

PENGARUH PARAMETER PADA PROSES 3D PRINTING MENGGUNAKAN FILAMENT EAL-FILL TERHADAP AKURASI DIMENSI DAN KEKERASAN DENGAN PENDEKATAN METODE TAGUCHI

Ahmad Zamheri¹, Fatahul Arifin¹, Icvan Apriansyah¹

¹ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya

Palembang, 30139, Indonesia

farifinus@polsri.ac.id¹

Abstrak

Teknologi 3D printing pada dunia manufaktur memberikan perubahan besar pada dunia. Teknologi yang lebih dikenal dengan istilah Additive Layer Manufacturing ini sudah ada sejak tahun 1980-an. Munculnya teknologi 3D Printing sangat berpengaruh pada beberapa bidang industri. Oleh karena itu Studi kali ini dilakukan untuk mengetahui dan menambah pengetahuan tentang filament eAl-fill yang akan di uji dengan menggunakan pengujian akurasi dimensi dan kekerasan pada filament tersebut. Adapun dalam pengambilan data yaitu mengambil dengan menggunakan pendekatan metode taguchi yaitu L9(34). Dan dilakukan pengujian kekerasan dengan Metode Uji Brinnel. Kemudian dianalisis dengan ANOVA. Hasil analisis of varians (anova) menyatakan bahwa parameter yang paling berpengaruh pada dimensi akurasi adalah layer height dengan nilai kontribusi sebesar 64,233%. Sedangkan untuk kekerasan parameter yang sangat berpengaruh adalah print temperatur dengan nilai kontribusi sebesar 41,929%.

Kata kunci : 3D Printing, Dimensi Akurasi, Kekerasan dan Taguchi

Abstract

3D printing technology in the world of manufacturing has brought big changes to the world. This technology, which is also known as Additive Layer Manufacturing, has actually been around since the 1980s. The emergence of 3D Printing technology is very influential in several industrial fields. Therefore, this study was carried out to find out and increase knowledge about the eAl-fill filament which will be tested using dimensional accuracy and hardness testing on the filament using the Taguchi method. As for the data retrieval that is taking by using the Taguchi method approach, namely L9(34). And the hardness test was carried out using the Brinnel Test Method. Then analyzed by ANOVA. The result of analysis of variance (ANOVA) states that the parameter that has the most influence on the dimension of accuracy is the layer height with a contribution value of 64.233%. Meanwhile, the most influential parameter of hardness is the print temperature with a contribution value of 41.929%.

Key words : 3D Printing, Dimensional Accuration, Hardness and Taguchi

PENDAHULUAN

Teknologi 3D Printing disebut juga dengan Additive Layer Manufacturing ini sudah dikenal sejak tahun 1980-an. 3D Printing adalah sebuah terobosan yang baru di dunia teknologi. Terobosan ini terkenal di seluruh belahan dunia, khususnya di lingkungan akademisi dan industri. Dengan adanya teknologi 3D Printing sangat berpengaruh pada

beberapa bidang industri, terutama di segi ekonomi. [1].

Ada berbagai macam jenis teknologi rapid prototyping yang sering digunakan saat ini serta memiliki kelemahan dan kelebihan yang berbeda-beda, terkhusus parameter proses seperti Layer Thickness, System Accuracy, Dan Operation Speed [2].

Kualitas produk dari mesin 3D Printing berbasis deposisi lelehan material (FDM), pada

umumnya dibuat dalam bentuk (a) kehalusan detail permukaan produk termasuk jika permukaan bertekstur (Surface Finish), (b) ketelitian dan kepresisian ukuran produk (akurasi dimensi), (c) jumlah warna yang dapat ditawarkan (warna dari materialnya bukanlah pewarnaan tambahan yang dilakukan di luar proses), dan (d) densitas dan kesesuaian spesifikasi (densitas, kuat tarik/tekan, kuat impak, keuletan, fleksibilitas, dan sebagainya sesuai dengan kebutuhan) dengan desain awal dipengaruhi pada optimasi parameter proses [3].

Salah satu permasalahan pada proses Pencetakan 3D Fused Deposition Modeling (FDM) adalah bahwa filamen plastik yang diekstrusi cenderung menyusut. Karena penyusutan menjadi masalah yang tidak dapat dihindari untuk proses FDM, sulit untuk mendapatkan bagian yang sangat akurat dengan pengulangan yang memuaskan. Ketika parameter fabrikasi dioptimalkan, efek penyusutan dapat dikurangi.

