

**Implementasi Sistem Inspeksi Berbasis Kamera untuk
Pengukuran Diameter Filamen 3D Print Berbahan Tutup Galon
Jenis LDPE**

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Miranti Lestari

221341012



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MEKATRONIKA
JURUSAN TEKNIK OTOMASI MANUFAKTUR DAN MEKATRONIKA
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

**Implementasi Sistem Inspeksi Berbasis Kamera untuk
Pengukuran Diameter Filamen pada Mesin Pencetak Filamen 3D
Print Berbahan Tutup Galon Jenis LDPE**

Oleh:

Miranti Lestari

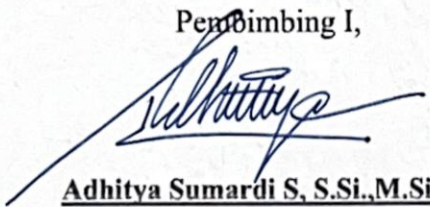
221341012

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)
Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 01 Agustus 2025

Disetujui,

Pembimbing I,



Adhitya Sumardi S, S.Si.,M.Si.

NIP. 198110052009121005

Pembimbing II,

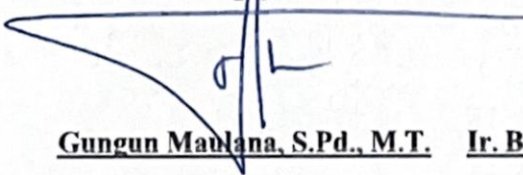


Wahyu Adhie C, S.T.,M.Sc.

NIP. 197701092023211004

Disahkan,

Penguji I,



Gungun Maulana, S.Pd., M.T.

NIP. 198204272014041001

Penguji II,



Ir. Bolo Dwiartomo, M.Eng.

NIP. 196810301995121001

Penguji III,



M. Nursvam Rizal, S.Tr.T., M.Sc.Eng.

NIP. 199503012024061001

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Miranti Lestari
NIM : 221341012
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Mekatronika
Jenjang Studi : Diploma IV
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Implementasi Sistem Inspeksi Berbasis Kamera untuk Pengukuran Diameter Filamen 3D Print Berbahan Tutup Galon Jenis LDPE

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung

Pada tanggal : 01 – 08 – 2025

Yang Menyatakan,



(Miranti Lestari)

NIM 221341012

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Miranti Lestari
NIM : 221341012
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Mekatronika
Jenjang Studi : Diploma IV
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Implementasi Sistem Inspeksi Berbasis Kamera untuk Pengukuran Diameter Filamen 3D Print Berbahan Tutup Galon Jenis LDPE

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung

Pada tanggal : 01 – 08 – 2025

Yang Menyatakan,



(Miranti Lestari)

NIM 221341012

MOTO PRIBADI

“If Allah helps you, then no one can defeat you, and if Allah lets you down, then who is there to help you besides Allah?”

- QS. Al-Imran (3:160)

Tugas akhir ini saya persembahkan terkhusus untuk pintu surga saya Ibunda Emilia Mega dan cinta pertama saya Ayahanda Dodo Rahmat yang telah Allah SWT hadirkan untuk kebersamaan saya sebagai bentuk pertolongan dan kasih-Nya ke kehidupan saya. Terima kasih tak terhingga dihaturkan.

Jazakallahu Khairan.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepada-Nya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon ampunan. Kami berlindung kepada-Nya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalan-Nya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembah yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagi-Nya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hamba-Nya dan Rasul-Nya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “Implementasi Sistem Inspeksi Berbasis Kamera untuk Pengukuran Diameter Filamen pada Mesin Pencetak Filamen 3D Print Berbahan Daur Ulang Tutup Galon Jenis LDPE”.

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesainya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan tugas akhir ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Darma Firmansyah Undayat, S.ST.,M.T.
2. Ketua Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Bapak Ridwan, S.ST.,M.Eng.
3. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika, Bapak Adhitya Sumardi Sunarya, S.Si.,M.Si. sekaligus sebagai dosen pembimbing pertama penulis yang senantiasa dengan penuh perhatian dan keikhlasan dalam membimbing dan memberikan dukungan agar dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya.

