

**ANALISIS PENGARUH ORIENTASI PENCETAKAN
3 DIMENSI *HANDLE* PINTU TERHADAP
SIFAT MEKANIK**



TUGAS AKHIR

**Disusun Untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Pendidikan Strata I
Pada Program Studi Teknik Mesin**

Disusun Oleh:

**Javier Ghentala
2302220501. P**

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TRIDINANTI**

2026

UNIVERSITAS TRIDINANTI
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN



TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH ORIENTASI PENCETAKAN
3 DIMENSI HANDLE PINTU TERHADAP
SIFAT MEKANIK

Disusun :

Javier Ghentala
(2302220501. P)

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Mesin

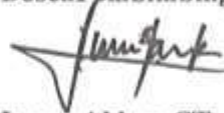

Heriyanto Rusmaryadi, ST., Dip., PG., MT

Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I


Ir. Togar PO Sianipar, MT.

Dosen Pembimbing II


Imam Akbar, ST., MT



Disahkan Oleh :
Dekan Fakultas Teknik


Dr. Ani Firda, ST., MT

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Javier Ghentala
NIP : 2302220501. P
Fakultas : TEKNIK
Program Studi : TEKNIK MESIN

Dengan ini saya menyatakan bahwa Artikel dengan judul : **“Analisis Pengaruh Orientasi Pencetakan 3 Dimensi *Handle* Pintu Terhadap Sifat Mekanik”** benar bebas dari plagiat dan publikasi ganda. Bila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi yang berlaku dari pihak prodi dan insitusi Universitas Tridinanti Palembang.

Demikian surat pernyataan ini saya buat penuh keasadaran, dan tanpa paksaan dari pihak mana pun. Sehingga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Palembang, Maret 2026
Mahasiswa



Javier Ghentala

Lampiran :
Print Out Hasil Plagiat

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Javier Ghentala
NIP : 2302220501. P
Fakultas : TEKNIK
Program Studi : TEKNIK MESIN

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi berjudul : **“Analisis Pengaruh Orientasi Pencetakan 3 Dimensi Handle Pintu Terhadap Sifat Mekanik”** adalah benar merupakan karya sendiri. Hal-hal yang bukan karya saya, dalam skripsi tersebut diberi tanda citasi dan ditunjukkan dalam daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar dan ditemukan pelanggaran atas karya skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan skripsi dan gelar yang saya peroleh dari skripsi tersebut.

Palembang, Maret 2026
Yang membuat pernyataan



Javier Ghentala
NIM. 2302220501. P

SURAT PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai Civitas Akademika Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tridinanti Palembang, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Javier Ghentala
NIM : 2302220501.P
Fakultas : TEKNIK
Program Studi : TEKNIK MESIN
Jenis Karya : TUGAS AKHIR/ SKRIPSI

Demi Pengembangan Ilmu pengetahuan untuk memberikan kepada pihak Universitas Tridinanti Palembang hak bebas Royalti Non-eksklusif (*non exclusive royalty free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**ANALISIS PENGARUH ORIENTASI PENCETAKAN 3 DIMENSI
HANDLE PINTU TERHADAP SIFAT MEKANIK**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan), dengan hak royalti eksklusif ini universitas tridinanti palembang berhak menyimpan, mengalih mediakan, mengelola dalam bentuk data base dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan pemilik hak cipta. Demikian pernyataan saya buat dengan sebenarnya dan tanpa ada tekanan dari pihak mana pun.

Dibuat di Palembang
Tanggal, Maret 2026
Yang menyatakan,



Javier Ghentala



Digital Receipt

This receipt acknowledges that Turnitin received your paper. Below you will find the receipt information regarding your submission.


The first page of your submissions is displayed below.

