



## Pengaruh Parameter Proses Pada 3D *Printing* FDM Terhadap Kekuatan Tarik *Filament* ABS *CCTREE*

Pristiansyah<sup>1</sup>, Hasdiansah<sup>2</sup>, Ade Ferdiansyah<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat  
pristiansyah@polman-babel.ac.id

Received : 8 April 2022; Received in revised form : 12 Mei 2022; Accepted : 2 Juni 2022

### Abstract

3D printing technology is one of the new breakthroughs in the world of manufacturing. This principle uses layered modeling, which directly converts 3D data from computer-aided design (CAD) into physical prototypes. Additive Manufacturing technology itself has attracted a lot of interest as research material from industry to academia because it can provide manufacturing solutions that produce products with complex designs and reduce time without compromising print quality. Currently, the Fused Deposition Modeling (FDM) process is the most widely used process in 3D printing due to its ease of operation, low operating costs and environmental convenience. This study uses the Taguchi method with quality characteristics the bigger the better. The experimental design used is  $L_{27}$  OA by analyzing the Signal to Noise Ratio SNR. The method is based on the principle of tensile strength, to determine the process parameters that greatly affect the ABS *CCTREE* filament. The process parameters used in this research are nozzle temperature, layer thickness, temperature based plate, print speed and infill pattern. The order of the most influential parameters in a row is layer thickness of 40,74%, print speed of 9,40%, nozzle temperature of 5,69%, temperature based plate of 5,56% and infill pattern of 4,36%.

**Keywords:** 3D Printing FDM; ABS *CCTREE*; Taguchi; Tensile Test

### Abstrak

Teknologi 3D *printing* merupakan salah satu terobosan baru dalam dunia manufaktur. Prinsip ini menggunakan pemodelan berlapis, yang secara langsung mengubah data 3D dari desain berbantuan komputer (CAD) menjadi prototype fisik. Teknologi *Additive Manufacturing* sendiri telah menarik banyak minat sebagai bahan penelitian dari industry hingga akademisi karena dapat memberikan solusi manufaktur yang menyederhanakan produk dengan desain yang kompleks dan mengurangi *lead time* tanpa mengorbankan kualitas cetak. Saat ini, proses *Fused Deposition Modelling* (FDM) adalah proses yang paling banyak digunakan dalam pencetakan 3D karena kemudahan penggunaannya, biaya pengoperasian yang rendah, dan keramahan lingkungan. Penelitian ini menggunakan metode Taguchi dengan karakteristik kualitas semakin besar semakin baik. Desain eksperimen yang digunakan  $L_{27}$  OA dengan menganalisis *Signal to Noise Ratio* SNR. Metode tersebut berprinsip terhadap kekuatan tarik, untuk mengetahui parameter proses yang sangat berpengaruh pada filamen ABS *CCTREE*. Parameter proses yang digunakan dalam penelitian yaitu *nozzle temperature*, *layer thickness*, *temperature based plate*, *print speed* dan *infill pattern*. Urutan parameter yang paling berpengaruh secara berturut-turut yaitu *layer thickness* sebesar 40,74%, *print speed* 9,40%, *nozzle temperature* sebesar 5,69%, *temperature based plate* sebesar 5,56% dan *infill pattern* sebesar 4,36%.

