

**RANCANG BANGUN MESIN *FILAMENT MAKER* SEBAGAI
PENGOLAH LIMBAH BOTOL PLASTIK *POLYETHYLENE
THEREPHTALATHE* MENJADI MATERIAL 3D *PRINTER***

SKRIPSI

Skripsi diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar sarjana



Disusun oleh:

MUHAMMAD MIQDAD AL AZZAM
19011120007

JURUSAN TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS GLOBAL JAKARTA
2023

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik disuatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Depok, 16 Agustus 2023
Mahasiswa,



Muhammad Miqdad Al Azzam
19011120007

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

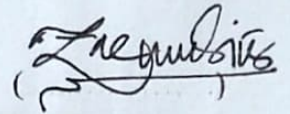
Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Miqdad Al Azzam
NIM : 19011120007
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Rancang Bangun Mesin *Filament Maker*
Sebagai Pengolah Limbah Botol Plastik
Polyethylene Therephtalathe Menjadi
Material 3d *Printer*

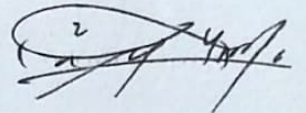
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Pembimbing dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik & Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta.

DEWAN PEMBIMBING

Pembimbing 1 : Mohamad Zaenudin, S.Pd., M.Sc.Eng.



Pembimbing 2 : Yasya Khalif Perdana Saleh, S.T., M.Sc.



Ditetapkan di : ..PePok.....

Tanggal : ..16 Agustus 2023

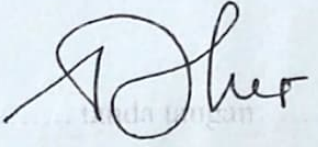
HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI


Skripsi ini diajukan oleh :

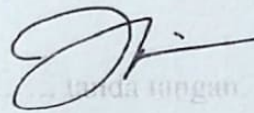
Nama : Muhammad Miqdad Al Azzam
NIM : 19011120007
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Rancang Bangun Mesin *Filament Maker*
Sebagai Pengolah Limbah Botol Plastik
Polyethylene Therephtalathe Menjadi
Material 3d *Printer*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana / Strata satu (1) pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik & Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta.

DEWAN PENGUJI

Penguji 1 : Adher Ganayel, Ph.D. ()

Penguji 2 : Ade Sunand, S.T. ()

Penguji 3 : Ayu Nurul H., S.T. ()

Ditetapkan di : De.Pok

Tanggal : 16 Agustus 2023

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Global Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Miqdad Al Azzam
NPM : 19011120007
Program Studi : Teknik Mesin
Jenis Karya Ilmiah : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Global Jakarta **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**RANCANG BANGUN MESIN FILAMENT MAKER SEBAGAI
PENGOLAH LIMBAH BOTOL PLASTIK POLYETHYLENE
THEREPHTALATHE MENJADI MATERIAL 3D PRINTER**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Non-eksklusif ini Universitas Global Jakarta berhak menyimpan, mengalih-media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Depok, 16 Agustus 2023

Yang menyatakan



Muhammad Miqdad Al Azzam

19011120007

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun mesin filament maker sebagai pengolah limbah botol plastik *polyethylene terephthalate* (PET) menjadi material yang dapat digunakan dalam 3D printer. Limbah botol plastik PET seringkali menjadi masalah lingkungan yang serius karena lambat terurai dan dapat mencemari lingkungan. Dalam penelitian ini, mesin filament maker dirancang untuk mengolah botol plastik PET menjadi *filament* yang dapat digunakan sebagai bahan cetakan dalam 3D printer. Metode penelitian ini melibatkan langkah-langkah desain dan konstruksi mesin *filament maker*, pemilihan parameter pengolahan yang optimal, serta pengujian material *filament* yang dihasilkan. Desain mesin mencakup elemen-elemen seperti penghancur botol plastik, pengering, ekstruder, dan penggulung *filament*. Parameter pengolahan yang dipertimbangkan termasuk suhu, kecepatan ekstrusi, dan tekanan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa mesin *filament maker* berhasil merubah botol plastik PET menjadi *filament* dengan kualitas yang memadai untuk digunakan dalam 3D printer. Material *filament* yang dihasilkan telah diuji dalam 3D printer dan menghasilkan cetakan yang memiliki kekuatan dan kualitas yang memadai. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengelolaan limbah plastik, khususnya botol plastik PET, dengan mengubahnya menjadi material yang memiliki nilai tambah dan dapat digunakan dalam teknologi 3D printing. Penggunaan limbah plastik sebagai bahan baku dalam 3D printer juga dapat membantu mengurangi ketergantungan terhadap bahan baru dan mengurangi dampak lingkungan dari limbah plastik. Dari rancang bangun yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan pada *cutter* dan *slider* yang telah dilakukan analisis dan faktor keamanan memiliki keamanan yang cukup untuk melakukan proses pemotongan botol.

