

## Optimasi Parameter Proses 3D *Printing* Terhadap Transparansi Filamen PLA Menggunakan Metode Taguchi

Zulfitriyanto<sup>1</sup>, Yeyen<sup>1</sup>, Pristiansyah<sup>1\*</sup>,

<sup>1</sup>Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

\*E-mail: pristiansyah@polman-babel.ac.id

Received : 2 Desember 2023; Received in revised form : 8 Juli 2024; Accepted : 19 Juli 2024

### Abstract

*3D printing technology is the latest innovation in the world of technology. At the beginning of 3D Printing, technology was known as additive layer. Fused deposition modeling (FDM) technology has been used as rapid prototyping or rapid prototyping with polymers. rapid prototyping with polymers with the material is a filament. filament. The working principle with the FDM step is the layer-by-layer method that uses components such as heat-erosion layer by layer method that uses components such as the heat-er nozzle in this section used to melt the filament that is heated in the process of making the 3D Printer prototype with Fused deposition modeling Ender model with a build size of 180 mm x 300 mm x 300 mm and a single nozzle is used to make research objects using a nozzle with a diameter of 0.4 mm. heater nozzle with a diameter of 0.4 mm, and the filament used is Polylactic Acid (PLA) which is 1.75 mm in diameter, the results of this test are to transparency test using a transparency testing tool, the Lux Meter. In this study using the Taguchi method to produce a more optimal response. where the process parameters such as nozzles, temperature, print speed, and print speed have been determined. temperature, print speed, bed temperature, layer thickness, and temperature-based plate in this study the resulting test Transparency level the highest was 223.667 and the lowest was 100.667 which is where this test using transparent PLA filament, the results of this study will be used for the manufacture of cup products*

**Keywords:** 3D *Printing*; Transparency; The gray taguchi method; PLA filaments.

### Abstrak

Teknologi 3D *printing* adalah sebuah inovasi terkini dalam dunia teknologi. Pada awal ditemukan 3D *printing* teknologi ini dikenal dengan sebutan *additive layer*. Teknologi *fused deposition modelling* (FDM) telah digunakan sebagai *rapid prototyping* ataupun pembuatan prototipe yang cepat dengan polimer dengan materialnya adalah filamen. Prinsip kerja dengan langkah FDM ialah dengan metode lapisan demi lapisan yang menggunakan komponen seperti *heat-er nozzle* pada bagian ini digunakan untuk melelehkan filamen yang dipanaskan dalam proses pembuatan prototipe Printer 3D dengan teknologi *fused deposition modeling* model Ender dengan ukuran *build* yaitu 180 mm x 300 mm x 300 mm dan *nozzle* tunggal digunakan untuk membuat objek penelitian dengan menggunakan *nozzle* pemanas yang berdiameter 0.4 mm, dan filamen yang digunakan adalah *polylactic acid* (PLA) yang berdiameter 1,75 mm, hasil dari pengujian ini adalah untuk melakukan uji transparansi menggunakan alat pengujian transparansi yaitu Lux Meter pada penelitian ini menggunakan metode taguchi untuk menghasilkan respon yang lebih optimal .dimana telah ditentukan parameter proses seperti *nozzle temperature*, *print speed*, *bed temperature*, *layer thickness*, *temperature based plate*. Pada penelitian ini pengujian yang dihasilkan tingkat transparansi tertinggi 223,667 dan terendah adalah 100,667 yang dimana pengujian ini menggunakan filamen PLA transparan, hasil dari penelitian ini nantinya untuk pembuatan produk cangkir.

**Kata kunci:** 3D *Printing*; Transparansi; Metode Taguchi; Filamen PLA.

### 1. PENDAHULUAN

Teknologi 3D *printing* adalah sebuah inovasi terkini dalam dunia teknologi. Pada

awal ditemukan 3D *printing* teknologi ini dikenal dengan sebutan *additive layer* manufakturing sejak tahun 1980an, hingga