Submission author: 1 1
Assignment title: Kelas Kimia Feb 1304
Submission title: JAVIER- GHENTALA-2302220501.P.docx
File name: JAVIER_ GHENTALA-2302220501.P.docx
File size: 13.78M
Page count: 79
Word count: 9,058
Character count: 54,506
Submission date: 31-Mar-2026 10:21PM (UTC+0700)
Submission ID: 2918850350



1 1

JAVIER- GHENTALA-2302220501.P.docx

 Kelas Kimia Feb 1304 Kelas kimia feb Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong

Document Details

Submission ID

trn:oid::1:3523463996

Submission Date

Mar 31, 2026, 10:21 PM GMT+7

Download Date

Mar 31, 2026, 10:25 PM GMT+7

File Name

JAVIER_GHENTALA-2302220501.P.docx

File Size




13.8 MB

79 Pages**9,058 Words****54,506 Characters**

8% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Top Sources

- 8%  Internet sources
 - 3%  Publications
 - 3%  Submitted works (Student Papers)
-

Top Sources

- 8% Internet sources
- 3% Publications
- 3% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	repository.univ-tridianti.ac.id	1%
2	Internet	bemyhobby.blogspot.com	<1%
3	Internet	id.123dok.com	<1%
4	Internet	repository.unissula.ac.id	<1%
5	Internet	123dok.com	<1%
6	Internet	repository.its.ac.id	<1%
7	Internet	etheses.uin-malang.ac.id	<1%
8	Internet	mafiadoc.com	<1%
9	Internet	dspace.uii.ac.id	<1%
10	Internet	www.kangatepafia.com	<1%
11	Internet	repository.ub.ac.id	<1%

12	Internet	repository.polman-babel.ac.id	<1%
13	Internet	repository.ar-raniry.ac.id	<1%
14	Internet	biomej.upnjatim.ac.id	<1%
15	Student papers	Universitas Pamulang	<1%
16	Internet	repositori.usu.ac.id	<1%
17	Internet	repository.uir.ac.id	<1%
18	Internet	es.scribd.com	<1%
19	Internet	text-id.123dok.com	<1%
20	Student papers	Universitas Andalas	<1%
21	Internet	repository.ukwms.ac.id	<1%
22	Internet	www.slideshare.net	<1%
23	Internet	pdffox.com	<1%
24	Publication	Nadia Ardiyanti Sutrisno, Shelvia Retha Sofiana, Nafiisha Nuurfathina. "EFEKTIVIT...	<1%
25	Internet	repositori.unud.ac.id	<1%

26	Internet	repository.unimal.ac.id	<1%
27	Internet	repository.usd.ac.id	<1%
28	Internet	ukirama.com	<1%
29	Publication	Wahyu Dwi Lestari Lestari, Sania Nadillah Permata Dewi. "FDM 3D Printing Proce...	<1%
30	Internet	lib.unnes.ac.id	<1%
31	Internet	nanopdf.com	<1%
32	Internet	repository.uksw.edu	<1%
33	Internet	www.scribd.com	<1%
34	Internet	www.suara.com	<1%

MOTTO :

- ✓ *Pendidikan penting untuk meraih masa depan.*
- ✓ *Teruslah belajar dan jangan takut salah.*
- ✓ *Menyikapi sesuatu dengan sikap sabar dan berpikir tenang.*
- ✓ *Suatu permasalahan pasti ada solusinya.*
- ✓ *Lebih baik bersikap rendah hati dari pada menyombongkan diri.*
- ✓ *Selalu bersyukur yang diberikan Tuhan kepada kita.*
- ✓ *Tidak setiap yang jatuh adalah akhir, karena jatuhnya hujan adalah awal yang paling indah*

Kupersembahkan untuk :

- ❖ *Kedua orang tuaku ibu Dan bapak yang kucinta*
- ❖ *Saudara kakak dan adik – adiku yang telah memberiku semangat*
- ❖ *Teman – teman seperjuangan 2025 Teknik Mesin*
- ❖ *Almamaterku*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat, karunia dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini yang berjudul “**Analisis Pengaruh Orientasi Pencetakan 3 Dimensi *Handle* Pintu Terhadap Sifat Mekanik**” dengan waktu yang telah ditentukan. Tujuan dari penulisan laporan akhir ini adalah untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan strata-1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tridinanti.

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis banyak memperoleh bantuan, dukungan dan semangat dari berbagai pihak. Selain itu, pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Edizal AE, MS. Selaku Rektor Universitas Tridinanti.
2. Ibu Dr. Ani Firda, ST., MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tridinanti.
3. Bapak Heriyanto Rusmaryadi, ST., Dip., PG, MT. Selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Tridinanti.
4. Bapak Martin Luther King, ST.MT. Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tridinanti.
5. Bapak Ir. Togar Partai Oloan Sianipar, MT. Selaku Dosen Pembimbing I.
6. Bapak Imam Akbar, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing II.

