

**OPTIMASI PARAMETER 3D PRINTING TERHADAP  
BENDING STRESS PADA ASTM D-790 MENGGUNAKAN  
FILAMEN NYLON**

**PROYEK AKHIR**

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu tugas  
Program Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri



Disusun Oleh :

IRFAN FADHIL

NIM : 1041916

**POLITEKNIK MANUPAKTUR NEGERI**

**BANGKA BELITUNG**

**TAHUN 2023**

**OPTIMASI PARAMETER 3D *PRINTING* TERHADAP  
*BENDING STRESS* PADA ASTM D-790 MENGGUNAKAN  
FILAMEN *NYLON***

**PROYEK AKHIR**

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan  
Program Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh :

IRFAN FADHIL

NIM : 1041916

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI**

**BANGKA BELITUNG**

**TAHUN 2023**

## LEMBAR PENGESAHAN

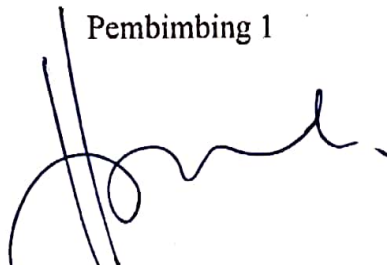
### OPTIMASI PARAMETER 3D *PRINTING* TERHADAP *BENDING STRESS* PADA ASTM D-790 MENGGUNAKAN FILAMEN *NYLON*

Oleh:  
Irfan Fadhil/1041916

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan  
Program Sarjana Terapan/Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka  
Belitung


Menyetujui,

Pembimbing 1




Hasdiansah, S.S.T., M.Eng

Pembimbing 2



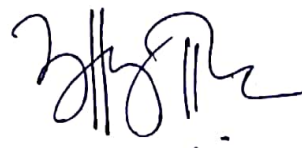
Adhe Anggry, S.S.T., M.T

Penguji 1



Zaldy Sirwansyah Suzen, S.S.T., M.T

Penguji 2



Boy Rollastin, S.Tr., M.T



## PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Irfan Fadhil

NIRM: 1041916

Dengan Judul : Optimasi Parameter 3D *Printing* Terhadap *Bending Stress* Pada ASTM D-790 Menggunakan Filamen *Nylon*

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 18 Januari 2023

Penulis



Irfan Fadhil

## ABSTRAK

*Mesin 3D printer atau manufaktur aditif adalah teknologi baru untuk industri ini. Mesin tersebut dapat menciptakan objek 3D dengan cara mencetak lapis demi lapis yang menghasilkan produk dengan dimensi yang akurat dan pola tertentu, seiring dengan perkembangan teknologi, industri manufaktur mulai mengembangkan produk dengan menggunakan metode bahan tambahan yang dikenal dengan rapid prototyping atau layer manufacturing, salah satunya adalah penggunaan teknologi 3D printing. Penelitian ini dilakukan pada 3D Printing FDM model Ender 3 Pro dengan dimensi 220 mm x 220 mm x 250 mm dan menggunakan nozzle berdiameter 0,4 mm. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Nylon 6 dengan diameter 1,75 mm dengan variasi layer thickness (0,21 mm 0,24 mm 0,27 mm), infill pattern (grid, rectilinear, wiggle), z-orientation (0°, 15°,30°) yang akan ditentukan pada software Ultimaker Cura 4.4.0 dan Metode Taguchi menghasilkan OA L9 dengan sampel cetak 3 kali replikasi. Hasil yang diperoleh setelah dilakukan pengujian nilai tegangan bending tertinggi terdapat pada benda uji ke-9 yaitu rata-rata 16,7 MPa dengan Ketebalan Lapisan 0,27, Pola Infill Wiggle, Orientasi-Z 15°. Sedangkan nilai tegangan lentur terendah terdapat pada benda uji ke-4 yaitu rata-rata 12,7 MPa dengan Ketebalan Lapisan 0,24mm, Pola Infill Rectilinear, Orientasi Z 15°.*

**Kata Kunci :** 3D Printing, Faktor Kontrol, Nilon, Tegangan Bending.

## ABSTRACT

*3D Printing or additive manufacturing are new technology for this industry. The machine has create an objek for 3D layer by layer that make a product with accurate dimension and certain pattern, as the technology developed, the manufacturing industry began to develop products using additive material methods known as rapid prototyping or layer manufacturing, one of which was the use of 3D printer technology. This research was conducted on a 3D Printing FDM model Ender 3 Pro with dimension 220 mm x 220 mm x 250 mm and using nozzle with 0,4 mm diameter. The material for this research is Nylon 6 with diameter 1,75 mm with variation in Layer Thickness (0,21 mm 0,24mm 0,27 mm), Infill Pattern (Rectilinear, Grid, Wiggle), Z-Orientation (0°,15°,30°) which will be determinated in Ultimaker Cura 4.4.0 software and Taguchi Method resultingin OA L9 with 3 times replication printed sample. The results obtained after testing the highest in bending stress values are found in 9th specimen that is 16,7 MPa avarage with 0,27 Layer Thickness, Wiggle Infill Pattern, 15° Z-Orientation. While the lowest bending stress values are found in 4th specimen that is 12,7 MPa avarage with 0,24mm Layer Thickness, Rectilinear Infill Pattern, 15° Z-Orientation.*

**Keywords:** *3D Printing, Control Factors, Nylon, Bending Stress*

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh*

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan proyek akhir ini tepat pada waktunya.

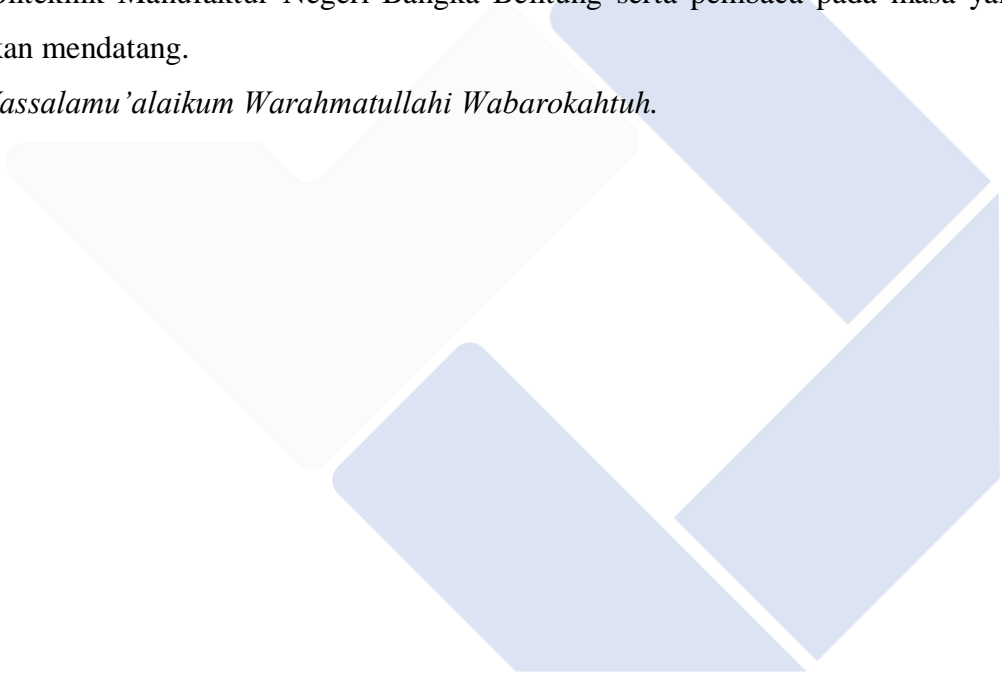
Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan proyek akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, baik bantuan secara langsung maupun tidak langsung. Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Aldes, Ibu Rosita, Inzaghi, Nasya dan keluarga yang telah memberikan motivasi, doa, perhatian, dan kasih sayang kepada penulis.
2. Bapak Hasdiansah,S.S.T.,M.Eng. selaku pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan, dukungan, dan bantuan dalam 3D *printing* untuk penelitian proyek akhir ini.
3. Ibu Adhe Anggry,S.S.T.,M.T. selaku pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, dukungan dalam penulisan untuk proyek akhir ini.
4. Bapak Pristiansyah,S.S.T.,M.Eng. selaku Kepala Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Bapak Boy Rollastin,S.Tr.,M.T. selaku Kepala Program Studi D4 Teknik Mesin dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Bapak Yuliyanto,S.S.T.,M.T. yang telah memberikan waktu dan bimbingannya dalam pengujian bending menggunakan mesin Zwick Roell Z020 dalam penelitian ini.
7. Semua pihak dosen yang tidak dapat disebutkan satu persatu namun telah membantu dalam penyelesaian proyek akhir ini.

8. Teman-teman seperbimbingan selama masa proyek akhir ini Naufal D.Rafiq, Redy Glenn Marlino, Fikri saja.
9. Semua teman-teman TMM-A yang telah berjuang bersama selama masa perkuliahan dan penelitian proyek akhir ini.
10. Semua teman-teman Warkop Abang yang tak dapat saya sebutkan satu persatu telah mensupport dan memberikan masukan selama proyek akhir ini.

Akhir kata penulis berharap Allah SWT membalas segala kebaikan untuk semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian proyek akhir ini. Semoga proyek akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung serta pembaca pada masa yang akan mendatang.

*Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarokahtuh.*





## DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN	
<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	
<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II LANDASAN TEORI .....	5
2.1 Fused Deposition Modeling .....	5
2.2 Material <i>Nylon</i> .....	8
2.3 Pengujian Bending Material Termoplastik .....	10
2.4 Desain Eksperimen Taguchi .....	11
2.5 Signal to Noise Ratio (SNR).....	12
2.6 Analysis of Variance (ANOVA).....	13
2.7 Persen Kontribusi .....	15
2.8 Eksperimen Konfirmasi .....	16
2.9 Penelitian Terdahulu.....	17

BAB III METODE PENELITIAN .....	19
3.1 Tahapan Penelitian .....	19
3.2 Bahan Penelitian.....	21
3.3 Peralatan Penelitian .....	21
3.4 Design Of Experiment (DOE).....	23
3.5 Penentuan Faktor Dan Level Penelitian .....	23
3.6 Proses Pencetakan Spesimen Pada Mesin Printer 3D .....	25
3.7 Pengambilan Data Hasil Eksperimen .....	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	30
4.1 Data Hasil Eksperimen .....	30
4.2 Perhitungan Rasio S/N.....	31
4.3 Kombinasi Faktor untuk Respon Optimum.....	32
4.4 Uji Konfirmasi .....	34
4.5 Analisis Varian dan Persen Kontribusi .....	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	38
5.1 Kesimpulan .....	38
5.2 Saran .....	38
DAFTAR PUSTAKA .....	39

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Filamen <i>Nylon 6</i> .....	5
Gambar 2.2 Proses ekstrusi filamen (Habib, 2021) .....	6
Gambar 2. 3 Diagram sebab dan akibat untuk parameter FDM .....	7
Gambar 2. 4 Infill Pattern Rectilinear .....	8
Gambar 2.5 Pengujian Bending .....	10
Gambar 2.6 Bentuk & Ukuran Spesimen ASTM D-790 .....	11
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	20
Gambar 3.2 Filamen <i>Nylon 6 CCTREE</i> .....	21
Gambar 3.3 Mesin Printer 3D FDM <i>Ender 3 Pro</i> .....	21
Gambar 3.4 Mesin Pengujian Bending <i>Zwick Roell Z020</i> .....	22
Gambar 3.5 Laptop Acer .....	22
Gambar 3.6 <i>G-Code Slicing Software</i> .....	26
Gambar 3.7 Penyetingan Mesin printer 3D FDM <i>Ender 3 Pro</i> .....	26
Gambar 3.8 Hasil Proses Pencetakan Spesimen .....	27
Gambar 3. 9 Proses Penampang Spesimen .....	27
Gambar 3. 10 Proses Pengujian Bending .....	28
Gambar 3. 11 Grafik Uji Bending .....	28
Gambar 4.1 Grafik Rata-rata <i>Means</i> .....	32
Gambar 4.2 Grafik Rata-rata <i>S/N ratio</i> .....	34

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Mekanik <i>Nylon 6</i> .....	10
Tabel 2.2 Tabel Analisis Varian .....	14
Tabel 3.1 Nilai Parameter dan Level Penelitian .....	24
Tabel 3.2 Parameter Tetap .....	24
Tabel 3.3 Total Derajat Kebebasan.....	24
Tabel 3.4 Desain Taguchi <i>Orthogonal Array L9</i> .....	24
Tabel 3.5 Desain Faktorial Penelitian .....	25
Tabel 3.6 Hasil Uji Bending .....	29
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Bending .....	30
Tabel 4.2 <i>S/N Ratio</i> untuk Masing-masing Kombinasi .....	31
Tabel 4.3 Nilai Rata-Rata <i>Means</i> .....	32
Tabel 4.4 Kombinasi Level Faktor Optimum <i>Means</i> .....	33
Tabel 4.5 Nilai Rata-Rata <i>S/N ratio</i> .....	33
Tabel 4.6 Kombinasi Level Faktor Optimum <i>S/N ratio</i> .....	34
Tabel 4.7 Perbandingan Uji Konfirmasi .....	35
Tabel 4.8 Tabel Analisis Varian .....	35

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Daftar Riwayat Hidup.

Lampiran 2: Hasil Pengujian Bending.

Lampiran 3: Grafik Pengujian Bending.

Lampiran 4: Hasil dan Grafik Pengujian Konfirmasi.

Lampiran 5: *G-code Slicing Software*

Lampiran 6: Bentuk Infill Pattern

Lampiran 7: Proses Pencetakan Spesimen ASTM D-790.

Lampiran 8: Proses Pengujian Bending.

Lampiran 9: Data *S/N Ratio* Berdasarkan *Software*.

Lampiran 10: Hasil Validasi Anova dan Persentase Kontribusi.



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Teknologi *three dimensial* (3D) *printing* atau biasa disebut dengan *additive manufacturing* merupakan sebuah terobosan baru dalam dunia teknologi. Akan tetapi pada tahun 1990-an mesin *Fused Filament Fabrication* (FFF) dikenalkan sebagai mesin pertama *Fused Depositon Modelling* (FDM) yang dipatenkan sebagai mesin *molding* dengan metode fabrikasi untuk model objek *solid* 3 dimensi (Ferretti et al., 2021). Dimasa sekarang 3D *printing* menjadi cukup populer di antara *additiive manufacturing* (AM) karena menawarkan banyak pilihan untuk produk termoplastik. Mesin 3D *printing* yang mencetak objek berupa 3D yang berasal dari model CAD atau model digital 3D dengan cara mencetak lapis demi lapis sehingga memungkinkan untuk dapat membuat berbagai detail dan pola tertentu (Noorani, 2017). Sebuah objek 3D *printing* dalam proses pembuatannya berasal dari model file 3D digital, dengan alih-alih menggunakan mesin *injection molding* untuk produksi massal, printer 3D dapat mempermudah desainer dan tim pengembangan konsep untuk memproduksi komponen serta model konsep menggunakan mesin 3D *printing* sebagai *prototype*.. Serta mereka akan bisa langsung mengetahui kekurangan dari hasil desain yang telah dibuatnya sebelum diproduksi secara massal (Ramadhani, 2019). Teknologi AM sudah banyak berkembang dan berbagai jenis yang bisa digunakan sesuai dengan kebutuhan, antara lain: *Fused Depositon Modelling* (FDM), *Stereolithography Apparatus* (SLA), *Masked Stereolithography* (MSLA), *Continous Liquid Interface Production* (CLIP), *Digital Light Processing* (DLP), dan *Selective Laser Sintering* (SLS).

