Jurnal Inovasi Teknologi Terapan
Vol. 01, No. 2, (2023) e-ISSN : 3026-0213

Pengaruh Parameter Proses Terhadap Kekasaran Permukaan Menggunakan Filamen PETG (*Polyethylene Terephthalate Glycol)*

Bayu Aji[1], **Yang Firti Ariyani**[1], **Pristiansyah**[1*]
[1]Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat
*Email : pristiansyah@polman-babel.ac.id

Received:2nFebruari 2023; Received in revised form:21 Juli 2023; Accepted:14 Agustus 2023

Abstract

3D printing is a manufacturing process technology that has been developed to create a fast prototype according to the desired design, one of which is FDM (Fused Deposition Modeling) technology. Fused Deposition Modeling (FDM) technology is a printing technique used to print products using fibrous materials, the printed products have ideal geometric characteristics. The working principle of FDM is by extruding thermoplastic through a nozzle at a melting temperature, then the product is printed layer by layer. In this study the filament used is PETG (Polyethylene Terephthalate Glycol) filament. In this study using the Taghuci L9(4^3) OA method. This study aims to determine the most optimal process parameters with the parameters used in surface roughness testing according to the process parameters used, namely Nozzle Temperature, Flowrate, Printing Speed, Layer Thickness. the results of the research that has been carried out show the optimum parameter values for surface roughness, namely Nozzle Temperature (230℃), Flowrate (110%), Printing Speed (40mm/s), Layer Thickness (0.15mm).

Keywords*: FDM; Surface roughness; 3D printing; Taguchi method.*

Abstrak

3D *printing* adalah teknologi proses manufaktur yang banyak dikembangkan untuk membuat sebuah prototipe cepat sesuai dengan desain yang diinginkan, salah satunya yaitu teknologi FDM (*Fused Deposition Modelling*). Teknologi *Fused Deposition Modeling* (FDM) adalah teknik pencetakan yang digunakan untuk mencetak produk dengan menggunakan bahan berserat, produk yang dicetak mempunyai karakteristik geometris yang ideal. Prinsip kerja FDM adalah dengan cara ekstrusi termoplastik melalui nozzle pada melting temperature selanjutnya produk dicetak lapis perlapis. Pada penelitian ini filamen yang digunakan adalah filamen PETG (*Polyethylene Terephthalate Glycol*). Pada penelitian ini menggunakan metode Taghuci L9(4^3) OA. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui parameter proses yang paling optimal dengan parameter yang digunakan pada pengujian kekasaran permukaan sesuai parameter proses yang digunakan yaitu *Nozzle Temperature, Flowrate, Printing Speed, Layer Thickness.* hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukan nilai parameter yang optimum terhadap kekasaran permukaan yaitu *Nozzle Temperature* ($230℃$)*, Flowrate* (110%)*, Printing Speed* ($40mm/s$)*, Layer Thickness* ($0.15mm$).

Kata kunci: FDM; Metode *taguchi*; Kekasaran permukaan; 3D *printing*.

1. PENDAHULUAN

3D *printing* adalah salah satu teknologi proses manufaktur yang dikembangkan untuk pembuatan prototipe cepat dari desain yang diinginkan, salah satunya adalah teknologi FDM (*Fused Deposition Modelling*) [1] , 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 *rapidprototyping* yang sering ditemukan dipasaran saat ini adalah jenis teknologi FDM (*Fused Deposition Modeling*).

Saat ini, teknologi FDM banyak digunakan dalam pencetakan 3D *printing* karena penggunaannya yang ramah lingkungan, lebih rendah biayanya, mudah digunakan, memudahkan pengembangan produk, dan pembuatan prototipe [2]. Teknologi *Fused Deposition* Modeling (FDM) adalah teknik pencetakan yang digunakan untuk mencetak produk dengan menggunakan bahan berserat, produk yang dicetak mempunyai karakteristik geometris yang ideal [3]. Prinsip kerja FDM adalah melalui konstruksi termoplastik dengan nozzel panas pada suhu leleh, setelah itu produk diproduksi lapis demi lapis. Di lain sisi, produk yang dihasilkan menggunakan metode 3D printing FDM lazimnya memiliki sifat mekanik yang tidak lebih baik jika dibandingkan dengan proses injection moulding karena terdapat titik lemah diantara lapis – lapisnya [4].

Fused Deposition Modelling (FDM) adalah metode pembuatan *prototipe* cepat yang proses pembuatannya berbeda dari metode lain karena bukan laser, melainkan menggunakan *nozel* yang dipanaskan.Pergerakan *nozzle* dilakukan sesuai dengan perintah program G-code yang telah dirumuskan sebelumnya [5]. Setelah lapisan pertama terbentuk, *nozzle* bergerak ke atas untuk membentuk lapisan berikunya hingga terbentuk objek tiga dimensi [6].