7. Seluruh Staf Dosen dan Karyawan Fakultas Teknik Mesin Universitas Tridinanti.

Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat berguna bagi mahasiswa khususnya Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Tridinanti Palembang.

Palembang, Maret 2026
Penulis,

Javier Ghentala

DAFTAR ISI

Halaman :

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	iii
HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	v
HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
ABSTRAK	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Additive Manufacturing (AM)	9
2.2 Fused Deposition Modeling (FDM).....	10
2.3 Parameter Proses Pencetakan 3D	11
2.3.1 Ketebalan Lapisan (<i>Lapisan height</i>)	12
2.3.2 Suhu <i>Nozzle</i>	12

2.3.3 Kecepatan Pencetakan.....	13
2.3.4 Kepadatan Pengisi (<i>Infill</i>)	13
2.3.5 Laju Pendinginan	14
2.3.6 Orientasi Cetak.....	14
2.4 Bahan pencetak 3D FDM.....	15
2.4.1 <i>Polylactic Acid</i> (PLA)	16
2.5.1 Karakteristik Pembebanan pada <i>Adaptor</i>	18
2.5.2 Gaya Akibat Beban Massa	18
2.5.3 Momen Lentur pada Balok Kantilever.....	19
2.5.4 Inersia Penampang Persegi Panjang.....	19
2.5.5 Tegangan Lentur Maksimum	19
2.5.6 Tegangan Geser Maksimum.....	20
2.5.7 Defleksi Ujung Balok.....	20
2.5.8 Regangan dan Sudut Rotasi	20
BAB III METODE PENELITIAN	22
3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian.....	22
3.2 Diagram Alir Penelitian.....	22
3.3 Desain Spesimen	24
3.4 Proses Pencetakan Spesimen.....	24
3.5 Prosedur Penelitian.....	25
3.6 Jadwal Kegiatan Penelitian	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Persiapan Penelitian	27
4.1.1 Desain.....	27
4.1.2 Proses Slicing dan Penentuan Parameter Cetak	28
4.1.3 Metode Pengujian.....	29
4.2 Pengukuran Dimensi dan Massa Spesimen Sebelum Pengujian.....	30
4.2.1 Pengukuran Dimensi Spesimen.....	30
4.2.2 Pengukuran Massa Spesimen Sebelum Pengujian	31
4.3 Pengujian Pembebanan Pada Orientasi Cetak 0°	32
4.3.1 Hasil Pengujian	33

4.3.2 Perhitungan.....	35
4.3.3 Pembahasan.....	40
4.4 Pengujian Pembebanan Pada Orientasi Cetak 45°	41
4.4.1 Hasil Pengujian	41
4.4.2 Perhitungan.....	42
4.4.3 Pembahasan.....	47
4.5 Pengujian Pembebanan Pada Orientasi Cetak 90°	48
4.6 Perbandingan Massa Spesimen Sebelum dan Sesudah Pengujian.....	48
4.7 Perhitungan	49
4.7.1 Data Perhitungan Orientasi 0°	49
4.7.2. Data Perhitungan Orientasi 45°	56
4.7.3. Data Perhitungan Orientasi 90°	64
4.8 Pengaruh Orientasi Pencetakan FDM	72
4.9 Data Hasil Pengujian.....	73
4.10 Pembahasan.....	74
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	76
5.1 Kesimpulan	76
5.2 Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN.....	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar :	Halaman :
2. 1. Tipe-tipe <i>Additive Manufacturing</i>	9
2. 2. Skema berbagai mekanisme FDM	10
2. 3. Ilustrasi ketebalan lapisan pencetakan 3D	12
2. 4. Representasi visual dari persentase <i>infill</i> yang berbeda.....	13
2. 5. Ilustrasi orientasi pencetakan	14
2. 6. Filamen PLA	16
3. 1. Diagram alir penelitian.....	22
3. 2. Desain spesimen.	23
3. 3. Skematik diagram proses pencetakan 3D.	24
4. 1. Desain door lever adapter.....	26
4. 2. Variasi orientasi pencetakan.	27
4. 3. Alat dan Lingkungan Uji	28
4. 4. Proses pengujian <i>Door Lever Adapter</i> pada orientasi 0°	33
4. 5. Kondisi spesimen setelah pengujian pada orientasi 0°	34
4. 6. Proses pengujian <i>Door Lever Adapter</i> pada orientasi 45°	40
4. 7. Kondisi spesimen setelah pengujian pada orientasi 45°	41
4. 8. Proses pengujian <i>Door Lever Adapter</i> pada orientasi 90°.....	47
4. 9. Kondisi spesimen setelah pengujian pada orientasi 90°	48

