



Pengaruh Parameter Proses *Slicing Software* Terhadap Kekasaran Permukaan *Printing Part* Filamen ST-PLA

Yudha Bika Pratama¹, Hasdiansah², Pristiansyah³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

Email : phianntarah@yahoo.co.id

Abstract

3D printer technology is often said to have a bright future, until now rapid prototyping technology is still developing into technology that is support for fields that support humans for technological advancement in order to bring what is imagined into a more tangible form. The purpose of this study is to determine the effect of parameters on surface roughness and an optimum parameter settings that produce minimal roughness. The taguchi method with an orthigonal matrix $L_{25}(5^6)$. Was used in this study. The parameters to be analyzed in this study were layer thickness, printing speed, nozzle temperature, orientation, flow rate and cooling speed. To overcome the noise parameter (disturbance), the process of measuring the surface roughness of the specimen was carried out with 3 replications. Furthermore, the parameters will be analyzed using taguchi method which the smaller characteristic is the better parameter. Based on the results the sequence of parameters that have the greatest and smallest effect on surface roughness on ST-PLA filaments were obtained, namely the thicken layer, flow rate, Nozzle temperature, Printing speed, Cooling speed and Orientation. Setting parameter that produceS minimum roughness value with a value of $3.321 \mu\text{m}$ is 0.10 mm for coating thickness, 40 mm / s for print speed, 190°C for nozzle temperature, 45° for orientation, 110% for flow rate and 20% for cooling speed.

Keywords: 3D Printing; FDM; Filament ST-PLA; Surface Roughness; Taguchi

Abstrak

Teknologi 3D printer sering disebut-sebut memiliki masa depan yang cerah, hingga saat ini teknologi *rapid prototyping* masih terus berkembang menjadi teknologi yang bersifat *support* bagi bidang – bidang yang mendukung manusia untuk kemajuan teknologi agar dapat mewujudkan apa yang ada diimajinasi kedalam bentuk yang lebih nyata. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui urutan pengaruh parameter terhadap kekasaran permukaan dan untuk mengetahui seting parameter yang menghasilkan kekasaran minimal dari parameter yang digunakan. Penelitian ini menggunakan metode Taguchi dengan matriks ortogonal $L_{25}(5^6)$. Parameter yang akan dianalisis dalam penelitian ini adalah *layer thickness*, *printing speed*, *nozzle temperature*, *orientation*, *flow rate* dan *cooling speed*. Untuk mengatasi parameter *noise* (gangguan) maka proses pengukuran kekasaran permukaan spesimen dilakukan dengan 3 kali replikasi. Selanjutnya parameter tersebut akan dianalisis menggunakan analisis taguchi dengan karakteristik *smaller the bettter*. Berdasarkan hasil penelitian ini maka diperoleh kesimpulan dengan urutan parameter yang memberikan pengaruh paling besar dan yang terkecil terhadap kekasaran permukaan pada filamen ST-PLA adalah *layer thickeness*, *flow rate*, *nozzle temperature*, *prinitng speed*, *cooling speed* dan *orientation*. Seting parameter yang menghasilkan nilai kekasaran minimal dengan nilai $3,321 \mu\text{m}$ adalah 0,10 mm untuk *layer thickness*, 40 mm/s untuk *printing speed*, 190°C untuk *nozzle temperature*, 45° untuk *orientation*, 110% untuk *flow rate* dan 20% untuk *cooling speed*.

Kata kunci: 3D Printing; FDM; Filament ST-PLA; Kekasaran Permukaan; Taguchi

1. PENDAHULUAN

Teknologi *rapid prototyping* terutama pada pencetakan tiga dimensi telah berhasil digunakan pada banyak aspek. Teknologi 3D printer sering disebut-sebut memiliki masa depan yang cerah, hingga saat ini teknologi *rapid prototyping* masih terus berkembang menjadi teknologi yang bersifat *support* bagi bidang – bidang yang mendukung manusia untuk kemajuan teknologi agar dapat mewujudkan apa yang ada diimajinasi kedalam bentuk yang lebih nyata. Salah satu teknologi *rapid prototyping* yang sering ditemukan dipasaran saat ini adalah jenis teknologi FDM (*Fused Deposition Modeling*).

