UJI KETELITIAN CETAK PRODUK LENGKUNG PRINTER 3D ANET A8

Yanuar Burhanuddin[1], Made Gita Arya Candra[2], Achmad Yahya T.P[3]., Suryadiwansa Harun[4]

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung 35145

Email : yanuar.burhanuddin@eng.unila.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengetahui parameter yang paling berpengaruh dalam mencetak produk berbentuk lengkung menggunakan 3D Printer Anet A8 dengan memvariasikan faktor-faktor *infill speed*, *print speed* dan *layer height*. Metode eksperimen dan analisis yang digunakan dalam uji ketelitian cetak produk 3D Printing ini adalah *Taguchi* L9. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa parameter proses yang paling baik untuk akurasi dimensi diameter spesimen yaitu secara berturut turut terhadap keakurasian yaitu *layer height* (0,3000 mm), *infil speed* (50 mm/s) dan *layer speed* (30 mm/s) kemudian parameter proses yang paling optimal untuk akurasi dimensi lengkung spesimen yaitu secara berturut turut terhadap keakurasian yaitu *layer height* (0,2000 mm), *infil speed* (50 mm/s) dan *layer speed* (40 mm/s). Hasil analisis ANOVA parameter yang paling berkontribusi dalam keakurasian pencetakan spesimen lengkung pada dimensi diameter adalah *layer height* sedangkan pada dimensi lengkung adalah *infil speed*.

Kata kunci : *3D Printing*, Parameter, Keakuratan, Dimensi.

Abstract

This study aims to determine the accuracy of the Anet A8 3D Printer in printing curved products with the infill speed, print speed and layer height factors in order to obtain optimal results and determine the most influential parameters in printing curved products using the Anet A8 3D Printer. The method used in testing the accuracy of printing 3D printing products is Taguchi L9. From this study it can be concluded that the most optimal process parameters for the accuracy of the dimensions of the specimen diameter are successively for accuracy, namely layer height (0.3000 mm), infil speed (50 mm/s) and layer speed (30 mm/s) then the most optimal process parameters for the accuracy of the curved dimensions of the specimen are successively for accuracy, namely layer height (0.2000 mm), infil speed (50 mm/s). s) and layer speed (40 mm/s). The results of the ANOVA analysis show that the most influential parameter in printing curved specimens with the diameter dimension is the layer height and the curved dimension is the infill speed.

Keywords **:***3D Printing, Parameters, Accuracy, Dimension*

PENDAHULUAN

Printer 3-Dimensi atau dikenal dengan pencetak tiga dimensi merupakan salah satu teknologi di bidang manufaktur sangat berkembang akhir-akhir ini. Mesin Printer 3D yang digunakan memiliki keunggulan khusus dimana benda yang dicetak dapat sama persis dengan penggambaran Computer Aided Drawing (CAD). Proses pencetakan 3D telah berkembang berapa tahun terakhir ini melibatkan berbagai metode, bahan, dan peralatan dan memiliki tren untuk mengubah proses manufaktur dan logistik.

Pencetakan 3D merupakan bagian dari Manufaktur Aditif (*Additive Manufacturing*), telah banyak diterapkan di berbagai bidang antara lain konstruksi, kesehatan, *prototyping* dan biomekanik[1]. Manufaktur Aditif (AM) didefinisikan sebagai proses penyambungan bahan untuk membuat objek dari data model tiga dimensi (3D), biasanya lapis demi lapis, sebagai lawan dari metodologi manufaktur subtraktif seperti permesinan[2].

Keakurasian dimensi adalah esensi untuk aplikasi teknologi ini pada sektor manufaktur. Bentuk akhir produk akan menentukan kelayakan fungsi

produk. Jika dimensi geometrik tidak cocok produk secara otomatis akan ditolak[3].