**Kata kunci:** 3D Printing FDM; ABS *CCTREE*; Taguchi; Uji Tarik

## 1. PENDAHULUAN

Teknologi cetak tiga dimensi (3D) merupakan terobosan baru dalam dunia teknologi. Printer 3D adalah printer yang dapat mencetak objek 3D sebagai pengganti tulisan pada gambar atau kertas. Keuntungan dari printer 3D adalah kemampuan untuk membuat berbagai bentuk pola yang *kompleks*, ini karena fleksibilitas gerakan pencetakan dalam ruang 3D. Berkaitan dengan definisi tersebut, printer 3D dapat berperan penting dalam dunia manufaktur [1]. Pencetakan tiga dimensi (3D) adalah salah satu mesin paling handal dan inovatif dalam teknologi *Additive Manufacturing* (AM) yang menciptakan objek 3D dengan struktur yang unik dan beragam. Teknik yang sering digunakan pada teknologi ini adalah *Fused Deposition Modelling* (FDM), *Stereolithography Apparatus* (SLA), *Continuous Liquid Interface Production* (CLIP), *Digital Light Processing* dan *Selective Laser Sintering* (SLS) [2]. Salah satu teknologi 3D printer yang terkenal murah yaitu *Fused Deposition Modelling* (FDM), prinsip kerja FDM yaitu dengan cara mengekstrusi *thermoplastic* melalui *nozzle* yang panas pada *melting temperature*, selanjutnya produk dibuat lapis demi lapis [3]. *Fused Deposition Modeling* (FDM) adalah proses yang sangat populer dalam pemodelan AM dan produk yang diproduksi dalam proses ini dapat bersaing dengan proses manufaktur konvensional (*Injection Moulding*). Metode FDM banyak digunakan dalam proses pencetakan 3D printing karena kemudahan penggunaan, biaya rendah, ramah lingkungan sehingga lebih mudah dalam proses pengembangan produk, pembuatan prototipe, dan penyederhanaan proses manufaktur[4].

Penelitian yang dilakukan [5], pada spesimen benda uji ASTM D638 tipe 2 menggunakan filamen ABS dengan parameter yang digunakan ini meliputi tebal *layer* 0,2 mm dan 0,3 mm. Hasil dari kekuatan tarik menggunakan parameter tersebut sebesar 18,5948 MPa dan 18,9152 MPa. Penelitian yang dilakukan oleh [1], menggunakan filamen ABS dengan parameter proses 2 variasi 4 level dan satu parameter. Kekuatan tarik yang dihasilkan menggunakan parameter suhu *nozzle* 230°C, dan tebal *layer* 3,2 mm sebesar 17.745 MPa, suhu *nozzle* 240°C tebal *layer* 3,2 mm sebesar 134.692 MPa, suhu *nozzle* 250°C tebal *layer* 3,2 sebesar 43.7465 MPa, dan suhu *nozzle* 260°C tebal *layer* 3,2 mm sebesar 48.1565 MPa. Penelitian tentang pengaruh *layer thickness* dan orientasi terhadap kekuatan tarik menggunakan filamen ABS dengan standar ASTM D638 tipe 4 mendapatkan hasil kekuatan tarik yang paling optimal sebesar 21.56 MPa [6]. Penelitian yang dilakukan [7], menggunakan filamen PLA dengan 4 parameter proses dan 3 level meliputi *infill print speed*, *fill density*, *extruder temperature* dan *layer height*. Berdasarkan hasil dari pengujian tarik memberi pengaruh terhadap parameter proses, parameter proses yang berpengaruh secara berturut-turut yaitu *infill print speed*, *fill density*, *extruder temperature*, dan *layer height*. Parameter yang sangat besar pengaruh terhadap kekuatan tarik yaitu *extruder temperature*, sedangkan parameter yang sangat kecil pengaruh terhadap kekuatan tarik yaitu *layer height*. Penelitian tentang dampak parameter proses pada sifat mekanik komponen yang dibuat dari *Polylactic Acid* (PLA) dengan menggunakan *Printer 3D Open-source* pernah juga dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kekuatan tarik akhir (*ultimate tensile strength*) dan regangan nominal (*nominal strain*). Terdapat tiga parameter pengerjaan yang divariasikan didalam penelitian ini yaitu *layer thickness*, pola *infill* dan *Number of shell perimeters* [9]. Selain itu, penelitian terkait optimasi proses pada 3D printing ini sering menggunakan metode taguchi, penelitian tersebut dilakukan untuk mendapatkan parameter optimum dan parameter yang paling berpengaruh terhadap akurasi dimensi menggunakan taguchi L<sub>27</sub>, dengan 5 faktor dan 3 level. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa *layer thickness* merupakan parameter yang paling berpengaruh, sehingga penulis menggunakan metode Taguchi L<sub>27</sub> dan *layer thickness* sebagai parameter yang akan diuji pada penelitian ini [10].

