	Bold M10	AISI 1010	M10x1.5x70	General
1.6	Nut M10	AISI 1010	M10x1.5	General
1.7	Flat Ring 10	AISI 1010	M10x1.5	General
1.8	Bold M8	AISI 1010	∅	General
1.9	Nut M8	AISI 1010	M8x1	General
1.10	Flat Ring 8	AISI 1010	∅ 8	General
1.11	Rubber Frame	Rubber	∅ 25x25	General
1.12	Control Box	Plastic	180x110x6.5	General
1.13	OLED 0.96 Inch		80x50x5	General
1.14	Potentiometer		∅ 10x15	General
1.15	Emergency Button		∅ 30X30	General
1.16	Selector Switch		∅ 30X10	General
1.17	Driver Stepper Nema 34		118x75x32	General
1.18	Power Supply 24V		200x100x50	General

1.19	Stepper Nema 34		850x158x10	General
1.20	Holder Stepper Nema 34	ST 37	100x100x100	General
1.21	Alignment Holder	ST 37	100x50x9	General
1.22	Coupling Flange 10	Alumunium	∅ 10	General
1.23	Coupling Flange 12	Alumunium	∅ 12	General

Tabel 2. Keterangan gambar

No	Nama Bagian	Bahan	Ukuran	Keterangan
2.1	Barrel	ST 37	40x ∅ 26x ∅ 9	General
2.2	Die 1,75	Standart	M8x1x15	General
2.3	Die	ST 37	∅ 28x50	General
2.4	Bracket Thermocouple	ST 37	M5x0,8	General
2.5	Hopper	Galvanis	600x200x1,8	General
2.6	Bracket Barrel	ST 37	80x50x40	General
2.7	Bracket Hopper	ST 37	80x50x10	General
2.8	Screw Extruder	ST 45	∅ 19x340	General
2.9	Thermocouple		∅ 4	General
2.10	Heater 22		∅ 22x35	General
2.11	Heater 25		∅ 25x25	General
2.12	Bolt M5	AISI 1045	M5x0.8x30	General
2.13	Flat Ring M8	AISI 1045	M8	General
2.14	Nut M8	AISI 1045	M8x1	General
2.15	Bolt M8	AISI 1045	M8x1x40	General

### Pengujian Mesin

Pengujian mesin dilakukan untuk menjadi dasar apakah mesin filamen printer 3D dapat memenuhi tujuan desain dan pembuatan yang telah ditetapkan sebelumnya. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tercapai atau tidaknya tujuan dari desain dan pembuatan ini. Nantinya akan dibandingkan apakah Analisa desain awal sesuai dengan kinerja mesin

#### Paramater pengujian

Parameter yang digunakan dalam pengujian Mesin Filament Extruder untuk menghasilkan input Filament untuk keperluan mesin 3D Printer adalah variasi suhu 195°C, 220°C dan 250°C serta kecepatan pendorong mesin dengan 80 Rpm, dan 66 RPM dari pengujian yang dilakukan maka diperoleh suhu dan kecepatan pendorong mesin yang paling optimal untuk memproduksi Filament 3D

#### Analisa Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian menggunakan kecepatan putaran 60 RPM dengan suhu 195°C dihasilkan plastik belum bisa keluar dengan hasil 1.75 mm plastik yang ada didalam barrel tersumbat oleh plastik mengeras dibagian die menyebabkan plastic gagal untuk keluar. Untuk suhu 220°C Plastik keluar dengan hasil yang sudah mendekati dengan ukuran die 1.75 mm, filament masih bertekstur seperti semi padat ketika keluar dari die hal ini juga menjadikan keserasian ukuran tergantung dengan sistem penggulungan filament tersebut. Warna hasil filament cenderung lebih gelap dari input cacahan plastik. Untuk variasi suhu terakhir 250°C, filament yang keluar sudah dalam keadaan sedikit berubah warna karena

timbul sedikit bintik bitnik hitam, filament yang keluar dari die lebih cair dibanding pengujian dengan variasi suhu sebelumnya sehingga butuh waktu lebih untuk memastikan filament keras serta diameter dari filament tersebut masih belum seragam