Kata Kunci: 3D printer, *filament maker*, botol plastik PET, limbah plastik, pengolahan limbah, material 3D printing.

ABSTRACT

This study aims to design and build a filament maker machine as a processor for polyethylene terephthalate (PET) plastic bottle waste into a material suitable for 3D printing. PET plastic bottle waste is a significant environmental issue due to its slow degradation and potential to pollute the environment. In this research, the filament maker machine is designed to process PET plastic bottles into filaments that can be used as printing material in 3D printers. The research methodology involves the steps of designing and constructing the filament maker machine, selecting optimal processing parameters, and testing the resulting filament material. The machine design includes elements such as plastic bottle crushers, dryers, extruders, and filament winders. Processing parameters considered include temperature, extrusion speed, and pressure. The results of this study demonstrate that the filament maker machine successfully transforms PET plastic bottles into filaments with sufficient quality for use in 3D printers. The produced filament material has been tested in 3D printers and yields prints with adequate strength and quality. This research contributes to the management of plastic waste, particularly PET plastic bottles, by transforming them into value-added materials for use in 3D printing technology. The utilization of plastic waste as raw material in 3D printers can also help reduce dependence on new materials and mitigate the environmental impact of plastic waste. From the conducted design, it can be concluded that both the cutter and slider, which have undergone analysis and safety factor evaluation, provide sufficient safety for the bottle cutting process.

Keywords: *3D printing, filament maker, PET plastic bottles, plastic waste, waste processing, 3D printing materials.*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI.....	iii
KATA PENGANTAR / UCAPAN TERIMA KASIH	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Plastik	9
2.3 Filamen.....	9
2.4 <i>Software Solidworks Student Edition 2022</i>	10
2.5 <i>Software Ansys</i>	10
2.6 <i>Computer Aided Design (CAD)</i>	11
2.7 Perancangan	12
2.8 <i>Domain</i> Perancangan.....	13
2.9 Metode QFD (<i>Quality Function Deployment</i>)	14

2.9.1	Tahap 1 Mengidentifikasi kebutuhan pelanggan	15
2.9.2	Tahap 2 Kebutuhan yang berkaitan dengan regulasi	15
2.9.3	Tahap 3 Penyusunan persyaratan/keinginan pelanggan.....	15
2.9.4	Tahap 4 Mengevaluasi pesaing	15
2.9.5	Tahap 5 Merancang spesifikasi teknis	15
2.9.6	Tahap 6 Menentukan arah perbaikan.....	16
2.9.7	Tahap 7 Matriks morfologi	16
2.9.8	Tahap 8 Kesulitan dalam organisasi tim perancang	16
2.9.9	Tahap 9 Analisis teknis tentang produk pesaing.....	17
2.9.10	Tahap 10 Target nilai untuk spesifikasi teknis	17
2.9.11	Tahap 11 Hubungan antara matriks morfologi	17
2.9.12	Tahap 12 Absolute importance	18
2.10	Simulasi Pembebanan.....	18
2.10.1	Analisis Kegagalan	18
2.10.2	Deformasi.....	18
2.10.3	Faktor Keamanan (<i>Safety Factor</i>).....	19
2.10.4	Kriteria Von mises	19
BAB III METODE PENELITIAN		21
3.1	Diagram Alir Penelitian	21
3.2	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	23
3.2.1	Lokasi Penelitian.....	23
3.2.2	Waktu Penelitian	23
3.3	Perancangan Konsep Produk.....	23
3.4	Metode Penelitian.....	25
3.4.1	Alternatif Konsep.....	25
3.4.2	Variabel yang Diteliti pada Analisis Konsep Terpilih.....	27