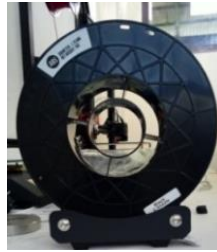
Berdasarkan evaluasi dan analisa dari penelitian-penelitian yang ada, parameter proses pada FDM yang digunakan oleh peneliti yaitu, dengan memberikan pengaruh terhadap respon kekuatan tarik. Variasi parameter proses yang dipilih adalah 5 variasi dengan metode taguchi faktorial L<sub>27</sub> untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dan parameter proses yang optimal dibandingkan dengan penelitian yang ada.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui parameter proses yang berpengaruh terhadap kekuatan tarik *filament* ABS CCTREE menggunakan 3D *printing* FDM dengan parameter proses *nozzle temperature* (°C), *layer thickness* (mm), *temperature base plate* (°C), *print speed* (mm/s), dan *infill pattern*. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat membantu para penggiat 3D printing dalam mendapatkan referensi dan membantu para industrialis dalam menghasilkan *end product* yang langsung dapat digunakan.

## 2. MATERIAL dan METODELOGI

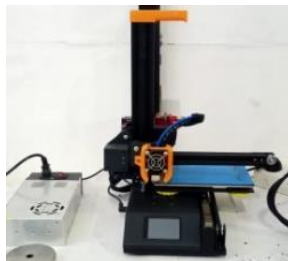
### 2.1. Alat dan Bahan

1. Filamen ABS *CCTREE* dengan diameter 1,75 mm warna hitam ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Filamen ABS *CCTREE*

2. Mesin 3D *Printing* FDM REXYZ A1 dengan dimensi 180 mm x 180 mm x 180 mm ditunjukkan pada Gambar 2.



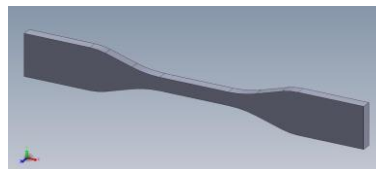
Gambar 2. Mesin 3D *Printing* FDM REXYZ A1

3. Mesin uji tarik Zwick / Roell digunakan untuk menguji spesimen ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Mesin Uji Tarik Zwick / Roell