4. Dosen pembimbing kedua penulis, Bapak Wahyu Adhie Candra, S.T.,M.Sc. yang senantiasa memberikan arahan dan motivasi untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya.
5. Para Penguji sidang tugas akhir Bapak Gunung Maulana S.Pd., M.T., Bapak Ir. Bolo Dwiartomo, M.Eng. dan Bapak Muhammad Nursyam Rizal, S.Tr.T.,M.Sc.Eng.
6. Panitia tugas akhir yang telah merancang prosedur serta mengawal proses pelaksanaan tugas akhir dengan maksimal.
7. Teristimewa kepada Orang Tua penulis Ibu Emilia Mega dan Bapak Dodo Rahmat yang selalu mendoakan, memberikan semangat dan pengorbanannya baik dari segi moril juga materi kepada penulis sehingga penulis dapat selalu termotivasi untuk menyelesaikan tugas akhir ini dengan penuh tanggung jawab.
8. Untuk kakak dan adik penulis yang selalu menyemangati dan mendoakan dengan setulus hati.
9. Untuk teman-teman Polmaners; Gailan, Ramzi, Dezta dan Devito, teman-teman UKM RESP; Aris, Adjie, Ilham, serta Rizky Julyadi terima kasih telah menjadi teman berdiskusi dan kebersamai perjalanan penulis.
10. Untuk teman-teman AE'21, khususnya teman seperjuangan tugas akhir yang mengerjakan tugas akhir di area *rooftop AE*, terima kasih telah memberikan kesan hangat di tengah perasaan dingin selama mengerjakan tugas akhir ini.
11. Terkhusus diri sendiri yang telah kuat, tabah, dan berhasil memenangkan kendali atas segala bentuk ego, terima kasih telah selalu berusaha sebaik mungkin untuk selalu berproses serta tumbuh.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiin Ya Robbal Alamin

Bandung, 12 Agustus 2025

Penulis

Miranti Lestari

ABSTRAK

Kemajuan teknologi manufaktur aditif mendorong kebutuhan akan filamen yang berkualitas tinggi, terjangkau, dan ramah lingkungan. Di Indonesia, sebagian besar kebutuhan filamen dan mesin ekstruder dipenuhi melalui impor, sehingga mendorong sejumlah peneliti untuk mengembangkan solusi lokal. Salah satunya dilakukan oleh Politeknik Manufaktur Bandung yang merancang mesin ekstrusi filamen berbahan limbah tutup galon LDPE, namun konsistensi diameter filamen yang dihasilkan belum stabil. Tugas akhir ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem inspeksi berbasis kamera dan pengendalian kecepatan motor *puller* untuk menstabilkan diameter filamen secara *realtime*. Dengan menerapkan algoritma deteksi tepi berbasis warna, diketahui bahwasanya pencahayaan mempengaruhi hasil deteksi pengukuran, dengan ketercapaian ketelitian pengukuran sebesar 0,009 mm/piksel. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada kecepatan 15 rpm, filamen yang dihasilkan memiliki diameter rata-rata 1,77 mm dengan kesalahan 3,66% terhadap standar 1,75 mm. Metode kendali SMC terbukti memberikan performa sistem yang adaptif dibandingkan dengan kendali PID dalam menjaga kestabilan diameter. Sistem inspeksi ini menjadi alternatif strategis dalam memproduksi filamen yang berkualitas, sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap produk impor dan mendukung pengelolaan limbah plastik secara berkelanjutan.

Kata kunci: Diameter, LDPE, Pengendalian Kecepatan, Pengolah Citra.

ABSTRACT

Advances in additive manufacturing technology have driven the need for high-quality, affordable, and environmentally friendly filaments. In Indonesia, most of the demand for filaments and extruders is met through imports, prompting a number of researchers to develop local solutions. One such effort was undertaken by the Politeknik Manufaktur Bandung which designed a filament extrusion machine using LDPE gallon cap waste as raw material. However, the consistency of the filament diameter produced was not yet stable. This final project aims to implement a camera-based inspection system and motor puller speed control to stabilize filament diameter in real-time. By applying a color-based edge detection algorithm, it was found that lighting affects measurement detection results, with measurement accuracy achieved at 0.009 mm/pixel. Test results show that at a speed of 15 rpm, the produced filament has an average diameter of 1.77 mm with an error of 3.66% compared to the standard of 1.75 mm. The SMC control method has proven to provide adaptive system performance compared to PID control in maintaining diameter stability. This inspection system serves as a strategic alternative for producing high-quality filaments, reducing reliance on imported products, and supporting sustainable plastic waste management.