Namun teknologi FDM (*Fused Deposition Modelling*) memiliki kelemahan karena teknologi ini menggunakan proses *building per layer* sehingga permukaan yang dihasilkan terlihat memiliki garis yang menunjukkan batas antar *layer*. Garis atau batas *per layer* tersebut dipengaruhi oleh kecepatan gerak printer untuk membuat pola (*print speed*), ketebalan per layer (*layer thickness*), laju aliran (*flow rate*) tekstur plastik cair yang disebabkan suhu cetak (*nozzle temperature*), kecepatan pendinginan (*cooling speed*) dan posisi (*orientation*).

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. Tingkat kekasaran permukaan secara signifikan mempengaruhi kualitas produk hasil cetakan 3D printer [1].

Kekasaran permukaan merupakan salah satu tolak ukur kualitas suatu produk (benda kerja), sehingga perlu diketahui pengaruh parameter permesinan untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan yang baik [2].

Parameter-parameter tersebut tidak memiliki nilai pasti dalam proses pengerjaannya sehingga diperlukan analisis yang mendalam untuk mengetahui parameter yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan filamen.

Dari penelitian yang berjudul “Pengaruh temperatur *nozzle* dan *base plate* pada material PLA terhadap nilai masa jenis dan kekasaran permukaan produk pada mesin *leapfrog creator 3D printer*”. Dalam penelitian ini menggunakan temperatur *nozzle* yaitu 190°C, 205°C, 220°C dan temperatur *base plate* 30°C, 50°C. Dari penelitian ini didapatkan hasil kekasaran permukaan pada penelitian ini terdapat pada temperatur *nozzle* 190°C dan temperatur *base plate* 30°C dengan menggunakan lem sebesar 5.709 µm [3].

Dari penelitian yang berjudul “Pengaruh *Printing Speed* Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Hasil *Additive Manufacturing* Dengan *Polylactic Acid Filament*”. Dalam penelitian ini *printing speed* divariasikan dengan nilai 50% (spesimen ke-1), 100% (spesimen ke-2) dan 150% (spesimen-3). Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa nilai rata – rata hasil pengukuran tingkat kekasaran permukaan cenderung meningkat (semakin kasar) jika *printing speed* semakin ditingkatkan [4].

Dari penelitian yang berjudul “Optimasi Parameter Proses 3D *Printing* FDM Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan *Filament Eflex*”. Dalam penelitian ini menggunakan parameter proses *flow rate*, *layer thickness*, *nozzle temperature*, *printing speed*, *overlap* dan *fan speed*. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini yaitu proses yang optimal untuk mendapatkan keakuratan dimensi X adalah *flow rate* 110 %, *layer thickness* 0,10 mm, *nozzle temperature* 210°C, *print speed* 40 mm/s, *overlap* 75 % dan *fan speed* 50 %. Untuk dimensi Y adalah *flow rate* 120 %, *layer thickness* 0,20 mm, *nozzle temperature* 230°C, *print speed* 30 mm/s, *overlap* 75 % dan *fan speed* 100 %. Serta dimensi Z adalah *flow rate* 120 %, *layer thickness* 0,30 mm, *nozzle temperature* 210°C, *print speed* 30 mm/s, *overlap* 50 % dan *fan speed* 100 % [5].

Dari penelitian yang berjudul “Optimasi Parameter Mesin *Fused Deposition Modelling* (FDM) Terhadap Kekasaran Permukaan Produk Menggunakan Metode Taguchi”. Dalam penelitian ini menggunakan metode taguchi dengan menggunakan parameter *printing speed*, *printing temperature* dan *layer height*. Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa *layer height* memiliki kontribusi terbesar, *printing temperature* posisi dua dan yang ketiga *print speed* [6].