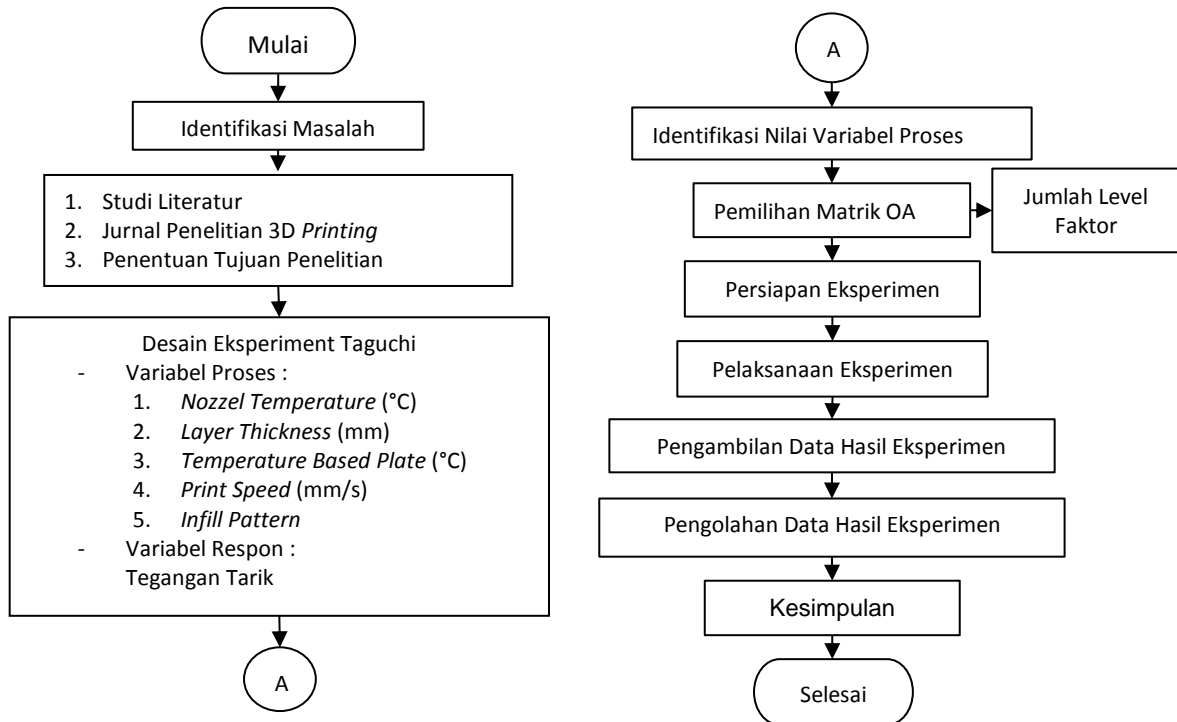
4. Laptop Toshiba Satellite C800D digunakan untuk mendesain objek cetak 3D. Selain itu, digunakan untuk menjalankan *software* yang diperlukan dalam penelitian ini.
5. *Software Ultimaker Cura 4.1.1*, digunakan untuk memasukkan parameter dan untuk mendapatkan G-code serta menjalankan mesin 3D *printing*.
6. Desain spesimen dibuat menggunakan *software* CAD dalam format STL, desain spesimen menggunakan ASTM D638 tipe 4 seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain spesimen

## 2.2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alir Tahap Penelitian

## 2.3. Proses penelitian

### 1. Identifikasi Masalah

Pada langkah ini dilakukan proses identifikasi masalah yang sering terjadi pada proses pencetakan filamen ABS pada mesin 3D Printing. Dimulai dari studi literatur yang di dapatkan dari jurnal-jurnal tentang penelitian 3D Printing kemudian jurnal-jurnal tersebut dijadikan referensi untuk penentuan tujuan melakukan penelitian.

### 2. Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini meliputi variabel proses dan variabel respon. Pada variabel proses ini meliputi *Nozzle Temperature*, *Layer Thickness*, *Temperature Based Plate*, *Print Speed*, dan *Infill Pattern* sedangkan variabel respon meliputi tegangan tarik.

### 3. Identifikasi Nilai Variabel Proses

Identifikasi Nilai Variabel Proses ini dari variabel proses yang telah ditentukan sebelumnya dan nilai variabel prosesnya tersebut didapatkan dari referensi jurnal-jurnal penelitian tentang 3D Printing ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Proses dan Level

Parameter Proses	Level		
	1	2	3
<i>Nozzle Temperature</i> (°C)	230	235	240
<i>Layer Thickness</i> (mm)	0.2	0.3	0.4
<i>Temperature Based Plate</i> (°C)	90	95	100
<i>Print Speed</i> (mm/s)	40	50	60
<i>Infill Pattern</i>	<i>Gyroid</i>	<i>Triangles</i>	<i>Grid</i>

#### 4. Pemilihan Matrik OA

Pada pemilihan matrik OA ini harus memiliki derajat kebebasan, total derajat kebebasan variabel proses dan level faktor yang digunakan adalah 10 total derajat kebebasan dapat dilihat pada Tabel 2. Sesuai dengan pilihan yang tersedia matrik OA  $L_{27}(5^3)$  untuk dijadikan sebagai rancangan percobaan. Tabel 3. menunjukkan desain faktorial  $L_{27}(5^3)$  untuk spesimen uji menunjukkan nilai dari tiap parameter proses yang digunakan untuk mencetak spesimen yang akan diuji tarik.