3.5	Perencanaan Bahan Perancangan <i>Filament Maker</i>	29
3.6	Perencanaan Alat Bantu Perancangan <i>Filament Maker</i>	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		35
4.1	Identifikasi Kebutuhan Pelanggan	35
4.2	Quality Function Deployment (QFD)	38
4.3	Spesifikasi Teknis	39
4.4	Pemilihan Konsep	40
4.5	Konsep terpilih	42
4.5.1	Batasan Perancangan Produk	42
4.5.2	Pernyataan Misi	42
4.5.3	Spesifikasi Perancangan.....	43
4.6	Analisis Konsep Terpilih.....	44
4.7	Langkah-langkah mengetahui beban pengujian	46
4.8	Hasil Pengujian Menggunakan <i>Finite Element Method</i> (FEM).....	48
4.8.1	Pengujian <i>Blade / Bottle Cutter</i> Secara Horizontal.....	48
4.8.2	Pengujian <i>Slider</i> Secara Vertikal	51
4.9	Faktor Keamanan (<i>Safety Factor</i>)	56
BAB V PENUTUPAN.....		57
5.1	Kesimpulan.....	57
5.2	Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....		59
LAMPIRAN – LAMPIRAN.....		63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Botol plastik berjenis PET	2
Gambar 1. 2 Filamen 3D <i>printer</i>	2
Gambar 2. 1 (Tylman & Dzierzek, 2020).	5
Gambar 2. 2 (Prakoso, 2022).....	6
Gambar 2. 3 (Taufik et al., 2023)	6
Gambar 2. 4 (Hanafi et al., 2022).....	7
Gambar 2. 5 (Tondi Haqira, 2019).....	8
Gambar 2. 6 Filamen 3D <i>Printer</i>	10
Gambar 2. 7 Ansys CFD <i>simulation</i>	11
Gambar 2. 8 Produk Velg Dibuat Menggunakan CAD.....	12
Gambar 2. 9 Empat <i>Domain</i> Perancangan	13
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Perancangan	21
Gambar 3. 2 Alternatif desain 1	25
Gambar 3. 3 Alternatif Desain 2	26
Gambar 3. 4 Alternatif Desain 3	27
Gambar 3. 5 Analisis pada Blade pemotong botol.....	28
Gambar 3. 6 Analisis beban pada slider jika menahan beban botol.....	28
Gambar 3. 7 Skema Rancangan Alat <i>filament maker</i>	29
Gambar 3. 8 Botol Plastik Bekas.....	29
Gambar 3. 9 <i>Spool</i> Bekas Pakai	30
Gambar 3. 10 <i>Base</i> Berbahan Kayu (Sumber : Pratama, 2021)	30
Gambar 3. 11 <i>Stepper motor</i>	30
Gambar 3. 12 <i>Heater Heat Block</i>	31
Gambar 3. 13 siku L / <i>Bracket</i>	31
Gambar 3. 14 baut / <i>bolt</i>	31
Gambar 3. 15 Mur / <i>Nut</i>	32
Gambar 3. 16 Sekrup kayu / <i>Screws</i>	32
Gambar 3. 17 <i>Blade Cutter</i>	32
Gambar 3. 18 <i>Nozzle</i>	32
Gambar 3. 19 Filamen 3D <i>Printer</i>	33
Gambar 3. 20 Bearing 608RS (Sumber : Shopee, 2023).....	33