DAFTAR TABEL

Tabel :	Halaman
:	
2. 1. Tipe-tipe <i>Additive Manufacturing</i>	9
2. 2. Skema berbagai mekanisme FDM	10
2. 3. Ilustrasi ketebalan lapisan pencetakan 3D	12
2. 4. Representasi visual dari persentase <i>infill</i> yang berbeda.....	13
2. 5. Ilustrasi orientasi pencetakan	14
2. 6. Filamen PLA	16
3. 1. Diagram alir penelitian.....	22
3. 2. Desain spesimen.	23
3. 3. Skematik diagram proses pencetakan 3D.	24
4. 1. Desain door lever adapter.....	26
4. 2. Variasi orientasi pencetakan.	27
4. 3. Gambaran umum pengujian spesimen dan alat bantu	28
4. 4. Proses pengujian <i>Door Lever Adapter</i> pada orientasi 0°	33
4. 5. Kondisi spesimen setelah pengujian pada orientasi 0°.....	34
4. 6. Proses pengujian <i>Door Lever Adapter</i> pada orientasi 45°	40
4. 7. Kondisi spesimen setelah pengujian pada orientasi 45°	41
4. 8. Proses pengujian <i>Door Lever Adapter</i> pada orientasi 90°.....	47
4. 9. Kondisi spesimen setelah pengujian pada orientasi 90°	48

ABSTRAK

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kekuatan bahan yang digunakan pada pintu *handle* yang dicetak 3D. Untuk menganalisis bagaimana pola pengisian (*infill*) pada cetakan 3D berpengaruh terhadap kekuatan struktural dari *handle* pintu, Untuk mengevaluasi parameter desain, termasuk ketebalan dinding dan geometri keseluruhan dari *handle* pintu, Untuk mengembangkan metodologi pengujian yang konsisten dan valid untuk menilai kekuatan *handle* pintu. Peningkatan kualitas produk yang dihasilkan. Dapat mengarah pada pengurangan biaya serta peningkatan produktivitas dalam pembuatan komponen yang kompleks seperti *handle* pintu. Dapat mendorong pengembangan desain baru yang lebih ergonomis dan fungsional. Dapat memperluas kemungkinan penggunaan desain 3D dalam produk. Dapat meningkatkan kepuasan pengguna dan umur produk secara keseluruhan.

Dari perhitungan di atas, pembebanan pada orientasi 0° (16,63 kg) menghasilkan tegangan tertinggi sebesar 163500 N/m^2 . Ini menunjukkan bahwa serat mengalami tekanan yang signifikan pada beban ini, dan penting untuk mengevaluasi apakah bahan dapat menahan beban ini tanpa mengalami kerusakan. Pada orientasi 90° (2,925 kg) menghasilkan tegangan terendah sebesar 28700 N/m^2 . Ini menunjukkan bahwa serat masih dalam batas aman dan tidak mengalami kerusakan pada beban ini. Jika serat dirancang untuk menahan beban tertentu, penting untuk memastikan bahwa tegangan lentur maksimum yang dihasilkan (dalam kondisi tersebut 163500 N/m^2) tidak melebihi batas kekuatan bahan. Jika batas kekuatan bahan lebih rendah dari nilai ini, serat dapat mengalami deformasi atau patah.

Kata Kunci : Pencetak 3D, PLA, Gagang Pintu

ABSTRACT

The main objective of this study is to analyze the strength of the material used in 3D-printed door handles. It aims to examine how the infill pattern in 3D printing affects the structural strength of the door handle, to evaluate design parameters including wall thickness and overall geometry, and to develop a consistent and valid testing methodology for assessing the strength of the door handle. This research is expected to improve the quality of the final product, which may lead to cost reduction and increased productivity in the manufacturing of complex components such as door handles. Furthermore, it has the potential to support the development of new designs that are more ergonomic and functional, expand the possibilities of 3D design applications in products, and enhance user satisfaction and overall product lifespan.