saat ini bidang manufaktur menghadapi perkembangan kearah yang semakin pesat terutama dalam proses pembuatan prototipe[1]. Bentuk dari hasil percetakan dengan menggunakan proses 3D *Printing* yaitu memiliki bentuk yang bervolume serta dapat dilihat dan dipegang[2]. 3D *Printing* merupakan sebuah mesin yang profesional pada metode *additive manufakturing* (AM) untuk menghasilkan bentuk struktur 3D yang berbeda dan unik. Metode yang digunakan saat ini adalah *fused deposition modeling* (FDM), *selective laser sintering* (SLS), *continous liquid interface production* (CLIP), *digital light processing* (DLP), *stereolithography apparatus* (SLA). Pada akhir tahun 1980, S. Scott Crump mengembangkan teknik FDM 3D Printer dan dikomersialisasikan pada 1990 oleh Stratasys. Saat ini, FDM merupakan proses 3D *Printing* yang sangat banyak diterapkan penggunaanya sebab keringanan, biaya operasional yang lumayan murah, dan juga ramah terhadap lingkungan .Kelebihan dari metode ini dapat meningkatkan pengembangan bermacam macam produk dan serta cara manufaktur dalam bermacam aspek pabrik untuk berbagai aplikasi[3]

3D *Printing* Merupakan salah satu dari *additive manufakturing* (AM) yang bisa mencetak suatu bentuk 3 dimensi dengan biaya relatif kecil serta dalam jangka waktu pendek. Perihal tersebut bermanfaat dalam perihal bidang kesehatan yang menginginkan bentuk yang transparat dengan durasinya cukup singkat, seperti organ tiruan [1].

Teknologi *fused deposition modelling* (FDM) telah digunakan sebagai *rapid prototyping* ataupun pembuatan prototipe yang cepat dengan polimer dengan materialnya adalah filamen. Prinsip kerja dengan langkah FDM ialah dengan metode lapisan demi lapisan yang menggunakan komponen seperti *heater nozzle* pada bagian ini digunakan untuk melelehkan filamen yang dipanaskan [4] setelah itu dilakukan percetakan di bottom plat proses percetakan menjadi objek 3 dimensi, pemakaian mesin pada temperatur yang tepat dengan titik lebur yang dimana filamen mempunyai banyak material yang tersedia. Penentuan material sendiri bergantung pada jenis dan karakteristik yang tepat dengan kebutuhan dalam pembuatan prototipe. Pada saat ini material filamen yang digunakan adalah *polyactic acid* (PLA), *acrylonitrile styrene* (ABS), *polycarbonate* (PC), *nylon*, dan *high density polyethylene* (HDPE) [5]

Dengan meningkatnya teknologi 3D *Printing* menjadi opsi penting dalam mencetak beragam bentuk yang lebih kompleks dan bentuk dengan detail yang lebih presisi. Dalam penelitian ini, para peneliti memanfaatkan bahan filamen PLA transparan, karena proses percetakan yang relatif sangat cepat, dan formula (C<sub>3</sub>HO) bisa dipakai dengan memproduksi dengan resolusi tinggi, yang beraroma yang menyenangkan dan deformasi lentur yang rendah, serta kualitas cetak yang sangat baik.

Berikut merupakan penelitian terdahulu tentang 3D *Printing* menggunakan teknik *fused deposition modelling* (FDM) menggunakan jenis *filament transparent* telah diteliti oleh [6] dengan jenis *filament* yaitu PETG yang transparant. Berdasarkan penelitian ini nilai dari tingkat transparansi produk yang dihasilkan dari proses percetakan mesin 3D *Printing* yang terendah adalah 117,667 lux, dan nilai tingkat transparansi tertinggi adalah 36,667 lux dengan begitu hasil dari penelitian ini dapat digunakan oleh para pengguna 3D *Printing* untuk membantu penggunaan objek yang transparansi dalam menyelesaikan suatu produk [1].

(Andik Aris Setiawan dkk, 2018) telah melakukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan parameter proses percetakan 3 dimensi yang tepat untuk mencapai hasil yang dinginkan yaitu permukaan yang lebih halus dan ukuran spesimen yang lebih presisi dengan menggunakan *filament polyactic acid* (PLA). Menurut penelitian ini nilai dari parameter terbaik yang didapatkan berdasarkan eksperimen dan juga analisa data yang telah dilakukan adalah kecepatan cetak 20 mm/s, suhu percetakan 210 °C, dan layer tinggi lapisan 0,1 mm. dengan nilai kekasaran yang didapat dari hasil terbaik didapatkan adalah 8,55 µm dari eksperimen konfirmasi percobaan pertama sisi ke 4 dan rata rata kekasaran yang didapat pada setiap sisinya adalah 11 µm [8].

