



OPTIMASI AKURASI DIMENSI HASIL CETAKAN PROSES 3D
PRINTING YANG TERBUAT DARI FILAMEN NYLON
MENGUNAKAN METODE TAGUCHI

Inne Dwi Agustini¹, Hasdiansah², Adhe Anggry³

¹²³Teknik Mesin Polman Negeri Babel, Kawasan Industri Air Kantung Sungailiat
dwiinneagustini@gmail.com

ABSTRAK

Manufaktur additive merupakan teknologi pembuatan objek nyata langsung dari model CAD. Salah satunya 3D printing FDM. Keunggulan teknologi ini adalah dapat mencetak berbagai bentuk seperti cangkir dan mangkok, material mudah didapat, biaya perawatan yang rendah dan pengoperasian tanpa pengawasan, namun memiliki keterbatasan salah satunya terkait akurasi dimensi hasil cetakan, akibatnya produk yang dihasilkan masih belum sesuai dengan desain yang diinginkan. Pengaturan akhir faktor kontrol pada proses 3D printing FDM yang optimal diakui sebagai salah satu langkah paling penting untuk meningkatkan kualitas produk. Penelitian tentang penentuan pengaturan faktor-faktor kontrol mesin anycubic 4max pada produk bush yang terbuat dari filamen nylon. Faktor-faktor kontrol yang divariasikan adalah nozzle Temperatur, Bed Temperature, Layer Thickness, wall thickness, Flowrate, Print Speed, overlap, infill density, infill speed. Rancangan eksperimen dan optimasi menggunakan metode Taguchi. Rancangan percobaan menggunakan matriks ortogonal L27 dengan 3 level. Hasil penelitian menunjukkan akurasi dimensi yang terbesar pada nomor eksperimen 20 dengan nilai 9,97 mm dan terkecil berada pada nomor eksperimen 1 dengan nilai 9,71 mm. Faktor kontrol yang berpengaruh terhadap pada proses 3D printing FDM secara berturut-turut adalah layer thickness, nozzle temperature, bed temperature, flowrate, infill speed, overlap, wall thickness, printing speed, dan infill density.

Kata Kunci: 3D Printing FDM, Akurasi Dimensi, Nylon, Faktor Kontrol, Filamen Nylon, Metode Taguchi

ABSTRACT

Additive manufacturing is a technology for creating real objects directly from CAD models. One of them is 3D printing FDM. The advantages of this technology are that it can print various shapes such as cups and bowls, the material is easy to obtain, low maintenance costs and unattended operation, but it has limitations, one of which is related to the dimensional accuracy of the prints, as a result the resulting product is still not in accordance with the desired design. The final setting of control factors in the optimal FDM 3D printing process is recognized as one of the most important steps to improve product quality. Research on determining the control factors of the Anycubic 4max machine on the bush products made of nylon filament. Varied control factors are nozzle temperature, bed temperature, layer thickness,

wall thickness, flowrate, print speed, overlap, infill density, infill speed. Experimental design and optimization using the Taguchi method. The experimental design uses an L_{27} orthogonal matrix with 3 levels. The results showed that the highest dimensional accuracy was at experimental number 20 with a value of 9.97 mm and the smallest was at experimental number 1 with a value of 9.71 mm. Control factors that affect the FDM 3D printing process, respectively, are layer thickness, nozzle temperature, bed temperature, flowrate, infill speed, overlap, wall thickness, printing speed, and infill density.

