RANCANG BANGUN MESIN *EKSTRUDER FILAMENT* PLASTIK JENIS *POLYETHYLENE TEREPHTHALATE* (PET) SKALA *DESKTOP* BERBASIS *ARDUINO*

SKRIPSI

Program Studi Sarjana Teknik Mesin
Jurusan Teknik Mesin

Oleh:
DAVID MANHARGO
NIM D1131211011



FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2026

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : David Manhargo

NIM : D1131211011

menyatakan bahwa dalam SKRIPSI yang berjudul "RANCANG BANGUN MESIN *EKSTRUDER FILAMENT* PLASTIK JENIS *POLYETHYLENE TEREPHTHALATE* (PET) SKALA *DESKTOP* BERBASIS *ARDUINO*" tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi manapun. Sepanjang pengetahuan Saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Rujukan.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Saya sanggup menerima konsekuensi akademis dan hukum di kemudian hari apabila pernyataan yang dibuat ini tidak benar.

Pontianak, 19 Agustus 2026



David Manhargo
NIM D1131211011

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon (0561) 740186, WA: +6282152280907
Email : ft@untan.ac.id Website : http://teknik.untan.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

RANCANG BANGUN MESIN *EKSTRUDER FILAMENT* PLASTIK JENIS *POLYETHYLENE TEREPHTHALATE* (PET) SKALA *DESKTOP* BERBASIS *ARDUINO*

Jurusan Teknik Mesin
Program Studi Sarjana Teknik Mesin

Oleh:

David Manhargo
NIM D1131211011

Telah dipertahankan di depan Penguji Skripsi pada 19 Agustus 2026
dan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana

Susunan Penguji Skripsi

Dosen Pembimbing Utama	: Ir. Muhammad Taufiqurrahman, S.T., M.T., IPM NIP. 198206032014041001
Dosen Pembimbing Kedua	: Ir. Muhammad Ivanto, S.T., M.T. NIPPPK. 199010212023211014
Dosen Penguji Utama	: Joko Jumiyanto, S.T., M.Eng NIPPPK. 199112062024211025
Dosen Penguji Kedua	: Ir. Gita Suryani Lubis, S.T., M.T. NIP. 199009232019032021

Pontianak, 19 Agustus 2026

Dekan,

Dr.-Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM
NIP. 196712231992031002

Pembimbing Utama

Ir. Muhammad Taufiqurrahman, S.T., M.T., IPM
NIP. 198206032014041001

HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas karunia, penyertaan, hikmat, berkat, dan kekuatan yang diberikan kepada saya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Karya sederhana ini saya dedikasikan kepada:

Tuhan Yesus Kristus,

Yang senantiasa menyertai, membimbing, memberikan kekuatan, serta pengharapan dalam setiap proses kehidupan dan penyusunan skripsi ini.

Kedua Orang Tua Tercinta dan Keluarga,

Sebagai bentuk rasa hormat, kasih sayang, dan terimakasih yang sebesar-besarnya atas segala doa, dukungan, pengorbanan, serta kerja keras yang telah diberikan selama ini. Yang selalu mendukung dalam bentuk moral maupun material sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Dosen Pembimbing dan Seluruh Dosen Teknik Mesin,

Yang telah membimbing, mengarahkan, dan menyalurkan ilmu pengetahuan serta pengalaman yang sangat berharga selama masa perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.

Sahabat,

Yang telah mengorbankan waktu, tenaga, dan materi untuk mendukung penelitian dan penyusunan skripsi ini khususnya kepada Novi Erlina,S.AK.,CAP, Charisma Yedutun Putra Sarumaha,S.Kom., Michael Christian Yordan Sitorus,S.H., serta Rekan Seperjuangan Teknik Mesin khususnya Angkatan 2021.

Semua Pihak yang Telah Membantu,

Baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, terimakasih atas segala bantuan dan dukungan yang telah di berikan.