Tujuan dilakukan penelitian yaitu untuk menganalisis parameter 3D *printing* yang mendukung pada proses percetakan menggunakan *filament PLA transparant* yang dimana dapat mempengaruhi tingkat transparansi dari bentuk cetak yang menggunakan sistem teknologi 3D *printing* berupa FDM. Namun, dalam proses ini Parameter yang digunakan yaitu *nozzle temperature*, *print speed*, *layer height*, *layer thickness*, dan *temperature based plate*. Setelah itu, proses yang dilakukan yaitu pengukuran tingkat tingkat transparansi

cetakan menggunakan alat lux meter dan senter. Penelitian ini juga mencetak benda uji

dengan filamen PLA yang transparan menggunakan metode taguchi.

## 2. METODE PENELITIAN

Printer 3D dengan teknologi *Fused deposition modeling* model Ender dengan ukuran *build* yaitu 180 mm x 300 mm x 300 mm dan *nozzle* tunggal. digunakan untuk membuat objek penelitian dengan menggunakan nosel pemanas yang berdiameter 0.4 mm, dan filament yang digunakan adalah *polylactic acid* (PLA) yang berdiameter 1,75 mm, hasil dari

pengujian ini adalah untuk melakukan uji transparansi menggunakan alat pengujian transparansi yaitu Lux Meter.pada penelitian ini menggunakan metode taguchi untuk menyelesaikan respon yang baik. dimana telah ditentukan parameter proses seperti *nozzle temperature*, *print speed*, *bed temperatur*, *layer thickness*, *temperature based plate*.

Tabel 1. Spesifikasi Filament PLA

Filament Diameter	1,75mm
Printing Temperature	190-220°C
Build Bed Temperature	0-50°C
Print Speed	30-80mm/s
Layer Height	0,1-0,3mm
Spesific Gravity	1,25g/cm3
Tensile Strength	58Mp3



Gambar 1. Bentuk Dan Ukuran Spesimen

Objek penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dibuat dengan menggunakan Printer 3D FDM dan memiliki spesimen uji dengan dimensi objek Ø35m dengan tinggi spesimen 3 mm menggunakan perangkat

lunak CAD. Hasil desain benda uji disimpan dalam format STL (\*.stl) dan diproses dalam software *slicing*, untuk membuat G-code.

### 2.1. Persiapan Alat dan Bahan

Adapun peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Filament PLA (*Polylactic Acid*) adalah bahan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan bahan bioplastik atau plastik organik yang disebut *polylactic acid* (PLA) dibuat dari minyak nabati, pati

kacang polong, pati jagung dan microbiota. *Filament* ini berdiameter 1.75 mm dan filament PLA (*Polylactic Acid*) ini dapat dipanaskan hingga suhu 190 °C-220 °C.



Gambar 2. *Filament PLA (Polylactic Acid)*  
(Sumber: amazon, 2014)

2. Mesin 3D Printer yang digunakan dengan model Ender dengan ukuran *build* yaitu 180 mm x 300 mm x 300 mm dan *nozzle* tunggal dapat ditunjukkan pada gambar 3



Gambar 3. Mesin 3D printing  
(Sumber: dokumen pribadi)

3. Software Slicer Ultimaker Cura 4.0.0. Perangkat lunak ini yang digunakan untuk menjalankan sebuah G-code dengan tetapkan parameter serta menjalankan Printer 3D
4. Laptop. Spesifikasi laptop untuk permodelan 3D printing mendesain bentuk cetakan untuk penelitian menggunakan merek ACER.



Gambar 4. Laptop merk Acer  
(Sumber: dokumen pribadi)

5. Digital Lux Meter. Alat Pengukur Lux Meter dengan model Dekko HS 6612 digunakan sebagai alat untuk mengukur seberapa transparan hasil cetakan 3D printing.



Gambar 5. Digital lux meter

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

5. Senter Police 9900W  
8. Software Minitab 19

## 2.2 Proses Penelitian

### 2.2.1 Identifikasi masalah

Pada langkah ini dilakukan proses identifikasi permasalahan yang kerap terjadi pada proses

### 2.2.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini meliputi variabel proses serta variabel respon. Proses ini meliputi

pencetakan filamen PLA pada mesin 3D *printing*. Diawali proses studi literatur yang di dapatkan dari sumber jurnal I tentang penelitian 3D *printing* setelah itu jurnal tersebut dijadikan reperensi pada proses melaksanakan penelitian.