Metode AM FDM merupakan metode yang sangat populer digunakan karena mudah digunakan, biayanya lebih murah, ramah lingkungan, volume produksi yang rendah dalam bidang *prototype*, serta dapat membuat produk duplikat dengan akurat (Pristiansyah et al., 2019). Walaupun metode FDM sangat

menjanjikan untuk dikembangkan kedepannya, teknologi ini masih memiliki beberapa kelemahan dibandingkan metode manufaktur yang menggunakan *injection molding*. Metode FDM cenderung memiliki sifat mekanik yang lebih rendah karena ikatan antar lapisan lebih lemah, dan metode FDM sering menghasilkan produk di bawah standar karena produk menyusut sehingga menyebabkan dileminasi antar lapisan. Selain itu, produk FDM menjadi retak saat mengalami pendinginan cepat dari titik leleh ke suhu kamar karena adanya *inner stress*(Andriyansyah et al., 2018).

Agustini, I. D, et al (2022) telah melakukan penelitian tentang Optimasi Akurasi Dimensi Hasil Cetak Proses 3D *Printing* yang Terbuat dari Filamen Nylon Menggunakan Metode Taguchi dengan metode Taguchi  $L_{27}$  yang menghasilkan faktor yang paling berkontribusi adalah *layer thickness* dengan ketebalan 0.28 mm.

Ikhsanto & Zainuddin (2019) melakukan penelitian tentang Analisa Kekuatan Bending Filamen ABS dan PLA pada Hasil 3D Printer Dengan Variasi Suhu Nozzle. Pada pengujian bending dengan ukuran spesimen standar ASTM D955 dimana hasil pengujian bending hingga *displacement* 3mm dengan hasil tertinggi adalah 28,236 N pada suhu *nozzle* 244°C untuk filamen ABS dan yang terkecil yaitu sebesar 22,38 N dengan suhu *nozzle* 230°C untuk filamen PLA. Suzen, Z.S, et al., (2020) juga melakukan penelitian tentang Pengaruh Tipe Infill Dan Temperature Nozzle Terhadap Kekuatan Tarik Produk 3D Printing Filamen Pla+ Esun dengan menggunakan 13 tipe *infill* yang berbeda, yang menghasilkan tipe *infill concentric* yang tertinggi dengan kekuatan uji tarik sebesar 43,20 MPa dan tipe *infill cross* yang terendah dengan nilai kekuatan tarik sebesar 24,50 MPa.

Hasdiansah, et al., (2022) melakukan penelitian tentang Pengaruh Orientasi Posisi Printing Z Axis Mesin 3D Printing Terhadap Kuat Tarik Menggunakan Filamen Super Tough PLA. Penelitian ini dilakukan dengan 19 sudut orientasi yang berbeda, yang mana hasil tertinggi dari pengujian tarik berada pada sudut orientasi 55° sebesar 61,10 MPa, dan yang terendah pada sudut orientasi 30° sebesar 37,50 MPa.

Berdasarkan penjelasan latar belakang diatas, maka penelitian tentang kualitas dan sifat mekanik produk FDM masih perlu dilakukan. Melihat kemampuan daripada material tersebut penelitian tentang pengaturan *part build orientation* dan parameter kerja untuk mengoptimalkan kekuatan bending produk FDM menggunakan filamen *nylon* sebagai pembandingan pengaturan parameter penelitian sebelumnya.

## **1.2 Rumusan masalah**

Berdasarkan pembahasan pada latar belakang, maka rumusan masalah pada proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kombinasi level parameter-parameter proses optimal dari hasil analisi Taguchi untuk *layer thickness*, *infill pattern*, dan *z-orientation*.
2. Bagaimana persen kontribusi parameter-parameter proses optimal terhadap kekuatan bending?
3. Bagaimana hasil hipotesis dari interval kepercayaan 95% terhadap pengaruh parameter proses?

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan yang diberlakukan dalam proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin uji bending yang digunakan adalah *Zwick Roell Z020*.
2. Mesin 3D *Printing* FDM yang digunakan adalah *Ender 3 Pro*.
3. Jenis filamen yang digunakan adalah *Nylon 6 CCTREE*.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini berdasarkan dari rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan kombinasi level parameter-parameter proses optimal dari hasil analisi Taguchi untuk *layer thickness*, *infill pattern*, dan *z-orientation*.
2. Mendapatkan persen kontribusi parameter-parameter proses optimal terhadap kekuatan bending.

3. Mendapatkan hasil hipotesis dari interval kepercayaan 95% terhadap pengaruh parameter proses.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menambah database tentang pengaturan parameter-parameter proses pada 3D *printing* FDM.
2. Menambah bahan referensi bagi penelitian sejenisnya.



## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Fused Deposition Modeling

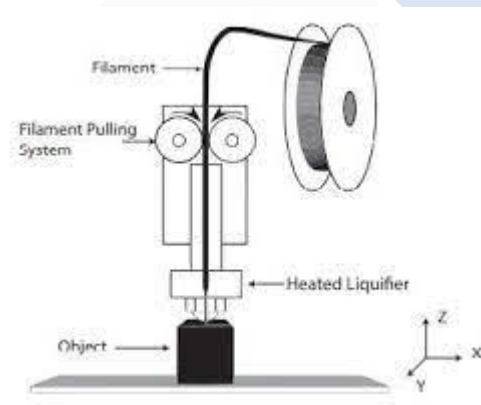
*Fused deposition modeling* (FDM) adalah salah satu metode yang cukup populer dari *additive manufacturing* (AM) dikarenakan penggunaannya yang serba guna dan cocok untuk banyak jenis filamen. Pengaplikasian FDM sangat luas di beberapa sektor ekonomi meliputi *bioengineering*, *automotif*, *aeronautics*, dan medis. Karena penggunaannya yang mudah, biaya operasional yang rendah, ramah lingkungan, dan kemudahan pengembangan dan pembuatan *prototype* produk, metode FDM telah banyak digunakan dalam proses pencetakan 3D hingga saat ini. (Guessasma et al., 2021). FDM adalah metode *rapid prototyping* yang proses pembuatannya berbeda dengan metode lainnya karena tidak menggunakan laser melainkan *nozzle* yang dipanaskan. Setelah itu material *thermoplastic* filamen yang akan digunakan dipanaskan menggunakan *heater* (pemanas). Pemanas menjaga suhu konstan untuk menghasilkan bahan semi-padat yang dapat diekstrusi. Beberapa contoh bahan yang sering digunakan sebagai bahan dasar pembuatan filamen adalah *Polylactic Acid* (PLA), *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS), *Nylon* (Gambar 2.1), *Polyethylene* (PE), *Polycarbonate* (PC), *Polypropylene* (PP), dan *Investment Casting Wax*.



Gambar 2.1 Filamen *Nylon 6*

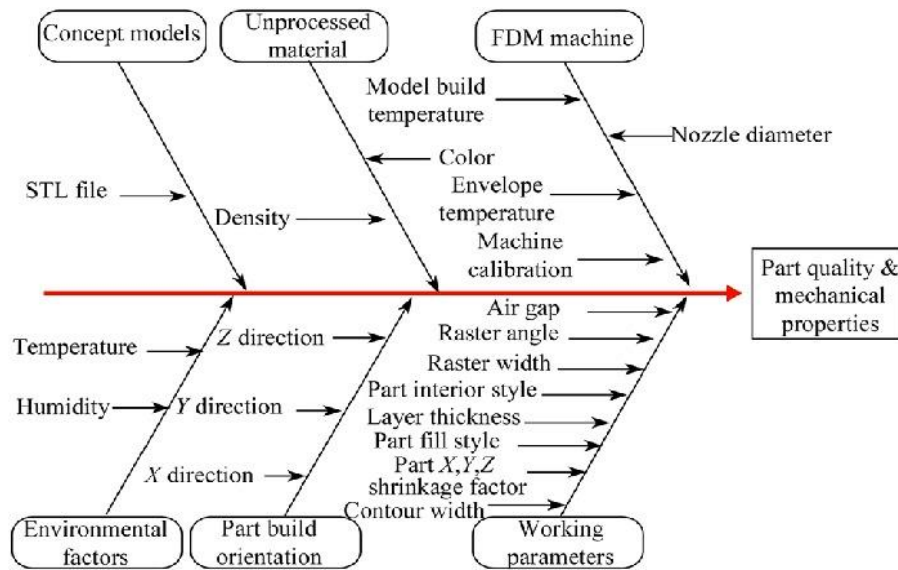


Gambar 2.2 menggambarkan metode lapis demi lapis (*layer by layer*) yang digunakan dalam proses pembuatan produk 3D FDM. *Nozzle* digunakan untuk mengekstrusi *thermoplastic*, yang dengan cepat mengeras menjadi lapisan. Material filamen (*liquefier*) dilelehkan oleh sistem pemanas saat mesin *rapid prototyping* mulai bekerja. Material tersebut kemudian dikeluarkan oleh *nozzle* dengan pengaturan *feed rate* dan roda penggerak menggunakan motor DC sebagai media penggerak. Roda penggerak akan bergerak setelah mencapai *melting temperature*, dan *nozzle* akan menekan material yang akan diekstrusi. Sakelar *feeder* akan menyala saat program *G-code* sedang berjalan. Setelah lapisan pertama terbentuk, *nozzle* akan bergerak ke atas membentuk lapisan berikutnya dan seterusnya untuk membuat produk tiga dimensi sesuai dengan perintah *G-code* sebelumnya (Pristiansyah et al., 2019).



Gambar 2.2 Proses ekstrusi filamen (Habib, 2021)

Parameter proses dimasukkan ke dalam mesin 3D *printing* melalui *slicing software* untuk menghasilkan *G-code*, yang kemudian dibaca oleh mesin sebagai perintah proses pencetakan. Gambar 2.3 menyajikan diagram sebab dan akibat untuk parameter FDM. Penyebab utama yang mempengaruhi kualitas dan sifat mekanik produk FDM berdasarkan diagram yaitu model konsep (*concept models*), faktor lingkungan (*environment factors*), bahan yang belum diproses (*unprocessed material*), orientasi produk yang dibuat (*part build orientation*), mesin FDM (*FDM machine*), dan parameter kerja (*working parameters*).



Gambar 2. 3 Diagram sebab dan akibat untuk parameter FDM  
[https://www.researchgate.net/figure/Cause-and-effect-diagram-of-FDM-process-parameters\\_fig2\\_274458192](https://www.researchgate.net/figure/Cause-and-effect-diagram-of-FDM-process-parameters_fig2_274458192)

Berdasarkan Gambar 2.3 berikut ini adalah parameter proses pada mesin 3D *printing* FDM:

1. *Nozzle Temperature* adalah suhu pada *nozzle* saat melakukan ekstrusi pada filamen, dimana setiap jenis filamen memiliki pengaturan suhu yang berbeda.
2. *Layer thickness* adalah suatu ketebalan/jarak dalam setiap lapisan cetakan berkisar 0,05 mm sampai dengan 0,3 mm.
3. *Temperature base plate* adalah suhu pada alas/papan dimana filamen dicetak sehingga menjadi suatu objek 3D dengan suhu *baseplate* bisa mencapai  $\geq 100^{\circ}\text{C}$ .
4. *Printing speed* adalah kecepatan pergerakan *nozzle* dalam proses mencetak objek 3D berkisar 30-60 mm/s.
5. *Infill pattern* adalah pola pengisian yang digunakan untuk mengisi ruang kosong di dalam objek 3D dan berfungsi sebagai struktur pendukung, bentuk infill pattern *rectilinear* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Infill Pattern Rectilinear

6. *Infill density* adalah tingkat kerapatan di bagian dalam objek yang akan dicetak, dan bisa berkisar antara 0% hingga 100%.
7. *Perimeter* adalah jumlah minimum *shell* (dinding) vertikal yang dapat dicetak jumlah *shell* dapat ditambah atau dikurangi tergantung pada ukuran objek 3D.
8. *Brim width* berfungsi untuk menambahkan lebih banyak *perimeter* ke lapisan pertama sebagai alas, yang membantu mengurangi bengkok sekaligus memperluas area cetak pada *baseplate*.
9. *Feed rate* adalah konfigurasi kecepatan pencetakan secara keseluruhan dalam arah linear.
10. *Raft layers* adalah penyangga objek 3D yang mengambang dengan membuat lapisan pada bagian bawah objek 3D.

## 2.2 Material Nylon

*Nylon* atau *polyamida* adalah polimer yang dibentuk dari asam *karboksilat* dan *amino*, pada kedua ujung masing-masing polimer terdapat gugus fungsi *amino* dan *karboksilat* dan sebagai penghubungnya adalah gugus *amida*. Jenis asam *karboksilat* dan *amino* sangat bervariasi sehingga dapat membentuk poliamida yang sangat bervariasi, misalnya *Nylon 6*, *Nylon 66*, *Nylon 11*, dll. Jumlah *amino* dan *karboksilat* tergantung pada banyaknya polimer yang menyusun sebuah serat. RH (*Relative Humidity*) standar kelembaban *relative* 4,0-4,5%, karena serat *poliamida* ini mempunyai gugus fungsional maka serat ini

masih mungkin bereaksi terhadap zat-zat lain, sedangkan poliester tidak memiliki gugus fungsional sehingga daya serapnya lebih besar daripada *poliester* (sekitar 4,5%). Gugus *amino* bersifat basa lemah yang dapat menarik air dan gugus *karboksilat* (Rwei et al., 2013).

Serat *Nylon* adalah serat yang dihasilkan dengan unsur pembentuk serat yang merupakan suatu rantai polyamida sintetik, dimana kurang dari 85% ikatan amida mengikat secara langsung dua gugus alifatik. Istilah *Nylon* sendiri mengacu pada suatu *polymers* yaitu *poliamida linier*. Dua metode dalam pembuatan *Nylon* untuk pengaplikasian serat. Metode pertama, molekul dengan suatu gugus asam (COOH) beraksi terhadap molekul yang mengandung gugus amida (NH<sub>2</sub>). Menghasilkan *Nylon* yang dinamai berdasarkan banyaknya atom karbonnya yang memisahkan dua gugus asam dan dua gugus amida. Metode kedua, senyawa yang mengandung amina pada satu sisi dan asam di sisi lainnya dipolimerisasi untuk membentuk rantai dengan unit pengulangan (NH-[CH<sub>2</sub>]<sub>n</sub>-CO-)<sub>x</sub> dan dikenal sebagai *Nylon 6*, yang proses produksi komersialnya menggunakan *caprolactam* sebagai proses polimerisasi (Holmes et al., 1955).

Pengaplikasian dari *Nylon* sendiri banyak digunakan di berbagai sektor industri terlebih dikarenakan polimer lebih murah, sehingga menghasilkan biaya operasional yang rendah tanpa harus mengurangi kualitas produk akhir. sebagai contoh pengaplikasian *Nylon* di bidang industri seperti pipa karet, tali ban, kaus kaki, jas hujan, perlengkapan rumah, tali temali industri otomotif, peralatan medis, dan produksi produk cetakan mainan. Polimer *Nylon* memiliki ketahanan terhadap abrasi yang baik, elonggasi tinggi, durabilitas serat tinggi, resistensi tinggi, kenyal tidak menghisap lengas atau air sehingga mudah kering, tahan alkali, dan tidak tahan terhadap kalor. Polimer *Nylon* sendiri lemah terhadap panas akan tetapi jika terkena panas sampai titik didih *Nylon* tidak terbakar melainkan meleleh (Rwei et al., 2013).