Salah satu bahan yang paling penting dalam proses pencetakan 3D adalah filamen yang berfungsi sebagai bahan pengisi cetakan. Beberapa filamen yang biasa digunakan dalam pencetakan 3D adalah *Polylactic Acid* (PLA), *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS), *Polyethylene Terephthalate Glycol* (PETG), dan *Polycarbonate* (PC) [7]. PETG adalah salah satu polimer yang paling umum digunakan saat ini adalah versi PET dengan modifikasi glikol ditambahkan ke komposisi bahan selama polimerisasi. Filamen PETG adalah senyawa plastik yang satu keluarga dengan PET (*Polyethylene terephthalate*). Memiliki penggabungan keunggulan dari senyawa plastik ABS dan PLA, dengan warna bening/transparan dan mengkilat [8] . Hasilnya adalah filamen yang lebih ringan, kurang rapuh dan lebih mudah digunakan, dengan suhu transisi kaca 88℃ [9]. Secara fungsional filamen PETG memiliki perpaduan antara kekuatan seperti ABS dan kemudahan proses printing seperti PLA, bahannya lebih awet dibanding PLA dan ABS, daya rekat antara layer yang sangat baik dari ABS.

Dalam penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh (Yhuda Bhika Pratama, et al., 2021) [1]. Pengaruh Parameter Proses *Slicing Software* Terhadap Kekasaran Permukaan Printing *Part* Filamen ST-PLA. Menggunakan parameter yang menghasilkan nilai kekasaran permukaan pada filamen ST- PLA yaitu 0,10 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*.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Ikhwan Toufik, et al., 2020) [10]. Pengaruh *Printing Speed* Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Hasil *Additive Manufacturing* Dengan *Polylactic Acid Filament*. Menggunakan parameter yang berpengaruh terhadap tingkat kekasaran permukaan yaitu, Ukuran *Nozzle* 0,4 mm, *Layer Height* 0,2 mm, *Printing Temperature* 190°C, *Bed Temperature* 60°C, *Based Print Speed* 60 mm/s.

2. METODE PENELITIAN

Pada tahapan ini parameter proses yang digunakan ada 4 parameter proses, yang dilakukan dalam proses penelitian mengidentifikasikan masalah yang sering terjadi pada saat pencetakan benda uji menggunakan mesin 3D terhadap filamen PETG. Dari masalah tersebut akan ditentukan parameter-parameter yang akan digunakan pada Tabel 1.

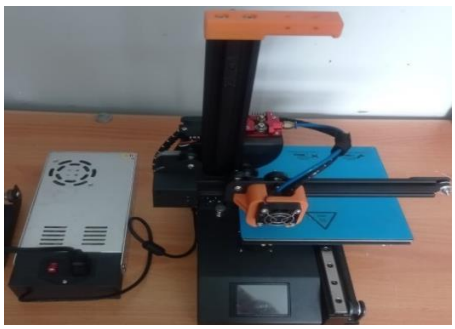
Tabel 1. Nilai level dan parameter proses yang diuji

Parameter Proses	*Level*		
	1	2	3
Nozzle Temperature (℃)	230	235	240
Flowrate (%)	100	110	115
Printing Speed (mm/s)	30	35	40
Layer Thickness (mm)	0.15	0.20	0.25

2.1. Peralatan Penelitian

1. Mesin 3D *printing* FDM

Mesin 3D *printing* FDM *(Fused Deposition Modeling)* REXYZ A1, dengan build size 180 mm x 180 mm x 180 mm dan *single nozzle* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Mesin 3D *Printing* REXYZ A1

2. Surface Raughness Tester

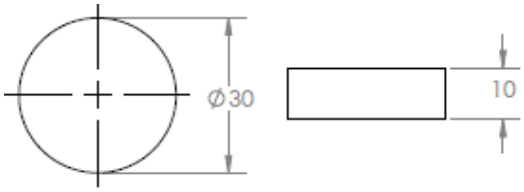
Surface roughness tester merupakan alat pengukur kekasaran permukaan spesimen ditunjukan pada Gambar 2.