Shrinkage adalah salah satu cacat yang sering ditemui pada produk plastik. Shrinkage (penyusutan) akan muncul bila terjadi perubahan densitas dari temperatur proses produksi ke temperatur ruangan, cacat shrinkage (penyusutan) tidak dapat kita hilangkan tetapi bisa dieliminir atau dikurangi persentasenya pada sebuah produk. Penyusutan material biasa terjadi pada termoset dan muncul selama transisi dari cairan ke kondisi padat setelah pencetakan. Ketika bahan PLA menyusut secara seragam, itu hanya akan menjadi sedikit lebih kecil. Namun ketika bagian dari model yang menyusut, itu akan menjadi masalah besar karena model tersebut akan bengkok. Model yang bengkok akan menekuk dari pelat penahan pada printer, sehingga medel dapat retak atau berubah bentuk [4].

METODE PENELITIAN

Uji Kekerasan Brinell

Metode uji kekerasan pertama kali dikenalkan oleh J.A. Brinell pada tahun 1900 yang merupakan uji kekerasan lekukan, yang pertama kali banyak digunakan serta disusun sebagai standard [5].

Uji kekerasan adalah membuat cekungan di permukaan logam dengan menggunakan bola baja yang dikeraskan, yang ditekan dengan beban tertentu. Beban diaplikasikan selama waktu tertentu sekitar 30 detik, kemudian diameter cekungan diukur dengan mikroskop, setelah beban itu dihilangkan. Permukaan yang akan dilakukan penekanan harus halus dan rata serta bersih dari debu atau kotoran.

Metode pengujian Brinell ini dilakukan dengan menekan sebuah bola baja yang terbuat dari baja krom yang dikeraskan dengan diameter tertentu

dengan gaya tekan secara statis ke dalam permukaan logam yang diuji tanpa beban kejut. Setelah gaya tekan dihilangkan dan bola baja dibebaskan dari bekas cekungan, maka diameter yang terjadi itu diukur secara teliti menggunakan alat ukur khusus. Nilai uji kekerasan Brinell biasa disingkat dengan HB atau BHN (Brinell Hardness Number). Dengan makin keras logam yang diuji, maka semakin tinggi nilai HB [6].

Metode Taguchi

Metode Taguchi pertama kali dipromisikan oleh Dr. Genichi Taguchi adalah metodologi baru pada bidang keteknikan, bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta untuk menekan biaya dan resources sekecil mungkin. Metode Taguchi adalah salah satu cara yang efektif untuk menemukan parameter pemrosesan yang lebih baik secara eksperimental, dan itu akan digunakan dalam penelitian ini untuk menemukan pemrosesan terbaik kombinasi parameter [7]

Dengan orthogonal array yang merupakan pemilihan kombinasi level dari variable-variabel input untuk masing-masing level percobaan. Taguchi berpendapat ada 2 (dua) bagian umum kualitas yaitu kualitas rancangan dan kualitas kesamaan. Kualitas rancangan adalah variasi tingkat kualitas yang ada pada suatu produk yang memang disengaja, sedangkan kualitas kesamaan adalah seberapa baik produk itu sesuai dengan kekhususan dan kelonggaran yang dibutuhkan oleh rancangan [8].

Desain parameter adalah bagian yang dioptimalkan dari metode Taguchi dan sering digunakan untuk meningkatkan desain produk dan proses. Tujuannya adalah untuk menemukan sekumpulan kombinasi level parameter yang optimal, sehingga nilai target rata-rata dapat dicapai dengan varian terkecil yang berarti hilangnya karakteristik kualitas dapat diminimalkan [9].

Karakteristik kualitas yaitu hasil suatu proses berkaitan pada kualitas produk yang ada pada proses tersebut. Menurut Taguchi, karakteristik kualitas yang terukur dibagi menjadi tiga kategori adalah:

1. Nominal is the Best
Karakteristik kualitas yang mempunyai suatu target nilai yang tepat pada suatu nilai tertentu.
2. Smaller the Better
Pencapaian karakteristik apabila semakin kecil (mendekati nol; nol adalah nilai ideal dalam hal ini) semakin baik.
3. Larger the Better.
Pencapaian karakteristik kualitas semakin besar akan semakin baik (tak terhingga sebagai nilai idealnya)

Alat

Peralatan yang digunakan adalah:

1. 3D Printing yang adalah Tipe FDM Cartesian
2. Mesin uji kekerasan dengan merk dagang ALBERT GNHEM HORGEM dan Profil Proyektor dengan merk dagang PJ-A3000 Mitutoyo
3. Alat ukur yang digunakan adalah digimatic Vernier Caliper dengan merk dagang Mitutoyo Absolute.