Gambar 3. 21 Kaki Sofa	33
Gambar 3. 22 Slider T-Track	33
Gambar 3. 23 3D <i>Printer</i>	34
Gambar 3. 24 Jangka Sorong	34
Gambar 3. 25 Obeng	34
Gambar 3. 26 Tang	34
Gambar 4. 1 Wawancara dr. Bima Utomo	35
Gambar 4. 2 Wawancara Dengan Bapak Reza Wirakusuma	36
Gambar 4. 3 Wawancara dengan Bapak Yudiansyah	36
Gambar 4. 4 <i>Quality Function Deployment (QFD) Filament maker</i>	38
Gambar 4. 5 <i>filament maker</i> dengan proyeksi Amerika.....	44
Gambar 4. 6 Uji Tarik Botol Jika Dibotong Dengan <i>Cutter</i>	47
Gambar 4. 7 Pengujian <i>Static Structural</i> Secara Horizontal	48
Gambar 4. 8 Hasil tegangan <i>Von-Mises</i> dengan beban total 15 N	49
Gambar 4. 9 Hasil tegangan <i>Von-Mises</i> dengan beban total 20 N	49
Gambar 4. 10 Hasil tegangan <i>Von-Mises</i> dengan beban total 25 N	50
Gambar 4. 11 Diagram batang hasil tegangan maksimal horizontal tiap beban .	50
Gambar 4. 12 Arah gaya tegangan dengan beban total 25 N	51
Gambar 4. 13 Hasil tegangan <i>von mises</i> dengan beban total 25 N	52
Gambar 4. 14 Arah gaya tegangan dengan beban total 20 N	52
Gambar 4. 15 Hasil tegangan von mises dengan beban total 20 N	53
Gambar 4. 16 Arah gaya tegangan dengan beban total 15 N	53
Gambar 4. 17 Hasil tegangan von mises dengan beban total 15 N	54
Gambar 4. 18 Diagram batang hasil tegangan maksimal vertikal tiap beban	55
Gambar 4. 19 Diagram batang nilai safety factor tiap variasi pembebanan.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka penelitian terdahulu	5
Tabel 3. 1 Perbandingan Alternatif Desain	27
Tabel 3. 2 Simulasi <i>filament maker</i>	28
Tabel 3. 3 Perencanaan Bahan Rancangan <i>Filament Maker</i>	29
Tabel 3. 4 Alat bantu perancangan.....	34
Tabel 4. 1 Hasil wawancara dengan narasumber	37
Tabel 4. 2 Pemilihan konsep berdasarkan matriks keputusan.....	40
Tabel 4. 3 Pernyataan misi	42
Tabel 4. 4 spesifikasi perancangan.....	43
Tabel 4. 5 Bagian-bagian alternatif konsep 3.....	44
Tabel 4. 6 Sifat Material Polylactic Acid (PLA).....	46
Tabel 4. 7 Hasil Tegangan Maksimal Horizontal	50
Tabel 4. 8 Hasil Tegangan Maksimal Vertikal.....	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah plastik merupakan salah satu permasalahan yang saat ini sedang di hadapi oleh banyak negara di dunia dan Indonesia adalah salah satunya. Volume sampah di Indonesia tercatat 68,5 juta ton dan tahun 2022 naik mencapai 70 juta ton. Lalu, ada 24 persen atau sekitar 16 juta ton sampah yang tidak dikelola. Tercatat, hanya 7 persen yang terdaur ulang dan 69 persen yang masuk di TPA. Dibanding Malaysia dan Singapura, Indonesia masih terlalu tinggi, 16 juta ton sampah kita belum terkelola dengan baik (Komisi IV, 2022)

Di Indonesia, daur ulang masih sangat minim dilakukan, mengingat pemilihan dan pengelolaan sampah masih menggunakan metode konvensional, yakni dibakar dan ditimbun di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Alih-alih melakukan daur ulang plastik dengan benar, bahkan masyarakat masih sulit membedakan mana sampah organik, anorganik, dan beracun (Defitri, 2022). Dengan mengetahui jenis-jenis plastik, tentu akan memudahkan pemilahan dan mana saja plastik yang mudah didaur ulang serta mana yang sulit, atau bahkan tidak bisa didaur ulang. Plastik dapat dibedakan dari tujuh kode yang umumnya tercantum di produk plastik itu sendiri, umumnya dicantumkan di bagian bawah kemasan berupa logo segitiga berpanah dengan kode 1 hingga 7. Selain itu, tertera pula kode huruf yaitu PET atau PETE, HDPE, PVC atau V, LDPE, PP, PS, dan OTHER.

Dari tujuh kode yang tercantum pada produk kemasan penulis memilih Jenis plastik *polyethylene terephthalate* (PET) karena jenis plastik ini paling banyak ditemui di tengah-tengah masyarakat, seperti botol air minum, dan wadah plastik sekali pakai lainnya. Selain itu, jenis PET ini memiliki sifat yang berwarna jernih, ringan, mudah dibentuk, tidak mudah pecah (Chalid, 2021). Material plastik ini untuk dirubah menjadi filamen hanya membutuhkan panas 200°C-210°C. hasil daur ulang limbah plastik PET bisa dijadikan produk turunan yang baru, beragam dan bisa dimanfaatkan kembali menggunakan teknologi 3D *print*. Itulah mengapa jenis plastik ini banyak dibutuhkan di industri daur ulang, dan disamping itu, menjadi solusi yang efektif dalam menangani masalah tumpukan

limbah plastik di Indonesia (Chalid, 2021). Salah satu contoh botol kemasan minuman berjenis PET yang akan penulis jadikan sebagai filamen ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Botol plastik berjenis PET
(Sumber : Safitri, 2022)

Berpedoman pada Resin Identification Code (RIC) yang diterbitkan oleh The Society of Plastic Industry (SPI) pada tahun 1988 di Amerika Serikat, jenis plastik yang paling mudah didaur ulang adalah *Polyethylene Terephthalate* (PET), dengan kode angka 1 (Chalid, 2021).