Gambar 2. *Surface Roughness Tester*

3. Desain Penelitian

Desain penelitian yang akan dilakukan pencetakan menggunakan mesin 3D *printing* FDM dengan dimensi $\emptyset 30 \times \emptyset 10\ mm$. Desain penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain Penelitian

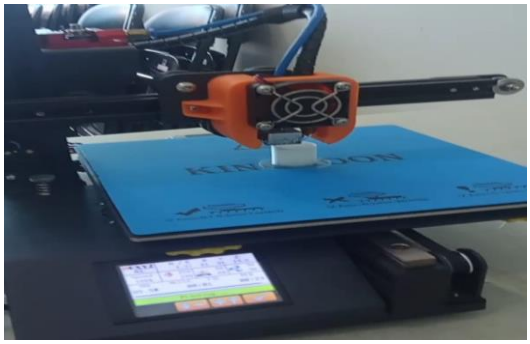
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pegambilan data penelitian ini dilakukan dengan cara mencetak spesimen/benda kerja uji dengan berbagai kombinasi parameter yang telah digunakan pada mesin 3D *printing* FDM. Adapun parameter yang terpilih untuk dikombinasi yaitu *Nozzle Temperature* (℃), *Flowrate* (%), *Printing Speed (mm/s), Layer Thickness (mm).*

Tabel 2. Desain faktorial penelitian L9 AO

No.	*Nozzle Temperature* (℃)	*Flowrate (%)*	*Printing Speed (mm/s)*	*Layer Thickness (mm)*
1	230	100	30	0.15
2	230	100	30	0.15
3	230	100	30	0.15
4	230	110	35	0.20
5	230	110	35	0.20
6	230	110	35	0.20
7	230	115	40	0.25
8	230	115	40	0.25
9	230	115	40	0.25

Tabel 2 digunakan untuk mencetak spesimen/benda uji kekasaran permukaan. Selanjutnya spesimen dicetak tiga replikasi setiap eksperimennya. Data level setiap parameter dimasukan kedalam *software slincing* agar mendapatkan *G-code* untuk proses pencetakan. *G-code* tersebut dimasukan ke mesin *3D printing* untuk proses pencetakan. Proses pencetakan benda uji ditunjukan pada Gambar 4.



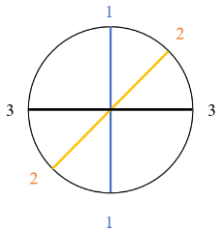
Gambar 4. Proses Pencetakan Benda Uji

Spesimen/benda uji yang dihasilkan dari proses pencetakan yang telah dilakukan dengan setiap eksperimen tiga kali replikasi ditunjukan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Proses Pencetakan Benda Uji

Setelah semua proses selesai, maka selanjutnya melakukan uji kekasaran menggunakan alat *Surface Rougnes Tester* untuk mengukur tingkat kekasaran permukaan agar dapat mengetahui nilai kekasaran permukan spesimen. Berikut titik pengambilan data nilai kekasaran permukaan spesimen ditunjukan pada Gambar 6.



Gambar 6. Titik yang Diuji

3.1. Sub Bab Hasil dan Pembahasan 1

Setelah melakukan pengujian kekasaran disemua spesimen, maka didapatkan hasil nilai kekasaran permukan. Hasil dari pengujian tersebut antra lain rata-rata dari kekasaran permukaan dari setiap eksperimen ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian kekasaran

No.	Eksperimen	Replikasi	Titik Benda Uji			Rata-rata
			1	2	3	
1.	L1	1	4,658	4.034	1,879	3,523

		2	3,965	4,275	1.901	3.380
		3	4,785	4,125	1,676	3,528
		1	6,060	3,133	1,390	3,527
2	L2	2	6,973	4,580	1,499	4,338
		3	6,092	3,282	2,826	3.125
		1	3,135	3,462	1,559	2,718
3	L3	2	3,745	3,278	1,480	2,834
		3	3,273	3,562	1,877	2,904
		1	4,920	5,215	3.580	4,571
4	L4	2	4,638	4,455	2,443	3,845
		3	4,413	4,687	3,687	4,262
		1	3,766	3,266	1,663	2,898
5	L5	2	3,470	4,307	1,081	2,952
		3	4,372	3,952	1,035	3,119
		1	3,679	3,266	1,502	2,932
6	L6	2	3,472	4,307	1,450	3,117
		3	3,405	4,532	1,777	3,238
		1	4,910	4,477	1,475	3,620
7	L7	2	3,972	3,366	1,968	3,102
		3	4,319	3,365	1,154	2,946
		1	4,450	3,901	2,241	3,530
8	L8	2	4,798	4,107	1,771	3,558
		3	4,738	4,069	2,296	3,701
		1	4,175	3,909	1,573	3,219
9	L9	2	5,267	3,730	1,418	3,471
		3	4,068	3,705	1,714	3,162