Mazmur 63:4

"Sebab kasih setia-Mu lebih baik dari pada hidup;
bibirku akan memegahkan Engkau."

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yesus Kristus atas kasih karunia, penyertaan, kesehatan, dan kekuatan yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Rancang Bangun Mesin *Ekstruder Filament* Plastik Jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) Skala *Desktop* Berbasis *Arduino*" dengan baik.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun mesin *ekstruder filament* plastik jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) skala *desktop* berbasis *Arduino* yang dapat digunakan sebagai alternatif pemanfaatan limbah plastik menjadi *filament* untuk kebutuhan pencetakan tiga dimensi.

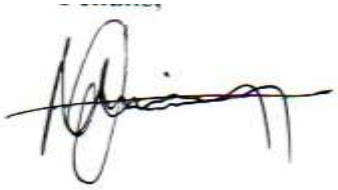
Dalam penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak bantuan, dukungan, arahan, serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus yang senantiasa memberikan penyertaan, hikmat, kesehatan, dan kekuatan selama proses perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.
2. Kedua orang tua dan seluruh keluarga yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral maupun material, serta motivasi kepada penulis selama menempuh pendidikan hingga penyelesaian skripsi ini.
3. Dr.–Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura yang telah memberikan dukungan dan kesempatan kepada penulis untuk menempuh pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
4. Bapak Ir. Muhammad Taufiqurrahman, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng. selaku Ketua Jurusan sekaligus Dosen Pembimbing I yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta masukan yang sangat berharga selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.
5. Ibu Ir. Gita Suryani Lubis, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin sekaligus Dosen Penguji II yang telah memberikan arahan, masukan, dan dukungan selama proses penyelesaian studi.

6. Bapak Ir. Muhammad Ivanto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, saran, dan pengalaman kepada penulis selama penyusunan skripsi.
7. Bapak Joko Jumiyanto, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan dukungan, saran, dan masukan yang membangun untuk penyempurnaan skripsi ini.
8. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura yang telah memberikan ilmu, pengalaman, dan pelayanan selama masa perkuliahan.
9. Sahabat serta rekan-rekan mahasiswa Teknik Mesin khususnya Angkatan 2021 yang telah memberikan bantuan, dukungan, serta semangat selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.
10. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna akibat keterbatasan pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya di bidang Teknik Mesin, teknologi daur ulang plastik, serta dapat dipergunakan sebagaimana mestinya khususnya mahasiswa Program Studi Teknik Mesin.

Pontianak, 19 Agustus 2026
Penulis,



David Manhargo
D1131211011

ABSTRAK

Meningkatnya penggunaan teknologi pencetakan tiga dimensi (*3D printing*) menyebabkan kebutuhan terhadap filamen sebagai bahan baku semakin tinggi, sementara limbah polimer jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) dari botol minuman kemasan masih menjadi salah satu permasalahan lingkungan yang memerlukan penanganan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun mesin ekstruder filamen PET skala *desktop* berbasis *Arduino* serta menganalisis pengaruh temperatur ekstrusi dan kecepatan penggulungan terhadap diameter filamen yang dihasilkan. Mesin yang dirancang terdiri atas *hopper*, *barrel*, *screw extruder*, *heater band*, *stepper motor*, sistem transmisi, sensor temperatur, dan sistem kontrol berbasis *Arduino*. Pengujian dilakukan menggunakan tiga variasi temperatur ekstrusi, yaitu 243°C, 255°C, dan 262°C, serta tiga variasi kecepatan penggulungan, yaitu 10 rpm, 15 rpm, dan 20 rpm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perubahan temperatur ekstrusi memengaruhi diameter filamen yang dihasilkan. Temperatur 255°C menghasilkan diameter filamen yang paling konsisten berada dalam rentang toleransi ISO 5425:2023, yaitu 1,72–1,78 mm, pada seluruh variasi kecepatan penggulungan. Peningkatan kecepatan penggulungan juga menunjukkan kecenderungan menurunkan diameter filamen, terutama pada temperatur 255°C dan 262°C, akibat meningkatnya gaya tarik pada filamen. Kombinasi parameter terbaik diperoleh pada temperatur ekstrusi 255°C dan kecepatan penggulungan 15 rpm dengan diameter modus sebesar 1,76 mm. Hasil tersebut memenuhi rentang toleransi ISO 5425:2023 untuk filamen berdiameter nominal 1,75 mm. Dengan demikian, mesin ekstruder yang dirancang dapat digunakan untuk menghasilkan filamen PET daur ulang dan berpotensi mendukung pemanfaatan limbah PET sebagai bahan baku *3D printing*.
Kata kunci: ekstruder filamen, *polyethylene terephthalate* (PET), filamen daur ulang, *3D printing*.