Nozle teperature, Temperature Based Plate,layer height dan untuk respon yaitu transparans

Tabel 2. Nilai Parameter Dan Level

Faktor	parameter proses	Level		
		1	2	3
A	Nozle temperature (°C)	200	210	220
C	Layer height	0.10	0.15	0.20
E	temperature based plate (°C).	60	70	80

### 2.2.3 Pemilihan Matrik Ortogonal Array (OA)

Derajat kebebasan diperlukan dalam pemilihan matriks OA menunjukkan total derajat kebebasan untuk variabel proses dan jumlah faktor yang digunakan ada 6. Sesuai dengan pilihan yang tersedia matrik OA L\_9 (3<sup>3</sup>) dijadikan sebagai desain

eksperimen dalam menampilkan desain faktorial L\_9 (3<sup>3</sup>) untuk spesimen uji menampilkan nilai dari tiap parameter proses yang digunakan untuk mencetak spesimen yang akan diuji transparansi.

Tabel 3. Total Derajat Kebebasan

Parameter Proses	Jumlah Level (k)	$\mu fl = (k-1)$
Nozzle Temperature	3	2
Build Plate Temperature	3	2
Layer Height	3	2
Total Derajat Kebebasan		6

## 2.3 Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen dilakukan melalui tahap tahap berikut ini:

1. Dengan menggunakan software Fusion 360, buatlah desain bentuk spesimen dalam format file STL
2. Selanjutnya file STL tersebut dimasukkan kedalam software Ultimaker Cura untuk

penyetelan parameter dan level untuk mendapatkan kode-G.

3. Kemudian spesimen dicetak menggunakan filamen PLA transparan pada mesin 3D *Printing*
4. Uji transparansi akan dilakukan setelah setiap spesimen selesai dicetak

## 2.4 Pengujian Spesimen

Proses Pengujian spesimen ditunjukkan pada gambar 6 yang dilakukan dengan menggunakan alat uji transparansi yaitu Digital Lux Meter Dekko HS 6612. Metode yang digunakan adalah mengukur Reduksi Pencahayaan (lux) dari input cahaya LED putih yang melewati benda uji. Lux awal

didapatkan dari paparan cahaya LED putih yang diukur secara langsung. yang kemudian hasil dari proses pengujian dimasukan pada tabel. Setelah dilakukan proses pengujian pada uji transparansi, data yang didapatkan dihitung dan dianalisis dengan menggunakan software analisis untuk mengetahui nilai dari S/N Ratio smaller is better dan menentukan nilai optimum dari parameter yang telah diuji



Gambar 6. Hasil Proses Percetakan Benda Uji



Gambar 7. Proses Pengambilan Data Transparansi

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data serta hasil perhitungan spesimen yang sudah dilakukan pengujian transparansi.

Adapun hasil dari pengujian transparansi sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Uji Transparasi

		Pengukuran ke- 1	2	3	$\bar{X} \Delta P_1 P_2$	Deviasi
Sampel 1	$P_1$	372	343	362		
	$P_2$	216	192	210		
	$\Delta P_1 P_2$	156	151	152	153	2,64575
Sampel 2	$P_1$	383	373	381		
	$P_2$	201	218	218		
	$\Delta P_1 P_2$	182	155	163	166,667	13,8684
Sampel 3	$P_1$	389	383	386		
	$P_2$	200	211	212		
	$\Delta P_1 P_2$	189	172	174	178,333	9,29157
Sampel 4	$P_1$	332	336	337		
	$P_2$	155	160	165		
	$\Delta P_1 P_2$	177	176	172	175	2,64575
Sampel 5	$P_1$	388	380	383		
	$P_2$	150	165	165		
	$\Delta P_1 P_2$	238	215	218	223,667	12,5033
Sampel 6	$P_1$	370	358	362		
	$P_2$	280	250	258		
	$\Delta P_1 P_2$	90	108	104	100,667	9,45163
Sampel 7	$P_1$	346	367	356		
	$P_2$	207	215	205		
	$\Delta P_1 P_2$	139	152	151	147,333	7,23418
Sampel 8	$P_1$	381	388	386		
	$P_2$	219	218	220		
	$\Delta P_1 P_2$	162	170	166	166	4
Sampel 9	$P_1$	335	340	355		
	$P_2$	160	165	155		
	$\Delta P_1 P_2$	175	175	200	183,333	14,4338