Ada beberapa penyebab ketidakakuratan dimensi produk Printer 3D yaitu produk mengalami penyusutan pada saat pembekuan [4], permukaan samping menyerupai anak-tangga karena deposisi lapis-demi-lapis [5], lebar raster dan tebal lapisan [6,7], suhu ekstruder dan orientasi pencetakan juga mempengaruhi keakurasian dimensi [7], jenis printer 3D, bentuk produk dan jenis bahan juga mempengaruhi akurasi dimensi [8,9].

Peningkatan keakurasian dimensi digunakan untuk mendapatkan produk dengan akurasi yang maksimal sehingga proses perakitan komponen dapat dilakukan dengan mudah dan sesuai dengan fungsinya. Akan tetapi sampai saat ini data mengenai hasil akhir cetak produk 3D printing seperti keakurasian dimensi dan lainnya masih terbilang sangat minim. Dimana data-data tersebut sangat penting untuk diketahui. Oleh karena itu untuk mengetahui tingkat keakurasiannya perlu dilakukan pengujian keakurasian produk pencetakan 3D.

METODE PENELITIAN

Alat

Penelitian ini menggunakan aplikasi Autodesk Inventor dan Ideamaker untuk membuat model geometri spesimen. Pencetakan model geometri spesimen menggunakan 3D Printer Anet A8. Sedangkan untuk pengukuran model menggunakan Profile Proyektor Multitoyo PJ 3000.

Bahan

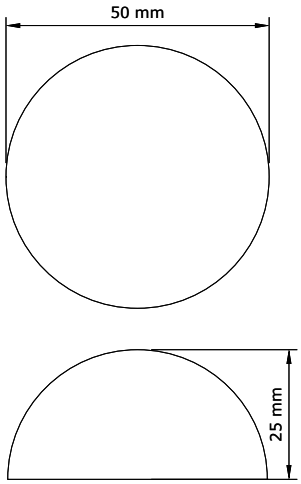
Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah filamen Polylactic Acid (PLA). PLA sendiri adalah bahan yang terbuat dari bahan alam seperti pati jagung, tapioka atau tebu. Sifat fisik dan mekanik PLA dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Sifat fisik dan mekanik PLA [10]

Sifat	Nilai
Kepadatan (g/cm^3)	1,17-1,24
Suhu leleh (o^c)	210
Kadar air (%)	≤0,1
Modulus Young (MPa)	2636±330
Kekuatan Tarik (MPa)	46,6±0,9
Pemanjangan saat putus (%)	1,90±2,1

PENCETAKAN DAN PENGUKURAN

Spesimen uji yang dicetak menggunakan Printer 3D mempunyai geometri setengah bola, dimana dimensi spesimen tersebut yaitu diameter 50 mm dan tinggi 25 mm. Gambar 1 menunjukkan model geometri dan ukuran spesimen cetak



Gambar 1 Model geometri dan ukuran spesimen cetak

Penelitian ini menggunakan desain eksperimen Taguchi L9. Ortogonal Array dengan tiga faktor dan tiga level. Parameter proses yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu *layer height* (mm), *infil speed* (mm/s), *layer speed* (mm/s). Nilai parameter dan level yang telah ditetapkan dan ditunjukan pada Tabel 2. Adapun desain eksperimen pada penelitian ini ada pada Tabel 3.

Tabel 2 Nilai parameter dan level.

Faktor	Parameter	Level		
		1	2	3
A	Layer height	0,1000	0,2000	0,3000
B	Infil Speed	70	60	50
C	Layer speed	40	30	20

Tabel 3 Variasi parameter penelitian.