ABSTRACT

The increasing use of three-dimensional printing (3D printing) technology has led to a growing demand for filament as a raw material, while polymer waste such as Polyethylene Terephthalate *(PET) from beverage bottles remains an environmental issue that requires proper management. This study aimed to design and develop a desktop-scale PET filament extruder based on* Arduino *and to analyze the effects of extrusion temperature and winding speed on the diameter of the resulting filament. The designed machine consisted of a hopper, barrel, screw extruder, heater band, stepper motor, transmission system, temperature sensor, and* Arduino-*based control system. The experiments were conducted using three extrusion temperature variations of 243°C, 255°C, and 262°C, and three winding speed variations of 10 rpm, 15 rpm, and 20 rpm. The results showed that changes in extrusion temperature affected the diameter of the resulting filament. The temperature of 255°C produced the most consistent filament diameter within the ISO 5425:2023 tolerance range of 1.72–1.78 mm across all winding speed variations. Increasing the winding speed also tended to reduce the filament diameter, particularly at extrusion temperatures of 255°C and 262°C, due to the increased tensile force acting on the filament. The best parameter combination was obtained at an extrusion temperature of 255°C and a winding speed of 15 rpm, producing a modal filament diameter of 1.76 mm. This result met the ISO 5425:2023 tolerance range for a nominal filament diameter of 1.75 mm. Therefore, the developed extruder can be used to produce recycled PET filament and has potential to support the utilization of PET waste as a raw material for* 3D printing.

Keywords: filament extruder, polyethylene terephthalate (PET), recycled filament, 3D printing.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ..... **i**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **ii**
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **iii**
PRAKATA ..... **iv**
ABSTRAK ..... **vi**
ABSTRACT ..... **vii**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xi**
DAFTAR GAMBAR ..... **xii**
DAFTAR TABEL ..... **xiv**
BAB 1 PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 3
1.3 Tujuan dan Sasaran Penelitian 4
1.4 Pembatasan Masalah 4
1.5 Sistematika Penulisan 4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA **6**
2.1 Penelitian Terdahulu 6
2.2 Pengertian Plastik (Polimer) 9
2.2.1 *Polylactic Acid* (PLA) 11
2.2.2 *Polyethylene Terephthalate* (PET) 12
2.3 *3D Printer* dan Filamen 12
2.3.1 *3D Printer* 12
2.3.2 Filamen 13
2.4 Mesin Penghasil Filamen 15
2.4.1 Mesin Ekstruder Filamen 16
2.4.2 Mesin Pultrusi Filamen 16
2.5 Komponen Mesin 17
2.5.1 Motor Stepper 17
2.5.2 *Driver Motor Stepper* 18
2.5.3 *Microcontroller* 19
2.5.4 *Timing Belt* 20