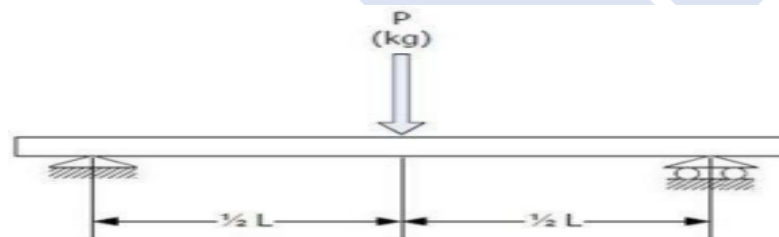
Sifat fisik dan mekanik yang penting dari filamen berbahan *Nylon* adalah elastisitasnya tahan terhadap gesekan apabila filamen diregang sampai 8% filamen akan kembali ke bentuk semula untuk spesifikasi sifat-sifat dari filamen *Nylon 6* ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Mekanik *Nylon 6*

Titik lebur(°C)	250-263
Kekerasan Rockwell	106
Konduktivitas Termal(BTU di/ft <sup>h</sup> °F)	2,01
Panas Laten Difusi(BTU/lb)	35,98
Koefisien Gesekan	0,10-0,30
Kepadatan (g/cm <sup>3</sup> )	1,15
Konduktivitas Listrik (S/m)	10-12

### 2.3 Pengujian Bending Material Termoplastik

Pengujian bending merupakan proses pemuatan beban pada sebuah titik di tengah-tengah benda yang akan diuji dengan menahannya pada dua tumpuan di kanan dan kiri (Gambar 2.5). Dengan diberikannya beban secara maksimal objek yang akan diuji akan mengalami deformasi/perubahan bentuk yang digunakan untuk mengetahui nilai kekuatan bending. Besarnya nilai pengujian bending bergantung terhadap jenis material yang digunakan serta pembebanan pada saat pengujian. Menempatkan tegangan tekan pada bagian atas benda uji dan tegangan tarik pada bagian bawah, keduanya berdampak pada besarnya kekuatan bending (Yudha, 2021).

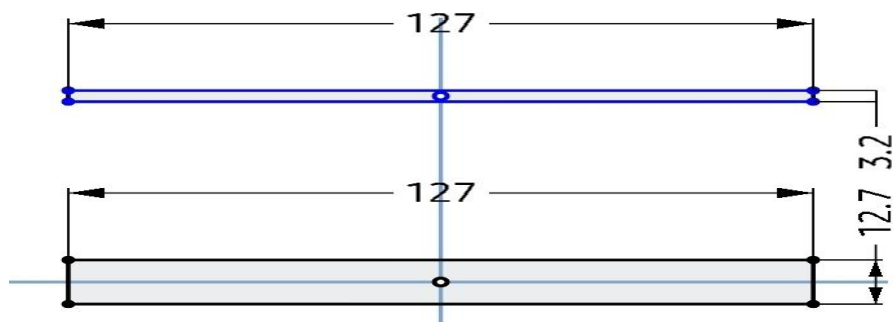


Gambar 2.5 Pengujian Bending (Yudha, 2021)

ASTM D-790 adalah standarisasi bentuk dalam pengujian bending untuk material berbahan dasar termoplastik harus memiliki panjang 127 mm, lebar 12,7 mm, dan tinggi 3,2 mm. Bentuk dan ukuran dari spesimen sangat penting agar menghindari terjadinya kesalahan dalam pengujian, dengan memperhitungkan



deformasi pada tumpuan metode ini hanya dibatasi pada tegangan lentur sebesar 5% (Hernandez et al., 2016). Bentuk dan ukuran spesimen uji dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Bentuk & Ukuran Spesimen ASTM D-790

#### 2.4 Desain Eksperimen Taguchi

Metode eksperimen Taguchi atau sering disebut *robush parameter design* (RPD) digunakan untuk meningkatkan kualitas produk dan proses melalui metode statistik dengan tujuan untuk memastikan bahwa rata-rata dari respon output berada pada tingkat atau target yang diinginkan, dan untuk memastikan bahwa variabilitas berada pada nilai target atau sekecil mungkin. Dr. Genichi Taguchi penemu metode ini, yang merupakan seorang konsultan manajemen mutu dari Jepang, yang mengembangkan metode matriks *orthogonal* dalam melakukan eksperimen. Dengan menggunakan metode Taguchi menjadikan produk atau proses bersifat kokoh (*robust*) terhadap faktor gangguan (*noise*) (Mongomery, 2017).

metode taguchi memungkinkan melaksanakan penelitian secara efisien dengan melibatkan banyak faktor dan jumlah. Dengan menghasilkan produk yang konsisten dan kokoh terhadap faktor yang tidak dapat dikontrol (*noise*) sehingga menghasilkan informasi sebanyak mungkin tentang faktor respon parameter dan menghasilkan respon optimum (Mongomery, 2017). Dalam rekayasa dan peningkatan kualitas, metode Taguchi digunakan untuk merancang percobaan dengan menentukan penyebab utama karakteristik kualitas proses sehingga variabel tersebut dapat dikendalikan. Pada tingkat keseragaman data yang tinggi,

metode Taguchi menghasilkan kombinasi produk dan unit proses terbaik untuk mencapai kualitas tinggi dengan biaya operasi rendah. (Wuryandari et al., 2012).

Rancangan eksperimen metode Taguchi memiliki sejumlah keunggulan. Sebagai contoh, metode Taguchi lebih efektif karena memungkinkan dilakukannya penelitian yang melibatkan banyak faktor dan jumlah serta memperoleh proses yang menghasilkan produk yang konsisten dan kuat terhadap faktor-faktor yang berada di luar kendali. Metode Taguchi menyimpulkan hasil faktor respon dan level faktor kontrol yang menghasilkan respon optimal. Berbeda dengan metode lainnya, metode Taguchi memiliki kekurangan, antara lain desain dengan struktur yang kompleks, desain yang mengorbankan dampak interaksi, dan desain yang mengorbankan desain untuk pengaruh besar yang signifikan (Mongomery, 2017). Jadi untuk mengatasi masalah ini, diperlukan untuk memilih desain eksperimen yang sesuai dengan tujuan penelitian.

## 2.5 Signal to Noise Ratio (SNR)

Metode Taguchi dirancang menggunakan konsep *Signal to Noise Ratio* (SNR) untuk eksperimen yang melibatkan banyak faktor. SNR diformulasikan untuk memilih nilai level faktor terbesar untuk mengoptimalkan karakteristik kualitas penelitian. Sifat-sifat kualitas, yang meliputi *smaller is better* (STB), *larger is better* (LTB), dan *nominal is best* (NTB). Rasio S/N menurut tipe karakteristik adalah sebagai berikut (Mongomery, 2017):

### 1. *Smaller Is Better* (STB)

*Smaller is better* adalah nilai non-negatif untuk nilai kualitas kontinu yaitu antara nol- sampai tak terhingga ( $\infty$ ) dimana nilai cacat yang diinginkan adalah nol, dan semakin kecil nilainya, semakin baik. Sehingga *Signal to Noise Ratio* STB dapat di hitung menggunakan persamaan 2.1 sebagai berikut:

$$SN_{STB} = -10 \log \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana:

n : Jumlah pengulangan dari suatu percobaan

$y_i$  : Data pengamatan ke-i

## 2. *Larger Is Better* (LTB)

*Larger Is Better* adalah non-negatif untuk nilai kualitas kontinu yaitu antara nol- sampai tak terhingga ( $\infty$ ) dengan nilai produk yang diharapkan selain nol atau pada nilai terbesar yang didapatkan. Pada *signal to noise ratio* LTB dapat ditentukan sebagai berikut menggunakan persamaan 2.2:

$$SN_{LTB} = -10 \log \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{y_i^2} \right) \right] \dots \dots \dots (2.2)$$

dimana:

$n$  : Jumlah pengulangan dari suatu percobaan

$y_i$  : Data pengamatan ke- $i$

## 3. *Nominal Is Best*

*Nominal Is best* adalah nilai produk yang diharapkan, yang berbeda dari nol dan memiliki nilai terbatas hingga tetap pada nilai tertentu, dibandingkan dengan nominal terbaik atau nilai tertentu terbaik, yang merupakan karakteristik kualitas yang secara terus menerus memiliki nilai dari nol hingga tak terhingga ( $\infty$ ). Untuk menentukan *Signal to Noise Ratio NTB*, digunakan persamaan 2.3 sebagai berikut:

$$SN_{NTB} = -10 \log \left[ \frac{\sigma^2}{\mu^2} \right] \dots \dots \dots (2.3)$$

dimana:

$\mu$  : *Mean*

$\sigma$  : *Deviasi*

## 2.6 Analysis of Variance (ANOVA)

ANOVA atau *analysis of variance*, adalah teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif mempekirakan kontribusi dari setiap faktor pada semua respon (Mongomery, 2017). Analisis ini menggunakan metode yang memecah setiap variasi komponen yang dipelajari. Tujuan penggunaan ANOVA adalah untuk membantu dalam mengidentifikasi faktor sehingga perkiraan kontribusi dapat diketahui (Mayasari, 2014). Tabel ANOVA terdiri dari perhitungan derajat kebebasan (db), jumlah kuadrat (*sum of square*, SS), kuadrat tengah (*mean of square*, MS), dan  $F_{hitung}$  seperti ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Tabel Analisis Varian

Sumber variasi	Db	SS	MS	F <sub>hitung</sub>
Faktor A	$\nu_A$	$SS_A$	$MS_A$	$F_A$
Faktor B	$\nu_B$	$SS_B$	$MS_B$	$F_B$
Error	$\nu_{error}$	$SS_{error}$	$MS_{error}$	
Total	$\nu_T$	$SST$		

dengan:

$$\nu_T = \text{derajat bebas total} = N - 1 \quad (2.4)$$

$$\nu_A = \text{derajat bebas faktor A} = k_A - 1 \quad (2.5)$$

$$\nu_B = \text{derajat bebas faktor B} = k_B - 1 \quad (2.6)$$

$$\nu_{error} = \text{derajat bebas error} = \nu_T - \nu_A - \nu_B - \nu_{AB} \quad (2.7)$$

$$T = \text{jumlah keseluruhan} = \sum_{i=1}^N y_i \quad (2.8)$$

$$CF = \text{faktor koreksi} = \frac{T^2}{N} \quad (2.9)$$

$$SS_T = \text{jumlah kuadrat total} = \sum_{i=1}^N Y_i - CF \quad (2.10)$$

$$= \sum_{i=1}^N (Y_i - T)^2$$

$$SS_A = \text{jumlah kuadrat faktor A} = \left[ \sum_{i=1}^{k_A} \left( \frac{A_i^2}{n_{A_i}} \right) \right] - CF \quad (2.11)$$

$$SS_B = \text{jumlah kuadrat faktor B} = \left[ \sum_{i=1}^{k_B} \left( \frac{B_i^2}{n_{B_i}} \right) \right] - CF \quad (2.12)$$

$$SS_E = \text{jumlah kuadrat error} = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AB} \quad (2.13)$$

$$MS_A = \text{kuadrat tengah faktor A} = \frac{SS_A}{\nu_A} \quad (2.14)$$

$$MS_B = \text{kuadrat tengah faktor B} = \frac{SS_B}{\nu_B} \quad (2.15)$$

$$MS_E = \text{kuadrat tengah error} = \frac{SS_E}{\nu_E} \quad (2.16)$$

$k_A$  = jumlah level faktor A

$k_B$  = jumlah level faktor B

$N$  = jumlah total eksperimen

$n_{Ai}$  = jumlah total pengamatan faktor A

$n_{Bi}$  = jumlah total pengamatan faktor B

## 2.7 Persen Kontribusi

Persen kontribusi merupakan fungsi jumlah kuadrat untuk masing-masing faktor yang signifikan. Persen kontribusi mengidentifikasi mengurangi variasi yang terjadi, dan menunjukkan kekuatan relatif dari suatu faktor atau interaksi (Mongomery, 2017). Jumlah kuadrat dari masing-masing faktor yang signifikan pada dasarnya adalah apa yang digunakan untuk menentukan persentase kontribusi. Faktor dan *error* merupakan komponen-komponen yang dihitung dalam persentase kontribusi. Jika persentase kontribusi *error* kurang dari 15% tidak ada faktor yang memiliki pengaruh terabaikan. Namun, jika persentase kontribusi *error* lebih besar dari 15%, *error* tersebut terlalu besar karena faktor yang tidak diperhitungkan. Persen kontribusi suatu faktor dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Mayasari, 2014):

$$\rho = \frac{SS'_A}{SS_T} \times 100 \% \dots \dots \dots (2.17)$$

dengan

$$SS'_A = SS_A - \nu_A \cdot MS_E \dots \dots \dots (2.18)$$

dimana:

$SS_A$  = jumlah kuadrat dari faktor yang dihitung persen kontribusinya

$SS_T$  = jumlah kuadrat total

$\nu_A$  = derajat kebebasan dari faktor yang dihitung persen



kontribusinya

$MS_E$  =rata-rata kuadrat dari faktor error

Hsiang et al, (2012) melakukan penelitian yang berhubungan dengan optimasi proses ekstrusi lembaran magnesium paduan AZ31 dan AZ61 dengan menggunakan metode Taguchi-*fuzzy*. Pada penelitian tersebut, ANAVA untuk material AZ61 menunjukkan bahwa jumlah derajat kebebasan *error* sama dengan nol dan perbedaan variansi antar faktor sangat kecil, sehingga tidak ada faktor yang dapat dijadikan sebagai faktor yang tidak berpengaruh. Dengan demikian, persamaan untuk menentukan persen kontribusinya menjadi:

$$\rho = \frac{SS_A}{SS_T} \times 100 \% \dots \dots \dots (2.19)$$

dimana:

$SS_A$  =jumlah kuadrat dari faktor yang dihitung persen kontribusinya

$SS_T$  =jumlah kuadrat total

Namun, apabila perbedaan variansi antar faktor tidak kecil, maka faktor yang memiliki variansi terkecil di-pooling untuk digabungkan ke dalam variansi *error*. Selanjutnya, persen kontribusidapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.17 dan persamaan 2.19.

## 2.8 Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi dilakukan untuk memvalidasi terhadap kesimpulan yang diperoleh daripada hasil analisis *S/N ratio larger is better* mengenai kombinasi faktor yang optimal. Kesimpulan yang diperoleh harus dianggap sebagai kesimpulan awal hingga dilakukannya validasi oleh eksperimen konfirmasi (Mongomery, 2017). Dalam eksperimen konfirmasi langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

1. Merancang kondisi optimum untuk level signifikan dan parameter proses.
2. Melakukan *pooling-up* untuk faktor yang tidak signifikan.
3. Menentukan tingkat kepercayaan ( $\alpha$ ) yang akan digunakan.
4. Menghitung rata-rata prediksi ( $\mu$ ) berdasarkan data yang diperoleh dari kombinasi parameter optimum

## 5. Menghitung interval kepercayaan.

Analisis penelitian kemudian dilakukan setelah langkah-langkah di atas telah selesai. Jika nilai hasil berada dalam interval kepercayaan atau mendekati nilai prediksi, eksperimen konfirmasi dianggap berhasil.

## 2.9 Penelitian Terdahulu

Menurut Hasdiansah, et al (2021) dalam penelitian tentang Pengaruh Parameter Proses *Slicing Software* Terhadap Kekerasan Permukaan *Printing Part* Filamen ST-PLA, bahwa kualitas barang produksi yang dianggap baik biasanya ditandai dengan kualitas permukaan komponen yang baik. Kekasaran permukaan objek mempengaruhi performa, estetika produk dan mencerminkan build quality yang baik. Dengan parameter yang diteliti adalah *layer thickness*, *printing speed*, *nozzle temperature*, *orientation*, *flowrate*, dan *cooling speed*. Sehingga didapatkan hasil seting parameter dengan nilai kekasaran minimal 3,321 $\mu$ m adalah *layer thickness* 0,10mm, *printing speed* 40 mm/s, *nozzle temperature* 190°C, *orientation* 45°, *flowrate* 110%, dan *cooling speed* 20%.