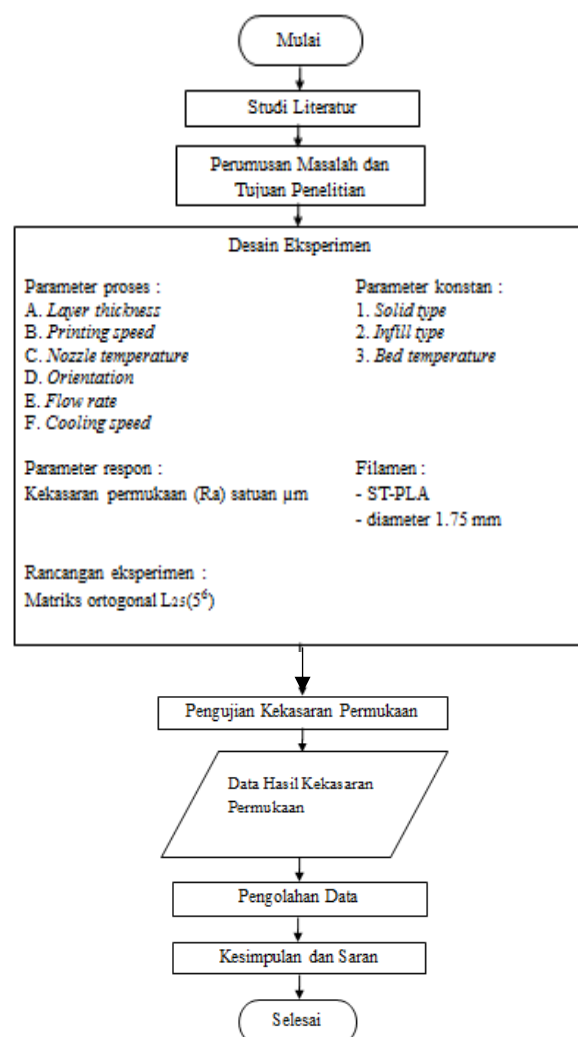
Dari penelitian yang berjudul “Studi Parameter Temperatur *Nozzle* dan *Base Plate* pada Material ABS Sebagai Bahan Baku 3D *Printer* Terhadap Kehalusan Permukaan. Dalam penelitian ini menggunakan tiga parameter temperatur seting *nozzle* yaitu 240°C, 250°C dan 260°C (*single nozzle* dan *dual nozzle*) temperatur *base plate* 30°C, dan 100°C serta *adheisve type* dengan lem atau tanpa lem. Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa temperatur terbaik dalam mencetak adalah temperatur *nozzle* 240°C dan *base plate* 30°C [7].

Pada penelitian ini menggunakan bahan *filament* ST-PLA pengembangan dari material PLA. Alasan menggunakan *filament* ST-PLA ialah *filament* PLA banyak digunakan selama pencetakan, tetapi *filament* PLA mudah rapuh setelah beberapa bulan dikarenakan kelembapan suhu dan debu. Waktu pelapukannya pun berkisar 6 bulan.

CCTREE menemukan PLA *special* yang disebut ST-PLA yang dikomposkan dengan aditif *special*, tidak berpengaruh biodegradasi, dapat meningkatkan properti PLA dibanding dengan *filament* PLA normal. *Filament* ST-PLA lebih keras dibandingkan dengan PLA ragular, sehingga dapat menghasilkan kekuatan yang lebih baik, ikatan lapisan yang kuat dan tahan akan benturan.