Keywords: 3D Printing FDM, Dimensional Accuracy, Nylon, Control Factor, Nylon Filament, Taguchi Method

1. PENDAHULUAN

Percetakan tiga dimensi (*3D Printing*) adalah salah satu mesin paling andal dan revolusioner dalam *additive manufacturing* (Pambudi, 2017). *Additive Manufacturing* adalah teknologi yang memungkinkan pembuatan objek nyata langsung dari model CAD (*Computer Aided Design*). Pembuatan objek dilakukan dengan secara bertahap dengan menambahkan objek lapisan demi lapisan hingga menjadi objek utuh (Andriansyah, Herianto, & Purfaji, 2018). Teknologi pencetakan 3D Printing banyak digunakan adalah *Fused Deposition Modeling* (FDM) keunggulan teknologi ini adalah memiliki ketersediaan material yang baik pergantian *filament* yang mudah biaya perawatan yang rendah dan pengoperasian tanpa pengawasan (L.M., I.Bodi, J.Kacani, & F.Lavrccia, 2015). *3D printing* FDM dapat mencetak berbagai bentuk seperti mangkuk dan cangkir. Namun dalam hal ini memiliki keterbatasan terkait dengan akurasi dimensional. Akibatnya produk yang dihasilkan masih belum sesuai dengan desain yang diinginkan. Berkenan dengan kekurangan tersebut diperlukan parameter proses yang tepat pada printer untuk mendapatkan produk atau cetakan dengan akurasi dimensi yang baik (Hasdiansah, Masdani, Feriadi, & Pristiansyah, 2020).

Nylon (Poliamida) adalah bahan yang populer di industri plastik karena memiliki ketangguhan dan fleksibilitas yang baik. *Nylon* memiliki keunggulan yaitu tahan lama, tahan benturan, fleksibel, tidak bau saat dicetak, dan ketahanan abrasi (*Simplify3D*). Metode Taguchi merupakan metode statistik yang digunakan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses. Dr. Genichi Taguchi seorang konsultan manajemen kualitas asal Jepang yang mengembangkan metode matriks ortogonal dalam melakukan rancangan eksperimen. Metode Taguchi berupaya mencapai sasaran tersebut dengan menjadikan produk dan proses tidak sensitive terhadap berbagai faktor gangguan (*noise*), seperti material, perlengkapan manufaktur, tenaga kerja manusia, dan kondisi-kondisi operasional (Soejanto, 2009). Dalam metode Taguchi, optimasi hanya dapat dilakukan untuk satu respon saja.

Penelitian-penelitian sebelumnya yang terkait dengan penelitian ini antara lain “Pengaruh parameter proses terhadap kekuatan tarik dan akurasi menggunakan filament nilon” (Basavaraj & Vishwas, 2016) pada penelitian ini optimasi menggunakan metode Taguchi L_9 OA, hasil menunjukkan bahwa faktor kontrol yang paling berpengaruh terhadap akurasi dimensi adalah *layer thickness*. “Optimasi keakuratan dimensi produk cetak *3D printing* berbahan plastik PP daur ulang menggunakan metode Taguchi” (Pamasaria, Saputra, Utama, & Budiantoro,

2020) menunjukkan bahwa parameter yang optimal adalah *printing temperature* pada level 260°C , *layer height* pada level $0,16\text{ mm}$, dan *print speed* pada level 20 mm/s . Pada penelitian “Optimasi parameter proses pada 3D printing FDM terhadap akurasi dimensi filament PLA *Food Grade*” (Cristiliana, Pristiansyah, & Oktriadi, 2021) mendapatkan hasil faktor kontrol yang optimal adalah *nozzle temperature* pada level 185°C *layer thickness* pada level $0,20\text{mm}$, *print speed* pada level 40mm/s , *infill rate* pada level 8% , dan *temperature based plate* pada level 40°C . Dari penelitian “Optimasi parameter proses 3D printing FDM terhadap akurasi dimensi menggunakan *filament eflex*” (Pristiansyah, Hasdiansah, & Sugiyarto, 2019) menunjukkan bahwa faktor kontrol yang paling berpengaruh adalah *layer thickness* dari faktor kontrol yang ada. Pada penelitian “Evaluasi akurasi dimensi pada objek hasil 3D *Printing*” (Andriansyah, Sriyanto, Jamaldi, & Taufik, 2021) menunjukkan bahwa proses 3D *printing* mengalami deviasi pada dimensi geometri dan posisi.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut, penelitian ini bertujuan untuk menentukan kombinasi optimum faktor kontrol terhadap akurasi dimensi cetakan proses 3D *printing* menggunakan filamen Nylon yang akan berfokus pada 9 (Sembilan) faktor kontrol yaitu *Nozzle Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)*, *Bed Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)*, *Layer Thickness (mm)*, *wall thickness (mm)*, *Flowrate (%)*, *Print Speed (mm/s)*, *overlap (%)*, *infill density (%)*, *infill speed (mm/s)* dengan menggunakan metode Taguchi.