2.5.5 *Screw* 21
2.5.6 *Barrel* 22
2.5.7 *Nozzle* 23
2.5.8 Elemen Pemanas 23
2.5.9 *Thermistor* 23
2.5.10 *Gearbox Reducer* (Transmisi) 24
2.6 Elemen Pengikat 25
2.6.1 Baut dan Mur 25
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN 27
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian 27
3.2 Alat dan Bahan 28
3.3 Metode Penelitian 30
3.4 Prosedur Penelitian 31
3.4.1 Tahapan Penelitian 31
3.4.2 Pelaksanaan Ekstrusi Plastik Jenis PET 34
3.4.3 Pengujian dan Hasil Perancangan 34
3.5 Data Penelitian 35
3.6 Diagram Alir Penelitian 36
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 37
4.1 Proses Rancang Bangun 37
4.1.1 Kinerja Mesin Ekstruder Filamen 38
4.1.2 *Gearbox* pada Sistem Penggerak *Screw* Ekstruder 40
4.1.3 Hasil Fabrikasi dan Perakitan Mesin 45
4.1.4 Desain Akhir Mesin 48
4.1.5 Spesifikasi Mesin 49
4.1.6 Sistem Kontrol dan *Firmware Arduino* 49
4.1.7 Sistem Kerja Mesin 53
4.2 Pengujian Diameter Filamen PET 54
4.3 Hasil Analisis Data 56
4.3.1 Pengujian 1 59
4.3.2 Pengujian 2 59
4.3.3 Pengujian 3 60
4.3.4 Pengujian 4 60

4.3.5 Pengujian 5 61
4.3.6 Pengujian 6 61
4.3.7 Pengujian 7 62
4.3.8 Pengujian 8 62
4.3.9 Pengujian 9 63
4.4 Pembahasan Diameter Filamen PET 63
BAB 5 PENUTUP **67**
5.1 Kesimpulan 67
5.2 Saran 68
DAFTAR RUJUKAN **69**

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A ISO-5425-2023..... A-1
Lampiran B Gambar Teknik Ekstruder Filamen..... B-1
Lampiran C Gambar Teknik Rangka..... C-1
Lampiran D Gambar Teknik *Hopper*..... D-1
Lampiran E Gambar Teknik *Gearbox*.....E-1
Lampiran F Gambar Teknik *Electrical Case*.....F-1
Lampiran G Gambar Teknik *Display Monitor*..... G-1
Lampiran H Dokumentasi Pengujian 1..... H-1
Lampiran I Dokumentasi Pengujian 2.....I-1
Lampiran J Dokumentasi Pengujian 3.....J-1
Lampiran K Dokumentasi Pengujian 4..... K-1
Lampiran L Dokumentasi Pengujian 5.....L-1
Lampiran M Dokumentasi Pengujian 6.....M-1
Lampiran N Dokumentasi Pengujian 7..... N-1
Lampiran O Dokumentasi Pengujian 8..... O-1
Lampiran P Dokumentasi Pengujian 9.....P-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Limbah Polimer 10
Gambar 2.2 Nomor Kode dan Jenis Polimer 10
Gambar 2.3 Filamen 14
Gambar 2.4 Proses kerja ekstruder filamen 16
Gambar 2.5 Pultrusi filamen 17
Gambar 2.6 Motor *Stepper* 18
Gambar 2.7 *Driver A4988* 19
Gambar 2.8 *Driver TB6600* 19
Gambar 2.9 *Arduino Mega 2560* 20
Gambar 2.10 Timing Belt 21
Gambar 2.11 *Screw* 22
Gambar 2.12 *Barrel* 23
Gambar 2.13 *Nozzle* 23
Gambar 2.14 *Heater Band* 23
Gambar 2.15 *Thermistor NTC 100K* 24
Gambar 2.16 *Gearbox Reducer* (Transmisi) 24
Gambar 2.17 Macam-macam baut dan skrup 25
Gambar 2.18 Macam-macam Mur 26
Gambar 3.1 Desain Alat Ekstruder Filamen 32
Gambar 3.2 Blok Diagram Filamen Ekstruder berbasis *Arduino* 32
Gambar 3.3 Rangkaian elektrik 33
Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian 36
Gambar 4.1 Desain dan Ukuran *Hoopper* 38
Gambar 4.2 Material PET pada *Hopper* 39
Gambar 4.3 *Pulley* Transmisi Motor ke *Gearbox* (Rasio 3,3:1) 40
Gambar 4.4 Roda Gigi di Dalam *Gearbox* (Rasio 5:1) 42
Gambar 4.5 *Gearbox* 44
Gambar 4.6 Rangka Mesin Ekstruder Filamen 45
Gambar 4.7 Proses Perakitan Mesin 46
Gambar 4.8 Komponen Hasil 3D Printing 47
Gambar 4.9 Mesin Ekstruder Filamen 48