Nama spesimen	*Layer height* (mm)	*Infill speed* (mm/s)	*Layer speed* (mm/s)
A1	0,1000	70	40
A2	0,1000	60	30
A3	0,1000	50	20
B1	0,2000	70	30
B2	0,2000	60	20

B3	0,2000	50	40
C1	0,3000	70	20
C2	0,3000	60	40
C3	0,3000	50	30

Pengukuran dan Analisis

Dimensi yang diukur nantinya adalah dimensi diameter, dimensi lengkung, dimensi tinggi dan dimensi jari-jari. Masing-masing dimensi dalam notasi diukur sehingga didapatkan nilai deviasi antara dimensi gambar dengan dimensi spesimen cetak. Data simpangan tersebut nantinya akan dianalisis menggunakan Analisis Taguchi dan Analisis Ragam sehingga didapat nilai parameter terbaik dan faktor yang paling berpengaruh pada pembuatan spesimen sehingga didapatkan ukuran spesimen yang mendekati ukuran yang diinginkan.

Rasio S/N

Tahap ini meliputi pengumpulan dan pengolahan data. Untuk perhitungan manual dan pengujian data statistik dilakukan pada data hasil percobaan. S/N Ratio (Signal to Noise Ratio) merupakan salah satu tahapan analisis. Signal to Noise Ratio (SNR) dalam metode Taguchi digunakan untuk mengetahui nilai level faktor yang berpengaruh dan optimal bagi karakteristik kualitas dari hasil eksperimen.

Karakteristik kualitas pada SNR terdiri seperti : *Smaller is better* atau semakin kecil semakin baik adalah karakteristik kualitas dengan batas nilai nol dan non-negatif, dimana nilai yang mendekati nol merupakan nilai yang diinginkan, *Nominal is best* atau tertuju pada nilai tertentu adalah karakteristik kualitas dengan nilai tidak nol dan terbatas, dimana suatu nilai yang mendekati nilai yang telah ditentukan adalah yang terbaik, *Larger is better* atau semakin besar semakin baik adalah karakteristik kualitas dengan rentang nilai yang tak terbatas dan non-negatif, dimana nilai semakin besar merupakan nilai yang diinginkan[11].

Analisis Variansi dan Uji Hipotesis F

Analisis variansi digunakan untuk mengetahui dan mencari besarnya suatu proses parameter kendali pengaruh secara signifikan terhadap suatu respon. Pengujian bahwa adanya pengaruh faktor atau parameter bebas terhadap percobaan dibuktikan dengan uji hipotesis F. Hipotesis adalah dugaan sementara pada suatu proses yang masih lemah kebenarannya dari parameter dalam populasi, yang digunakan untuk mendapatkan suatu keputusan, yaitu menolak atau menerima hipotesis. Pada penelitian ini taraf signifikansi α yang digunakan sebesar 5% atau 0,05. Uji hipotesis F dilakukan dengan cara membandingkan variansi yang disebabkan masing-masing faktor dan kesalahan variansi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran

Adapun hasil pengukuran yang didapatkan menggunakan profil proyektor pada spesimen yang telah dicetak, dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil pengukuran spesimen.

Objek	Diameter	Jari-Jari	Tinggi	Lengkung
A1	49,6949	24,6668	24,086	24,2476
A2	49,7456	24,7553	24,278	24,1155
A3	49,8230	24,8557	24,457	24,2389
B1	49,8922	24,4626	24,073	24,2532
B2	49,7876	24,3551	24,250	24,2693
B3	49,8168	24,2501	24,463	24,5650
C1	49,9049	24,7537	24,300	24,3498
C2	49,9123	24,3772	24,337	24,2519
C3	49,8861	24,9574	24,354	24,3642

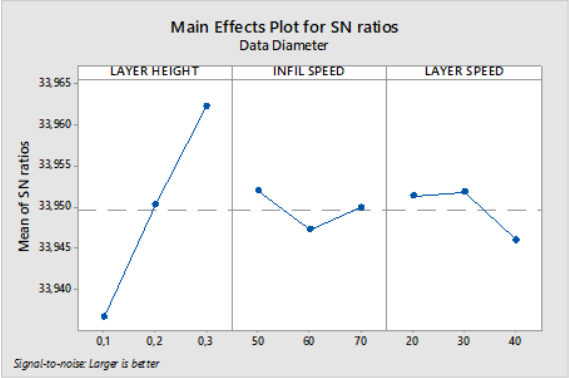
Rasio S/N Pada Dimensi Diameter

S/N Ratio digunakan untuk mengetahui nilai level faktor mana yang berpengaruh pada hasil percobaan. Kriteria Rasio S/N yang digunakan pada diameter adalah *Smaller is better*, dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Rasio S/N pada diameter.