2. METODE PENELITIAN

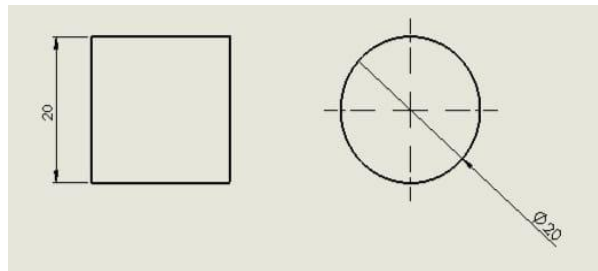
Tahapan penelitian yang dilakukan mengikuti diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Lanjutan

2.1. Objek Penelitian

Objek penelitian dilakukan pada mesin 3D *Printing volumns XYZ* dengan dimensi 300 mm x 300 mm x 350 mm dengan menggunakan *nozzle* berukuran 0,4 mm. Material yang digunakan *fillament* ST PLA dengan diameter 1,75 mm. Desain objek dibuat menggunakan *software* gambar dengan bentuk dan dimensi berdasarkan spesimen pengujian seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Dimensi dan Bentuk Spesimen Uji

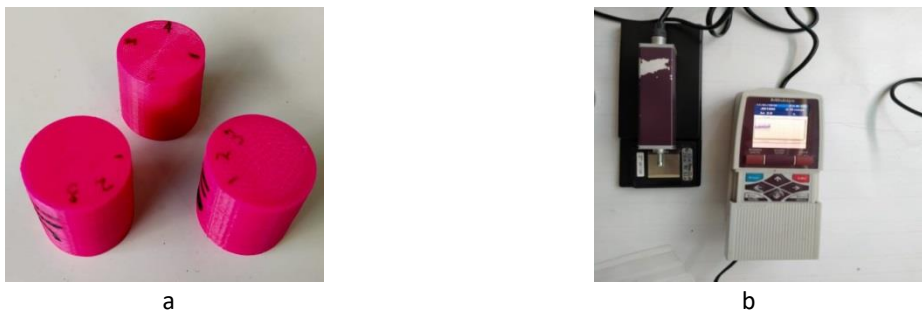
2.2. Alat dan Bahan

1. Mesin 3D Printer FDM Anet 8 Plus Pro dengan *printing volume* XYZ dengan dimensi 300 mm x 300 mm x 350 mm seperti pada Gambar 3a dan filamen ST-PLA yang dikomposkan dengan aditif spesial, tidak berpengaruh biodegradasi. Filamen ini berdiameter 1,75 mm yang digunakan untuk mencetak spesimen ditunjukkan pada Gambar 3b.



Gambar 3. a. Mesin 3D Printer, b. Filamen ST-PLA

2. Spesimen uji hasil dari proses pencetakan mesin 3D printer Anet 8 Plus Pro seperti pada Gambar 4a. yang kemudian diukur dengan *surface roughness tester* untuk mengetahui tingkat kekasaran permukaan spesimen seperti pada Gambar 4b.



Gambar 4. a. Spesimen Uji, b. *Surface Roughness Tester*

2.3. Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang diperlukan dalam melakukan penelitian ini yaitu :

- a. Spesifikasi mesin 3D Printer yang akan digunakan untuk mencetak spesimen yang akan diuji.
- b. Karakteristik filamen yang digunakan.
- c. Nilai dari setiap parameter proses yang akan diuji.
- d. Hasil uji kekasaran dari spesimen yang dicetak.

2.4. Langkah – langkah Penelitian

Tahapan pada penelitian ini berurutan dimulai dengan persiapan Mesin 3D *printing*, *fillament* ST PLA, *software ideamaker* 3.6.1 dan *software* gambar. Setelah persiapan selesai dilakukan, maka akan

dilanjutkan dengan menentukan parameter proses cetak seperti *layer thickness*, *printing speed*, *nozzle temperature*, *orientation*, *flow rate* dan *cooling speed* seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Parameter yang Akan Diuji