Gambar 4.10 *Arduino Mega 2560* dan *RAMPS 1.4* 50
Gambar 4.11 Konfigurasi Papan Kontroler.....50
Gambar 4.12 Konfigurasi PID 51
Gambar 4.13 Konfigurasi Parameter Motor Ekstruder dan Penggulungan 51
Gambar 4.14 Foto Tampilan dan Kontrol Display.....52
Gambar 4.15 Blok Diagram Struktur Menu 52
Gambar 4.16 *Wiring* Ekstruder Filamen 53
Gambar 4.17 Pengukuran Filamen PET 53
Gambar 4.18 Material Botol PET 56
Gambar 4.19 Diagram Alir Proses Manufaktur Filamen PET 57
Gambar 4.20 Penimbangan Material PET 58
Gambar 4.21 Penimbangan Hasil Ekstrusi 58
Gambar 4.22 Proses Ekstrusi 58
Gambar 4.23 Pengujian 1.....59
Gambar 4.24 Pengujian 2.....59
Gambar 4.25 Pengujian 3.....60
Gambar 4.26 Pengujian 4.....60
Gambar 4.27 Pengujian 5.....61
Gambar 4.28 Pengujian 6.....61
Gambar 4.29 Pengujian 7.....62
Gambar 4.30 Pengujian 8.....62
Gambar 4.31 Pengujian 9.....63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat material polimer jenis *Polyethylene Terephthalate* 10
Tabel 2.2 Jenis Polimer, Kode dan Penggunaannya.....11
Tabel 2.3 Standar Diameter Filamen Berdasarkan ISO 5425:2023 15
Tabel 3.1 Jadwal pelaksanaan 27
Tabel 3.2 Daftar Alat..... 28
Tabel 3.3 Daftar Bahan 29
Tabel 3.4 Faktor dan Tingkatan 35
Tabel 3.5 Desain Eksperimen Pengujian 35
Tabel 4.1 Spesifikasi Mesin..... 49
Tabel 4.2 Tampilan dan Kontrol Display..... 52
Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Diameter Filamen..... 55

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi *Additive Manufacturing*, khususnya metode *Fused Deposition Modeling* (FDM), telah meningkatkan kebutuhan terhadap filamen sebagai material utama dalam proses pencetakan tiga dimensi. Pada metode FDM, kualitas filamen menjadi salah satu faktor penting yang menentukan keberhasilan proses pencetakan karena memengaruhi kestabilan aliran material, akurasi dimensi, dan kualitas produk yang dihasilkan. Filamen dengan diameter yang tidak seragam dapat mengganggu proses ekstrusi sehingga berpotensi menurunkan kualitas hasil cetakan. Oleh karena itu, proses pembuatan filamen memerlukan pengendalian parameter yang baik agar dihasilkan filamen dengan kualitas yang konsisten dan mampu mendukung proses pencetakan secara optimal [1].

Salah satu pendekatan yang dinilai efektif adalah pendauran ulang (*recycling*) menjadi bahan baru yang memiliki nilai tambah. PET termasuk termoplastik yang dapat dilelehkan berulang kali tanpa kehilangan sifat mekaniknya secara signifikan, sehingga cocok dijadikan bahan baku filamen untuk teknologi 3D printing. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip *circular economy* yang menekankan pemanfaatan kembali material untuk mengurangi ketergantungan pada plastik baru (*virgin plastic*) dan menekan limbah lingkungan [2].