2. METODE

Langkah-langkah penelitian ini dimulai dengan menentukan faktor kontrol dan level dari setiap faktor kontrol. Dilanjutkan dengan membuat specimen (produk penelitian), menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dan melakukan proses mulai dari *software slicing* sehingga dapat diproses oleh mesin 3D *printing* FDM. Setelah semua proses 3D *printing* selesai maka langkah selanjutnya adalah mengukur dimensi hasil cetakan menggunakan jangka sorong digital.

2.1 Menentukan Faktor Kontrol

Pengaturan faktor kontrol dan nilai level ditunjukkan pada Tabel 1. Rancangan eksperimen menggunakan metode Taguchi dengan matrik orthogonal L_{27} yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Faktor Kontrol dan Nilai Level

Kode	Faktor Kontrol	Nilai Level		
		1	2	3
A	<i>Nozzle Temperature ($^{\circ}\text{C}$)</i>	256	258	260
B	<i>Bed Temperature ($^{\circ}\text{C}$)</i>	95	98	100
C	<i>Layer Thickness (mm)</i>	0,2	0,24	0,28
D	<i>Flowrate (%)</i>	90	95	100
E	<i>Printing Speed (mm/s)</i>	25	30	35
F	<i>Overlap (%)</i>	5	10	15
G	<i>Infill Density (%)</i>	20	25	30
H	<i>Infill Speed (mm/s)</i>	20	25	30
I	<i>Wall Thickness (mm)</i>	0,8	1,0	1,2

Table 2. Rancangan Eksperimen Taguchi L_{27}

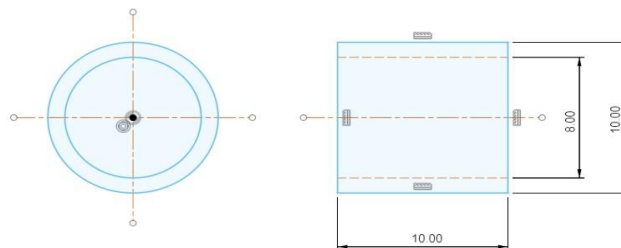
No. Eksp.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	No. Eksp.	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	2	2	3	1	3	1	2	1	2

2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	16	2	3	1	2	1	2	3	3	1
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	17	2	3	1	2	2	3	1	1	2
4	1	2	2	2	1	1	1	2	2	18	2	3	1	2	3	1	2	2	3
5	1	2	2	2	2	2	2	3	3	19	3	1	3	2	1	3	2	1	3
6	1	2	2	2	3	3	3	1	1	20	3	1	3	2	2	1	3	2	1
7	1	3	3	3	1	1	1	3	3	21	3	1	3	2	3	2	1	3	2
8	1	3	3	3	2	2	2	1	1	22	3	2	1	3	1	3	2	2	1
9	1	3	3	3	3	3	3	2	2	23	3	2	1	3	2	1	3	3	2
10	2	1	2	3	1	2	3	1	2	24	3	2	1	3	3	2	1	1	3
11	2	1	2	3	2	3	1	2	3	25	3	3	2	1	1	3	2	3	2
12	2	1	2	3	3	1	2	3	1	26	3	3	2	1	2	1	3	1	3
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3	27	3	3	2	1	3	2	1	2	1
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1										

Berdasarkan Tabel 2, data dimasukkan kedalam *software slicer* untuk selanjutnya ke proses mencetak.