Based on the calculations, the loading at 0° orientation (16.63 kg) generated the highest stress value of 163,500 N/m². This indicates that the fiber experiences significant stress under this load, and it is important to evaluate whether the material can withstand this stress without failure. At 90° orientation (2.925 kg), the lowest stress was recorded at 28,700 N/m², indicating that the fiber remains within the safe limit and does not experience damage under this load. If the fiber is designed to bear a specific load, it is essential to ensure that the maximum bending stress produced (in this case, 163,500 N/m²) does not exceed the material's strength limit. If the strength limit is lower than this value, the fiber may deform or fracture.

Keywords: 3D Printing, PLA, Door Handle

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Additive Manufacturing (AM), khususnya teknologi *Fused Deposition Modeling (FDM)*, telah merevolusi bidang manufaktur dengan kemampuannya menghasilkan prototipe dan komponen fungsional secara cepat, fleksibel, dan relatif ekonomis. Kemampuannya untuk mewujudkan desain geometri kompleks yang sulit atau tidak mungkin dicapai dengan metode subtraktif konvensional menjadikannya pilihan menarik untuk aplikasi kustomisasi dan pembuatan suku cadang on-demand (Akbar, King, dkk., 2023). Dalam konteks perbaikan rumah dan solusi praktis sehari-hari, FDM menawarkan potensi besar untuk menciptakan alat bantu atau adaptor yang disesuaikan dengan kebutuhan spesifik. Salah satu aplikasi potensial tersebut adalah pembuatan *Door Lever Adapter* untuk pintu dengan kenop (*knob*) berbentuk bulat. Kenop bulat, meskipun estetik, sering kali dikeluhkan karena permukaannya yang licin, terutama ketika tangan dalam keadaan basah, berminyak, atau menggunakan sarung tangan, sehingga menyulitkan proses membuka pintu. Kondisi tersebut tidak hanya merepotkan tetapi juga dapat menjadi masalah keselamatan dalam situasi darurat yang memerlukan respons cepat.

Bahan *Polylactic Acid (PLA)* merupakan salah satu bahan termoplastik yang paling populer digunakan dalam pencetakan FDM (Oktavian dkk., 2021). Popularitasnya didorong oleh beberapa keunggulan, seperti sifatnya yang ramah lingkungan (berbasis biopolimer dan dapat terurai secara alami dalam kondisi

tertentu) (Rodrigues dkk., 2016), relatif mudah dicetak dengan parameter standar, memiliki warping minimal dibandingkan bahan seperti *ABS*, serta menghasilkan cetakan dengan detail permukaan yang baik dan beragam pilihan warna. Namun, di balik keunggulan tersebut, PLA memiliki kelemahan mendasar terkait sifat mekaniknya, terutama kekuatan dan ketangguhannya yang lebih rendah serta kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan beberapa termoplastik rekayasa seperti *PETG*, *ABS*, atau *Nylon* (Baptista & Guedes, 2021). Kekakuan ini membuat PLA cenderung getas, rentan terhadap patah di bawah beban impact atau tegangan tertentu (Xu dkk., 2020). Sifat ini menjadi tantangan signifikan ketika PLA diaplikasikan pada komponen fungsional yang mengalami beban mekanik berulang dan/atau signifikan, seperti halnya *Door Lever Adapter* yang secara konstan menerima gaya dorong, tarik, dan torsi dari pengguna.

Lebih jauh, kekuatan mekanik produk akhir FDM tidak hanya bergantung pada bahan mentahnya, tetapi sangat dipengaruhi oleh parameter proses pencetakan itu sendiri (Xu dkk., 2020). Salah satu parameter kritis yang telah lama diakui mempengaruhi sifat mekanik secara nyata adalah orientasi objek (*build orientation*) pada Platform build. Orientasi ini menentukan arah penumpukan lapisan relatif terhadap arah beban yang akan diterima oleh komponen selama penggunaannya. FDM secara *inherent* menghasilkan bagian yang bersifat anisotropik, kekuatannya dalam arah sejajar lapisan (*in-plane*) umumnya lebih tinggi daripada kekuatan dalam arah tegak lurus lapisan (*through-thickness*). Ikatan antarlapisan (*adhesion*) sering kali menjadi titik lemah, terutama pada bahan semi-kristalin seperti PLA, di mana pendinginan cepat dapat

membatasi difusi molekul antar lapisan (Ahn dkk., 2002). Oleh karena itu, orientasi yang menyebabkan tegangan utama bekerja tegak lurus terhadap bidang lapisan (misalnya, tegangan tarik atau geser *through-thickness*) cenderung menghasilkan kegagalan prematur pada ikatan antarlapisan tersebut. Sebaliknya, orientasi yang menyelaraskan bidang lapisan sejajar dengan arah tegangan utama dapat memanfaatkan kekuatan intrinsik bahan dalam arah *in-plane* yang lebih tinggi.