Teknologi *3D printing* atau *additive manufacturing* memanfaatkan proses peleburan berlapis untuk membentuk objek tiga dimensi berdasarkan model digital. Dalam teknologi ini, filamen berfungsi sebagai bahan utama yang mengalir ke *nozzle printer* untuk dilelehkan dan disusun lapis demi lapis. Kualitas hasil cetakan sangat bergantung pada diameter, homogenitas, dan sifat termal filamen, karena ketidakteraturan sedikit saja dapat menyebabkan kegagalan cetak atau cacat permukaan. Filamen PET umumnya digunakan sebagai bahan baku pada proses *Fused Deposition Modeling* (FDM), sehingga kualitas diameternya sangat menentukan stabilitas aliran material, tingkat antar lapisan, serta kekokohan hasil cetak. [3].

Material PET menjadi kandidat kuat untuk dijadikan filamen karena memiliki kekuatan tarik yang tinggi, ketahanan panas yang baik, dan kemampuan didaur ulang. Penelitian menunjukkan bahwa filamen PET daur ulang dapat menghasilkan benda cetak dengan kekuatan mekanik mendekati atau bahkan melampaui filamen komersial berbasis PLA [4]. Penggunaan PET daur ulang sebagai bahan filamen tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga potensial secara teknis dan ekonomis.

Ketersediaan filamen daur ulang PET di Indonesia masih terbatas, dan harga filamen impor relatif mahal untuk riset skala universitas. Kondisi tersebut membuat kebutuhan mesin ekstruder skala *desktop* menjadi penting agar proses produksi filamen dapat dilakukan secara mandiri untuk riset, tanpa bergantung pada produk impor yang harganya relatif tinggi. Hal inilah yang menjadi alasan utama pengembangan mesin ekstruder filamen PET skala *desktop* berbasis *Arduino*, agar dapat memproduksi filamen sendiri dengan biaya rendah, mudah dioperasikan, dan sesuai kebutuhan penelitian di lingkungan akademik. Mesin ini memungkinkan pengendalian parameter seperti suhu leleh, kecepatan *screw*, serta pendinginan untuk menjaga stabilitas diameter filamen pada kisaran 1,75 mm sesuai standar industri [5].

Proses pembuatan filamen dilakukan melalui metode ekstrusi termoplastik, di mana material dilelehkan, ditekan melalui *nozzle*, dan didinginkan hingga berbentuk serat panjang. Metode lain seperti *pultrusion* juga mulai dieksplorasi. *Pultrusion* melibatkan proses penarikan material cair atau semi-padat melalui cetakan berpemanas yang menghasilkan produk kontinu dengan dimensi seragam. Perbandingan keduanya menunjukkan bahwa ekstrusi lebih sederhana dan efisien untuk skala laboratorium, sementara *pultrusion* unggul untuk produksi industri dengan kontrol dimensi tinggi. Metode ekstrusi dipilih karena mampu memberikan kontrol yang baik terhadap suhu, tekanan, dan kecepatan aliran material, sehingga diameter filamen dapat dijaga tetap stabil selama proses produksi [6].

Pertimbangan terhadap ketersediaan material lokal menunjukkan bahwa, kemudahan kontrol sistem, serta kebutuhan riset, metode ekstrusi termoplastik berbasis *Arduino* menjadi pilihan paling tepat untuk pengembangan mesin skala kecil. Sistem ini tidak hanya mendukung proses daur ulang limbah PET menjadi filamen *3D printing*, tetapi juga menjadi sarana pembelajaran teknologi manufaktur

aditif di tingkat Universitas. Mesin ekstruder pada dasarnya dapat digunakan untuk berbagai jenis termoplastik, tetapi PET memerlukan perlakuan khusus berupa suhu peleburan yang lebih tinggi serta kontrol kelembapan yang lebih ketat untuk mencegah degradasi [7]. Implementasi alat ini diharapkan mampu mendukung penelitian bidang rekayasa material dan perancangan mesin di Universitas Tanjungpura.