Menurut Suzen, et al (2022) dalam penelitian Analisis Pengaruh Parameter *Infill Pattern* dan *Nozzle Temperature* Terhadap *Tensile Strength* Filamen PLA PRO. Dimana nilai kekuatan tarik tertinggi dan terendah dari parameter 15 tipe *infill pattern* dan 3 suhu *nozzle* yang memenuhi syarat untuk produksi dashboard mobil, didapatkan hasil pengujian tarik tertinggi sebesar 43,9 MPa pada *infill pattern* 3D *honeycomb* dengan suhu *nozzle* 210°C, dan yang terendah sebesar 14,7 MPa pada *infill pattern* *archimedean chord* dengan suhu *nozzle* 220°

Menurut Pristiansyah, et al (2022) dalam penelitian Pengaruh Parameter Proses Pada 3D *Printing* FDM Terhadap Kekuatan Tarik *Filament* ABS *CCTREE* pada spesimen uji standar ASTM D638 tipe 4 dengan desain eksperimen metode Taguchi  $L_{27}$  OA karakteristik *larger is better* yang menghasilkan parameter proses yang berpengaruh terhadap kekuatan tarik dengan urutan yang paling berpengaruh adalah *layer thickness* sebesar 40,74%, *print speed* 9,40%, *nozzle temperature* 5,69 %, *temperature base plate* 5,56%, dan *infill pattern* 4,36%.

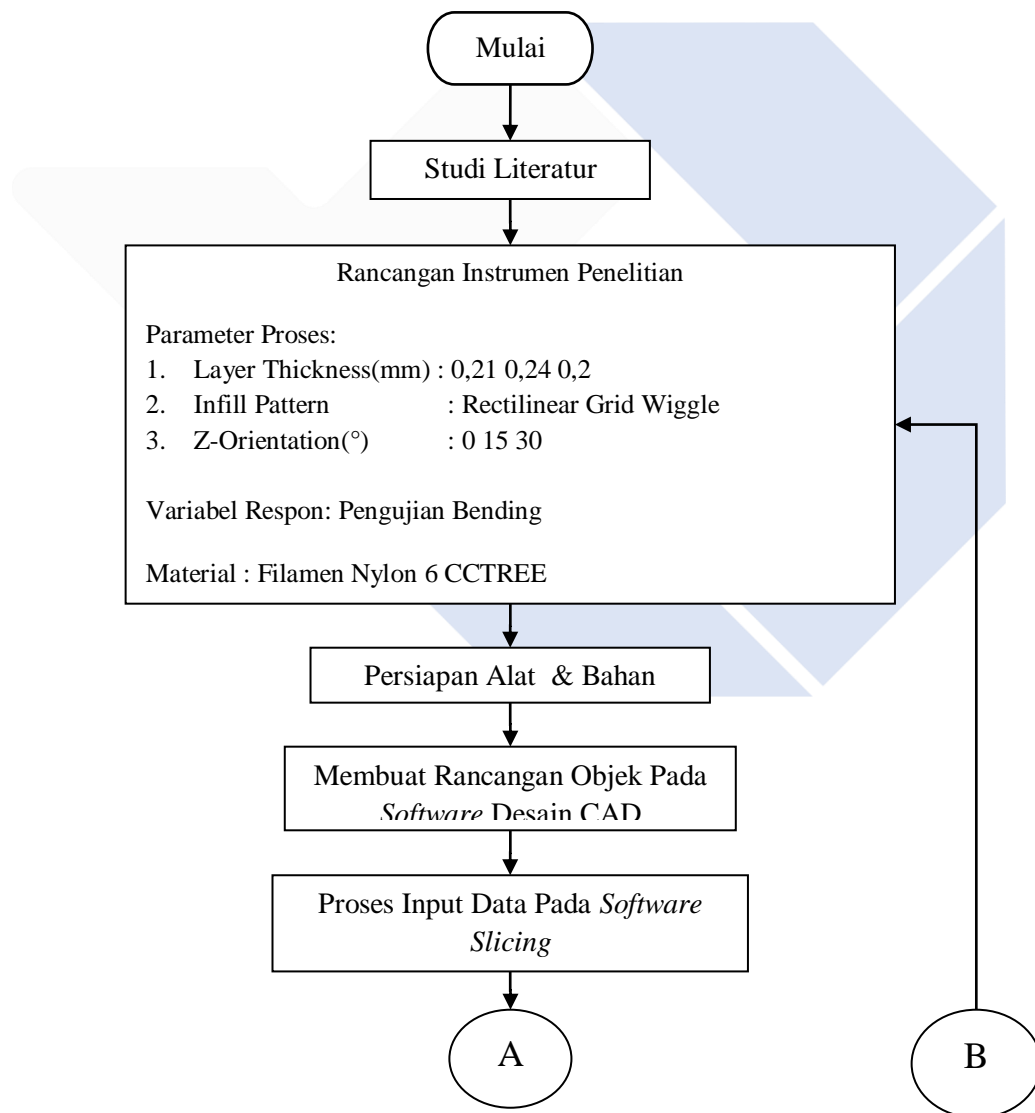
Menurut Setyawan & ngadiyono (2022) pada penelitian tentang Analisis Pengaruh Kelembaban Filamen PLA Terhadap Nilai Kekuatan Mekanik Hasil Cetak 3D *Printing*, dengan filamen PLA+ merk SUNLU yang telah disimpan selama 30 hari pada dua tempat berbeda yang akan digunakan untuk mencetak spesimen uji tarik ASTM D638 tipe 1, dan spesimen uji bending ASTM D-790 menggunakan 3 temperature nozzle yang berbeda. Yang mana hasil dari nilai kelembaban filamen PLA memberikan pengaruh 97,1% terhadap kekuatan tarik dan memberikan pengaruh sebesar 85,6% terhadap nilai kekuatan bending. Sementara temperature nozzle hanya memberikan pengaruh terhadap kekuatan tarik sebesar 42,7% dan tidak memberikan pengaruh terhadap kekuatan bending.



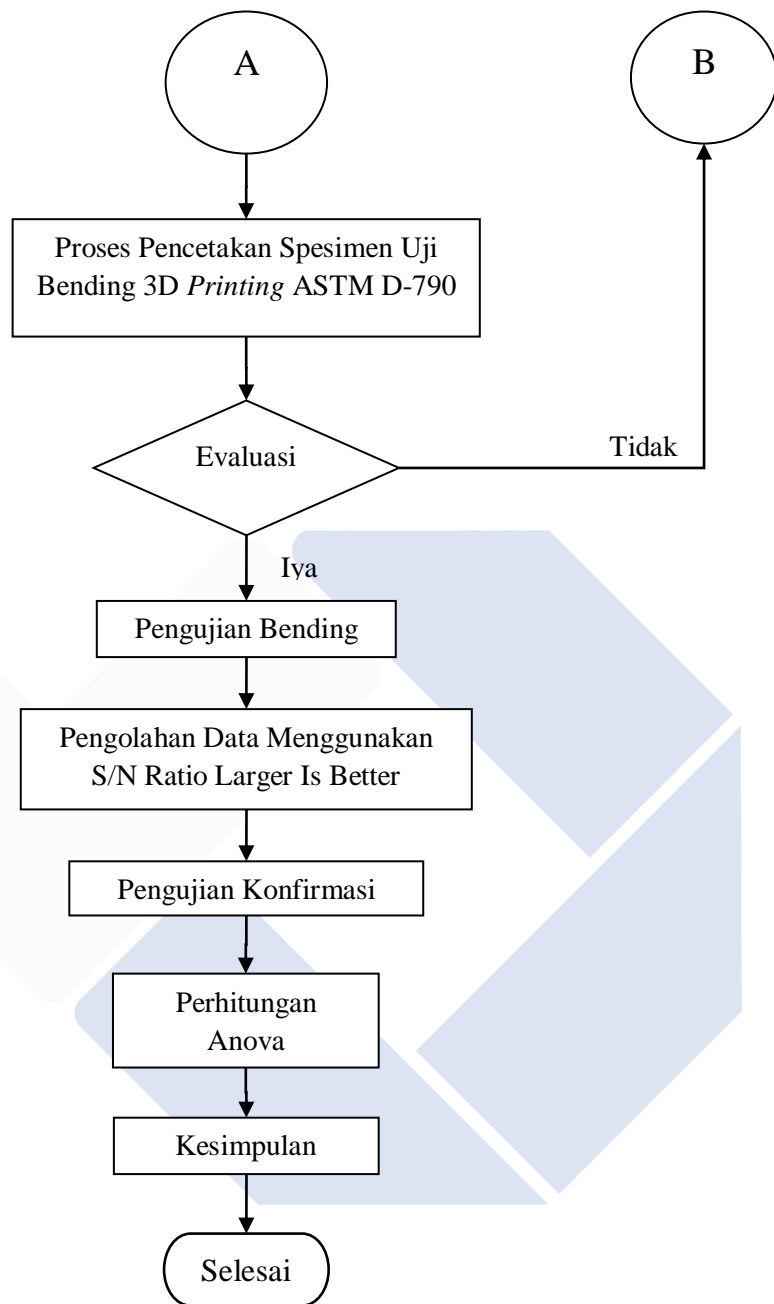
### BAB III METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tahapan Penelitian

Proses penelitian ini merupakan penelitian terstruktur berdasarkan dengan langkah-langkah sistematis mengikuti diagram alir yang ada pada tahapan penelitian seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)

### 3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah filamen *Nylon 6 CCTREE* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2.



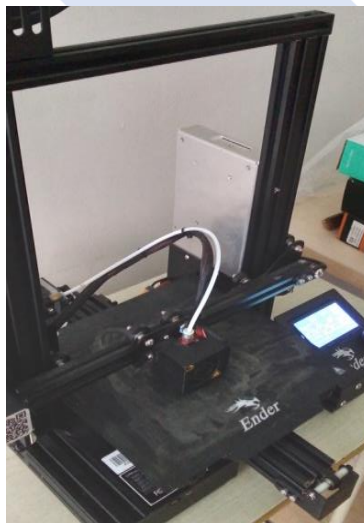
Gambar 3.2 Filamen *Nylon 6 CCTREE*

### 3.3 Peralatan Penelitian

Penelitian ini akan menggunakan peralatan sebagai berikut:

1. Mesin Printer 3D FDM

Penelitian ini menggunakan mesin printer 3D FDM *Ender 3 Pro* seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Mesin Printer 3D FDM *Ender 3 Pro*

## 2. Alat Uji Bending

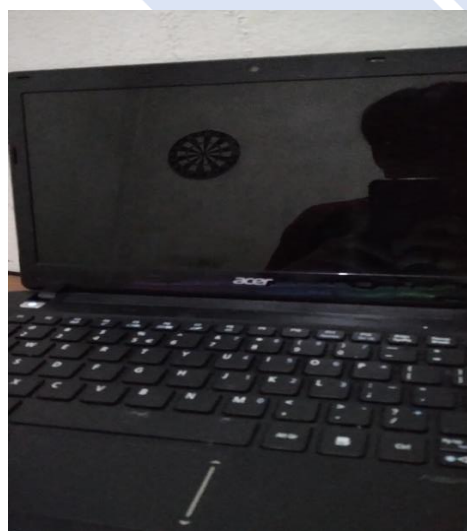
Penelitian ini menggunakan mesin uji bending *Zwick Roell Z020* seperti ditunjukkan pada Gambar 3.4 sebagai alat untuk pengambilan data spesimen yang dicetak dengan menggunakan filamen *Nylon 6*.



Gambar 3.4 Mesin Pengujian Bending *Zwick Roell Z020*

## 3. Laptop Acer

Laptop digunakan dalam menjalankan *software* program untuk pencetakan spesimen *3D printing*.



Gambar 3.5 Laptop Acer



#### 4. *Software Solidwork dan Slicing Ultimaker Cura*

Desain spesimen cetak dibuat menggunakan *software solidwork* untuk mendesain spesimen uji bending ASTM D-790 dan untuk mengoperasikan mesin 3D *printing*, *software* ini digunakan untuk memasukkan parameter dan mendapatkan *G-code*.

#### 3.4 Design Of Experiment (DOE)

Metode *design of experiment* (DOE) digunakan untuk mengoptimalkan produk 3D *printing* dengan membuat desain faktorial dan memasukkan data berbagai variasi parameter ke dalam *slicing software* untuk membuat percobaan minimum dengan sebanyak mungkin informasi dari semua faktor yang mempengaruhi parameter. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah *layer thickness* (mm), *infill pattern*, *z-orientation* (°).

#### 3.5 Penentuan Faktor Dan Level Penelitian

Dalam penelitian ini, akan digunakan 3 parameter proses yaitu *layer thickness* (mm), *infill pattern*, dan *z-orientation* (°). Berdasarkan studi literatur, pemilihan parameter proses berupa faktor dan *level* eksperimen. Desain Taguchi *orthogonal array L<sub>9</sub>* dengan tiga faktor dan tiga level yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan dari perhitungan total derajat kebebasan. Tabel 3.1 menampilkan nilai parameter dan level penelitian yang digunakan dalam penelitian ini. Tabel 3.2 menampilkan parameter tetap sebagai kendali pada parameter proses dan mengurangi variabel *noise*. Tabel 3.3 menampilkan perhitungan total derajat kebebasan. Tabel 3.4 dan Tabel 3.5 akan menampilkan tabel desain *matriks* Taguchi *orthogonal array L<sub>9</sub>* dengan desain faktorial penelitian.

Tabel 3.1 Nilai Parameter dan Level Penelitian

<i>Parameter Proses Slicing</i>	Level		
	1	2	3
<i>Layer Thickness</i> (mm)	0,21	0,24	0,27
<i>Infill Pattern</i>	Grid	Rectilinear	Wiggle
<i>Z Orientation</i>	0	15	30

Tabel 3.2 Parameter Tetap

Parameter Tetap	Nilai Parameter Tetap
<i>Bed Temperature</i> (°)	100
<i>Nozzle Temperature</i> (°)	255
<i>Printing Speed</i> (mm/s)	30

Tabel 3.3 Total Derajat Kebebasan

Parameter Proses	Jumlah Level (k)	$vfl = (k - 1)$
<i>Layer Thickness</i>	3	2
<i>Infill Pattern</i>	3	2
<i>Z-Orientation</i>	3	2
Total Derajat Kebebasan		6

Tabel 3.4 Desain Taguchi *Orthogonal Array*  $L_9$ 

<i>No.Exp</i>	<i>Layer Thickness</i>	<i>Infill Pattern</i>	<i>Z-Orientation</i>
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

Tabel 3.5 Desain Faktorial Penelitian

<i>No. Exp.</i>	<i>Layer Thickness</i>	<i>Infill Pattern</i>	<i>Z-Orientation</i>
1	0,21	Rectilinear	0
2	0,21	Grid	15
3	0,21	Wiggle	30
4	0,24	Rectilinear	15
5	0,24	Grid	30
6	0,24	Wiggle	0
7	0,27	Rectilinear	30
8	0,27	Grid	0
9	0,27	Wiggle	15

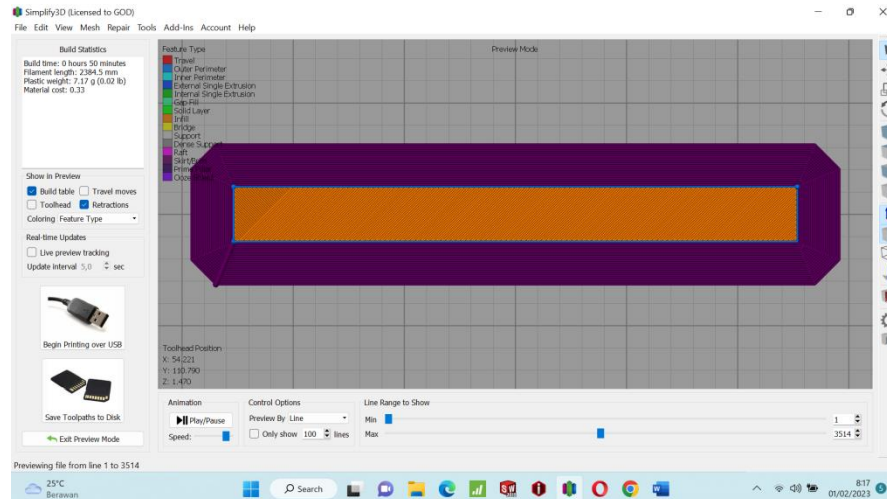
Tabel 3.5 akan menjadi dasar percobaan. Setiap nilai parameter akan dimasukkan ke dalam *slicing software* dan kemudian dicetak tiga kali menggunakan mesin 3D *printing*. Hasil cetakan akan diuji dan dirata-ratakan nilai kekuatan bendungnya. *Software* perhitungan akan digunakan untuk menganalisis nilai rata-rata dan *S/N ratio larger is better*.