Keywords: *Diameter, LDPE, Control Speed, Image Processing.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)	iii
MOTO PRIBADI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
I.1. Latar Belakang	I-1
I.2. Rumusan Masalah	I-2
I.3. Batasan Masalah.....	I-2
I.4. Tujuan dan Manfaat.....	I-3
I.5. Sistematika Penulisan.....	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
II.1. Tinjauan Teori	Error! Bookmark not defined.
II.1.1. <i>Low Density Polyethylene (LDPE)</i>	Error! Bookmark not defined.
II.1.2. Ekstrusi Plastik.....	Error! Bookmark not defined.
II.1.3. <i>Image Processing</i>	Error! Bookmark not defined.
II.1.4. <i>HSV (Hue, Saturation, Value)</i>	Error! Bookmark not defined.
II.1.5. <i>Computer Vision</i>	Error! Bookmark not defined.
II.1.6. <i>Triangle Similarity</i>	Error! Bookmark not defined.

II.1.7. <i>Sliding Mode Controller</i>	Error! Bookmark not defined.
II.1.8. Komunikasi Serial	Error! Bookmark not defined.
II.2. Tinjauan Alat	Error! Bookmark not defined.
II.2.1. Kamera	Error! Bookmark not defined.
II.2.2. Motor DC JGA25-370	Error! Bookmark not defined.
II.2.3. Driver L298N	Error! Bookmark not defined.
II.2.4. Arduino Mega	Error! Bookmark not defined.
II.3. Studi Penelitian Terdahulu	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH	Error! Bookmark not defined.
III.1. Metodologi Penelitian	Error! Bookmark not defined.
III.2. Gambaran Umum Sistem	Error! Bookmark not defined.
III.3. Studi Literatur	Error! Bookmark not defined.
III.4. Analisis Kebutuhan Sistem	Error! Bookmark not defined.
III.5. Perancangan Arsitektur Sistem	Error! Bookmark not defined.
III.5.1. Perancangan Domain Mekanik	Error! Bookmark not defined.
III.5.1.1. Mesin Pencetak Filamen 3D Print	Error! Bookmark not defined.
III.5.1.2. <i>Holder</i> Kamera	Error! Bookmark not defined.
III.5.2. Perancangan Domain Elektrik	Error! Bookmark not defined.
III.5.3. Perancangan Domain Informatika	Error! Bookmark not defined.
III.5.3.1. Kalibrasi Kamera	Error! Bookmark not defined.
III.5.3.2. Menentukan Diameter Filamen	Error! Bookmark not defined.
III.5.3.3. Metode Fungsi <i>Average</i>	Error! Bookmark not defined.
III.5.4. Perancangan Domain Sistem Kendali	Error! Bookmark not defined.
III.5.5. Pengujian Sistem	Error! Bookmark not defined.
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
IV.1. Implementasi Rancangan	Error! Bookmark not defined.
IV.2. Pengujian Perangkat	Error! Bookmark not defined.

IV.2.1. Pengujian Akurasi Kamera	Error! Bookmark not defined.
IV.2.1. Pengujian Akurasi Sensor <i>Encoder</i> ...	Error! Bookmark not defined.
IV.3. Antarmuka Sistem.....	Error! Bookmark not defined.
IV.4. Simulasi	Error! Bookmark not defined.
IV.5. Pengujian Sistem.....	Error! Bookmark not defined.
IV.4.1. Pengujian Karakteristik Sistem.....	Error! Bookmark not defined.
IV.4.2. Validasi Pengujian	Error! Bookmark not defined.
IV.4.3. Pengujian Kendali SMC	Error! Bookmark not defined.
IV.4.4. Pengujian Perbandingan Kendali	Error! Bookmark not defined.
BAB V.....	Error! Bookmark not defined.
V.1 Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
V.2 Saran.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