Dari hasil pengujian menggunakan kecepatan putaran 80 Rpm dengan suhu 195°C dihasilkan plastik belum bisa keluar dengan hasil 1.75 mm plastik yang ada didalam barrel tersumbat oleh plastik mengeras dibagian die menyebabkan plastic gagal untuk keluar. Untuk suhu 220°C Plastik keluar dengan hasil yang sudah mendekati dengan ukuran die 1.75 mm, Filament masih bertekstur seperti semi padat ketika keluar dari die hal ini juga menjadikan keserasian ukuran tergantung dengan sistem penggulangan filament tersebut. Warna hasil Filament cenderung lebih gelap dari input cacahan plastik. Untuk variasi suhu terakhir 250°C, filament yang keluar sudah mendekati 1.75 mm tergolong lebih cair karena suhu yang panas, pada parameter ini warna Filament lebih terang dan keserasian dari diameter yang dihasilkan sangat rawan berubah ubah

Pada pengujian yang telah dilakukan dengan seluruh variasi suhu dan kecepatan dorongan terlihat timbul kecacatan produksi seperti gosong, permukaan pada hasil filament pecah hingga tersumbat pada bagian nozzle apabila menggunakan variabel kurang tepat. Pada pengujian ini ditemukan variabel paling baik yaitu 220 °C dengan rentang kecepatan 80 RPM

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari keseluruhan proses Desain dan Pembuatan mesin filamen printer 3D ini menghasilkan mesin yang memiliki spesifikasi dimensi Panjang mesin 1600 mm dengan lebar 300 mm kontrol menggunakan Arduino, penggerak ekstruder menggunakan stepper motor Nema 34, penggerak penggulangan fillamen menggunakan stepper motor Nema 23, menggunakan 4 pemanas dan filamen yang dihasilkan memiliki diameter 1.75 mm dan variabel paling baik yaitu 220 °C dengan rentang kecepatan 80 Rpm

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. E, Dieter. 2000. *Engineering Design: A Materials and Processing Approach*. New York : McGraw Hill
- [2] Hadi, Syamsul dan Suhariyanto. 2011. *Elemen Mesin*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [3] Hendriono, Dede. 2020. *Roda Gigi: Rasio, Torsi dan Kecepatan*. Henduino.github.io. Di akses tanggal 20/07/2022
- [4] Isworo, Hajar. 2018. *Mekanika Kekuatan Material I (HMKK319)*. Banjarbaru : Universitas Lambung Mangkurat.
- [5] Jelaska, Damir. 2012. *Gear and Gear Drives*. Croatia : University of Split
- [6] Jutz, Hermann, E. Scharkus. 1961. *Westernmann Table For The Metal Trade*. Wiley Eastern Limited : New Delhi.
- [7] Kurmi R S, Gupta J K 2005. *A Text Book Machine Design*. New Delhi : Eurasia Publishing House
- [8] Parsa, I Made dan I Nyoman Bagia. 2018. *Motor – Motor Listrik*. Bandung : Rasi Terbit
- [9] Putriningtyas, N. 2018. e-journal.uajy.ac.id. Di akses tanggal 19/07/2022
- [10] Shigley, J.E., Mitchell, L.D. and translator : Harahap, Gandhi (1986). *Perancangan Teknik Mesin Edisi Keempat Jilid 1*. Jakarta : Erlangga.
- [11] Sularso dan Kiyokatsu Suga. 2008. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta : Prad Paramita
- [12] Standar Nasional Indonesia. 2006. *Baja profil kanal U proses canai panas (Bj P kanal U)*. Badan Standardisasi Nasional. Di unduh tanggal 3/08/2022