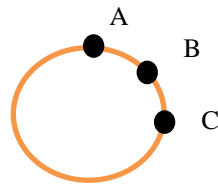
NO	Layer thickness (mm)	Printing speed (mm/s)	Nozzle temperature (°C)	Orientation (°)	Flow rate (%)	Cooling speed (%)
1	0,10	40	190	0	90	20
2	0,10	45	195	22,5	95	40
3	0,10	50	200	45	100	60
4	0,10	55	205	67,5	105	80
5	0,10	60	210	90	110	100
6	0,15	40	195	45	105	100
7	0,15	45	200	67,5	110	20
8	0,15	50	205	90	90	40
9	0,15	55	210	0	95	60
10	0,15	60	190	22,5	100	80
11	0,20	40	200	90	95	80
12	0,20	45	205	0	100	100
13	0,20	50	210	22,5	105	20
14	0,20	55	190	45	110	40
15	0,20	60	195	67,5	90	60
16	0,25	40	205	22,5	110	60
17	0,25	45	210	45	90	80
18	0,25	50	190	67,5	95	100
19	0,25	55	195	90	100	20
20	0,25	60	200	0	105	40
21	0,30	40	210	67,5	100	40
22	0,30	45	190	90	105	60
23	0,30	50	195	0	110	80
24	0,30	55	200	22,5	90	100
25	0,30	60	205	45	95	20

Selanjutnya file diproses pada *software slicing (ideamaker 3.6.1)*, dimana tujuan dari proses ini adalah agar desain yang sudah disiapkan dapat dibuat dan diproses oleh mesin 3D *printing*. Setelah file di *slicing* selanjutnya dilakukan pembentukan spesimen uji kekasaran menggunakan mesin 3D *printing* seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Proses Pembentukan Spesimen

Setelah semua proses selesai, maka selanjutnya uji kekasaran dengan menggunakan alat *surface roughness tester* untuk mengukur tingkat kekasaran permukaan agar dapat mengetahui nilai kekasaran permukaan spesimen. Berikut merupakan titik pengambilan data nilai kekasaran permukaan spesimen ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Titik yang Diuji

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

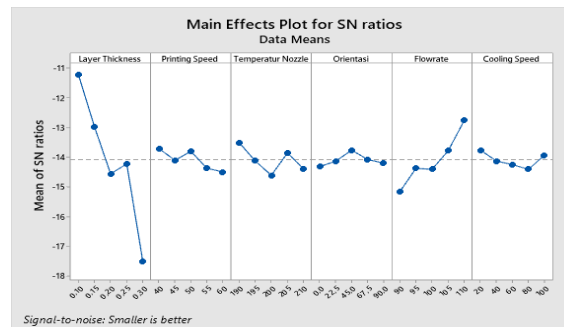
Pengambilan data penelitian dilakukan dengan cara mengkombinasikan parameter-parameter proses yang terdapat pada mesin 3D *printing*. Adapun parameter-parameter proses yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah *layer thickness*, *printing speed*, *nozzle temperature*, *orientation*, *flow rate* & *cooling speed*. Berikut merupakan data hasil pengujian kekasaran permukaan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan

Exp No.	Parameter Proses						Respon (μm)		
	Layer thickness (mm)	Printing speed (mm/s)	Nozzle temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Orient ation ($^{\circ}$)	Flow rate (%)	Cooling speed (%)	A	B	C
1	0,10	40	190	0,0	90	20	3,971	3,211	3,635
2	0,10	45	195	22,5	95	40	3,750	3,814	3,807
3	0,10	50	200	45,0	100	60	3,681	3,786	3,862
4	0,10	55	205	67,5	105	80	4,252	2,921	3,607
5	0,10	60	210	90,0	110	100	2,840	3,854	3,271
6	0,15	40	195	45,0	105	100	3,515	3,709	4,383
7	0,15	45	200	67,5	110	20	3,360	3,939	4,292
8	0,15	50	205	90,0	90	40	4,288	4,871	5,197
9	0,15	55	210	0,0	95	60	5,229	4,900	5,225
10	0,15	60	190	22,5	100	80	4,020	4,607	5,336
11	0,20	40	200	90,0	95	80	4,738	6,451	6,351
12	0,20	45	205	0,0	100	100	5,340	5,681	5,233
13	0,20	50	210	22,5	105	20	5,688	4,286	4,861
14	0,20	55	190	45,0	110	40	4,478	4,020	4,263
15	0,20	60	195	67,5	90	60	5,914	6,432	6,925
16	0,25	40	205	90,0	110	60	4,145	4,024	4,376
17	0,25	45	210	0,0	90	80	6,149	5,651	6,177
18	0,25	50	190	67,5	95	100	4,994	4,749	4,307
19	0,25	55	195	90,0	100	20	5,342	4,767	5,918
20	0,25	60	200	0,0	105	40	5,463	5,313	6,160
21	0,30	40	210	67,5	100	40	5,956	8,802	8,119
22	0,30	45	190	90,0	105	60	5,847	8,428	6,354
23	0,30	50	195	0,0	110	80	6,309	6,335	7,205
24	0,30	55	200	22,5	90	100	9,789	7,932	9,684
25	0,30	60	205	45,0	95	20	5,845	7,722	8,160

3.1. Perhitungan Respon *Signal to Noise*

Dari data yang telah diperoleh dapat dicari nilai dari rasio S/N pada tiap parameter dengan karakteristik *smaller the better* dan berikut diperoleh hasil perhitungan respon dapat dilihat pada Gambar 7 dan Tabel 3.



Gambar 7. Plot rasio S/N Untuk Respon Kekasaran Permukaan

Tabel 3. Rasio S/N Respon Kekasaran Permukaan

Level	Layer thickness	Printing speed	Nozzle temperature	Orientation	Flow rate	Cooling speed
1	-11,20	-13,70	-13,49	-14,30	-15,16	-13,75
2	-12,96	-14,09	-14,11	-14,12	-14,37	-14,12
3	-14,55	-13,79	-14,60	-13,75	-14,40	-14,24
4	-14,21	-14,36	-13,85	-14,07	-13,77	-14,39
5	-17,52	-14,48	-14,39	-14,19	-12,74	-13,93
Delta	6,32	0,78	1,11	0,55	2,41	0,64
Rank	1	4	3	6	2	5

Berdasarkan Gambar 7 dan Tabel 3 diperoleh urutan parameter yang memberikan pengaruh yang paling besar terhadap respon adalah *layer thickness*. *Layer thickness* memberikan pengaruh paling besar dikarenakan besarnya ketebalan filamen dalam proses pencetakan bergantung pada parameter ini. Apabila *layer thickness* ditingkatkan maka ketebalan filamen yang diekstrusikan semakin tebal dan proses pencetakan spesimen semakin cepat, akan tetapi permukaan yang dihasilkan semakin kasar. Yang kedua adalah *flow rate*, *flow rate* merupakan kecepatan laju filamen pada saat menuju *heater*, apabila *flow rate* ditingkatkan maka permukaan spesimen yang dihasilkan semakin halus. Ketiga adalah *nozzle temperature*, temperatur filamen yang diekstrusikan pada saat proses pencetakan spesimen bergantung pada *nozzle temperature*, apabila temperatur ditingkatkan maka permukaan yang dihasilkan akan semakin kasar. Keempat adalah *printing speed*. Kecepatan waktu pencetakan bergantung pada *printing speed*, apabila *printing speed* ditingkatkan maka proses pencetakan akan semakin cepat. Akan tetapi spesimen yang dihasilkan semakin kasar. Kelima adalah *cooling speed*. Pada saat *nozzle* melakukan ekstrusi yang mengakibatkan suhu *nozzle* panas, *cooling speed* dapat menjaga suhu *nozzle* agar tetap terjaga pada *level* yang telah ditentukan. Keenam adalah *orientation*, parameter ini dapat mengatur posisi spesimen sehingga dapat mempengaruhi *pattern type* pada saat proses pencetakan spesimen. Berdasarkan hasil pengujian, maka diperoleh setting parameter terbaik dalam menghasilkan nilai kekasaran permukaan minimal/terbaik adalah 0,10 mm untuk *layer thickness*, 40 mm/s untuk *printing speed*, 190°C untuk *nozzle temperature*, 45° untuk *orientation*, 110% untuk *flow rate* dan 20% untuk *cooling speed*.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini maka diperoleh:

1. Urutan parameter yang memberikan pengaruh paling besar dan yang terkecil terhadap kekasaran permukaan pada filamen ST-PLA adalah *layer thickness*, *flow rate*, *nozzle temperature*, *printing speed*, *cooling speed* dan *orientation*.
2. Setting parameter yang menghasilkan kekasaran permukaan terbaik dengan nilai 3,321 μm adalah 0,10 mm untuk *layer thickness*, 40 mm/s untuk *printing speed*, 190°C untuk *nozzle temperature*, 45° untuk *orientation*, 110 % untuk *flowrate* dan 40 % untuk *cooling speed*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Sugiantoro, B., Rusnaldy & Widyanto, S. A., 2014. Optimasi Parameter Proses Milling Terhadap Kualitas Hasil Permesinan Alumunium Dengan Metode Taguchi. *Unimus.ac.id*, 14(1), pp. 42-57.
- [2]. Seprianto, D., 2013. Pengaruh Parameter Permesinan Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Mesin CNC Type EDU VR-MILL. *Austenit*, Volume 5, pp. 1-11.
- [3]. Hakim, R., Saputra, I., Utama, G. P. & Setyoadi, 2019. Pengaruh Temperatur Nozzle dan Base Plate pada Material PLA Terhadap Nilai Masa Jenis dan Kekasaran Permukaan Produk Pada Mesin Leapfrog Creatr 3D Printer. *Jatra Jurnal Teknologi dan Riset Terapan*, 1(1), pp. 1-8..
- [4]. Taufik, I., Budiono, S. H., Herianto & Andriyansyah, D., 2020. Pengaruh Printing Speed Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Hasil Additive Manufacturing Dengan Polylactic Acid Filament. *Mechanical Engineering*, 4(1), pp. 15-20.
- [5]. Pristiansyah, Hasdiansah & Sugiyarto, 2019. Optimasi Parameter Proses 3D Printing FDM Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Eflex. *Manutech*, Volume 11, pp. 33-40.
- [6]. Karuniawan, B. W., Rachman, F. & Setiawan, A. A., 2019. Optimasi Parameter Mesin Fused Deposition Modelling (FDM) Terhadap Kekasaran Permukaan Produk Menggunakan Metode Taguchi. *Techno Bahari*, 6(2), pp. 23-29.
- [7]. Sahputra, B., Hakim, R. & Saputra, I., 2018. Studi Parameter Temperatur Nozzle dan Base Plate pada Material ABS Sebagai Bahan Baku 3D Printer Terhadap Kehalusan Permukaan. pp. 1-10.
- [8]. Munadi, S., 1988. *Dasar-dasar metrologi industri*. Jakarta: proyek pengembangan lembaga pendidikan tenaga kependidikan.
- [9]. Rochim, T., 2001. *Sfesifikasi, Metrologi dan Kontrol Kualitas Geometrik*. Bandung: ITB.
- [10]. Soejanto, I., 2009. *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta: Graha Ilmu. Sugiantoro, B., Rusnaldy & Widyanto, S. A., 2014. Optimasi Parameter Proses Milling Terhadap Kualitas Hasil Permesinan Alumunium Dengan Metode Taguchi. *Unimus.ac.id*, 14(1), pp. 42-57