Torsi dan kecepatan putaran *screw* pada mesin ekstruder berperan penting dalam menjaga kestabilan aliran material di dalam *barrel*. Ketidaktepatan torsi dapat menyebabkan tekanan internal tidak stabil sehingga filamen yang keluar berfluktuasi diameternya atau bahkan menimbulkan penyumbatan pada *nozzle*. Pada ekstruder komersial, standar operasional umumnya mencakup pengaturan suhu zona pemanasan, kalibrasi kecepatan *screw*, dan sistem pendinginan terkontrol untuk memastikan filamen berada dalam toleransi diameter tertentu [8]. PET memiliki batas proses yang lebih sensitif dibanding beberapa polimer lain, sehingga kombinasi suhu, tekanan, dan putaran *screw* harus dikendalikan dengan lebih presisi agar tidak terjadi oksidasi, gelembung udara, atau degradasi termal selama proses ekstrusi.

Penelitian ini menitikberatkan pada upaya rancang bangun mesin ekstruder filamen plastik jenis PET skala *desktop* berbasis *Arduino* sebagai solusi teknis dan edukatif. Melalui perancangan ini diharapkan dapat dihasilkan mesin ekstruder yang efisien, mampu menghasilkan filamen dengan dimensi stabil, serta mendukung upaya daur ulang PET secara berkelanjutan. Fokus penelitian ini selanjutnya dituangkan ke dalam rumusan masalah, tujuan penelitian, dan batasan penelitian yang telah disusun pada bagian berikutnya.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara merancang dan membangun mesin *ekstruder filament* plastik jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) skala *desktop* berbasis *Arduino* yang mampu menghasilkan filamen berdiameter 1,75mm?
2. Bagaimana pengaruh temperatur ekstrusi terhadap diameter filamen PET yang dihasilkan?

3. Bagaimana pengaruh kecepatan penggulungan terhadap diameter filamen PET yang dihasilkan?

1.3 Tujuan dan Sasaran Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun mesin *ekstruder filament* plastik jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) skala *desktop* berbasis *Arduino* yang mampu menghasilkan filamen berdiameter 1,75 mm.
2. Menganalisis pengaruh variasi temperatur ekstrusi terhadap diameter filamen PET yang dihasilkan.
3. Menganalisis pengaruh variasi kecepatan penggulungan terhadap diameter filamen PET yang dihasilkan.

1.4 Pembatasan Masalah

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai masalah yang dikaji dalam proyek akhir ini, maka perlu kiranya diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Material yang digunakan adalah limbah polimer jenis PET yang berasal dari botol minuman bekas.
2. Ukuran cacahan material PET menyesuaikan dengan ukuran bukaan masukan (*inlet*) pada *barrel*.
3. Pengujian filamen tidak melibatkan pengujian sifat mekanik lanjut dan tidak mengukur ovalitas filamen, hanya difokuskan pada pengukuran diameter hasil ekstrusi.
4. Mesin dirancang untuk menghasilkan filamen dengan ukuran nominal 1,75 mm.
5. Standar filamen mengacu pada ISO 5425:2023.
6. Analisis tidak mencakup aspek biaya ekonomi atau efisiensi energi alat secara keseluruhan.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun untuk memberikan gambaran penjelasan mengenai bagian-bagian tugas akhir, diantaranya:

BAB 1 PENDAHULUAN

Menjelaskan secara singkat mengenai tinjauan secara umum mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Menjelaskan beberapa penjelasan teori penunjang yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan, parameter yang digunakan, metode pengambilan data, proses penelitian, diagram alir penelitian, dan jadwal penelitian.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang hasil data dan pembahasan penelitian yang telah dilakukan.

BAB 5 PENUTUP

Membahas tentang kesimpulan dari hasil perhitungan dan saran-saran penulisan dalam penyusunan tugas akhir.

DAFTAR RUJUKAN

DAFTAR LAMPIRAN