### 3.6 Proses Pencetakan Spesimen Pada Mesin Printer 3D

Langkah-langkah dalam proses pencetakan spesimen uji pada mesin printer 3D sebagai berikut:

1. Tekan tombol *ON* pada mesin printer 3D terlebih dahulu agar mesin dapat menyala.
2. Pasang filamen pada tempat yang tersedia pada mesin printer 3D.
3. Sebelum melakukan proses pencetakan alangkah baiknya melakukan proses kalibrasi terlebih dahulu agar meja 3D *printing* menjadi datar dan menjaga jarak *nozzle* terhadap meja pemanas.
4. lakukan setting parameter proses pada *software slicing* seperti *Layer Thickness*, *Infill Pattern*, dan *Z-Orientation* sesuai dengan yang telah ditentukan. Setelah mendapatkan file *G-code* masukan kartu memori kartu

memori ke tempat yang tersedia pada mesin 3D *printing* , dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 G-Code Slicing Software

5. Kemudian lakukan seting *Bed Temperature*, *Nozzle Temperature*, dan *Printing Speed* pada mesin printer 3D FDM Ender 3 Pro sesuai dengan faktor kendali yang telah ditentukan Dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Penyetingan Mesin printer 3D FDM Ender 3 Pro

6. Selanjutnya dapat dilakukan proses pencetakan produk 3D *printing* secara berturut-turut dengan mengikuti urutan desain eksperimen, setiap produk dilakukan proses pencetakan dengan tiga replikasi spesimen, dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Hasil Proses Pencetakan Spesimen

### 3.7 Pengambilan Data Hasil Eksperimen

Hasil dari proses pencetakan spesimen selanjutnya akan dilakukan pengujian kekuatan bending berikut ini langkah-langkah dari pengujian bending:

1. Nyalakan mesin uji bending *Zwick Roell Z020*, kompresor, dan komputer..
2. Buka *software* pengujian kekuatan bending, untuk mengetahui hasil dari kekuatan spesimen serta mengatur penyetingan mesin.
3. Letakan spesimen pada penampang mesin uji bending, kemudian tekan *zero force* agar penekan berada pada posisi nol dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3. 9 Proses Penampang Spesimen

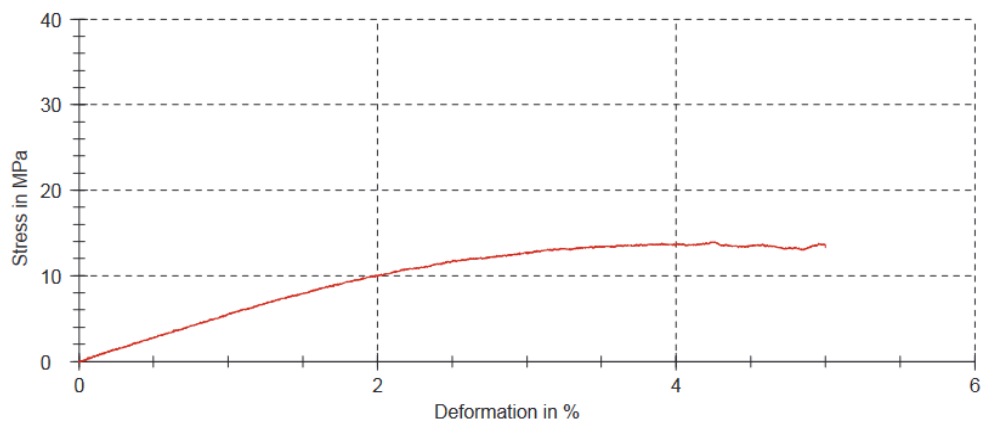
4. Kemudian klik *start post* untuk melakukan penekanan terhadap spesimen uji bending ASTM D-790 dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3. 10 Proses Pengujian Bending

5. Setelah spesimen selesai diuji, didapatkan grafik serta hasil kekuatan bending yang tertera pada layar komputer, dengan nilai hasil kekuatan bending dilihat dari titik tertinggi dalam grafik dapat dilihat pada Gambar 3.11.

**Series graph:**



Gambar 3. 11 Grafik Uji Bending

6. Kemudian hasil dari kekuatan bending tersebut disimpan dalam komputer dan dicatat dalam buku untuk dilakukan proses pengolahan data. Setelah melakukan pengujian bending pada semua spesimen, maka diperoleh hasil dari pengujian bending. Hasil pengujian tersebut meliputi kekuatan bending dan rata-rata untuk setiap percobaan ditunjukkan pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Hasil Pengujian Bending

EXP	Layer	Infill	Z-	Pengujian Bending (MPa)			
	Thickness (mm)	Pattern	Orientation (°)	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata- rata
1	0,21	Rectilinear	0	14,0	13,5	14,7	14,066
2	0,21	Grid	15	15,5	15,0	13,1	14,533
3	0,21	Wiggle	30	15,8	15,3	14,1	15,066
4	0,24	Rectilinear	15	11,2	13,8	13,2	12,733
5	0,24	Grid	30	14,0	14,1	12,5	13,533
6	0,24	Wiggle	0	14,0	13,9	13,0	13,633
7	0,27	Rectilinear	30	13,1	13,4	13,7	13,400
8	0,27	Grid	0	14,5	14,0	15,5	14,666
9	0,27	Wiggle	15	17,5	16,2	16,6	16,700



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Hasil Eksperimen

Eksperimen dilakukan dengan mengkombinasikan faktor-faktor yang diduga berpengaruh terhadap respon kekuatan bending yang terdapat pada 3D printing FDM. Faktor-faktor tersebut adalah *layer thickness*, *infill pattern*, dan *z-orientation*. Desain eksperimen disesuaikan dengan matriks ortogonal L<sub>9</sub> yang telah direplikasi sebanyak tiga kali dan pelaksanaannya dilakukan secara acak. Rincian dari data kekuatan bending dapat dilihat pada Lampiran 2. Grafik-grafik hasil pengujian bending dapat dilihat pada Lampiran 3. Hasil eksperimen secara keseluruhan disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Bending

Kombinasi Faktor ke-	Kekuatan Bending (MPa)				
	1	2	3	Jumlah	Rata-rata
1	14,000	13,500	14,700	42,200	14,066
2	15,500	15,000	13,100	43,600	14,533
3	15,800	15,300	14,100	45,200	15,066
4	11,200	13,800	13,200	38,200	12,733
5	14,000	14,100	12,500	40,600	13,533
6	14,000	13,900	13,000	40,900	13,633
7	13,100	13,400	13,700	40,200	13,400
8	14,500	14,000	15,500	44,000	14,666
9	17,500	16,200	16,600	50,100	16,700

Sumber: Hasil Pengukuran dan Perhitungan

## 4.2 Perhitungan Rasio S/N

Persamaan 2.2 digunakan untuk menghitung *S/N ratio*, dan karakteristik kualitas kekuatan bending adalah semakin besar kekuatannya, semakin baik (*larger is better*). Berikut adalah ilustrasi bagaimana *S/N ratio* kekuatan bending dapat dihitung untuk pengaturan faktor kombinasi pertama:

$$SN_{LTB} = -10 \log \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{y_i^2} \right) \right]$$

$$S/N_{1-KB} = -10 \log \left[ \frac{(1/14,0^2) + (1/13,5^2) + (1/14,7^2)}{3} \right]$$

$$S/N_{1-KB} = 22,9480 \text{ dB}$$

*S/N ratio* untuk setiap kombinasi pengaturan faktor ditunjukkan pada Tabel 4.2, sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan.

Tabel 4.2 *S/N Ratio* untuk Masing-masing Kombinasi

Kombinasi Faktor ke- (Y <sub>i</sub> )	Parameter Proses			S/N_Kekuatan Bending (dB)
	<i>Layer</i> <i>Thickness</i> (A)(mm)	<i>Infill</i> <i>Pattern</i> (B)	<i>Z-</i> <i>Orientation</i> (C)(°)	
1	0,21	<i>Rectilinear</i>	0	22,9480
2	0,21	<i>Grid</i>	15	23,1773
3	0,21	<i>Wiggle</i>	30	23,5302
4	0,24	<i>Rectilinear</i>	15	21,9923
5	0,24	<i>Grid</i>	30	22,5879
6	0,24	<i>Wiggle</i>	0	22,6774
7	0,27	<i>Rectilinear</i>	30	22,5377
8	0,27	<i>Grid</i>	0	23,3035
9	0,27	<i>Wiggle</i>	15	24,4447

Sumber: Hasil Perhitungan

### 4.3 Kombinasi Faktor untuk Respon Optimum

#### 4.3.1 Nilai Rata-Rata Means

Contoh perhitungan nilai rata-rata *means* untuk faktor *Layer Thickness* (A) pada level 1 adalah sebagai berikut:

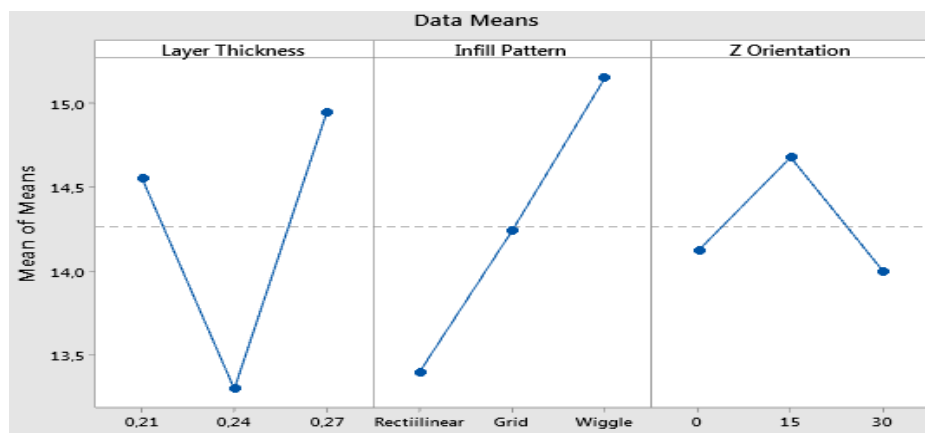
$$\bar{A}_1 = \frac{14,066 + 14,533 + 15,066}{3} = 14,556$$

Nilai rata-rata untuk faktor *layer thickness*, *infill pattern*, dan *z-orientation* pada level 1, 2, dan 3 ditunjukkan pada Tabel 4.3 sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan. Gambar 4.1 menggambarkan *plot* grafik dari nilai rata-rata *Means*.

Tabel 4.3 Nilai Rata-Rata Means

Level	Means		
	Layer Thickness(mm)	Infill Pattern	Z-Orientation(°)
1	14,556	13,400	14,122
2	13,300	14,244	14,656
3	14,922	15,133	14,000
Selisih	1,622	1,733	0,656
Rangking	2	1	3

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.1 Grafik Rata-rata Means

Berdasarkan data pada Tabel 4.3, secara berturut-turut *Infill Pattern*, *Layer Thickness*, dan *Z-Orientation* menduduki peringkat di antara parameter proses yang berdampak pada respon kekuatan bending. Tabel 4.4 mencantumkan kombinasi terbaik dari tingkat faktor.

Tabel 4.4 Kombinasi Level Faktor Optimum *Means*

Parameter Proses	Tingkatan Level	Nilai Level
<i>Layer Thickness</i> (mm)	Level 3	0,27
<i>Infill Pattern</i>	Level 3	<i>Winggle</i>
<i>Z-Orientation</i> (°)	Level 2	15

#### 4.3.2 Nilai Rata-Rata *S/N Ratio*

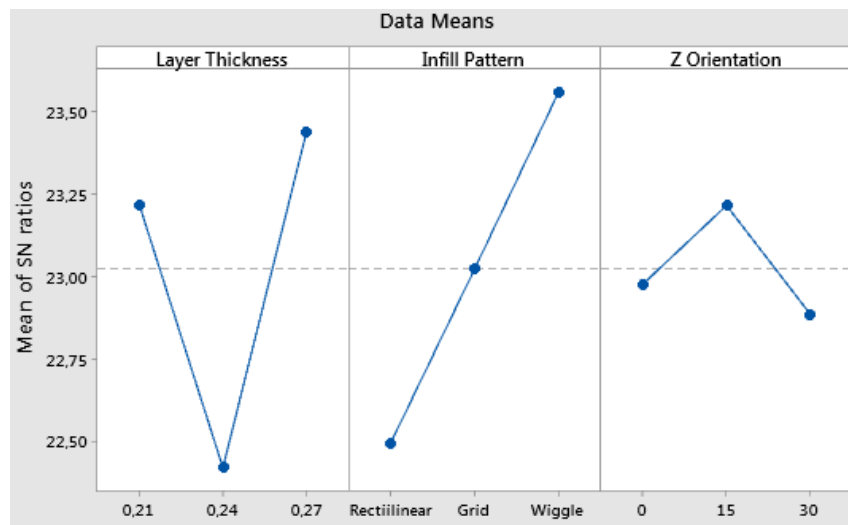
Contoh perhitungan nilai rata-rata *S/N ratio* dari kekuatan bending untuk faktor *Layer Thickness* (A) pada level 1 adalah sebagai berikut:

$$\bar{A}_1 = \frac{22,9480 + 23,1773 + 23,5302}{3} = 23,219$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, nilai rata-rata *S/N ratio* dari kekuatan bending untuk faktor *Layer Thickness*, *Infill Pattern*, dan *Z-Orientation* pada level 1, level 2, dan level 3 disajikan pada Tabel 4.5. Plot grafik nilai rata-rata *S/N ratio* disajikan pada Gambar 4.2.