Keterangan:  
sampel uji (satuan dalam Lux)  
P2 = Pengukuran menggunakan sampel uji  
(satuan dalam Lux)

$\Delta P1P2$  = Selisih antara P1 dan P2 (satuan dalam Lux)  
 $X\Delta P1P2$  = Rata-rata dari  $\Delta P1P2$  (satuan dalam Lux)

### 3.1. Perhitungan Respon S/N Ratio smaller Is Better

Data hasil pengujian transparansi dimasukan pada software minitab yang dianalisis untuk memperoleh hasil dari S/N Ratio Smaller Is Better. Adapun parameter

yang terpilih untuk dikombinasi yaitu *Nozzle temperature*, *temperature-based plate*, dan *layer height*.

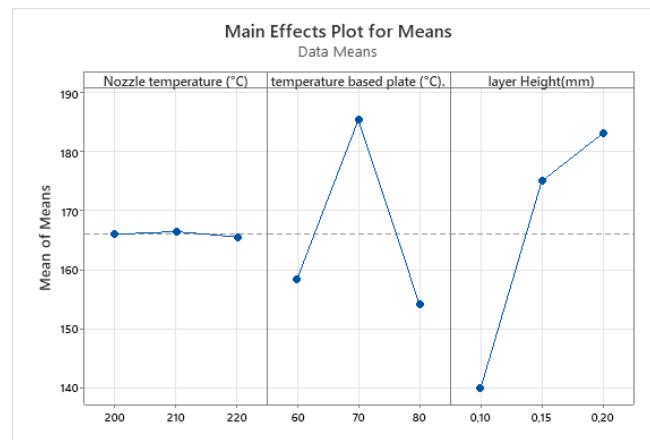
Tabel 5. Data Hasil Uji Transparansi Dari Software Minitab

Nozzle temperature (°C)	temperature based plate (°C)	layer Height(mm)	R1	R2	R3	SNRA1	MEAN1
200	60	0,10	156	151	152	-43,6947	153,000
200	70	0,15	182	155	163	-44,4570	166,667
200	80	0,20	189	172	174	-45,0325	178,333
210	60	0,15	177	176	172	-44,8614	175,000
210	70	0,20	238	215	218	-47,0011	223,667
210	80	0,10	90	108	104	-40,0832	100,667
220	60	0,20	139	152	151	-43,3730	147,333
220	70	0,10	162	170	166	-44,4038	166,000
220	80	0,15	175	175	200	-45,2827	183,333

### 3.2 Pengelolahan data hasil eksperimen

Dengan menggunakan metode taguchi data dari hasil pengujian diproses untuk menentukan parameter proses yang ideal untuk hasil pengujian transparansi. Pengolahan data ini menggunakan software analisis, dimana nilai hasil pengujian tersebut

dimasukan kedalam software analisis minitab 19 untuk mendapatkan hasil *mean plot* dan S/N Ratio. Tampilan *analyze taguchi design* menampilkan hasil *mean plot* di tunjukan pada Gambar 8 dan hasil perhitungan pada tabel berikut,



Gambar 8. Grafik mean plot

Tabel 6. Parameter proses

Rank	Parameter	Nilai Optimum	Nilai Mean Plot
1	Nozzel Temperature	(210 °C)	165,6
2	Temperature Basid Plate	(70 °C)	154,1
3	Layer Height	( 0,20 mm)	139,9