- Tabel II. 1 Karakteristik berbagai termoplastik[26]**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel II. 2 Spesifikasi kamera digital mikroskop[37]**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel II. 3 Penelitian terdahulu terkait *image processing***Error! Bookmark not defined.**
- Tabel II. 4 Penelitian terdahulu terkait metode kendali**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel III. 1 Daftar tuntutan kerja sistem**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel IV. 1 Implementasi rancangan mesin.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel IV. 2 Pengujian akurasi kamera**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel IV. 3 Pengujian akurasi sensor *encoder*.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel IV. 4 Simulasi 15 *rpm***Error! Bookmark not defined.**
- Tabel IV. 5 Simulasi 20 *rpm***Error! Bookmark not defined.**
- Tabel IV. 6 Pengujian tanpa kendali**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel IV. 7 Validasi pengujian**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel IV. 8 Pengujian pada nilai diameter 1,75 mm**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel IV. 9 Pengujian pada nilai diameter 1,70 mm**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel IV. 10 Pengujian pada nilai 1,80 mm.....**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR GAMBAR

- Gambar II. 1 Simbol daur ulang plastik jenis LDPE[23]**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar II. 2 Ruang warna untuk citra *truecolor* 24 bit[29]**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar II. 3 Ilustrasi model warna HSV[30].....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar II. 4 *Triangle similarity method***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar II. 5 (a) Fase SMC ; (b) *Switching mode*[35]**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar II. 6 Blok diagram *sliding mode control* (SMC)[35]**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar II. 7 Kamera digital mikroskop[37].....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar II. 8 Motor DC JGA25-370[38]**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar II. 9 *Rotary encoder*[38].....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar II. 10 Driver L298N[39].....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar II. 11 Sinyal PWM[39].....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar II. 12 Arduino Mega[40]**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar III. 1 Diagram alur prosedur penelitian**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar III. 2 Gambaran umum sistem.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar III. 3 Arsitektur sistem**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar III. 4 Diagram alir sistem**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar III. 5 Mekanisme ekstruder**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar III. 6 Mesin pencetak filamen 3D print**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar III. 7 Rancangan motor *puller***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar III. 8 (a) Desain *holder* kamera (b) bagian-bagian *holder* kamera.. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar III. 9 Dimensi *holder* kamera**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar III. 10 Penempatan komponen pada panel *box***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar III. 11 Rangkaian skematik kontrol sistem**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar III. 12 Alur sistem pengolahan citra.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar III. 13 Skema penempatan kamera (*top view*)**Error! Bookmark not defined.**

Gambar III. 14 Plot metode fungsi *average***Error! Bookmark not defined.**

Gambar III. 15 Blok diagram sistem kendali motor *puller***Error! Bookmark not defined.**

Gambar IV. 1 *Assembly* mesin**Error! Bookmark not defined.**

Gambar IV. 2 *Assembly holder***Error! Bookmark not defined.**

Gambar IV. 3 Implementasi rancangan penempatan kamera**Error! Bookmark not defined.**

Gambar IV. 4 Implementasi sistem elektrik**Error! Bookmark not defined.**

Gambar IV. 5 Benda uji[48].....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar IV. 6 Kalibrasi kamera**Error! Bookmark not defined.**

Gambar IV. 7 Pengujian pengukuran terhadap cahaya**Error! Bookmark not defined.**

Gambar IV. 8 Persentase error pengukuran terhadap cahaya**Error! Bookmark not defined.**

Gambar IV. 9 Antarmuka sistem**Error! Bookmark not defined.**

Gambar IV. 10 Hubungan kecepatan dan diameter**Error! Bookmark not defined.**

Gambar IV. 11 Perbandingan konsistensi diameter filamen**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** *Drawing holder* kamera
- Lampiran 2** Spesifikasi *block gauge*
- Lampiran 3** Spesifikasi tachometer
- Lampiran 4** Spesifikasi motor DC JGA25-370
- Lampiran 5** Spesifikasi lux meter