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 proses pemanasan menggunakan nozzle ekstruder. Teknologi ini sedang berkembang pesat bahkan menurut TJ McCue (2018) 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. Gambar 1.2 adalah contoh filamen yang digunakan dalam 3D *print*.



Gambar 1. 2 Filamen 3D *printer*
(Sumber : Axel Barrett, 2019)

Oleh karena itu, menghadapi masalah serius limbah plastik di Indonesia, terutama PET, memerlukan solusi inovatif. Daur ulang PET menjadi filamen untuk 3D printing menunjukkan potensi besar dalam mengurangi limbah plastik, memanfaatkan teknologi yang berkembang pesat. Melalui pemahaman jenis plastik dan peningkatan kesadaran, kolaborasi lintas sektor dapat mengarah pada pengelolaan limbah yang lebih berkelanjutan. Dengan langkah-langkah ini, Indonesia dapat mengatasi tumpukan sampah plastik dan bergerak menuju lingkungan yang lebih bersih dan ramah lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana membuat rancang bangun mesin *filament maker* 3D *printer* dengan material PLA?
2. Bagaimana menguji komponen mesin *filament maker*?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk membuat rancang bangun alat *filament maker* 3D *printer* dengan material PLA.
2. Untuk menguji komponen mesin *filament maker*.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan adanya tujuan dari pembuatan alat tersebut, maka manfaat yang diperoleh alat bantu produksi ini yaitu :

1. Bagi penulis adalah untuk menambah wawasan pengetahuan serta pengalaman mengenai penelitian filamen, 3D *print*, dan perancangan.
2. Bagi pembaca adalah untuk menambah ilmu pengetahuan mengenai perancangan dan teknologi 3D *print*, serta pentingnya daur ulang sampah plastik.
3. Bagi generasi selanjutnya ialah dapat memanfaatkan botol bekas pakai berjenis PET menjadi produk turunan yang baru secara murah, mudah, dan beragam dengan teknologi 3D *print*.

4. Bagi universitas, penelitian ini dapat digunakan untuk kepentingan pembelajaran dan referensi tambahan pada penelitian selanjutnya tentang perancangan, 3D print, dan daur ulang botol plastik menjadi filamen.

1.5 Batasan Masalah

Dalam penyusunan laporan akhir ini, tentu saja harus dibatasi, harus sesuai dengan kemampuan, situasi, kondisi, biaya, dan waktu yang ada atau tersedia agar masalah itu dapat tepat pada sasaran, maka penulis membatasi ruang lingkungannya, yang nantinya diharapkan hasilnya sesuai dengan apa yang diinginkan. Dalam hal ini penulis membatasi masalah yang akan dibahas sebagai berikut :

1. Pembuatan desain alat menggunakan *software* Solidworks 2022.
2. Tidak membahas kelistrikan.
3. Tidak membahas pada masa pakai alat.
4. Botol plastik yang digunakan berjenis *polyethylene therephtalathe* (PET).
5. Ketebalah diameter potongan botol antara 0.7mm-10mm.