Tabel 4.5 Nilai Rata-Rata *S/N ratio*

Level	Parameter Proses		
	<i>Layer Thickness</i> (mm)	<i>Infill Pattern</i>	<i>Z-Orientation</i> (°)
1	23,2185	22,4927	22,9763
2	22,4192	23,0230	23,2048
3	23,4287	23,5508	22,8853
Selisih	1,0094	1,0581	0,3195
Rangking	2	1	3



Gambar 4.2 Grafik Rata-rata  $S/N$  ratio

Berdasarkan data pada Tabel 4.5, ranking parameter proses yang berpengaruh terhadap respon kekuatan bending, secara berturut-turut yaitu *Infill Pattern*, *Layer Thickness*, dan *Z-Orientation*. Kombinasi level faktor optimum disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Kombinasi Level Faktor Optimum  $S/N$  ratio

Parameter Proses	Tingkatan Level	Nilai Level
<i>Layer Thickness</i> (mm)	Level 3	0,27
<i>Infill Pattern</i>	Level 3	<i>Winggle</i>
<i>Z-Orientation</i> (°)	Level 2	15

Sumber:Hasil Perhitungan

#### 4.4 Uji Konfirmasi

Uji konfirmasi merupakan pengujian yang dilakukan untuk memvalidasi hasil yang diperoleh. Hal ini dilakukan supaya dapat membandingkan hasil dari rata-rata kekuatan bending di awal dengan rata-rata hasil kekuatan bending yang optimum. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan hasil kominasi dari parameter proses yang telah dihitung dengan menggunakan metode Taguchi  $S/N$  Ratio LB yang terdapat pada Tabel 4.6 dengan parameter proses *Layer Thickness*

(0,27 mm), Infill Pattern (*wiggle*), *Z Orientation* (15°). Kombinasi awal dan kombinasi akhir dari pengujian konfirmasi ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Perbandingan Uji Konfirmasi

No.Exp	Pengujian Bending (MPa)			
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata-rata
Kombinasi awal	17,5	16,2	16,6	16,7
Kombinasi Optimum	16,2	16,3	16,2	16,25

#### 4.5 Analisis Varian dan Persen Kontribusi

Pada penelitian ini, analisis varian (ANOVA) dilakukan pada *S/N ratio*. Analisis varian dihitung menggunakan persamaan 2.4 sampai dengan 2.16. Analisis varian untuk *S/N ratio* disajikan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Tabel Analisis Varian

Sumber variasi	Db	SS	MS	F <sub>hitung</sub>	Persen Kontribusi
<i>Layer Thickness</i> (mm)	2	1,7020	0,8510	3,7882	43%
<i>Infill Pattern</i>	2	1,6794	0,8397	3,7379	42%
<i>Z-Orientation</i> (°)	2	0,1626	0,0813	0,3619	4%
<i>Error</i>	2	0,4493	0,2246		11%
Total	8	3,9933			100%

Sumber: Hasil Perhitungan

Perhitungan untuk jumlah kuadrat total dijabarkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 SS_T = & (22,9480 - 23,0222)^2 + (23,1773 - 23,0222)^2 \\
 & + (23,5302 - 23,0222)^2 + (21,9923 - 23,0222)^2 \\
 & + (22,5879 - 23,0222)^2 + (22,6774 - 23,0222)^2 \\
 & + (22,5377 - 23,0222)^2 + (23,3035 - 23,0222)^2 \\
 & + (24,4447 - 23,0222)^2
 \end{aligned}$$

$$SS_T = 0,0055 + 0,0241 + 0,2581 + 1,0605 + 0,1885 + 0,1188 + 0,2347 \\ + 0,0792 + 2,0239$$

$$SS_T = 3,9933$$

Perhitungan untuk jumlah kuadrat total parameter proses *Layer Thickness* dijabarkan sebagai berikut:

$$SS_A = [(23,2185 - 23,0222)^2 + (22,4192 - 23,0222)^2 \\ + (23,4287 - 23,0222)^2] * 3$$

$$SS_A = [0,0386 + 0,3635 + 0,1653] * 3$$

$$SS_A = 1,7020$$

Perhitungan untuk jumlah kuadrat *error* parameter proses *Layer Thickness* dijabarkan sebagai berikut:

$$SS_E = 3,9933 - 1,7020 - 1,6794 - 0,1626 = 0,4493$$

Perhitungan untuk kuadrat tengah parameter proses *Layer Thickness* dijabarkan sebagai berikut:

$$MS_A = \frac{1,7020}{2} = 0,8510$$

Perhitungan untuk kuadrat tengah *error* parameter proses *Layer Thickness* dijabarkan sebagai berikut:

$$MS_E = \frac{0,4493}{2} = 0,2246$$

Perhitungan  $F_{hitung}$  parameter proses *Layer Thickness* dijabarkan sebagai berikut:

$$F_A = \frac{0,8510}{0,2246} = 3,7882$$

Perhitungan persen kontribusi parameter proses *Layer Thickness* dijabarkan sebagai berikut:

$$\rho_A = \frac{SS_A}{SS_T} * 100\% = \frac{1,7020}{3,9933} * 100\% = 43\%$$

Pengujian hipotesa terhadap parameter proses *Layer Thickness*, *Infill Pattern*, dan *Z-Orientation* adalah sebagai berikut:

$H_0$  : Tidak ada pengaruh parameter proses terhadap kekuatan bending, artinya

$$F_{hitung} < F_{tabel}$$



$H_1$  : Ada pengaruh parameter proses terhadap kekuatan bending, artinya  $F_{hitung} > F_{tabel}$ .

Kesimpulan yang diperoleh dari tabel analisis varian terhadap parameter proses *Layer Thickness*, *Infill Pattern*, dan *Z-Orientation* dengan asumsi *alpha-error* 5%,  $\alpha = 0,05$  adalah sebagai berikut:

1.  $F_{hitung} = 3,7882 > F_{(0,05;2;24)} = 3,40$ ; maka  $H_0$  ditolak atau  $H_1$  diterima, artinya ada pengaruh *Layer Thickness* terhadap kekuatan bending.
2.  $F_{hitung} = 3,7379 > F_{(0,05;2;24)} = 3,40$ ; maka  $H_0$  ditolak atau  $H_1$  diterima, artinya ada pengaruh *Infill Pattern* terhadap kekuatan bending.
3.  $F_{hitung} = 0,3619 < F_{(0,05;2;24)} = 3,40$ ; maka  $H_0$  diterima atau  $H_1$  ditolak, artinya tidak ada pengaruh *Z-Orientation* terhadap kekuatan bending.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian “Optimasi Parameter Produk 3D *Printing* terhadap Kekuatan Bending Menggunakan Filamen *Nylon*” dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Kombinasi level parameter-parameter proses optimal dari analisis Taguchi adalah *layer thickness* pada level 3 (0,27 mm), *infill pattern* pada level 3 (*Winggle*), dan *z-orientation* pada level 2 (15°).
2. Porsen kontribusi parameter-parameter proses optimal terhadap kekuatan bending yang didapat setelah melakukan pengujian bending dengan rata-rata hasil adalah 16,2 MPa untuk filamen *Nylon CCTREE* secara berturut-turut adalah *layer thickness* 43%, *infill pattern* 42%, dan *z-orientation* 4%.
3. Hasil hipotesis interval kepercayaan 95% atau  $\alpha = 5\%$  terhadap pengaruh parameter proses *layer thickness*, *infill pattern*, dan *z-orientation* terhadap  $F_{hitung}$  dan  $F_{tabel}$  didapatkan bahwa *layer thickness* dan *infill pattern* memiliki pengaruh terhadap kekuatan bending sedangkan *z-orientation* tidak ada pengaruh terhadap kekuatan bending.

#### 5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Parameter proses optimal ini berlaku untuk mesin 3D *printing* tipe *Ender 3 Pro* dan filamen *Nylon 6 CCTREE*.
2. Untuk penelitian berikutnya dapat menggunakan penelitian ini sebagai database untuk jenis dan metode pengujian yang berbeda supaya menambah referensi terhadap parameter proses terhadap 3D *printing* ke depannya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, I. D., Hasdiansah, H., & Anggry, A. (2022, February). Optimasi Akurasi Dimensi Hasil Cetakan Proses 3d Printing Yang Terbuat Dari Filamen Nylon Menggunakan Metode Taguchi. In *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan* (Vol. 2, No. 01, pp. 58-64).
- Andriyansyah, D., Herianto, & Purfaji. (2018). Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kuat Tarik Filamen PLA Menggunakan Metode Taguchi. *Seminar Nasional Pendidikan Teknik Otomotif, ISSN : 2338-0284*.
- Ferretti, P., Leon-Cardenas, C., Santi, G. M., Sali, M., Ciotti, E., Frizziero, L., Donnici, G., & Liverani, A. (2021). Relationship between fdm 3d printing parameters study: Parameter optimization for lower defects. *Polymers*, 13(13). <https://doi.org/10.3390/polym13132190>
- Guessasma, S., Belhabib, S., & Nouri, H. (2021). Effect of printing temperature on microstructure, thermal behavior and tensile properties of 3D printed nylon using fused deposition modeling. *Journal of Applied Polymer Science*, 138(14). <https://doi.org/10.1002/app.50162>
- Hasdiansah, H., Pristiansyah, P., & Suzen, Z. S. (2022). Pengaruh Orientasi Posisi Printing Z Axis Mesin 3D Printing Terhadap Kuat Tarik Menggunakan Filamen Super Tough PLA. *Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur*, 14(01), 23 - 31. <https://doi.org/10.33504/manutech.v14i01.197>
- Hasdiansah, Yudha Bika Pratama, & Pristiansyah. (2021). Pengaruh Parameter Proses Slicing Software Terhadap Kekasaran Permukaan Printing Part Filamen ST-PLA. *Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur*, 13(01), 33-40. <https://doi.org/10.33504/manutech.v13i01.161>
- Hernandez, R., Slaughter, D., Whaley, D., Tate, J., & Asiabanpour, B. (2016).

Analyzing the tensile, compressive, and flexural properties of 3D printed ABS P430 plastic based on printing orientation using fused deposition modeling. *Solid Freeform Fabrication 2016: Proceedings of the 27th Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium - An Additive Manufacturing Conference, SFF 2016*.

Holmes, D. R., Bunn, C. W., & Smith, D. J. (1955). The crystal structure of polycaproamide: Nylon 6. *Journal of Polymer Science*, 17(84). <https://doi.org/10.1002/pol.1955.120178401>

Ikhsanto, L. N., & Zainuddin, Z. (2019). Analisa Kekuatan Bending Filamen Abs Dan Pla Pada Hasil 3d Printer Dengan Variasi Suhu Nozzle. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 21(1). <https://doi.org/10.23917/mesin.v21i1.9418>

Izma Adriansyah, Y. (2021). Analisis Uji Bending Komposit Sandwich Yang Digabungkan 3D *Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta*, 8-10

Mayasari, A. I., Wuryandari, T., & Hoyyi, A. (2014). Optimalisasi Proses Produksi Yang Melibatkan Beberapa Faktor Dengan Level Yang Berbeda Menggunakan Metode Taguchi. *Jurnal Gaussian*, 3(3), 303-312. <https://doi.org/10.14710/j.gauss.3.3.303-312>

Mongomery, D. C. (2017). *Montgomery: Design and Analysis of Experiments*. In John Willy & Sons.

Muhammad Habib Bari, H. (2021). *Optimasi Parameter Proses Pada 3d Printing Fdm Terhadap Kekuatan Tarik Filament Pla Food Grade Menggunakan Metode Taguchi L27* (Doctoral dissertation, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung).

Noorani, R. (2017). 3D printing: Technology, applications, and selection. In *3D Printing: Technology, Applications, and Selection*. <https://doi.org/10.1201/b21228>

Pristiansyah, P., Hasdiansah, H., & Ferdiansyah, A. (2022). Pengaruh Parameter

- Proses Pada 3D Printing FDM Terhadap Kekuatan Tarik Filament ABS CCTREE. *Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur*, 14(01), 15 - 22. <https://doi.org/10.33504/manutech.v14i01.210>
- Pristiansyah, P., Hasdiansah, H., & Sugiyarto, S. (2019). Optimasi Parameter Proses 3D Printing FDM Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Filament Eflex. *Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur*, 11(01). <https://doi.org/10.33504/manutech.v11i01.98>
- Ramadhani, H. (2019). *Perancangan Dan Pembuatan Prototipe Struktur Rahang Bawah Manusia Pada Mesin Printer 3D* (Doctoral dissertation).
- Rwei, S. P., Tseng, Y. C., Chiu, K. C., Chang, S. M., & Chen, Y. M. (2013). The crystallization kinetics of Nylon 6/6T and Nylon 66/6T copolymers. *Thermochimica Acta*, 555. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2012.12.026>
- S. Suzen, Z., Dirga Trisaplin, R., & Hasdiansah, H. (2022). Analisis Pengaruh Parameter Infill Pattern dan Nozzle Temperature Terhadap Tensile Strength Filamen PLA PRO. *Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur*, 14(01), 39 - 46. <https://doi.org/10.33504/manutech.v14i01.208>
- Setyawan, B. A., & Ngadiyono, Y. (2022). Analisis Pengaruh Tingkat Kelembaban Filamen PLA Terhadap Nilai Kekuatan Mekanik Hasil Cetak 3D Printing. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 7(1), 1-11. <https://doi.org/10.21831/dinamika.v7i1.48259>
- Suzen, Z. S., Hasdiansah, & Yuliyanto. (2020). Pengaruh Tipe Infill dan Temperatur Nozzle terhadap Kekuatan Tarik Produk 3D Printing Filamen Pla+ Esun. *Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur*, 12(02), 73-80. <https://doi.org/10.33504/manutech.v12i2.133>
- Wuryandari, T., Widiharih, T., & Anggraini, S. D. (2012). Metode Taguchi Untuk Optimalisasi Produk Pada Rancangan Faktorial. *Media Statistika*, 2(2). <https://doi.org/10.14710/medstat.2.2.81-92>

## LAMPIRAN

### Lampiran 1: Daftar Riwayat Hidup

#### A. Biodata Pribadi

1. Nama : Irfan Fadhil
2. Jenis Kelamin : Laki-laki
3. Tempat Tanggal Lahir : Sungailiat 18-April-2001
4. Kebangsaan : Indonesia
5. Status : Mahasiswa
6. Agama : Islam
7. Alamat : Jalan Duyung Raya Blok E No.713
8. No.Hp : 0895-6030-37873
9. Email : irfanfadhil421@gmail.com



#### B. Riwayat Pendidikan

1. SD : SD Negeri Serdang 2
2. SMP : SMP Negeri 1 Pemali
3. SMA : SMK Negeri 2 Sungailiat
4. Perguruan Tinggi : Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

#### C. Pengalaman Organisasi

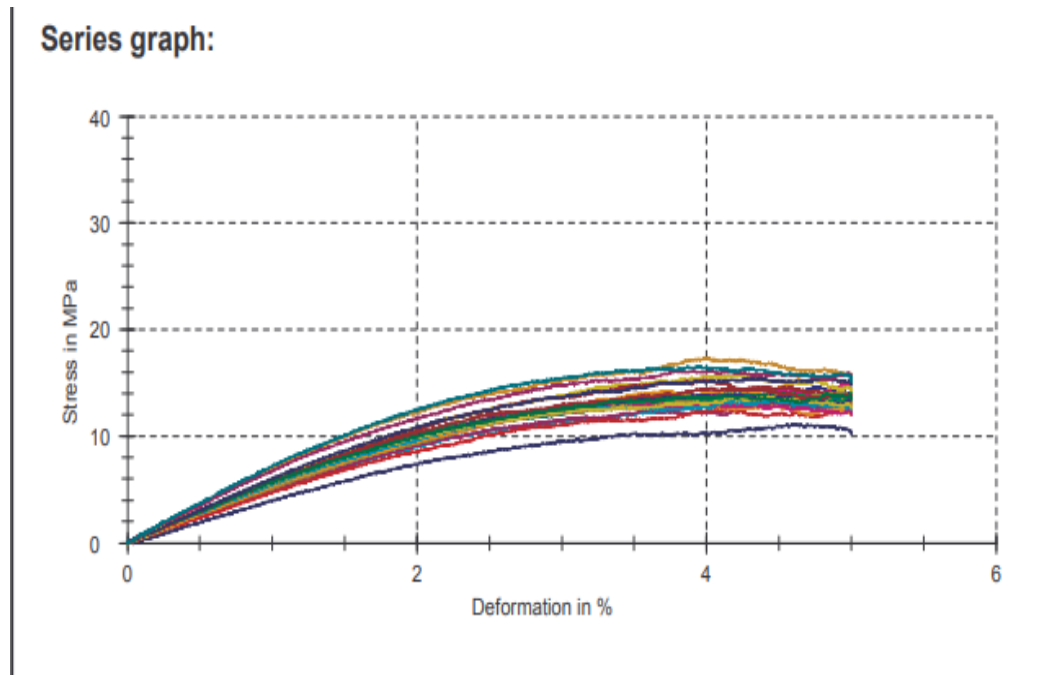
1. Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin (HMJTM) POLMAN BABEL 2019/2020 sebagai anggota.
2. Keluarga Mahasiswa Mesin Bangka Belitung (KMM BABEL) 2019/2020 sebagai anggota.