Tabel 2. Total Derajat Kebebasan

Parameter Proses	Jumlah Level (k)	$\nu_{fi} = (k - 1)$
<i>Nozzle Temperature</i> (°C)	3	2
<i>Layer Thickness</i> (mm)	3	2
<i>Temperature Based Plate</i> (°C)	3	2
<i>Print Speed</i> (mm/s)	3	2
<i>Infill Pattern</i>	3	2
Total derajat kebebasan		10

Tabel 3. Desain Faktorial  $L_{27}(5^3)$  [8]

Exp.	A	B	C	D	E
1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	2
3	1	1	1	1	3
4	1	2	2	2	1
5	1	2	2	2	2
6	1	2	2	2	3
7	1	3	3	3	1
8	1	3	3	3	2
9	1	3	3	3	3
10	2	1	2	3	1
11	2	1	2	3	2
12	2	1	2	3	3
13	2	2	3	1	1
14	2	2	3	1	2
15	2	2	3	1	3
16	2	3	1	2	1
17	2	3	1	2	2
18	2	3	1	2	3
19	3	1	3	2	1
20	3	1	3	2	2
21	3	1	3	2	3
22	3	2	1	3	1
23	3	2	1	3	2
24	3	2	1	3	3
25	3	3	2	1	1
26	3	3	2	1	2
27	3	3	2	1	3

#### 5. Persiapan Eksperimen

Dalam persiapan eksperimen ini menyiapkan alat dan bahan yang berkaitan dengan penelitian, disiapkan sebaik mungkin agar proses penelitian berjalan dengan lancar.

#### 6. Pelaksanaan Eksperimen

Langkah-langkah dari pelaksanaan eksperimen sebagai berikut :

- a. Membuat desain spesimen ASTM D638-4 di *software* CAD dalam bentuk format file STL.
- b. Kemudian format file STL tersebut dimasukkan pada *software Ultimaker Cura* untuk penyetingan parameter proses dan level yang telah ditentukan untuk mendapatkan *G-code*.
- c. Selanjutnya proses pencetakan spesimen pada mesin 3D *Printing* menggunakan filamen ABS *CCTREE*.
- d. Setelah semua hasil spesimen dicetak akan dilakukan uji tarik.

#### 7. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan menguji sampel spesimen pada mesin uji tarik, kemudian data hasil uji tarik dimasukkan pada tabel.

#### 8. Pengolahan Data

Setelah pengambilan data hasil proses uji tarik, selanjutnya data hasil proses uji tarik diolah menggunakan *software* analisis, data tersebut didapatkan *S/N Ratio larger is better* dan ditentukan nilai parameter yang optimum dari parameter yang diuji.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data uji tarik spesimen menghasilkan pengaruh terhadap kekuatan tarik pada spesimen. Adapun hasil dari pengujian tersebut antara lain rata-rata kekuatan tarik dari setiap eksperimen ditunjukkan pada Tabel 4.