Level	*Layer height*	*Infil speed*	*Layer speed*
1	33,94	33,95	33,95
2	33,95	33,95	33,95
3	33,96	33,95	33,95
Delta	0,03	0,00	0,01
Rank	1	3	2

Adapun gambar grafik Rasio S/N untuk dimensi diameter dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Grafik Rasio S/N dimensi diameter.

Hasil analisis Taguchi pada dimensi diameter, nilai parameter proses yang terbaik terhadap keakurasian berturut-turut adalah *layer height* 0,3000 mm, *infil speed* 50 mm/s dan *layer speed* 30 mm/s.

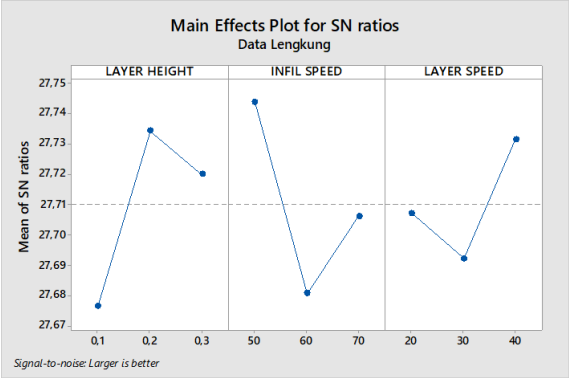
Rasio S/N Pada Dimensi Lengkung

Rasio S/N digunakan untuk mengetahui level faktor mana yang berpengaruh pada hasil percobaan. Kriteria S/N Ratio yang digunakan pada dimensi lengkung adalah *Smaller is better*, dapat dilihat pada tabel 5 berikut ini :

Tabel 6 Rasio S/N dimensi lengkung.

Level	Layer height	Infil speed	Layer speed
1	27,68	27,74	27,71
2	27,73	27,68	27,69
3	27,72	27,71	27,73
Delta	0,06	0,06	0,04
Rank	2	1	3

Adapun gambar grafik Rasio S/N untuk dimensi lengkung untuk lebih mudah membandingkan hasilnya dapat dilihat pada gambar 2. Hasil analisis Taguchi terhadap keakurasian dimensi lengkung, parameter yang terbaik yaitu *layer height* 0,2000 mm, *infil speed* 50 mm/s dan *layer speed* 40 mm/s. Dari hasil tersebut semakin tinggi nilai S/N Ratio menandakan semakin baik tingkat keakuratan spesimen uji tersebut.



Gambar 2. Grafik S/N Ratio dimensi lengkung.

Analisis Varians Pada Parameter Proses

Metode ANOVA digunakan untuk menentukan faktor mana yang mempunya respon yang signifikan dan untuk mendapatkan persentase kontribusi pada masing-masing faktor. Adapun tabel 6 menunjukan hasil ANOVA pada keakurasian dimensi diameter.

Tabel 7 Hasil ANOVA keakurasian dimensi diameter.

Analisis of variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-value	P-value
Layer height	2	0,032291	68,98%	0,032291	0,016145	2,84	0,261
Infil speed	2	0,001086	2,32%	0,001086	0,000543	0,10	0,913
Layer speed	2	0,002048	4,37%	0,002048	0,001024	0,18	0,848
Kesalahan	2	0,011389	24,33%	0,011389	0,005695		
Total	8	0,046814	100,00%				

Adapun tabel 8 menunjukan hasil ANOVA pada keakurasian dimensi lengkung.