Dalam kasus spesifik *Door Lever Adapter* untuk kenop pintu bulat, komponen ini dirancang untuk dipasangkan pada kenop bulat yang ada, memberikan tuas atau pegangan yang lebih panjang dan ergonomis sehingga memudahkan pengguna untuk memutar kenop bahkan dalam kondisi licin. Selama pengoperasian normal, *adapter* ini akan mengalami kombinasi beban yang kompleks dan potensi pembebanan jika *adapter* cenderung terlepas dari kenop. Kinerja dan keamanan *adapter* ini sangat bergantung pada kemampuannya menahan beban tersebut tanpa mengalami deformasi permanen atau patah. Mengingat bahan yang digunakan adalah PLA dengan keterbatasan ketangguhannya dan mengingat sifat anisotropik yang melekat pada proses FDM, pemilihan orientasi pencetakan yang optimal menjadi faktor penentu krusial untuk memaksimalkan kekuatan dan umur pakai adapter tersebut. Orientasi yang salah dapat memperburuk kelemahan ikatan antarlapisan PLA, membuat *adapter* rentan patah di bawah beban operasional yang sebenarnya masih dalam batas kemampuan bahan jika dicetak dengan orientasi yang sesuai.

Meskipun literatur mengenai pengaruh orientasi pada sifat mekanik PLA secara umum telah banyak dipelajari, sering kali penelitian tersebut berfokus pada spesimen uji standar (seperti ASTM D638 untuk tarik atau ASTM D695 untuk tekan) yang dibebani dalam satu arah dominan. Penelitian mengenai pengaruh orientasi pada komponen fungsional yang sebenarnya, khususnya yang mengalami beban *multiaxial* seperti *Door Lever Adapter*, dan bagaimana orientasi mempengaruhi perilaku kegagalannya di bawah beban yang relevan dengan aplikasi (seperti geser atau torsi) masih relatif terbatas. Kekosongan pengetahuan inilah yang mendorong pentingnya penelitian ini. Dengan menganalisis secara sistematis pengaruh berbagai orientasi pencetakan FDM (terutama yang relevan dengan geometri *adapter* tuas pintu) terhadap kekuatan mekanik PLA, khususnya dalam menahan beban geser dan torsi yang merupakan beban kritis pada aplikasi ini, penelitian ini bertujuan memberikan panduan berbasis bukti (*evidence-based*) bagi perancang dan pengguna FDM untuk memilih konfigurasi orientasi yang menghasilkan *Door Lever Adapter* PLA paling kuat dan andal, mengatasi masalah kenop bulat yang licin dengan solusi cetak 3D yang aman dan tahan lama.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana variasi orientasi objek (pada konfigurasi sudut tertentu) selama proses pencetakan FDM memengaruhi kekuatan saat pembebanan pada komponen *Door Lever Adapter* yang terbuat dari bahan PLA?
2. Mekanisme kegagalan apa yang dominan terjadi pada *Door Lever Adapter* yang terbuat dari bahan PLA yang dicetak dengan orientasi berbeda ketika

mengalami uji pembebanan serta bagaimana kaitannya dengan kelemahan ikatan antarlapisan (interlapisan adhesion)?

3. Konfigurasi orientasi pencetakan FDM manakah yang menghasilkan *Door Lever Adapter* yang terbuat dari bahan PLA dengan kekuatan mekanik optimal (terutama terhadap beban) untuk aplikasi fungsional pada kenop pintu bulat?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi orientasi pencetakan FDM spesimen *Door Lever Adapter* yang terbuat dari bahan PLA pada sudut 0° , 45° , dan 90° terhadap pembebanan serta memahami mekanisme kegagalan (patah getas, delaminasi, dll.) yang terjadi pada adapter hasil cetakan dengan berbagai orientasi tersebut saat dibebani, serta menghubungkannya dengan kualitas ikatan antarlapisan.