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

3D	: Tiga Dimensi
C	: Celcius
DC	: <i>Direct Current</i>
DSLR	: <i>Digital Single Lens Reflex</i>
FPS	: <i>Frame Per Second</i>
HMI	: <i>Human Machine Interface</i>
I2C	: <i>Inter-Integrated Circuit</i>
LDPE	: <i>Low Density Polyethylene</i>
mm	: Milimeter
PID	: <i>Proportional Integral Derivative</i>
PWM	: <i>Pulse Width Modulation</i>
px	: <i>Pixel (Picture Element)</i>
RPM	: Rotasi Per Menit
RX	: <i>Receiver</i>
SMC	: <i>Sliding Mode Control</i>
SPI	: <i>Serial Peripheral Interface</i>
TX	: <i>Transmitter</i>
UART	: <i>Universal Asynchronous Receiver-Transmitter</i>

UVC : *USB Video Class*
V : *Voltage*
VAC : *Voltage Alternating Current*
VDC : *Voltage Direct Current*

BAB I

PENDHULUAN

I.1. Latar Belakang

Teknologi manufaktur aditif atau yang lebih dikenal sebagai teknologi pencetakan 3D, telah menjadi bagian inti dari perkembangan revolusi industri 4.0 karena kemampuannya untuk mencetak objek kompleks dengan presisi dan efisiensi tinggi[1],[2],[3]. Indonesia menduduki peringkat ke-6 dari 10 negara pembeli mesin ekstruder teratas dalam pasar global. Dalam kurun waktu November 2023 – Oktober 2024, tercatat 305 importir 3D printer aktif di Indonesia membawa masuk 3,906 kali pengiriman mesin dari 316 pemasok global, dengan lonjakan permintaan mencapai 135% dibandingkan periode sebelumnya[4]. Hal ini mengindikasikan ketergantungan pada impor bahan baku dan peralatan untuk 3D print di Indonesia sangat tinggi. Selaras dengan ini, melalui Peraturan Menteri Perdagangan Nomor 3 Tahun 2024 menegaskan pengaturan impor untuk mendorong optimalisasi produksi dalam negeri, sehingga memotivasi sejumlah peneliti berinovasi dengan menciptakan mesin ekstruder lokal berbahan dasar limbah plastik seperti PET, HDPE, maupun LDPE[5],[6],[7],[8]. Pemanfaatan limbah plastik menjadi filamen 3D print menjadi solusi ekonomi juga sebagai pendekatan ekologis dalam mengatasi permasalahan limbah plastik.

Penelitian terdahulu yang dilakukan di Politeknik Manufaktur Negeri Bandung telah menciptakan mesin ekstruder filamen yang dilengkapi dengan pengukuran menggunakan kaliper digital sebagai alat ukur, dengan tingkat error pengukuran mencapai 1.1%[5]. Selain itu, sistem pengendalian kecepatan motor penarik filamen (*puller*) yang berperan untuk menstabilkan diameter filamen telah diterapkan menggunakan metode kendali PID. Kecepatan motor *puller* tercatat rata-rata berkisar 15 - 20 rpm, pada konsistensi 200 mm menghasilkan diameter filamen yang cukup bervariasi dengan rata-rata berkisar 1,7 mm saja[9],[10]. Kestabilan diameter filamen menjadi aspek penting yang mempengaruhi kualitas produk 3D print, karena variasi diameter filamen akan menyebabkan porositas produk[11], cacat mikrostruktur dan menyebabkan kekuatan mekanis produk rendah[12].

Perkembangan manufaktur digital pendukung metrologi menawarkan metode deteksi visual untuk mewujudkan pengukuran otomatis tanpa terjadi kontak langsung terhadap objek yang diukur menunjukkan hasil akurasi yang tinggi[13],[14],[15], dengan berbasis kamera *webcam*[16], kamera *smartphone*[13], serta berbasis kamera mikroskop digital[17], menunjukkan akurasi pengukuran yang tinggi. Selain itu, untuk mengatasi sifat *non-linear* dari motor *puller* untuk mempertahankan kecepatan motor agar konstan[9], kendali *Sliding Mode Control* (SMC) dinilai lebih optimal jika dibandingkan dengan kendali PID dalam hal *overshoot* dan waktu stabilitas[18],[19],[20].

