



Optimasi Parameter Proses pada 3D *Printing* FDM terhadap Akurasi Dimensi *Filament* PLA Food Grade

Malinda Christiliana¹, Pristiansyah², Yudi Oktriadi³

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

Email: malinda2399@gmail.com

Abstract

3D printing is manufacturing process technology that is widely developed to make a rapid prototype according to the desired design, one of which is FDM (Fused Deposition Modeling) technology. The type of filament used in this study was filament Poly Lactic Acid (PLA) food grade. This study aims to obtain optimal parameters for FDM 3D printing machines in terms of dimensional accuracy. The method used in this process parameter optimization research is the Taguchi L_{27} OA method. The process parameters used are nozzle temperature, layer thickness, print speed, infill rate, and temperature based plate. The results of research that have been conducted show the optimal process parameter values for dimensional accuracy of the specimen height was nozzle temperature (185 °C), layer thickness (0,20 mm), print speed (40 mm/s), infill rate (8 %), and temperature based plate (40 °C).

Keywords: 3D printing; FDM, PLA; parameter; accuracy; dimension

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). Jenis *filament* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *filament Poly Lactic Acid (PLA) food grade*. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan parameter optimal bagi mesin 3D printing FDM dalam hal akurasi dimensi. Metode yang digunakan dalam penelitian optimasi parameter proses ini yaitu metode Taguchi L_{27} OA. Parameter proses yang digunakan yaitu *nozzle temperature*, *layer thickness*, *print speed*, *infill rate*, dan *temperature based plate*. Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa nilai parameter proses optimal untuk tinggi spesimen yaitu *nozzle temperature* (185 °C), *layer thickness* (0,20 mm), *print speed* (40 mm/s), *infill rate* (8 %), dan *temperature based plate* (40 °C).

Kata kunci: 3D printing; FDM, PLA; parameter; akurasi; dimensi

1. PENDAHULUAN

Proses manufaktur sepanjang 50 tahun terakhir telah menyebabkan kemajuan yang pesat dan berkesinambungan dalam industri manufaktur [1], salah satu proses manufaktur yang mengalami kemajuan yang pesat yaitu teknologi 3D printing. Hadirnya teknologi 3D printing dalam dunia manufaktur membawa perubahan besar pada dunia, terutama di kalangan industri [2]. Salah satu penerapan dari 3D printing yaitu dengan membuat produk siap pakai. Proses pembuatan produk menggunakan 3D printing ini masih memiliki kekurangan dalam segi keakurasian dimensinya. Produk yang dihasilkan dari pencetakan 3D printing ini mengalami pengurangan atau penambahan ukuran sehingga belum sesuai dengan desain yang diinginkan [3].

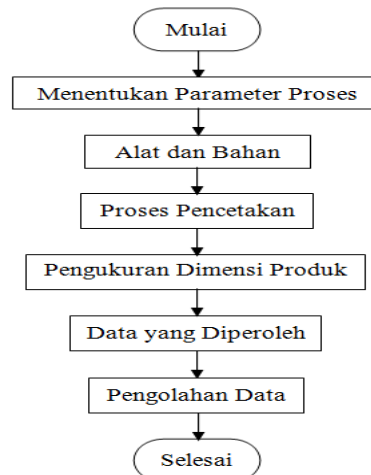
Beberapa penelitian mengenai parameter proses mesin 3D *printing* ini telah dilakukan oleh para peneliti. Penelitian tentang pengaruh parameter proses FDM terhadap kekuatan tarik dan akurasi dimensi menggunakan *filament Nylon* dan metode Taguchi L_9 OA menunjukkan bahwa *layer thickness* merupakan parameter proses yang paling berpengaruh terhadap karakteristik respon [4]. Parameter proses yang berpengaruh secara signifikan terhadap *setting* optimal mesin 3D printer FDM adalah *print speed* 60 mm/s, *flowrate* 6,28 mm³/s, dan *temperature heater block* 190 °C. Penelitian ini menggunakan metode Taguchi L_9 OA [5]. Penelitian tentang pengaruh parameter proses terhadap akurasi dimensi menggunakan *filament PLA* menunjukkan bahwa untuk mendapatkan akurasi dimensi yang baik diperlukan parameter proses *extrusion temperature* yang lebih rendah, *layer thickness* yang lebih kecil, *infill percentage* yang lebih rendah dan *infill patter hexagonal* [6].