3.2. Sub Bab Hasil dan Pembahasan 2

Pengolahan data hasil pengujian dilakukan untuk mendapatkan parameter proses yang paling berpengaruh terhadap hasil uji kekasaran permukaan dengan metode *taghuci*. Proses pengolahan data inimenggunakan *software* analisis, dimana hasil dari data pengujian pada Tabel 3 dimasukan kedalam *software* analisis Minitab guna mendapatkan hasil respon *Mean Plot* dan *S/N Ration* dengan kualitas *"smaller is batter"* karena semakin kecil Semakin baik, nilai selisih yang mempunyai Selisih nilai paling kecil pada spesimen maka nilai kekasaran yang dihasilkan semakin baik. Hasil dapat dilihat pada Gambar 7.

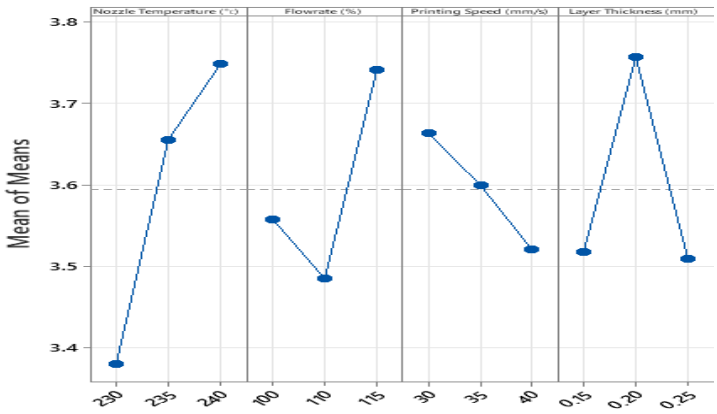
	Nozzle Temperature (°C)	Flowrate (%)	Printing Speed (mm/s)	Layer Thickness (mm)	Mpa 1	Mpa 2	Mpa 3
1	230	100	30	0.15	3.523	3.525	3.528
2	230	100	30	0.15	3.527	4.338	3.125
3	230	100	30	0.15	2.718	2.834	2.904
4	230	110	35	0.20	4.571	3.845	4.262
5	230	110	35	0.20	2.932	3.117	3.238
6	230	110	35	0.20	2.932	3.102	2.946
7	230	115	40	0.25	3.620	3.102	2.946
8	230	115	40	0.25	3.530	3.558	3.701
9	230	115	40	0.25	3.219	3.471	3.162

Gambar 7. Data Hasil Uji Kekasaran Permukaan dari *Software* Minitab 20

3.3. Pengolahan Data Hasil Eksperimen

Data hasil pengujian dilakukan untuk memperoleh pengaturan parameter proses yang optimum dan berpengaruh terhadap hasil uji kekasaran permukaan dengan metode Taguchi. Pengolahan data ini menggunakan *software* analisis, dimana nilai hasil pengujian tersebut dimasukan kedalam *software* analisis minitab20 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 4.



Gambar 8. Grafik *Mean Plot*

Tabel 4. *Mean plot*

Level	*Nozzle Temperature* (°C)	*Flowrate* (%)	*Printing Speed* (mm/s)	*Layer Thickness* (mm)
1	3.378	3.534	3.657	3.512
2	3.674	3.488	3.620	3.722
3	3.710	3.740	3.484	3.527
Delta	0.332	0.252	0.174	0.211
Rank	1	2	4	3

Sumber : Hasil *Software* Minitab 20

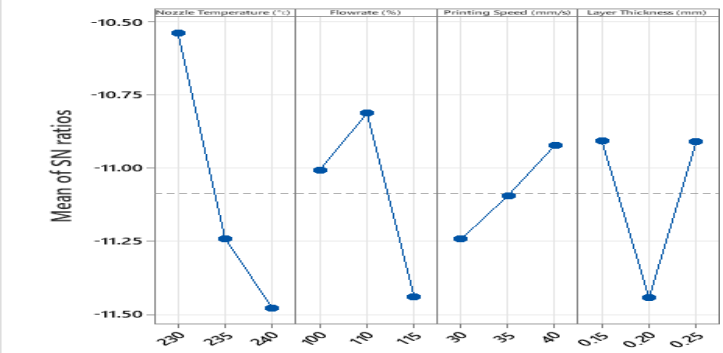
Berdasarkan Gambar 8 dan Tabel 4 dapat disimpulkan bahwa parameter yang sangat berpengaruh adalah *Nozzel Temperature*. Dan parameter proses yang sangat berpengaruh sesuai dengan kualitas "*smaller is better*" secara berurutan ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai parameter

Rank	Parameter	Nilai Optimum	Nilai *Mean Plot*
1	*Nozzel Temperature*	(240 ℃)	3.710
2	*Flowrate*	(115 %)	3.740
3	*Layer Thickness*	(0.20 mm)	3.722
4	*Printing Speed*	(30 mm/s)	3.657

Berdasarkan Gambar 9 parameter yang berpengaruh terhadap hasil uji kekasaran permukaan spesimen yaitu *Nozzle Temperatur* (230℃), *Flowrate* (110%), *Printing Speed* (40 mm/s), *Layer Thickness* (0.15 mm).