Berdasarkan tinjauan terhadap kajian terdahulu, penulis terinspirasi untuk mengimplementasikan sistem inspeksi yang mencakup pengukuran berbasis kamera dengan pengendalian kecepatan motor *puller* menggunakan metode kendali SMC untuk meningkatkan kestabilan diameter filamen yang dihasilkan oleh mesin pencetak filamen 3D print yang sudah dikembangkan sebelumnya di Politeknik Manufaktur Negeri Bandung.

I.2. Rumusan Masalah

Meninjau latar belakang yang sudah dijabarkan, berikut rumusan masalah yang dapat diidentifikasi melalui pertanyaan sebagai berikut.

1. Bagaimana merancang sistem inspeksi berbasis kamera (*image processing*) yang tepat untuk mengukur diameter filamen dengan tingkat ketelitian <0.05 mm pada mesin pencetak filamen 3D print dengan akurat?
2. Bagaimana mengendalikan kecepatan motor *puller* agar dapat menghasilkan diameter filamen yang konsisten?

I.3. Batasan Masalah

Agar tugas akhir ini dapat memberikan hasil yang fokus dan spesifik, sehingga diperlukan penetapan batasan masalah sebagai berikut.

1. Plastik yang digunakan yaitu jenis LDPE dan harus dicacah sebelum diekstrusi.

2. Pengukuran menggunakan satu kamera (*top view*) secara vertikal terhadap objek ukur dengan diameter target 1,75 mm dan toleransi $\pm 0,05$ mm[21],[22] (sesuai standar filamen komersial).
3. Tugas akhir ini berfokus pada pengendalian kecepatan motor *puller* untuk mempertahankan diameter filamen, dengan parameter pembentukan dan pencetakan filamen pada mesin ekstruder yang digunakan ditetapkan berdasarkan kajian terdahulu[10].
4. Ditetapkan jarak optimal pengukuran antara kamera dan objek yang diukur berdasarkan hasil kalibrasi.
5. Sumber pencahayaan ditetapkan hanya berasal dari cahaya kamera dan *translucent background* berupa lampu LED 12 VDC dengan bantuan cahaya ruang eksternal yang dioptimalkan.
6. Alat ini merupakan prototipe.

I.4. Tujuan dan Manfaat

Adapun berikut ini tujuan dan manfaat dari tugas akhir yang akan dilakukan sebagaimana berikut.

Tujuan :

1. Melakukan pengukuran diameter filamen pada saat proses ekstrusi berlangsung.
2. Mengendalikan kecepatan motor *puller* untuk meningkatkan konsistensi diameter filamen yang dihasilkan.

Manfaat :

Kajian tugas akhir ini yakni terkait dengan sistem inspeksi berbasis kamera untuk melakukan pengukuran dan pengendalian ini memiliki manfaat secara ilmiah, diantaranya dapat memperkaya pustaka pengembangan teknologi pengolahan citra dalam pemrosesan data serta meningkatkan pemahaman terkait pengukuran presisi dalam teknik keilmuan metrologi. Hal lainnya yakni, kajian ini memberikan manfaat kepada kalangan akademisi, para pelaku inovasi, khususnya sekelompok orang pelaku riset dan pengembangan produk yang memanfaatkan teknologi manufaktur aditif untuk mendukung pembuatan prototipe atau produk akhir dengan kualitas yang lebih baik.

I.5. Sistematika Penulisan

Sistematika proposal Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu terkait serta melihat hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH, berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem, perancangan sistem serta metode penyelesaian masalah.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi hasil dari penyelesaian masalah yang dirumuskan berupa dokumentasi hasil, data pengujian perangkat, data pengujian sistem yang dilengkapi dengan pembahasan.

BAB V PENUTUP, berisi kesimpulan yang diperoleh dari dari pengerjaan tugas akhir yang telah dilaksanakan dan saran untuk perbaikan dari apa yang telah dilakukan dalam tugas akhir ini.