Penelitian akurasi dimensi dengan spesimen uji berbentuk kubus menggunakan *filament Eflex* dengan parameter proses *flowrate*, *layer thickness*, *nozzle temperature*, *printing speed*, *overlap*, dan *fan speed* menunjukkan bahwa *layer thickness* memiliki pengaruh yang dominan terhadap variabel respon [7]. Penerapan metode *Grey Taguchi* untuk identifikasi level parameter pencetakan optimal yang menghasilkan akurasi dimensi didapati hasil level parameter yang optimal yaitu *number of cells* 3, *printing pattern Hexagonal* dan *infill rate* 10 % [8].

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan, maka penelitian ini dilakukan untuk mengoptimalkan parameter proses 3D *printing* dengan lima variasi parameter proses yaitu *nozzle temperature*, *layer thickness*, *print speed*, *infill rate*, dan *temperature based plate* dengan menggunakan metode Taguchi L_{27} OA untuk mencetak produk menggunakan *filament PLA food grade* dalam hal akurasi dimensi. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan parameter proses yang optimal bagi mesin 3D *printing* FDM dalam hal akurasi dimensi dengan menggunakan *filament PLA food grade*.

2. MATERIAL DAN METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan bahan *filament PLA food grade* yang dimana *filament* ini berasal dari tanaman seperti tepung jagung, akar tapioka dan tebu. *Filament* ini mempunyai sifat yang dapat terurai secara hayati dan secara mekanis dapat didaur ulang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode eksperimen. Metode eksperimen digunakan untuk mendapatkan parameter proses yang optimal terhadap keakurasian dimensi spesimen. Tahapan proses penelitian yang akan dilakukan ditunjukkan dalam diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1. Penentuan Parameter Proses

Pemilihan parameter proses yang berupa faktor dan level eksperimen ditentukan berdasarkan studi pustaka. Parameter proses yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *nozzle temperature* (°C), *layer thickness* (mm), *print speed* (mm/s), *infill rate* (%), dan *temperature based plate* (°C). Nilai level dan parameter proses yang diuji pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Level dan Parameter Proses yang Diuji

Faktor	Parameter Proses	Level		
		1	2	3
A	Nozzle Temperature (°C)	185	195	205
B	Layer Thickness (mm)	0.15	0.20	0.25
C	Print Speed (mm/s)	35	40	45
D	Infill Rate (%)	8	10	12
E	Temperature Based Plate (°C)	40	45	50

Setelah nilai level dan parameter proses ditentukan selanjutnya dilakukan pendesainan faktorial metode *Taguchi L₂₇ orthogonal array* (OA) menggunakan *software*. Hasil desain faktorial ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Desain Faktorial Penelitian L₂₇ OA

Exp.	Nozzle Temperature (°C)	Layer Thickness (mm)	Print Speed (mm/s)	Infill Rate (%)	Temperature Based Plate (°C)
1	185	0,15	35	8	40
2	185	0,15	35	8	45
3	185	0,15	35	8	50
4	185	0,20	40	10	40
5	185	0,20	40	10	45
6	185	0,20	40	10	50
7	185	0,25	45	12	40
8	185	0,25	45	12	45
9	185	0,25	45	12	50
10	195	0,15	40	12	40
11	195	0,15	40	12	45
12	195	0,15	40	12	50
13	195	0,20	45	8	40
14	195	0,20	45	8	45
15	195	0,20	45	8	50
16	195	0,25	35	10	40
17	195	0,25	35	10	45
18	195	0,25	35	10	50
19	205	0,15	45	10	40
20	205	0,15	45	10	45
21	205	0,15	45	10	50
22	205	0,20	35	12	40
23	205	0,20	35	12	45
24	205	0,20	35	12	50
25	205	0,25	40	8	40
26	205	0,25	40	8	45
27	205	0,25	40	8	50

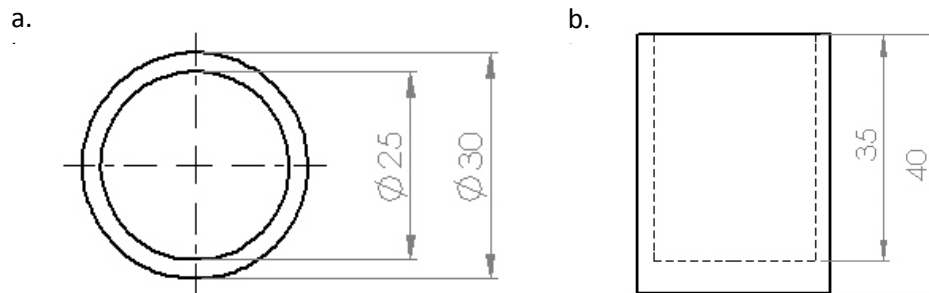
Tabel 2 digunakan untuk mencetak spesimen uji akurasi dimensi. Spesimen ini akan dicetak dengan data awal 1 (satu) kali dan 2 (dua) kali replikasi setiap eksperimennya.