2.2 Objek Produk Penelitian

Produk penelitian desain menggunakan *software CAD* yang disimpan dalam format STL. Desain produk ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Produk Penelitian

2.3 Alat dan Bahan

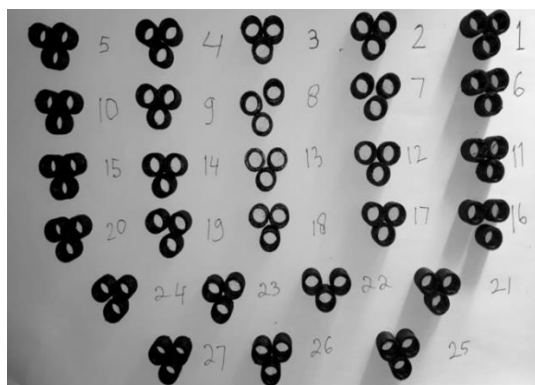
Untuk proses mencetak produk menggunakan mesin *Anycubic 4max* dengan *printing volume XYZ 210mm x 210mm x 300mm* jenis filamen yang digunakan adalah Nylon. Alat dan bahan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. 3D Printing *Anycubic 4max* dan Filamen Nylon

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada setiap rancangan eksperimen dicetak sebanyak 3 replikasi sehingga total hasil pencetakan sebanyak 81 buah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Cetak Spesimen

Spesimen Produk penelitian yang sudah dicetak kemudian diukur panjangnya menggunakan jangka sorong digital dengan kecermatan 0,01 mm. Rata-rata panjang produk untuk setiap replikasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata Replikasi Panjang Produk

No. Eksp.	Rata-rata Replikasi (mm)			Nilai Rata-rata (mm)	No. Eksp.	Rata-rata Replikasi (mm)			Nilai Rata-rata (mm)
	R1	R2	R3			R1	R2	R3	
1	9,66	9,79	9,70	9,66	15	9,91	9,95	9,93	9,93
2	9,76	9,71	9,70	9,72	16	9,75	9,74	9,74	9,74
3	9,77	9,80	9,76	9,78	17	9,77	9,82	9,78	9,79
4	9,74	9,77	9,77	9,76	18	9,74	9,77	9,75	9,75
5	9,78	9,74	9,75	9,76	19	9,90	9,96	9,91	9,92
6	9,69	9,79	9,72	9,73	20	9,98	9,97	9,97	9,97
7	9,88	9,92	9,92	9,90	21	9,98	9,97	9,95	9,97
8	9,93	9,92	9,93	9,93	22	9,74	9,77	9,77	9,76
9	9,98	9,96	9,95	9,96	23	9,72	9,74	9,76	9,74
10	9,80	9,75	9,77	9,77	24	9,76	9,70	9,71	9,72
11	9,76	9,76	9,74	9,75	25	9,75	10,07	9,85	9,89
12	9,75	9,75	9,78	9,76	26	9,74	9,76	9,77	9,76
13	9,96	9,96	9,96	9,96	27	9,93	9,78	9,85	9,85
14	9,93	9,94	9,94	9,94					

Berdasarkan data pada Tabel 3, didapat nilai rata-rata hasil pengukuran yang terbesar pada nomor eksperimen 20 dengan nilai rata-rata 9,97 mm dengan deviasi sebesar 0,03 mm dan rata-rata hasil pengukuran terkecil pada nomor eksperimen 1 dengan nilai rata-rata 9,71 mm deviasi sebesar 0,29 mm. Tahapan selanjutnya dilakukan analisis respon *S/N Ratio* dengan karakteristik kualitas *smaller is better* untuk mengetahui faktor kontrol optimal terhadap akurasi dimensi hasil cetakan menggunakan *software* analisis data. Hasil analisis data ditunjukkan pada Gambar 4 dan Tabel 4.