1.6 Sistematika Penulisan

- BAB 1 Pada bagian pendahuluan menjelaskan tentang latar belakang dilakukannya penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.
- BAB 2 Pada bagian ini menjelaskan tentang landasan teori penelitian yang bersumber dari penelitian-penelitian terdahulu serta informasi yang mendukung jalannya penelitian.
- BAB 3 Pada bagian ini menjelaskan tentang diagram alir penelitian, lokasi dan waktu penelitian, perancangan konsep produk, metode penelitian, perancangan bahan perancangan, dan perencanaan alat bantu perancangan.
- BAB 4 Pada bagian ini menjelaskan dan menguraikan hasil penelitian yang telah dilakukan untuk selanjutnya dibahas mengenai hasil penelitian yang telah diperoleh.
- BAB 5 Pada bagian ini berisi kesimpulan dan saran yang diperoleh dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Albano, L. D. (1999). *Handbook, 1999, Mechanical Engineering, Frank Kreith*. 2466.
- Anverson, E. (2021). *Siku L Oval 5cm x 2cm BESI Bracket Ambalan Penyangga rak*. Lazada. <https://lazada.co.id/products/siku-l-oval-5cm-x-2cm-besi-bracket-ambalan-penyangga-rak-panjang>
- Barrett, A. (2019). *The Density of PLA Filament*. bioplasticsnews. <https://bioplasticsnews.com/2019/09/17/the-density-of-pla-filament/>. Diakses 7 Januari 2023
- Chalid. (2021). *Plastik PET Lebih Mudah Didaur Ulang dan Bernilai Ekonomi Tinggi*. MajalahCSR.id. <https://majalahcsr.id/plastik-pet-lebih-mudah-didaur-ulang-dan-bernilai-ekonomi-tinggi/>. Diakses 28 Desember 2022
- Czarnik, K. (2020). *Replacement Of The Heating Block In Ender 3*. thinkspace. <https://thinkspace.pl/en/replacement-of-the-heating-block-in-ender-3/>. Diakses 28 Desember 2022
- Defitri, M. (2022). *Daur Ulang Plastik dari Termudah hingga Tersulit, Pahami juga Jenisnya*. Wasteforchange Alam Indonesia. <https://waste4change.com/blog/daur-ulang-plastik-dari-termudah-hingga-tersulit-pahami-juga-jenisnya/>. Diakses 28 Desember 2022
- Dzikry, M. (2021). *Mengenal 7 Jenis Baut dan Mur yang Sering Digunakan*. masdzikry. <https://masdzikry.com/jenis-baut-dan-mur/>. Diakses 1 Juni 2023
- Francois, J. (2016). *3D printing nozzle characteristics*. tridimake. <http://tridimake.com/2016/06/3d-printing-nozzles-characteristics.html>. Diakses 1 Juni 2023
- Furqoni, M. R. (2022). *Jangka Sorong*. teknikece. <https://teknikece.com/alat-ukur/panjang/jangka-sorong/>. Diakses 1 Juni 2023
- Hanafi, Sujana, I., & Wicaksono, R. A. (2022). Rancang Bangun Alat Ekstruder Dengan Pemanfaatan Limbah Plastik Polypropylene Dan Polyethylene Terephthalate Untuk Menghasilkan Filamen 3D Printing. *Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin (JTRAIN)*, 3(1), 20–26.
- Ifle, T. M. (2019, Januari 14). *TRIZ Adalah Solusi Terbaik Pemecahan Masalah*. kliniksukses.com. <http://kliniksukses.com/triz-adalah-solusi-terbaik->

- pemecahan-masalah-detail-408699.html. Diakses 30 Desember 2022
- Klikmro. (2017). *Macam-Macam Motor Stepper dan Contoh Penggunaannya*. klikmro. <https://blog.klikmro.com/macam-macam-motor-stepper-dan-contoh-penggunaannya/>
- Klikmro. (2018). *Biar Nggak Keliru, Kenali Lagi Jenis-Jenis Sekrup dan Baut Berikut Ini*. klikmro. <https://blog.klikmro.com/biar-nggak-keliru-kenali-lagi-jenis-jenis-sekrup-dan-baut-berikut-ini/>. Diakses 1 Juni 2023
- Komisi IV. (2022). *Ditjen PSLB3 KLHK Didesak Miliki Langkah Terukur Tangani Volume Sampah*. DPR. <https://dpr.go.id/berita/detail/id/40924/t/Ditjen+PSLB3+KLHK+Didesak+Miliki+Langkah+Terukur+Tangani+Volume+Sampah>. Diakses 27 Desember 2022
- Matterthings. (2015). *What to do with empty spools?* Matterthings. <https://hubs.com/talk/t/what-to-do-with-empty-spools-quoi-faire-avec-bobines-vides/1026>. Diakses 27 Desember 2022
- McCue, T. (2018). *Wohlers Report 2018: 3D Printer Industry Tops \$7 Billion*. Forbes. <https://forbes.com/sites/tjmccue/2018/06/04/wohlers-report-2018-3d-printer-industry-rises-21-percent-to-over-7-billion/?sh=70915fc22d1a>. Diakses 28 Desember 2022
- Namira, I. (2022). *7 Hal Menakjubkan yang Bisa Dibuat Printer 3D, Ada Rumah!* idntimes. <https://idntimes.com/tech/trend/izza-namira-1/yang-bisa-dibuat-dengan-printer-3d>. Diakses 1 juni 2023
- Nawas, A. (2022). *15+ Macam Macam Tang dan Fungsinya*. abundancethebook. <https://abundancethebook.com/macam-macam-tang/>. Diakses 1 juni 2023
- Netris. (2007). *Botol plastik kosong foto stok*. istockphoto. <https://istockphoto.com/id/foto/botol-plastik-kosong-gm90943352-2627156>. Diakses 1 juni 2023
- Panggabean, P. C. (2020). *Filament 3D Printer : Definisi, Tipe, dan yang paling cocok buat kamyu*. tridiku.com. <https://tridiku.com/filament-for-u/>. Diakses 2 juni 2023
- Prakoso, A. T. (2022). *Pemanfaatan Limbah Plastik Dalam Pembuatan Filamen 3D Printer Menggunakan Mesin Ekstrusi Pada Lab Konversi Energi Universitas*. 1(2), 43–52.