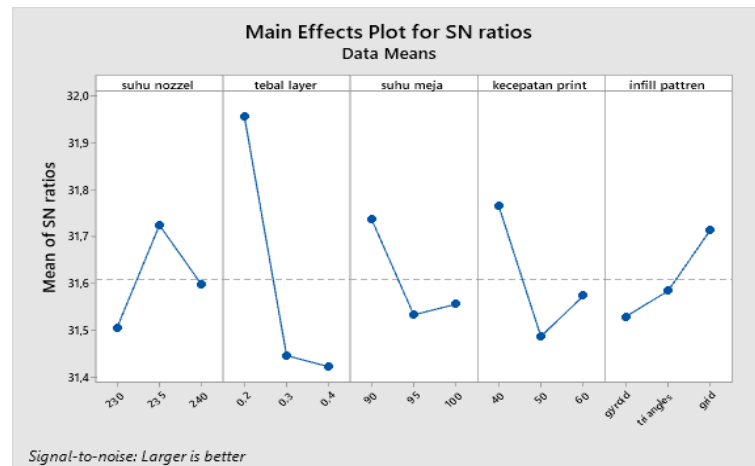
Tabel 4. Hasil uji tarik

EXP.	A	B	C	Rata-rata
1	37,7	42	43,8	41,17
2	42,7	38,9	39,5	40,37
3	39,5	42	39	40,17
4	28,3	37,7	38,8	34,93
5	35,5	38	36,2	36,57
6	38,7	38,2	36,3	37,73
7	35,5	33,6	36,8	35,30
8	37,7	36,5	38,2	37,47
9	37,1	36,5	36,4	36,67
10	42,2	40,5	39,9	40,87
11	36,7	38,1	40,3	38,37
12	41,3	39,6	38,6	39,83
13	38,2	36,3	35	36,50
14	38,6	39,6	39,9	39,37
15	39,1	39	39,5	39,20
16	39,3	39	38	38,77
17	34,4	35	37,5	35,63
18	40,2	40,1	37,2	39,17
19	38,1	37,6	38,5	38,07
20	36,9	39,6	39,9	38,80
21	39,4	39,3	39,9	39,53
22	40,7	34,1	38,9	37,90
23	39,3	36,1	37,6	37,67
24	38,6	38,4	36,6	37,87

EXP.	A	B	C	Rata-rata
25	37,8	38	37,8	37,87
26	37,7	37,6	38,4	37,90
27	35,9	36,7	38,2	36,93

### 3.1. Perhitungan Respon *Signal to Noise Ratio*

Data hasil uji tarik dimasukkan kedalam *software* analisis untuk mendapatkan hasil respon *Signal to Noise* dapat dilihat pada Gambar 6 dan Tabel 5.



Gambar 6. Grafik S/N Ratio

Berdasarkan Gambar 6 parameter proses yang optimal terhadap kekuatan tarik yaitu suhu *nozzle* 235 (°C), tebal *layer* (0,2 mm), suhu meja (90°C), kecepatan *print* (40mm/s) dan *infill patten* (*grid*).

Tabel 5. S/N Ratio

Response Table for Mean Large is Better					
Level	Nozzle Temperature (°C)	Layer Thickness (mm)	Temperature Based Plate (°C)	Print Speed (mm/s)	Infil Patten
1	31,50	31,96	31,74	31,77	31,53
2	31,72	31,45	31,53	31,49	31,58
3	31,60	31,41	31,56	31,57	31,71
Delta	0,22	0,53	0,20	0,28	0,18
Rank	3	1	4	2	5

Berdasarkan Tabel 5 parameter proses yang paling berpengaruh besar terhadap kekuatan tarik yaitu tebal *layer*. Dan untuk pengaruh parameter proses secara berturut-turut yaitu tebal *layer*, kecepatan *print*, suhu *nozzle*, suhu meja dan *infill patten*.