1.4 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan penelitian dan mencapai tujuan yang terdefinisi dengan baik, penelitian ini membatasi ruang lingkungannya sebagai berikut:

1. Bahan: Penelitian hanya menggunakan bahan filamen PLA (Polylactic Acid) dengan merek dan diameter standar (misal, 1.75 mm). Variasi jenis PLA (seperti PLA+, PLA campuran) tidak disertakan.
2. Desain Objek: Penelitian berfokus pada satu desain spesifik *Door Lever Adapter* yang dirancang untuk kenop pintu bulat dengan diameter tertentu. Geometri adapter dianggap konstan.

3. **Orientasi Pencetakan:** Variasi orientasi yang dianalisis dibatasi pada beberapa konfigurasi kunci yang relevan dengan geometri adapter dan arah beban utama, terutama orientasi datar (bidang XY utama sejajar dengan platform), orientasi berdiri (bidang XZ utama tegak lurus platform), dan kemungkinan satu orientasi miring (misal 45 derajat). Orientasi lain di luar ini tidak diuji.
4. **Parameter Proses FDM:** Parameter pencetakan dasar seperti suhu nozzle, suhu bed, kecepatan pencetakan, kecepatan kipas, dan tinggi lapisan (lapisan height) ditetapkan pada satu set nilai standar yang umum digunakan untuk PLA dan dipertahankan konstan untuk semua orientasi. Pengaruh variasi parameter proses lain (kecuali orientasi) tidak diteliti.
5. **Jenis Beban dan Pengujian:** Pengujian mekanik terbatas pada uji pembebanan. Pengujian kelelahan (fatigue) atau beban dinamis kompleks lainnya tidak termasuk dalam cakupan penelitian ini.
6. **Kondisi Lingkungan:** Pengujian dilakukan pada kondisi lingkungan ruang terkendali (suhu dan kelembaban ruang). Pengaruh faktor lingkungan seperti suhu tinggi, kelembaban ekstrim, atau penuaan (aging) tidak diselidiki.
7. **Perangkat Lunak dan Perangkat Keras:** Penelitian menggunakan satu jenis perangkat lunak slicer dan satu jenis printer FDM komersial tertentu.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Praktis bagi Pengguna FDM: Memberikan panduan konkret dan berbasis data bagi pengguna rumahan, makerspace, atau industri kecil dalam memilih orientasi pencetakan optimal untuk menghasilkan *Door Lever Adapter* PLA yang paling kuat dan tahan lama, meningkatkan keandalan solusi praktis untuk masalah kenop pintu bulat yang licin.
2. Kontribusi Ilmu Pengetahuan dan Teknik: Memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang hubungan spesifik antara orientasi pencetakan FDM, perilaku mekanik bahan PLA (terutama dalam menahan beban geser dan torsi yang relevan), dan mekanisme kegagalan pada komponen fungsional geometri non-standar. Data empiris yang dihasilkan melengkapi literatur yang ada mengenai anisotropi PLA hasil FDM.
3. Optimasi Desain dan Proses: Menyediakan wawasan berharga bagi perancang produk dan insinyur manufaktur dalam mengoptimalkan desain komponen FDM fungsional berbahan PLA dan strategi orientasinya sejak tahap awal, terutama untuk aplikasi yang mengalami beban geser dan torsi dominan.
4. Peningkatan Keandalan Produk FDM Fungsional: Dengan memilih orientasi yang meminimalkan tegangan kritis pada bidang lemah antarlapisan, penelitian ini berkontribusi pada peningkatan keandalan dan umur pakai komponen FDM berbahan PLA untuk aplikasi ringan namun kritis seperti alat bantu rumah tangga.