2.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu mesin 3D *printing* FDM DIY XYZ A1 180 mm × 180 mm × 180mm yang digunakan untuk mencetak spesimen uji, laptop dengan merk Toshiba yang digunakan untuk menjalankan *software* yang akan digunakan dalam penelitian, *software slicer* yang digunakan untuk mendapatkan *G-code* pada mesin 3D *printing*, dan jangka sorong dengan kecermatan 0,01 mm yang digunakan untuk mengukur spesimen uji. Serta bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *filament PLA food grade* dengan diameter 1,75 mm.

2.3. Objek Penelitian

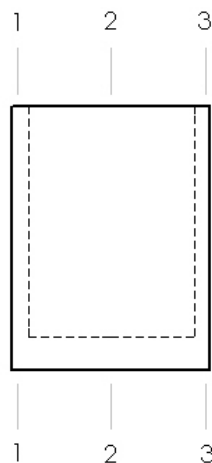
Objek penelitian yang dilakukan pada mesin 3D *Printing* FDM yaitu spesimen uji dengan dimensi objek $\varnothing 30\text{mm} \times 40\text{mm}$ seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Objek penelitian ini didesain dengan menggunakan *software Computer Aided Design* (CAD). Hasil desain objek penelitian ini disimpan dalam format STL (*.*stl*) dan diolah dalam *software slicing*, untuk mengubah objek penelitian menjadi *layer by layer* dengan variasi faktor dan level untuk menghasilkan *G-code*.



Gambar 2. Dimensi dan Bentuk Spesimen Uji
a. Dimensi Diameter Spesimen b. Dimensi Tinggi Spesimen

2.4. Pengukuran Dimensi Produk

Spesimen 3D *printing* diukur untuk mengetahui tingkat akurasi dimensi produk yang telah dicetak. Pengukuran dimensi spesimen ini menggunakan jangka sorong digital dengan kecermatan 0,01mm. Dimensi yang diukur yaitu tinggi spesimen. Dimensi spesimen ini diukur pada tiga titik yang berbeda. Posisi pengukuran spesimen ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Posisi Pengukuran Dimensi Spesimen Tinggi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari proses pencetakan spesimen dengan data awal 1 (satu) kali dan 2 (dua) kali replikasi setiap eksperimennya menggunakan desain faktorial pada Tabel 2 ditunjukkan pada Gambar 4.



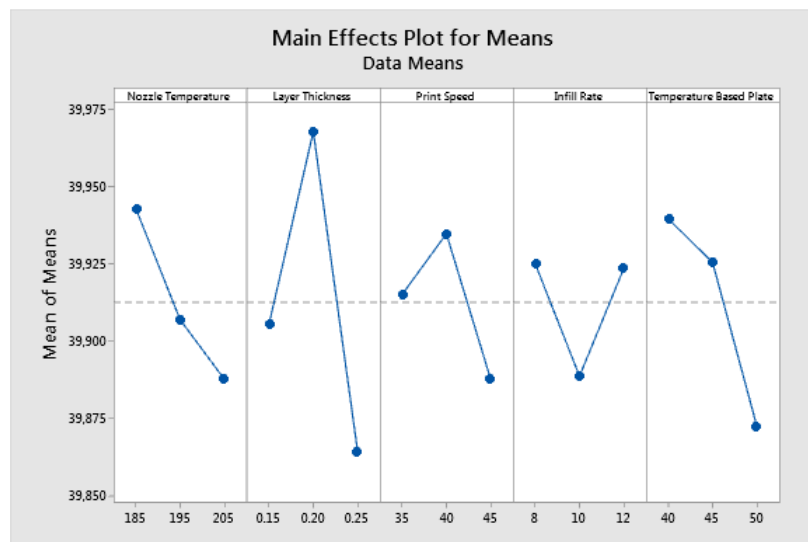
Gambar 4. Spesimen Hasil Pencetakan

Spesimen dari hasil pencetakan ini diukur akurasi dimensi tinggi spesimennya yaitu 40mm dengan posisi pengukuran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 menggunakan jangka sorong digital dengan kecermatan 0,01mm dan hasil pengukuran dari posisi tersebut kemudian dirata-ratakan. Hasil rata-rata pengukuran akurasi dimensi tinggi spesimen ditunjukkan pada Tabel 3. Nilai rata-rata pada Tabel 3 selanjutnya akan dimasukkan ke dalam *software* analisis untuk diolah.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Tinggi Spesimen