### 3.2. Perhitungan Persen Kontribusi

Pada persen kontribusi ini untuk mengetahui seberapa besar pengaruh parameter proses ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Persen Kontribusi S/N Ratio

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Nozzel	2	0,2314	5,69%	0,2314	0,11571	1,33	0,292
Temperature							
Layer Thickness	2	1,6557	40,74%	1,6557	0,82783	9,52	0,002
Temperature Based Plate	2	0,2261	5,56%	0,2261	0,11303	1,30	0,300
Print Speed	2	0,3819	9,40%	0,3819	0,19097	2,20	0,144
Infill Pattren	2	0,1772	4,36%	0,1772	0,08858	1,02	0,383
Error	16	1,3914	34,24%	1,3914	0,08696		
Total	26	4,0637	100,00%				

Parameter proses yang berpengaruh terhadap kekuatan tarik berdasarkan persen kontribusi secara berturut-turut yaitu *layer thickness* sebesar 40,74%, *print speed* sebesar 9,40%, *nozzel temperature* sebesar 5,69%, *temperature based plate* sebesar 5,56% dan *infill pattern* sebesar 4,36%.

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil pengujian tarik dari 5 parameter proses yang diuji yaitu *nozzle temperature*, *layer thickness*, *temperature based plate*, *print speed* & *inill pattern* dengan 3 level faktor, terdapat pengaruh pada pengujian kekuatan tarik terhadap faktor tersebut. Urutan faktor yang paling berpengaruh terhadap filamen ABS CCTREE secara berturut-turut yaitu *layer thicknes* sebesar 40,74%, *print speed* sebesar 9,40%, *nozzel temperature* sebesar 5,69%, *temperature based plate* sebesar 5,56% dan *infill pattern* sebesar 4,36%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. S. Y. Setiawan, "PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN TEKAN PADA PROSES EKSTRUSI DI MESIN PRINTER 3D," 2019, doi: 10.31227/osf.io/n4f68.
- [2]. A. I. Pramudi, "Analisis Pengaruh Internal Geometri Terhadap Sifat Mekanik Material PLA Dipreparasi Menggunakan 3D Printing," *Skripsi Tek. Mesin, Fak. Teknol. Ind. Univ. Islam Indones.*, pp. 1–57, 2017.
- [3]. P. Pristiansyah, H. Hasdiansah, and S. Sugiyarto, "Optimasi Parameter Proses 3D Printing FDM Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Filament Eflex," *Manutech J. Teknol. Manufaktur*, vol. 11, no. 01, pp. 33–40, 2019, doi: 10.33504/manutech.v11i01.98.
- [4]. D. Andriyansyah, Herianto, and Purfaji, "Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kuat Tarik Filamen PLA Menggunakan Metode Taguchi," *Semin. Nas. Pendidik. Tek. Otomotif*, no. ISSN : 2338-0284, pp. 61–68, 2018.
- [5]. H. S. Budiono, "Pengujian Kuat Tarik Terhadap Produk Hasil 3D Printing Dengan Variasi Ketebalan Layer 0, 2 MM Dan 0, 3 MM Yang Menggunakan Bahan ABS (Acrylonitrile ...," 2015, [Online]. Available: <http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/34935>.
- [6]. A. Kholil, F. Aufo, and E. A. Syaefudin, "Pengaruh Layer Thickness Dan Orientasi 3D Printing Terhadap Uji Tarik Material Abs," vol. 1, pp. 277–285, 2020.
- [7]. G. S. Lubis, M. Taufiqurrahman, and M. Ivanto, "Analisa Pengaruh Parameter Proses Terhadap Uji Tarik Produk Hasil 3D Printing Berbahan Polylatic Acid," *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater.*, vol. 5, no. 2, p. 39, 2021, doi: 10.30588/jeemm.v5i2.877.
- [8]. I. Soejanto, *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2009.
- [9]. Lanzotti, Antonio., et al, "The Impact Of Process Parameters On Mechanical Properties of Parts Fabricated in PLA with An Open-Source 3-D Printer", *Rapid Prototyping Journal*, Vol. 21 Iss 5 pp, 2015.
- [10]. O. Yudi, Pristiansyah, C. Malinda, " Optimasi Parameter Proses pada 3D Printing FDM terhadap Akurasi Dimensi Filament PLA Food Grade", *Manutech J. Teknol. Manufaktur*, vol. 13, no. 01, pp. 1–8, 2021.