

Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Transparansi Filamen Pla Menggunakan Metode Taguchi

Yeyen¹, Zulfitriyanto¹, Pristiansyah^{1*},

¹Politeknik 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 alam 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 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 menghasilkan respon yang lebih optimal .dimana telah ditentukan parameter proses seperti *nozzle temperature*, *print speed*, *bed* temperatur, *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* manufaktur 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* manufaktur (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 penggunaannya 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* manufaktur (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 platt 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 (C₃HO) 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 *filment transparant* 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 diinginkan 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 transparent* 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 *nozle 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 *nozle* tunggal. digunakan untuk membuat objek penelitian dengan menggunakan nosel 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 menyelesaikan respon yang baik. dimana telah ditentukan parameter proses seperti *nozle temperature, print speed, bed temperatur, layer thickness, temperature based plate*.

Tabel 1. Spesifikasi *Filament PLA*

Filament Diameter	1,75mm
<i>Printing Temperature</i>	190-220 $^{\circ}\text{c}$
<i>Build Bed Temperature</i>	0-50 $^{\circ}\text{c}$
Print Speed	30-80mm/s
Layer Height	0,1-0,3mm
Specific Gravity	1,25g/cm ³
Tensile Strength	58Mp ³



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 $\text{Ø}35\text{m}$ 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 filamen PLA (*Polylactic Acid*) ini dapat dipanaskan hingga suhu 190 $^{\circ}\text{C}$ -220 $^{\circ}\text{C}$.



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

- 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)

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



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

- 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

2.2.2 Variabel Penelitian

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

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

meliputi 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	Nozzle 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 menunjukan total derajat kebebasanu ntuk variabel proses dan jumlah faktor yang digunakan ada 6. Sesuai dengan pilihan yang tersedia matrikOA L₉ (3³) dijadikan sebagai desain

eksperimen dalam menampilkan desain faktorial L₉ (3³) 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 penyetingan parameter dan level untuk mendapatkan kode-G.

3. Kemudian spesimen dicetak menggunakan filamen PLA transparan pada mesin 3D *Printing*
 4. Uji transparransi 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.

Adapaun hasil dari pengujian transparansi sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Uji Transparansi

		Pengukuran ke-			$X\Delta P_1P_2$	Deviasi
		1	2	3		
Sampel 1	P ₁	372	343	362	153	2,64575
	P ₂	216	192	210		
	ΔP_1P_2	156	151	152		
Sampel 2	P ₁	383	373	381	166,667	13,8684
	P ₂	201	218	218		
	ΔP_1P_2	182	155	163		
Sampel 3	P ₁	389	383	386		

	P ₂	200	211	212		
	ΔP ₁ P ₂	189	172	174	178,333	9,29157
Sampel 4	P ₁	332	336	337		
	P ₂	155	160	165		
	ΔP ₁ P ₂	177	176	172	175	2,64575
Sampel 5	P ₁	388	380	383		
	P ₂	150	165	165		
	ΔP ₁ P ₂	238	215	218	223,667	12,5033
Sampel 6	P ₁	370	358	362		
	P ₂	280	250	258		
	ΔP ₁ P ₂	90	108	104	100,667	9,45163
Sampel 7	P ₁	346	367	356		
	P ₂	207	215	205		
	ΔP ₁ P ₂	139	152	151	147,333	7,23418
Sampel 8	P ₁	381	388	386		
	P ₂	219	218	220		
	ΔP ₁ P ₂	162	170	166	166	4
Sampel 9	P ₁	335	340	355		
	P ₂	160	165	155		
	ΔP ₁ P ₂	175	175	200	183,333	14,4338

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

ΔP₁P₂ = Selisih antara P₁ dan P₂ (satuan dalam Lux)
 XΔP₁P₂ = Rata-rata dari ΔP₁P₂ (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*.

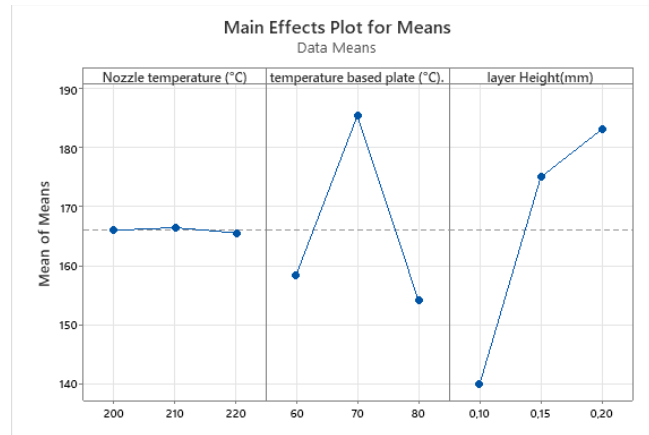
Tabel 5. Data Hasil Uji Transparansi Dari *Software Minitab*

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 Pengolahan 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

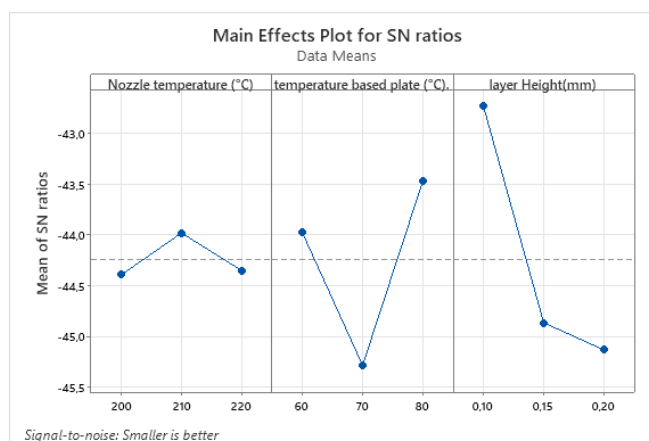
Tabel 7. Mean plot

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]