EXP	Tinggi			Rata-Rata
	Data Awal Spesimen	Replikasi 1 Spesimen	Replikasi 2 Spesimen	
1	39,94	39,94	39,92	39,93
2	39,97	39,98	39,98	39,98
3	39,93	39,94	39,96	39,94
4	39,93	39,96	39,97	39,95
5	40,02	40,03	40,04	40,03
6	39,99	40,01	40,02	40,01
7	39,85	39,88	39,86	39,86
8	39,89	39,93	39,92	39,91
9	39,85	39,87	39,88	39,87
10	40,00	40,00	40,00	40,00
11	39,99	39,98	39,99	39,99
12	39,81	39,81	39,82	39,81
13	39,99	40,01	40,01	40,00
14	39,92	39,93	39,95	39,93
15	39,91	39,92	39,91	39,91
16	39,89	39,89	39,92	39,90
17	39,85	39,85	39,84	39,85
18	39,75	39,76	39,79	39,77
19	39,97	39,96	39,95	39,96
20	39,77	39,74	39,76	39,76
21	39,78	39,79	39,77	39,78
22	40,00	40,02	40,02	40,01
23	39,96	39,98	39,99	39,98
24	39,87	39,88	39,89	39,88
25	39,83	39,82	39,84	39,83
26	39,89	39,92	39,92	39,91
27	39,87	39,88	39,90	39,88

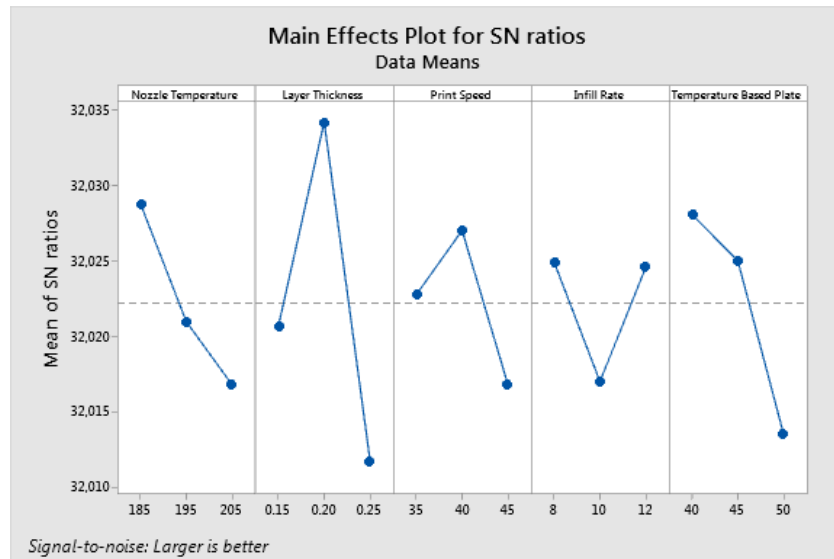
Pengolahan data hasil pengujian dilakukan untuk memperoleh pengaturan parameter proses yang optimal dan berpengaruh terhadap hasil uji akurasi dimensi menggunakan metode *Taguchi*. Pengolahan data ini menggunakan *software* analisis, dimana nilai pada Tabel 3 data hasil pengujian tersebut dimasukkan kedalam *software* analisis untuk mendapatkan nilai hasil respon *Mean Plot* dan *S/N Ratio* dengan kualitas "*Larger is Better*" karena semakin besar nilai yang dihasilkan menandakan akurasi dimensi yang dihasilkan semakin baik. Hasil perhitungan *software* analisis terhadap keakuratan dimensi tinggi spesimen dapat dilihat pada Gambar 5 dan Tabel 4 untuk hasil respon *Mean Plot* serta Gambar 6 dan Tabel 5 untuk hasil *SN Ratio*.