Tabel 8 Hasil ANOVA dimensi lengkung

Analisis of variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-value	P-value
Layer height	2	0,04253	34,70%	0,04253	0,021265	3,11	0,243
Infil speed	2	0,04767	38,90%	0,04767	0,023836	3,49	0,223
Layer speed	2	0,01868	15,25%	0,01868	0,009342	1,37	0,423
Kesalahan	2	0,01367	11,15%	0,01367	0,006835		
Total	8	0,12255	100,00%				

Hasil analisis ANOVA terhadap keakurasian dimensi diameter dan dimensi lengkung menunjukkan sejatinya tidak ada satu faktor yang signifikan karena semua nilai P tiap faktor lebih besar dari 0,05. Oleh karena untuk menentukan parameter mana signifikan digunakan persentase kontribusi. Hasilnya untuk keakurasian dimensi diameter parameter yang kontribusinya besar adalah *layer height* dan untuk keakurasian dimensi lengkung yang kontribusinya besar adalah *infil speed*.

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang yang didapat dari penelitian ini antara lain :

1. Berdasarkan analisis taguchi didapat parameter proses yang terbaik pada keakurasian berturut-turut adalah *layer height* 0,3000 mm, *infill speed* 50 mm/s dan *layer speed* 30 mm/s kemudian untuk dimensi lengkung parameter yang optimal yaitu layer height 0,2000 mm, infil speed 50 mm/s dan layer speed 40 mm/s.
2. Dari hasil ANOVA, faktor yang berkontribusi terhadap keakurasian dimensi diameter adalah *layer height* dan untuk keakurasian dimensi lengkung adalah *infil speed.*

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ngo T. D., Kashani A., Imbalzano G., Nguyen K.T.Q. & Hui D. Additive Manufacturing (3D Printing): A Review of Materials, Methods, Applications and Challenges. Composite Part B: Engineering ScienceDirect, Vol. 143, 2018, pages 172-196.

[2] Moylan S., Slotwinski J., Cooke A., Jurrens K., & Donmez M.A.. An Additive Manufacturing Test Artifact. Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology, Vol. 119, 2014, pp. 429-456.

[3] Mahros Darsin, Nurcholis Alfian Mahardika, Gaguk Jatisukamto, Mochamad Edoward Ramadhan, Boy Arief Fachri and Mohd Sabri Hussin. Effect of 3D Printing Parameters on Dimensional Accuracy Using eSteel Filaments. Journal of 3D Printing and Additive Manufacturing, Vol 1. No. 1, pp. 1-7.

[4] Schmutzler C, Zimmermann A, Zaeh MF. Compensating Warpage of 3D Printed Parts Using Free-form Deformation. Procedia CIRP, Vol. 41, 2016, pp 1017-1022.

[5] Solomon J, Sevvel P, Gunasekaran J. Materials Today: Proceedings: A Review on The Various Processing Parameters in FDM. 2020: 10-15.

[6] Nancharaiah T, Ranga Raju D, Ramachandra Raju V. An experimental investigation on surface quality and dimensional accuracy of FDM components. Int J Emerg Technol 2010;1:106–11.

[7] Shahrain M, Didier T, Lim GK, Qureshi AJ. Fast Deviation Simulation for "Fused Deposition Modeling" Process. Procedia CIRP 2016;43:327–32.

[8] Braconnier DJ, Jensen RE, Peterson AM. Processing parameter correlations in material extrusion additive manufacturing. Addit Manuf 2020;31:100924.

[9] Chang DY, Huang BH. Studies on profile error and extruding aperture for the RP parts using the fused deposition modeling process. Int J Adv Manuf Technol 2011;53:1027–37.

[10] Salem H., Abouchadi H. & Elbikri K. PLA Mechanical Performance Before and After 3D Printing. Int. J. Advanced Comp. Sci and Application. Vol. 13, No 3, 2022, pp. 324-330.

[11] Soejanto, I.. Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi. Yogyakarta: Graha Ilmu. 2009