Gambar 4. Grafik *S/N Ratio* Panjang Produk

Tabel 4. Respon *S/N Ratio* Panjang Produk

Faktor Kontrol	Level			Delta	Rank
	1	2	3		
Nozzle Temperature (°C)	-19,83	-19,85	-19,86	0,03	2
Bed Temperature(°C)	-19,84	-19,83	-19,86	0,03	3
Layer Thickness(mm)	-19,78	-19,81	-19,95	0,17	1
Flowrate (%)	-19,86	-19,85	-19,83	0,02	4
Printing Speed(mm/s)	-19,85	-19,84	-19,85	0,01	8
Overlap (%)	-19,84	-19,85	-19,86	0,02	6
Infill Density (%)	-19,84	-19,85	-19,85	0,01	9
Infill Speed (mm/s)	-19,83	-19,85	-19,85	0,02	5
Wall Thickness (mm)	-19,84	-19,86	-19,74	0,02	7

Berdasarkan hasil analisis respon *S/N Ratio* pada Tabel 4 menunjukkan bahwa faktor kontrol yang paling berpengaruh terhadap akurasi dimensi panjang produk adalah *layer thickness*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran akurasi dimensi panjang produk, bahwa akurasi dimensi cetakan yang tertinggi berada pada nomor eksperimen 20 dengan nilai rata-rata 9,97 mm dan terkecil pada nomor eksperimen 1 dengan nilai rata-rata 9,71 mm. faktor kontrol yang berpengaruh terhadap pada proses 3D *printing FDM* secara berturut-turut adalah *layer thickness*, *nozzle temperature*, *bed temperature*, *flowrate*, *infill speed*, *overlap*, *wall thickness*, *printing speed*, *infill density*.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis selaku peneliti mengucapkan terima kasih banyak kepada dosen pembimbing dan teman-teman yang sudah membantu memberi arahan sehingga penelitian dapat selesai tepat waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriansyah, D., Herianto, & Purfaji. (2018). Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kuat Tarik Filamen Polilactid Acid Menggunakan Metode Taguchi. *Seminar Nasional Pendidikan Teknik Otomotif*, 61-68.
- Andriansyah, D., Sriyanto, Jamaldi, A., & Taufik, I. (2021). Evaluasi Akurasi Dimensi Pada Objek Hasil 3D Printing. *Journal of Mechanical Engineering*, 15-20.
- Basavaraj, C., & Vishwas, M. (2016). Studies on Effect of Fused Deposition Modelling Process Parameters on Ultimate Tensile Strength and Dimensional Accuracy of Nylon. *Materials Science and Engineering*, 149, 012035.
- Cristiliana, M., Pristiansyah, & Oktriadi, Y. (2021). Optimasi Parameter Proses pada 3D Printing FDM terhadap Akurasi Dimensi Filament PLA Food Grade. *jurnal teknologi manufaktur*, 13, No.1, 1-8.
- Hasdiansah, Masdani, Feriadi, I., & Pristiansyah. (2020). Optimasi Parameter Proses Terhadap Akurasi Dimensi PLA FOOD GRADE Menggunakan Metode Taguchi. *jurnal teknologi manufaktur*, 1, 175-186.
- L.M., G., I.Bodi, J.Kacani, & F.Lavrccia. (2015). Analysis of Dimensional Performance for a 3D Open-source Printer Based on Fused Deposition Modeling Technique. *Procedia CIRP*, 28, 82-87.
- Pamasaria, H. A., Saputra, T. H., Hutama, A. S., & Budiantoro, C. (2020). Optimasi Keakuratan Dimensi Produk Cetak 3D Printing Berbahan Plastik PP Daur Ulang Menggunakan Metode Taguchi. *Jurnal Material dan Proses Manufaktur*, 4, 12-19.
- Pambudi, A. I. (2017). Analisis Pengeruh Internal Geometri Terhadap Sifat Mekanik Material Polylactid Acid (PLA) Depreparasi Menggunakan 3D Printing. *Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Institut Teknologi Sepuluh November*.
- Pristiansyah, Hasdiansah, & Sugiyarto. (2019). Optimasi Parameter Proses 3D Printing FDM Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Filamen Eflex. *Jurnal Teknologi Manufaktur*, 11, 33-40.
- Simplify3D. (n.d.). *Ultimate Materials Guide-3D Printing With Nylon*. Retrieved April 2, 2021, from <https://www.simplify3d.com/support/materials-guide/nylon/>
- Soejanto, I. (2009). *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.