Lampiran 2: Data Hasil Uji Bending

Zwick / Roell												19.10.22																							
Test report																																			
Customer	:		Specimen type	:		Job no.	:		Pre-treatment	:		Test standard	:	ASTM D 790	Tester	:		Type and designation	:		Note	:		Material	:		Machine data	:		Specimen removal	:				
Pre-load	:	0,1	MPa			Test speed	:	1	%/min																										
Test results:																																			
No.	E <sub>H</sub>	E <sub>Sec</sub>	S <sub>0.1</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	r <sub>M</sub>	r <sub>M (Corr.)</sub>	S <sub>M</sub>	r <sub>B</sub>	r <sub>B (Corr.)</sub>	S <sub>B</sub>	r <sub>max</sub>	W <sub>B</sub>	W <sub>B</sub> / V																					
	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	%	%	MPa	%	%	MPa	%	Nmm	kJ/m <sup>3</sup>																					
1	590	559	6,16	5,51	10,0	4,3	4,3	14,0	-	-	-	5,0	-	-																					
2	535	529	8,35	5,16	9,58	4,1	4,1	13,5	-	-	-	5,0	-	-																					
3	573	551	7,75	5,57	9,86	4,8	4,8	14,7	-	-	-	5,0	-	-																					
4	502	518	10,6	5,31	9,84	4,8	4,8	15,5	-	-	-	5,0	-	-																					
5	511	526	9,57	5,42	9,77	4,9	5,0	15,0	-	-	-	5,0	-	-																					
6	475	492	8,51	4,98	9,03	4,8	4,8	13,1	-	-	-	5,0	-	-																					
7	576	597	10,3	6,00	10,8	4,2	4,2	15,8	-	-	-	5,0	-	-																					
8	566	565	9,54	5,66	10,6	4,0	4,0	15,3	-	-	-	5,0	-	-																					
9	568	554	7,75	5,55	10,1	4,5	4,5	14,1	-	-	-	5,0	-	-																					
10	408	407	6,60	3,97	7,40	4,6	4,6	11,2	-	-	-	5,0	-	-																					
11	522	526	8,97	5,36	9,67	4,6	4,6	13,8	-	-	-	5,0	-	-																					
12	512	503	7,10	4,99	9,19	4,4	4,4	13,2	-	-	-	5,0	-	-																					
13	545	519	7,39	5,22	9,49	4,2	4,2	14,0	-	-	-	5,0	-	-																					
14	529	507	7,01	5,13	9,32	4,9	4,9	14,1	-	-	-	5,0	-	-																					
15	487	470	6,71	4,70	8,54	4,1	4,1	12,5	-	-	-	5,0	-	-																					
16	600	581	7,04	5,82	10,2	5,0	5,0	14,0	-	-	-	5,0	-	-																					
17	557	551	7,91	5,59	9,92	4,2	4,2	13,9	-	-	-	5,0	-	-																					
18	515	532	8,67	5,38	9,49	3,8	3,8	13,0	-	-	-	5,0	-	-																					
19	578	570	7,96	5,78	9,83	4,0	4,0	13,1	-	-	-	5,0	-	-																					
20	542	538	7,93	5,47	9,66	4,2	4,2	13,4	-	-	-	5,0	-	-																					
21	610	568	6,12	5,62	9,91	4,4	4,4	13,7	-	-	-	5,0	-	-																					
22	550	565	9,58	5,70	10,3	4,1	4,1	14,5	-	-	-	5,0	-	-																					
23	606	569	6,23	5,71	9,98	4,8	4,8	14,0	-	-	-	5,0	-	-																					
24	609	596	8,68	6,04	10,8	4,4	4,4	15,5	-	-	-	5,0	-	-																					
25	714	690	9,44	6,98	12,3	4,0	4,0	17,3	-	-	-	5,0	-	-																					
26	732	663	7,11	6,70	11,7	4,0	4,0	16,2	-	-	-	5,0	-	-																					
27	765	721	8,27	7,21	12,4	3,9	3,9	16,6	-	-	-	5,0	-	-																					



### Lampiran 3 : Grafik Hasil Pengujian Bending



## Lampiran 4 : Hasil dan Grafik Pengujian Konfirmasi

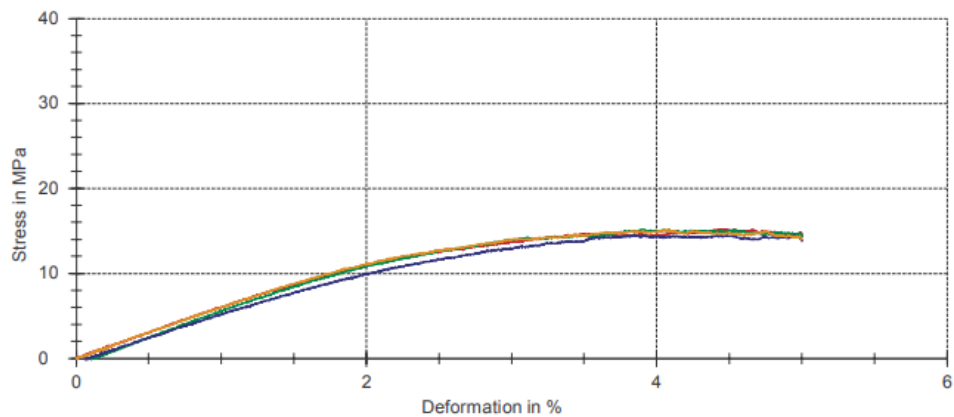
### Test report

Customer : Specimen type :  
 Job no. : Pre-treatment :  
 Test standard : ASTM D 790 Tester :  
 Type and designation : Note :  
 Material : Machine data :  
 Specimen removal :  
 Pre-load : 0,1 MPa  
 Test speed : 1 %/min

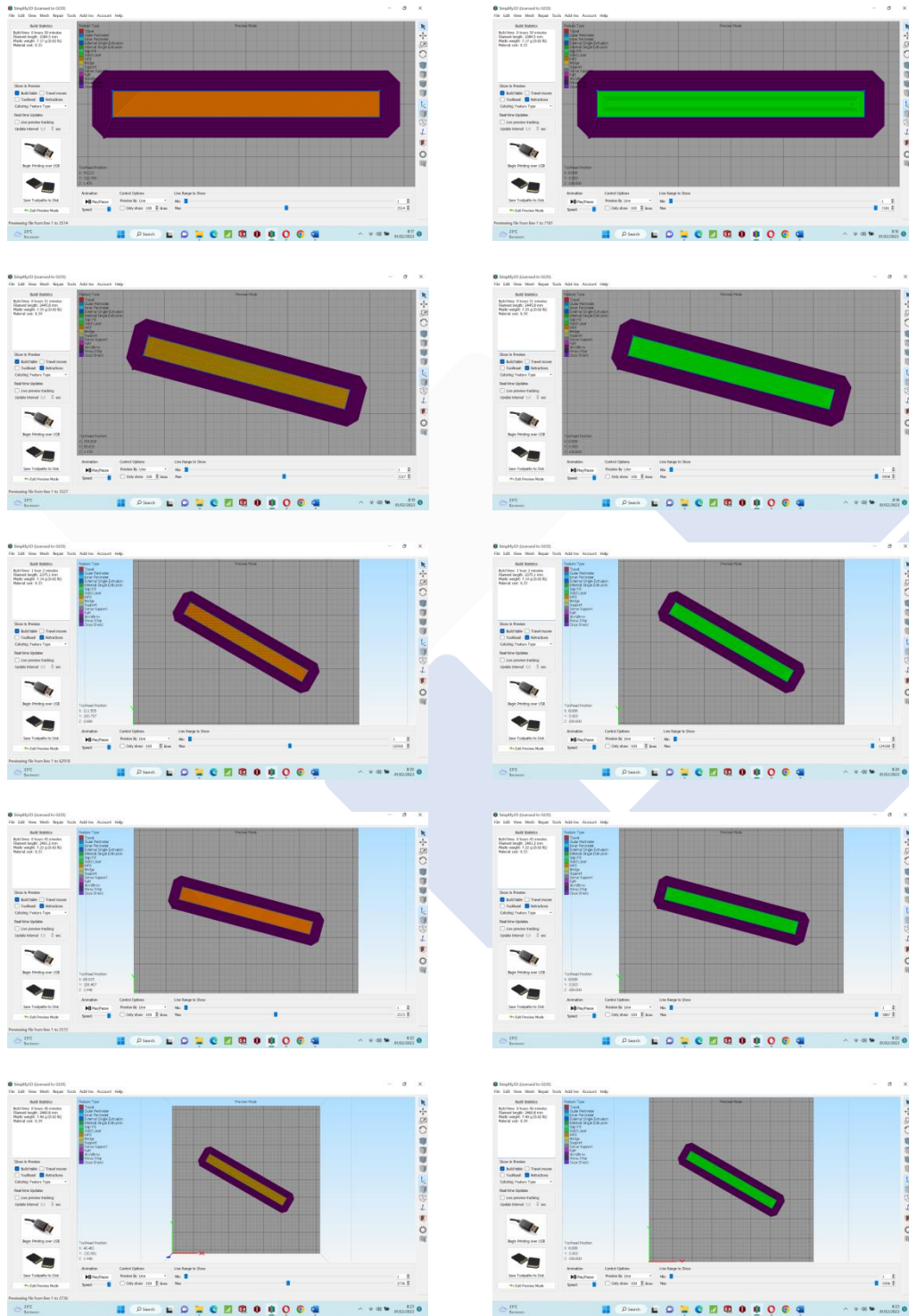
### Test results:

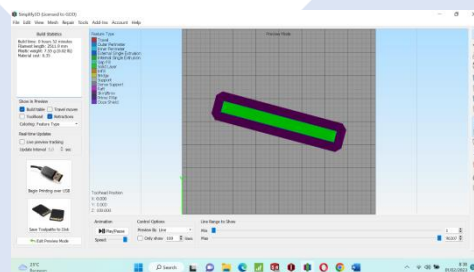
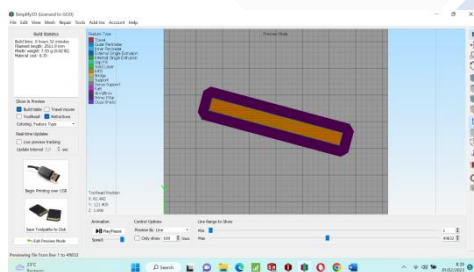
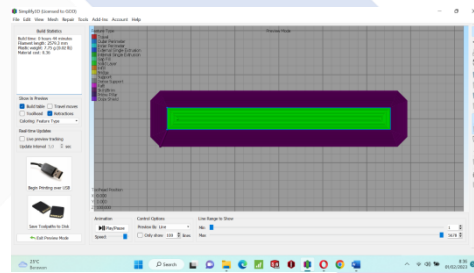
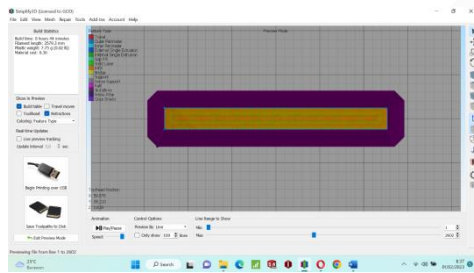
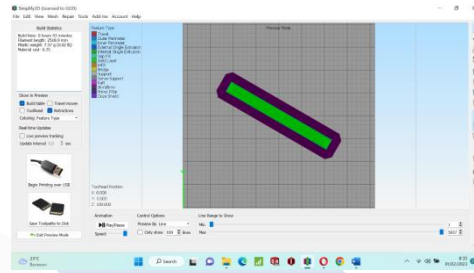
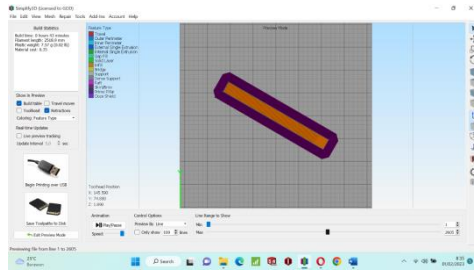
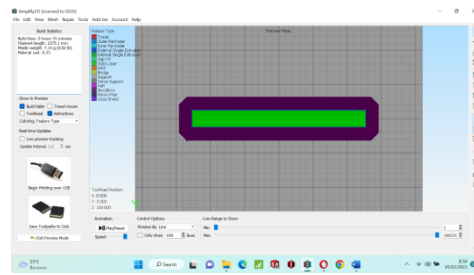
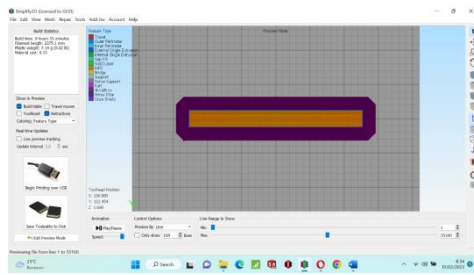
No.	E <sub>H</sub> MPa	E <sub>Sec</sub> MPa	S <sub>0.1</sub> MPa	S <sub>1</sub> MPa	S <sub>2</sub> MPa	r <sub>M</sub> %	r <sub>M (Corr.)</sub> %	S <sub>M</sub> MPa	r <sub>B</sub> %	r <sub>B (Corr.)</sub> %	S <sub>B</sub> MPa	r <sub>max</sub> %	W <sub>B</sub> Nmm	W <sub>B</sub> / V kJ/m <sup>3</sup>
1	743	601	7,90	6,04	10,9	4,5	4,5	16,3	-	-	-	5,0	-	-
2	718	614	14,1	5,53	10,8	3,9	3,8	16,2	-	-	-	5,0	-	-
3	568	559	8,54	5,16	9,85	3,9	3,8	14,5	-	-	-	5,0	-	-
4	712	606	9,49	6,04	11,1	4,1	4,1	16,2	-	-	-	5,0	-	-

### Series graph:

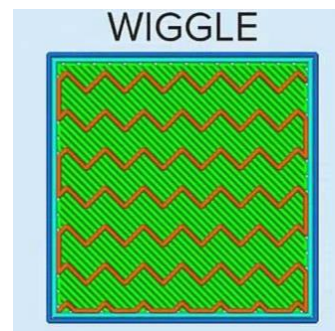
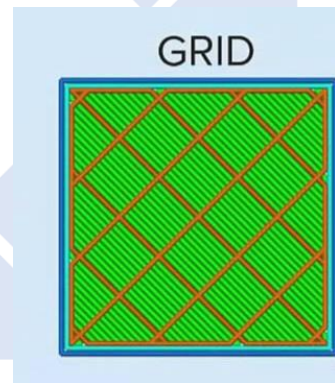
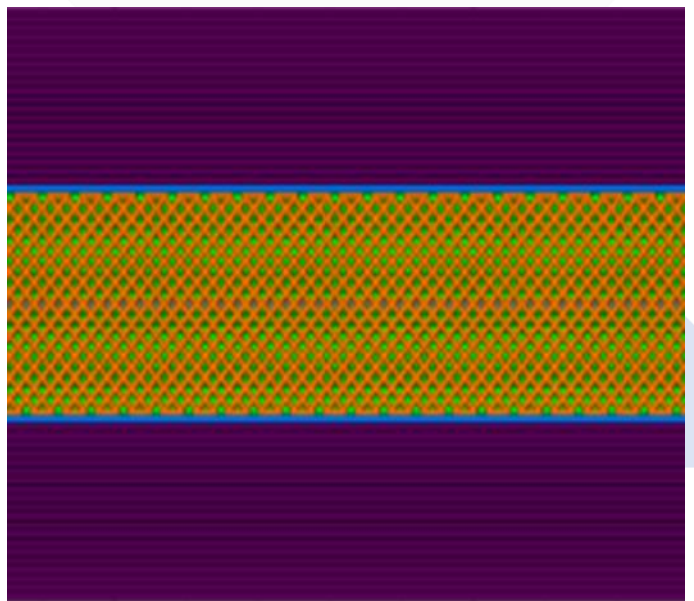