Tabel 7. Mean plot

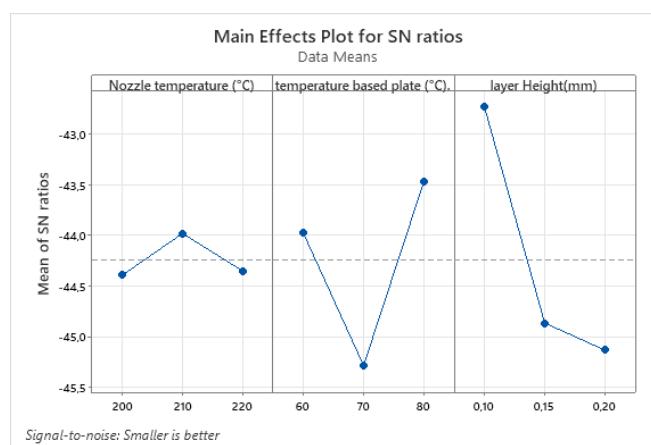
Respon Table Means

Level	Nozzle temperature (°C)	temperature based plate (°C).	layer Height (mm)
1	166,0	158,4	139,9
2	166,4	185,4	175,0
3	165,6	154,1	183,1
Delta	0,9	31,3	43,2
Rank	3	2	1

Berdasarkan Gambar 8 dan Tabel 6 dapat disimpulkan bahwa parameter proses yang sangat berpengaruh sesuai dengan kualitas "smaller is better" secara berurutan.

Berdasarkan Gambar grafik dibawah ini parameter yang berpengaruh terhadap hasil uji transparansi permukaan spesimen yaitu

Nozzle Temperatur (210°C), Temperature Based Plate (80°C), layer height (1.10 mm). Berdasarkan parameter yang berpengaruh paling besar terhadap hasil uji transparansi spesimen secara berturut-turut.



Gambar 9. Grafik S/N rasio

Tabel 9. S/N ratio "smaller is better"

Rank	Parameter	Nilai Optimum	Nilai S/N Ratio
1	Nozzle Temperature	(210 °C)	-44,39
2	Temperature Basid Plate	(80 °C)	-45,29
	Layer Height	(0,10 mm)	-45,14

Tabel 10. Nilai optimum S/N ratio

Response Table for Signal-to-Noise Ratios Smaller is better			
Level	Nozzle temperature (°C)	temperature based plate (°C).	layer Height(mm)
1	-44,39	-43,98	-42,73
2	-43,98	-45,29	-44,87
3	-44,35	-43,47	-45,14
Delta	0,41	1,82	2,41
Rank	3	2	1

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan pada hasil analisa dari data hasil uji transparansi. Didapat bahwa nilai rata-rata uji transparansi yang tertinggi 223,667 lux berada pada eksperimen 5 dan

untuk nilai uji transparansi terendah 100,667 lux berada pada eksperimen 6, kemudian nilai optimum parameter yaitu Nozzel temperature

(210 °C), *Temperature Based plate* (80 °C), *Layer Height* (0,10 mm).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Pristiansya and H. Herianto, "Pengaruh Parameter 3D *Printing* Terhadap Transparansi Produk yang Dihasilkan," in *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)*, 2018, pp. 181–186.
- [2] A. A. Setiawan, B. W. Karuniawan, and N. Arumsari, "Optimasi parameter 3D *printing* terhadap keakuratan dimensi dan kekasaran permukaan produk menggunakan metode Taguchi Grey Relational Analysis," in *Proceedings Conference on Design Manufacture Engineering and its Application*, 2018, pp. 165–168.
- [3] A. I. Pambudi, "Analisis Pengaruh Internal Geometri Terhadap Sifat Mekanik Material *Polylactic Acid* (PLA) Dipreparasi Menggunakan 3D *Printing*," *Tugas Akhir. Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya*, 2017.
- [4] D. T. Pham and R. S. Gault, "A comparison of *rapid prototyping* technologies," *Int J Mach Tools Manuf*, vol. 38, no. 10–11, pp. 1257–1287, Oct. 1998, doi: 10.1016/S0890-6955(97)00137-5
- [6] "2713100032\_Undergraduate Theses (1)".
- [7] A. Aris Setiawan *et al.*, "Optimasi Parameter 3D *Printing* Terhadap Keakuratan Dimensi dan Kekasaran Permukaan Produk Menggunakan Metode Taguchi Grey Relational Analysis," 2018.
- [8] muhammad Rivaldi1, M. Y. (2023). Pengaruh Parameter Proses 3D *Printing* Terhadap Kuat Bentur. *Jitt*
- [9] Irfan Fadhil1, H. A. (2023). Optimasi Parameter Produk 3D *Printing* Terhadap Kekuatan Bending Dengan Menggunakan Filamen Nylon. *jitt*, 8.[4]