- Pratama, G. (2021). *Harga Kayu Papan*. mirachinterior. <https://mirachinterior.id/harga-kayu-papan>. Diakses 1 juni 2023
- Putra, A. (2021). *Jenis Sekrup Kayu Berdasarkan Bentuk Kepala, Ulir dan Kegunaanya*. kairosbaut. <https://kairosbaut.com/jenis-sekrup-kayu-berdasarkan-bentuk-kepala-ulir-dan-kegunaanya/>. Diakses 1 juni 2023
- Rezkia, S. M. (2021). *4 Jenis Metode Analisis Data Beserta Tahapannya dalam Melaku...* dqlab. <https://www.dqlab.id/4-jenis-metode-analisis-data-beserta-tahapannya-dalam-melakukan-penelitian>. Diakses 30 Desember 2022
- Safitri, K. (2022). *Cara Tukar Sampah Botol Plastik Jadi Uang Elektronik*. Kompas. <https://money.kompas.com/read/2022/01/23/113500626/cara-tukar-sampah-botol-plastik-jadi-uang-elektronik-?page=all>. Diakses 6 Januari 2023
- Saleh, Y. K. P. (2015). Perancangan Tangan Bionik menggunakan metode QFD. *Harsokoesoemo dalam saleh*, 18.
- Selera. (2022). *10 Jenis Obeng dan Fungsinya yang Wajib Anda Tahu*. selera.id. <https://selera.id/10-jenis-jenis-obeng-dan-fungsinya-yang-wajib-anda-tahu/>. Diakses 6 Januari 2023
- Shopee. (2023). *Bearing 608RS*. shopee. <https://shopee.co.id/Bearing-608-RS-KEUNG-Isi-10-pcs-No-2-i.223183448.4428987429>. DIakses 8 Agustus 2023
- Smith, M. (2020). *Ansys Fluent – Centrifugal Pump*. cfd ninja. <https://cfd.ninja/ansys-fluent/ansys-fluent-centrifugal-pump/>. Diakses 1 juni 2023
- Taufik, M., Suryani Lubis, G., Ivanto, M., Studi Teknik Mesin, P., Tanjungpura, U., & Hadari Nawawi, J. H. (2023). Rancang Bangun Mesin Pultrusion Pembuat Filamen 3D Printing Berbasis Limbah Plastik Botol PET. *Lubis & Ivanto*, 4(1), 1–08.
- Tondi Haqira. (2019). Rancang Bangun Mesin Ekstruder Filamen 3D Printer. *Skripsi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia*, 1–66.
- Tylman, I., & Dzierzek, K. (2020). Filament for a 3D Printer from Pet Bottles-Simple Machine. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 9(10), 1386–1392. <https://doi.org/10.18178/ijmerr.9.10.1386-1392>

- Warner, B. (2017). *Automatic razor utility knife?* BladeForums. <https://bladeforums.com/threads/automatic-razor-utility-knife.1540644/>.
Diakses 6 Januari 2023
- Wicaksana, B. (2017). *Pengertian Plastik, jenis dan kegunaannya.* pinhome.id. <http://indonesiastudents.com/pengertian-plastik-menurut-para-ahli/>
- Wisnu. (2023). *Mengubah Dunia Desain: Keunggulan dan Potensi Computer Aided Design (CAD).* <https://myrobin.id/>. <https://myrobin.id/untuk-pekerja/computer-aided-design/>. Diakses 2 Juni 2023