## Lampiran 5: G-code Slicing Software

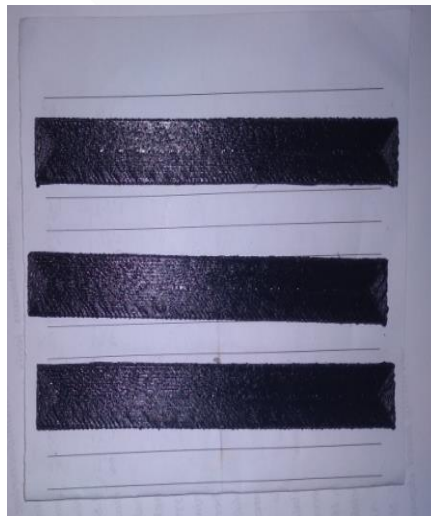
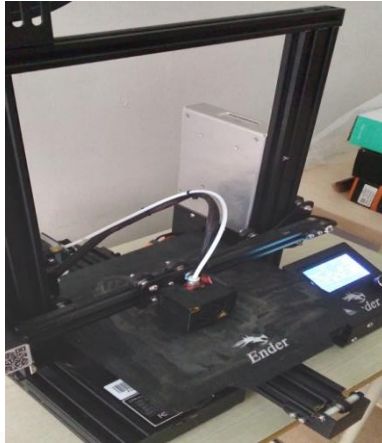




**Lampiran 6 : Bentuk Infill Pattern**



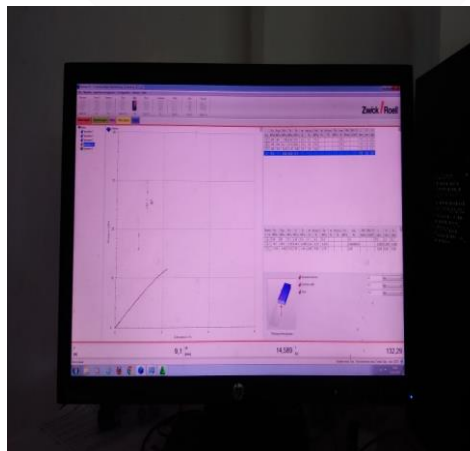
**Lampiran 7: Proses Pencetakan Spesimen ASTM D-790**





## Lampiran 8: Proses Pengujian Bending

### Proses Pengujian Bending Menggunakan Mesin Zwick Roell Z020



## Lampiran 9: Data S/N Ratio Berdasarkan Software

### Hasil Perhitungan Metode Taguchi Menggunakan Excel dan Minitab

No. Exp.	Control Factors			Hasil Eksperimen (Mpa)			Calculation		
	Layer Thickness	Infill Pattern	Z Orientation	1	2	3	Mean	Variance	S/N larger-the-better
1	0,21	Rectilinear	0	14	13,5	14,7	14,06666667	0,363333333	22,94800471
2	0,21	Grid	15	15,5	15	13,1	14,53333333	1,603333333	23,17736311
3	0,21	Wiggle	30	15,8	15,3	14,1	15,06666667	0,763333333	23,53022899
4	0,24	Rectilinear	15	11,2	13,8	13,2	12,73333333	1,853333333	21,99233751
5	0,24	Grid	45	14	14,1	12,5	13,53333333	0,803333333	22,58796675
6	0,24	Wiggle	0	14	13,9	13	13,63333333	0,303333333	22,67742552
7	0,27	Rectilinear	30	13,1	13,4	13,7	13,4	0,09	22,53774093
8	0,27	Grid	0	14,5	14	15,5	14,66666667	0,583333333	23,30354213
9	0,27	Wiggle	15	17,3	16,2	16,6	16,7	0,31	24,44477943
								Rata-rata S/N	23,02215434

	S/N LB	Mean
A1	23,21853227	14,55555556
A2	22,41924326	13,3
A3	23,42868749	14,92222222
B1	22,49269438	13,4
B2	23,02295733	14,24444444
B3	23,55081131	15,13333333
C1	22,97632412	14,12222222
C2	23,20482668	14,65555556
C3	22,88531222	14

### Response Table for Signal to Noise Ratios

Larger is better

	Layer Thickness	Infill Pattern	Z-Orientation
1	23,22	22,49	22,98
2	22,42	23,02	23,20
3	23,43	23,55	22,89
Delta	1,01	1,06	0,32
Rank	2	1	3

### Response Table for Means

	Layer Thickness	Infill Pattern	Z-Orientation
1	14,56	13,40	14,12
2	13,30	14,24	14,66
3	14,92	15,13	14,00
Delta	1,62	1,73	0,66
Rank	2	1	3



## Lampiran 10: Hasil Validasi Anova dan Persentase Kontribusi

Hasil Validasi Dari Anova dan Persentase Kontribusi Dengan Menggunakan Minitab.

General Linear Model: S/N ...

WORKSHEET 3

etter versus Layer Thickness; Infill Pattern; Z Orientation - the-better versus Layer Thickness; Infill Pattern; Z-Orientation

### Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
Layer Thickness	Fixed	3	0,21; 0,24; 0,27
Infill Pattern	Fixed	3	Rectilinear; Grid; Wiggle
Z-Orientation	Fixed	3	0; 15; 30

### Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Layer Thickness	2	1,7020	42,62%	1,7020	0,85100	3,79	0,209
Infill Pattern	2	1,6794	42,06%	1,6794	0,83971	3,74	0,211
Z-Orientation	2	0,1626	4,07%	0,1626	0,08129	0,36	0,734
Error	2	0,4493	11,25%	0,4493	0,22465		
Total	8	3,9933	100,00%				



FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR  
TAHUN AKADEMIK  
2021/2022

JUDUL  
Optimasi Produk 3D Printing Terhadap Kekuatan  
Bending Menggunakan Filamen Nylon

Nama Mahasiswa  
Irfan Fadhil NIM: 1041916


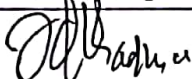
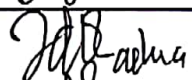
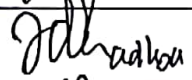
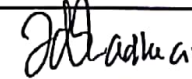
Nama Pembimbing  
1. Hasliansah, S.S.T., M.Eng  
2. Adhe Ansyar, S.S.T., M.T  
3. \_\_\_\_\_

Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	31/5/2022	Pengenalan apa itu 3D Printing	
2	20/6/2022	Pemilihan Parameter Proses dan Level Penelitian	
3	22/8/2022	Pengertian cara kerja mesin 3D Printing	
4	13/9/2022	Pencetakan Spesimen Uji Bending ASTM D-790	
5	10/10/2022	Pengukuran benda kerja 3D Printing	
6	15/11/2022	Menghitung S/N Ratio dan validasi di minitab	
7	25/11/2022	Proses Pencetakan BK Konfirmasi	
8	12/12/2022	Proses uji BK Konfirmasi	
9	23/12/2022	Pemeriksaan Jurnal dan Publikasi Jurnal	
10	15/1/2023	Pemeriksaan Penulisan Laporan Proyek akhir.	

Catatan:

- Jika pertemuan bimbingan lebih dari sepuluh kali, dapat mengambil Form kembali di Panitia/Komisi Proyek Akhir







FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir

	FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2024/2025		
JUDUL	Optimasi Parameter Produk 3D Printing Terhadap Kekuatan Printing Menggunakan Filamen Nylon		
Nama Mahasiswa	Irjen Fadhil NIM: 1091916		
Nama Pembimbing	1. Hasdian Suh, S.S.T., M.Eng 2. Adhe Angory, S.S.T., M.T 3.		
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	14/10/2022	revisi bab 1, 2, 3	
2	18/11/2022	Bimbingan bab 9 dan revisi 1, 2, 3	
3	15/11/2022	Bimbingan bab 5 dan revisi 1, 2, 3, 9	
4	20/12/2022	Revisi bab 1, 2, 3, 4, 5	
5			
6			
7			
8			
9			
10			

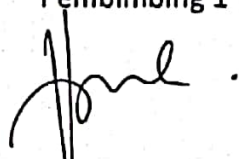

Catatan:

- Jika pertemuan bimbingan lebih dari sepuluh kali, dapat mengambil Form kembali di Panitia/Komisi Proyek Akhir

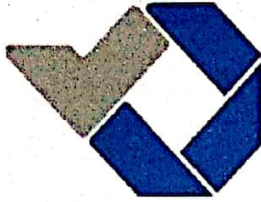
FORM-PPR-3- 6: Form Monitoring Proyek Akhir

		<p>FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2022/2023</p>	
<p>JUDUL</p>		<p>Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kekuatan Bendung Menurunkan Biaya Nylon</p>	
<p>Nama Mahasiswa</p>		<p>1. Irfan Fadhil /NIM: 1091916 2. .... /NIM: ..... 3. .... /NIM: ..... 4. .... /NIM: ..... 5. .... /NIM: .....</p>	
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Rembimbing
3	5/1/2022	Pengurusan Jurnal dan Correspondence author	
3	9/1/2022	Pemeriksaan Penulisan dan data	
3	18/1/2022	Pemeriksaan Penulisan untuk Sidang	
3	9/1/2022	Pemeriksaan Penulisan bab 1.2 3.4.5	
3	16/1/2022	Pemeriksaan Penulisan dan Plagiat risiko	

KESIAPAN ALAT UNTUK SIDANG: SIAP /~~BELUM~~ (coret salah satu)

Mengetahui		
<p>Pembimbing 1</p>  (Hasdian Sah... )	<p>Pembimbing 2</p>  (Adhe Ansy... )	<p>Pembimbing 3</p> (..... )





**JITT :**

**JURNAL INOVASI TEKNOLOGI TERAPAN  
POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA BELITUNG**

Kawasan Industri Air Kantung Sungailiat – Bangka 33211, Telp (0717)93586, Fax (0717)93585  
website : <https://jitt.polman-babel.ac.id>

e-ISSN : xxxx-xxxx

---

**SURAT KETERANGAN**  
Nomor : 001/PL.28.C/PB/2023

Dengan ini menerangkan bahwa artikel yang berjudul :

**“OPTIMASI PARAMETER PRODUK 3D PRINTING  
TERHADAP KEKUATAN BENDING DENGAN  
MENGUNAKAN FILAMEN NYLON”**

Atas nama :

Penulis : **IRFAN FADHIL, HASDIANSAH, ADHE ANGGRY**

Afiliasi : **POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA BELITUNG**

Telah mengirimkan artikel dengan status *Submit* di Jurnal Inovasi Teknologi Terapan (JITT) Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung pada Tanggal 28 Desember 2022.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Sungailiat, 4 Januari 2023  
Kepala P3KM,  
  
**Ramli, M.Sc., Ph.D**  
NIP. 198310192014041001

# TA Irfan\_Adhe

---

## ORIGINALITY REPORT

---

<b>12%</b> SIMILARITY INDEX	<b>12%</b> INTERNET SOURCES	<b>0%</b> PUBLICATIONS	<b>0%</b> STUDENT PAPERS
--------------------------------	--------------------------------	---------------------------	-----------------------------

---

## PRIMARY SOURCES

---


<b>1</b>	<b>repository.polman-babel.ac.id</b> Internet Source	<b>7%</b>
<b>2</b>	<b>repository.umy.ac.id</b> Internet Source	<b>5%</b>

---

Exclude quotes  On  
Exclude bibliography  On

Exclude matches  < 5%

FORM-PPR-3- 8: Form Revisi Laporan Akhir



FORM REVISI LAPORAN AKHIR  
TAHUN AKADEMIK

...../...../.....

JUDUL : Optimasi Parameter Produk 3D Printing Terhadap Kekuatan Bendung Menggunakan Filamen Nylon

Nama Mahasiswa :

1.	<u>Infan Fadhil</u>	NIM: <u>1041916</u>
2.		NIM: _____
3.		NIM: _____
4.		NIM: _____
5.		NIM: _____

Bagian yang direvisi	Halaman
Pembantu	

Sunggailiat, .....30-01-2023.....


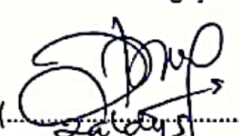
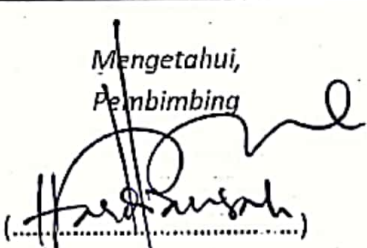
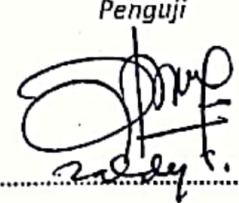
Penguji

(Haediansyah)

Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa


<p style="text-align: center;">Mengetahui, Pembimbing</p> <p style="text-align: center;"><u>(Haediansyah)</u></p>	<p style="text-align: right;">Sunggailiat, .....<u>17-02-2023</u>.....</p> <p style="text-align: right;">Penguji</p> <p style="text-align: center;"><u>(Haediansyah)</u></p>
---	--

FORM-PPR-3- 8: Form Revisi Laporan Akhir

	<p><b>FORM REVISI LAPORAN AKHIR</b>  <b>TAHUN AKADEMIK</b>          ...../...../.....</p>
<p><b>JUDUL :</b></p>	<p><i>Optimasi Parameter Proses 3 D Printing - turap          Kekuatan Bendung Menggunakan Filamen Nylon.</i></p>
<p><b>Nama Mahasiswa :</b></p>	<p>1. <i>Irfan Fadhil</i> NIM: _____          2. _____ NIM: _____          3. _____ NIM: _____          4. _____ NIM: _____          5. _____ NIM: _____</p>
<p>Bagian yang direvisi</p>	<p>Halaman</p>
<p>- Latar belakang harus diteliti dengan tema yang diteliti</p> <p>- Rencanalah caporan harus diteliti dengan pedoman.</p> <p>- Tambahkan standar uji Bendung berdasarkan ASTM D-790</p> <p>- Tambahkan dokumentasi proses pengujian data.</p> <p>- Tambahkan bentuk lupill yg digambarkan di Bab 2</p> <p>- Tambahkan Aferensi Penelitian berdasarkan di Bab 1 dan Bab 2.</p>	<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>Sungailiat, <i>30 Januari 2023</i>.....</p> <p style="text-align: center;">Penguji</p> <p style="text-align: center;">           (.....)       </p>	
<p>Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa</p>	
<p style="text-align: center;">Mengetahui,          Pembimbing</p> <p style="text-align: center;">           (.....)       </p>	<p style="text-align: right;">Sungailiat, <i>10.02.2023</i>.....</p> <p style="text-align: center;">Penguji</p> <p style="text-align: center;">           (.....)       </p>



FORM-PPR-3- 8: Form Revisi Laporan Akhir



**FORM REVISI LAPORAN AKHIR**  
**TAHUN AKADEMIK**  
 ...../...../.....

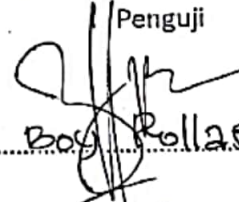
JUDUL : .....

Nama Mahasiswa :

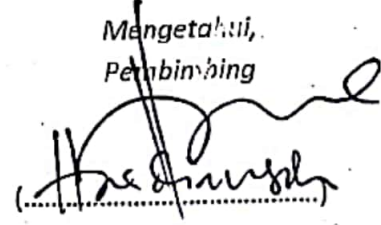
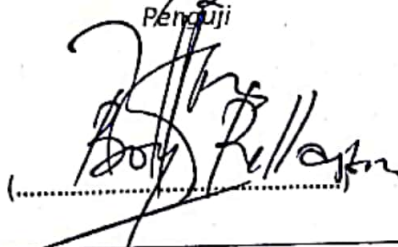
1. <u>IRFAN FADHIL</u>	NIM: <u>1041916</u>
2. _____	NIM: _____
3. _____	NIM: _____
4. _____	NIM: _____
5. _____	NIM: _____

Bagian yang direvisi	Halaman
✖. Revisi mengubisi Matceleh.	
✖. Bawa kembali Matceleh saat Revisi	

Sungailiat, .....30/1/2023.....

Penguji  
  
 (...Boy Rollastin...)

Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa

<p style="text-align: center;">Mengetahui, Pembimbing</p> <p style="text-align: center;"> .....</p>	<p style="text-align: right;">Sungailiat, .....<u>16/2/2023</u>.....</p> <p style="text-align: right;">Penguji</p> <p style="text-align: right;"> .....</p>
--	--