Berdasarkan Tabel 6 parameter yang berpengaruh paling besar terhadap hasil uji kekasaran permukaan spesimen secara berturut-turut yaitu ditunjukan pada Tabel 7.



Gambar 9. Grafik *S/N Ratio*

Table 6. *S/N ratio*

Level	*Nozzle Temperature* (℃)	*Flowrate* (%)	*Printing Speed* (mm/s)	*Layer Thickness* (mm)
1	-10.54	-11.01	-11.24	-10.91
2	-11.24	-10.81	-11.09	-11.44
3	-11.48	-11.44	-10.92	-10.91
Delta	0.94	0.63	0.32	0.54
Rank	1	2	4	3

Sumber : Hasil *software* Minitab 20

Tabel 7. Nilai optimum *S/N ratio*

Rank	Parameter	Nilai Optimum	Nilai *S/N Ratio*
1	*Nozzel Temperature*	(230℃),	-10.54
2	*Flowrate*	(110%)	-10.81
3	*Layer Thickness*	(0.15mm)	-10.91
4	*Printing Speed*	$(40mm/s)$	-10.92

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa hasil pengujiaan kekasaran permukaan dari 4 parameter proses yang diuji yaitu : *Nozzle Temperature, Flowrate, Layer Thickness, Printing Speed,* dengan tiga level factor sangat berpengaruh pada pengujian kekasaran permukaan terhadap factor tersebut. Dengan urutan faktor paling berpengaruh terhadap filamen PETG berturut yaitu : *Nozzel temperature*, *Flowrate, Layer Thickness, Printing Speed*. Nilai kekasaran permukaan paling Optimum terjadi pada sepesimen desain factorial taguchi L9, yaitu *Nozzle Temperatur* (230℃)*, Flowrate* (110%)*, Printing Speed* $(40mm/s)$*, Layer Thickness* $(0.15mm)$. dengan kekasaran permukaan dari 4 pengujian sebesar -10,81 Mpa.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Christiliana, "Optimasi Parameter Proses pada 3D Printing FDM terhadap," *Jurna; manutek,* vol. 01, p. 13, 2021.

[2] D. H. &. P. Andriyansyah, "Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kuat Filamen Polylactic Acid Menggunakan Metode Taguchi.," 2018.

[3] P. H. &. Yudha B., "Pengaruh Parameter Proses Slicing Software Terhadap Kekasaran Permukaan Printing Part Filamen ST-PLA.," *Jurnal Teknologi Manufaktur,* vol. 13, pp. 33-40, 2021.

[4] H. &. S. Pristiansyah, "Optimasi Parameter Proses 3D Printing FDM Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Filament Eflex.," *Manutech: Jurnal Teknologi Manufaktur,* vol. 11, pp. 33-40, 2019.

[5] M. L. &. P., "PENGARUH PARAMETER PROSES 3D PRINTING TERHADAP AKURASI DIMENSI FILAMENT PETG (Polyethylene Terephthalate Gylacol).," 2022.

[6] D. Sumantri, "Peningkatan Kinerja Mesin Rapid Prototyping Berbasis Fused Deposition Modelling.," 2012.

[7] C. B. &. N. A. W. Eduar Iqbal Riza, "Peningkatan Kekuatan Lentur Produk 3D Printing Material PETG Dengan Optimasi Parameter Proses menggunakan Metode Taguchi.," *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin,* pp. 66-75, 2020.

[8] S. K. Putra, "Pemanfaatan Teknologi 3d Printing Dalam Proses Desain Produk Gaya Hidup," *Seminar Nasional Sistem Informasi Dan Teknologi Informasi,* p. 4, 2018.'

[9] D. Ardiyanto, "Uji Pengaruh Kecepatan dan Perbedaan Suhu Antara Filament PLA dengan Filament PETG Pada 3D Printer Ender 5 Pro," p. 4, 2021.

[10] I. Toufik, "Pengaruh Printing Speed Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Hasil Additive Manufacturing Dengan Polylactic Acid Filament," *2020.*