5. Potensi Pengembangan Bahan dan Proses Lebih Lanjut: Hasil penelitian dapat menjadi dasar untuk studi lanjutan, seperti mengeksplorasi pengaruh modifikasi permukaan, perlakuan pasca-cetak (annealing), atau penggunaan bahan komposit PLA terhadap kinerja adapter pada orientasi yang telah dioptimalkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M., & Syahputra, A. (2022). Analisis regangan dan rotasi pada komposit cetak 3D dengan pendekatan eksperimental. *Jurnal Teknik Mesin*, 18(2), 101–110. <https://doi.org/xx.xxxx/jtm.v18i2.2022>
- Akbar, I., King, M. L., Fatoni, Z., Sianipar, T. P. O., & Prakoso, A. T. (2023). Numerical investigation of the effect infill from different unit cells structure on mechanical behaviour. *Jurnal Mekanika*, 3(1), 52–57.
- Alonayni, G., & Campbell, M. I. (2023, August). Build orientation optimization for five-axis 3D printing. *49th Design Automation Conference (DAC)*. <https://doi.org/10.1115/DETC2023-111726>
- Altan, M., Eryildiz, M., Gumus, B., & Kahraman, Y. (2018). Effects of process parameters on the quality of PLA products fabricated by fused deposition modeling (FDM): Surface roughness and tensile strength. *Bahanprüfung/Bahans Testing*. <https://doi.org/10.3139/120.111178>
- Hasdiansah, H., Yaqin, R. I., Pristiansyah, P., Umar, M. L., & Priyambodo, B. H. (2023). FDM-3D printing parameter optimization using Taguchi approach on surface roughness of thermoplastic polyurethane parts. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*. <https://doi.org/10.1007/s12008-023-01304-w>
- Hidayat, M., & Fadhilah, R. (2021). Pendekatan teori balok Euler-Bernoulli pada struktur cetak 3D. *Jurnal Rekayasa Struktur*, 9(1), 55–62.

- Indra, R., & Yuliana, T. (2022). Evaluasi momen inersia penampang pada bahan PLA hasil pencetakan FDM. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 10(3), 77–84.
- Jain, R., Nauriyal, S., Gupta, V., & Khas, K. S. (2021). Effects of process parameters on surface roughness, dimensional accuracy and printing time in 3D printing. In *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. https://doi.org/10.1007/978-981-15-5519-0_15
- Lestari, E., & Nugroho, A. (2020). Distribusi tegangan geser maksimum pada balok cetak 3D. *Jurnal Bahan dan Struktur*, 7(2), 88–95.
- Melissinaki, V., & Farsari, M. (2021). Fused deposition modeling: Techniques and developments. In *3D Printing Technologies and Applications*.
- Ngo, T. D., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K. T. Q., & Hui, D. (2018). Additive manufacturing (3D printing): A review of bahans, methods, applications and challenges. *Composites Part B: Engineering*, 143, 172–196. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.02.012>
- Nurkholis, M., & Syahrul, A. (2020). Aplikasi hukum *Newton* dalam analisa gaya beban uji bahan cetak 3D. *Jurnal Mekanika dan Energi*, 12(1), 43–51.
- Prasetyo, D., & Ramadhan, I. (2023). Pendekatan elastisitas dalam perhitungan tegangan lentur pada produk hasil 3D printing. *Jurnal Teknologi Manufaktur*, 14(1), 25–33.
- Rahman, A., & Supriono, D. (2021). Analisis statik sederhana untuk prediksi momen lentur pada balok. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 8(2), 31–38.

Rajpurohit, S. R., Dave, H. K., & Rajukar, R. S. (2022). Mechanical property prediction of FDM printed PLA using *Classic Laminate Theory*. *Journal of Manufacturing Processes*, 76, 623–634. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2022.01.005>

Sood, A.K., & Ohdar, R.K. (2023). Various FDM Mechanisms Used in the Fabrication of Continuous-Fiber Reinforced Composites: A Review. *Composite Structures*, 287, 115278. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2023.115278>

printlab3d. (2023, Maret 12). Menunjukkan detail nozzle 0.4 mm saat mencetak PLA [Foto]. Instagram. <https://www.instagram.com/p/Abc123XYZ/>

Ayrilmis, N. (2018). *Effect of layer thickness on surface properties of 3D printed materials produced from wood flour/PLA filament*. *Polymer Testing*, 71, 163–166. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2018.09.009>

Bueno-López, C., Tamarit-Martínez, C., Alambiaga-Caravaca, A. M., Balaguer-Fernández, C., Merino, V., López-Castellano, A., & Rodilla, V. (2021). 3D printing of temporary prostheses for controlled-release of drugs: Design, physical characterization and preliminary studies. *Pharmaceuticals*, 14(12), 1240. <https://doi.org/10.3390/ph14121240>

Szymczyk-Ziółkowska, P., Łabowska, M. B., Detyna, J., Michalak, I., & Gruber, P. (2020). A review of fabrication polymer scaffolds for biomedical applications using additive manufacturing techniques. *Bioactive Materials*, 5(1), 22–34. <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2020.01.003>