Gambar 5. Grafik *Mean Plot* Tinggi Spesimen

Tabel 4. Hasil *Mean Plot* Tinggi Spesimen

Response Table for Means					
Level	Nozzle Temperature (°C)	Layer Thickness (mm)	Print Speed (mm/s)	Infill Rate (%)	Temperature Based Plate (°C)
1	39,94	39,91	39,92	39,93	39,94
2	39,91	39,97	39,93	39,89	39,93
3	39,89	39,86	39,89	39,92	39,87
Delta	0,06	0,10	0,05	0,04	0,07
Rank	3	1	4	5	2



Gambar 6. Grafik S/N Ratio Tinggi Spesimen

Tabel 5. SN Ratio Tinggi Spesimen

Response for S/N Ratio					
Level	Nozzle Temperature (°C)	Layer Thickness (mm)	Print Speed (mm/s)	Infill Rate (%)	Temperature Based Plate (°C)
1	32,03	32,02	32,02	32,02	32,03
2	32,02	32,03	32,03	32,02	32,03
3	32,02	32,01	32,02	32,02	32,01
Delta	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
Rank	3	1	4	5	2

Berdasarkan Gambar 6 dan Tabel 5, nilai S/N Ratio dengan kualitas "Larger is Better" menunjukkan bahwa nilai parameter optimal dan berpengaruh secara berturut-turut terhadap akurasi dimensi tinggi spesimen objek cetak yaitu *layer thickness* (0,20 mm), *temperature based plate* (40 °C), *nozzle temperature* (185 °C), *print speed* (40 mm/s), dan *infill rate* (8 %).

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran tinggi spesimen objek cetak pada Tabel 3 serta hasil pengolahan data dari *software* analisis dapat disimpulkan bahwa, nilai parameter proses optimal untuk akurasi dimensi tinggi spesimen yaitu *nozzle temperature* (185 °C), *layer thickness* (0,20 mm), *print speed* (40 mm/s), *infill rate* (8 %), dan *temperature based plate* (40 °C).

Untuk penelitian selanjutnya dapat menambahkan atau menggunakan parameter proses lain serta level yang lebih banyak, karena dengan semakin banyak parameter serta level yang digunakan nilai parameter optimal terhadap akurasi dimensi yang didapatkan akan semakin baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Bert Lauwers, Fritz Klocke, Andreas Klink, A. Erman Tekkaya, Reimund Neugebauer, Don McIntosh, 2014, "Hybrid Process in Manufacturing", *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, Vol. 63, pp. 561-583.
- [2]. Attaran, Mohsen, 2017, "The rise of 3-D printing: The advantages of additive manufacturing over traditional manufacturin". *Business Horizons*, Vol. 60, pp. 677-688.
- [3]. Hasdiansah, Masdani, Indra Feriadi, Pristiansyah, 2020, "Optimasi Parameter Proses Terhadap Akurasi Dimensi PLA Food Grade Menggunakan Metode Taguchi", *Prosiding Seminar Nasional NCIET*, Vol. 1, pp. 175-186.

-
- [4]. C K Basavaraj, M Vishwas, 2016, "*Studies on Effect of Fused Deposition Modelling Process Parameters on Ultimate Tensile Strength and Dimensional Accuracy of Nylon*", *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*.
 - [5]. Anggit Prakasa, Setya Permana Sutisna, Anton Royanto Ahmad, 2018, "*Penentuan Setting Optimal Mesin 3D Printer Berbasis Fused Deposition Modelling Menggunakan Metode Taguchi*", *AME (Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, Vol. 4, no. 2, pp. 69-75.
 - [6]. Ala'aldin Alafaghani, Ala Qattawi, 2018, "*Investigating the effect of fused deposition modeling processing parameters using Taguchi design of experiment method*", *Journal of Manufacturing Processes*, Vol. 36, pp. 164-174.
 - [7]. Pristiansyah, Hasdiansah, Sugiyarto, 2019, "*Optimasi Parameter Proses 3D Printing FDM Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Filament Eflex*", *Manutech: Jurnal Teknologi Manufaktur*, Vol. 11, no. 01.
 - [8]. Kyriaki-Evangelia Aslani, Konstantinos Kitsakis, John D. Kechagias, Nikolaos M. Vaxevanidis, Dimitrios E. Manolakos, 2020, "*On the application of grey Taguchi method for benchmarking the dimensional accuracy of the PLA fused filament fabrication process*", *SN Applied Sciences*, Vol. 2, pp. 1-11.