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah filament eAl-fill yang berunsur dasar polimer-termoplastik.

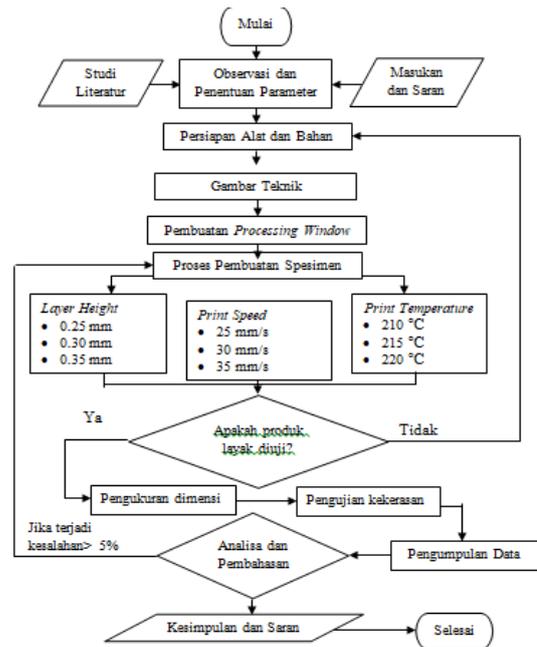
Karakteristik FilamenteAl-Fill

1. Ramah lingkungan dan tidak berbau saat mencetak;
2. Kurang Penyusutan, mencetak produk tanpa ujung melengkung;
3. Suhu cetakan lebih rendah, mobilitas lebih baik, dan pemrosesan mudah
4. Permukaan produk cetakan yang dicetak menunjukkan tekstur logam setelah dipoles.

Beberapa langkah yang diusulkan oleh Taguchi untuk melakukan eksperimen secara sistematis, yaitu:

1. Menentukan level setiap faktor
2. Memilih Orthogonal Array
3. Melakukan eksperimen dan menganalisa hasil dengan ANOVA
4. Analisa data
5. Konfirmasi.

Dalam melakukan riset ini dilakan tahapan-tahapan Seperti pada gambar 1. Dimulai dengan study literatur, kemudian membuat disain produk yang akan diuji, melakukan pencetakan benda uji, melakukan pengukuran serta pengujian kekerasan.



Gambar 1 Diagram Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menentukan Jumlah Level Setiap Faktor

1. Print speed

Print Speed diseting pada pengujian ini adalah 25 mm/s, 30 mm/s, dan 35 mm/s.

2. Layer Height

Layer Height yang digunakan adalah 0.25 mm, 0.30 mm dan 0.35 mm

3. Print Temperature

Print Temperature yang diatur adalah 210°C, 215°C dan 220°C

Tabel 1 Faktor dan Level yang dipilih dalam pembuatan spesimen

Faktor	Level 1	Level 2	Level 3
Print speed (mm/s)	25	30	35
Layer Height (mm)	0.25	0.30	0.35
Print temperature (°C)	210	215	220

Matriks Ortogonal Standar dengan 3 Level

Susunan matrik ortogonal merupakan suatu matriks yang bagian-bagiannya diatur menurut baris

dan kolom. Kolom adalah faktor yang dapat diubah dalam eksperimen. Baris merupakan kombinasi level dari faktor dalam eksperimen. [11].

Tabel 2 menunjukkan matrik ortogonal matriks $L_9(3^4)$, yang mempunyai 3 faktor dan 3 level.

Tabel 2 Matriks Ortogonal $L_9(3^4)$

Nomor Eksperimen	Nomor Kolom			
	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1
Basic mark	A	B	Ab	ab ²
Assigment	A	B	C	E

Signal Noise to Ratio Dimensi akurasi (SN Ratio)

Rasio S/N (Signal to Noise) dimanfaatkan untuk mendapatkan level faktor yang mempunyai pengaruh pada hasil percobaan. Karakteristik rasio S/N digunakan untuk Dimensi Akurasi adalah smaller the better [10].

Adapun data yang didapat dalam pengukuran dimensi nanti akan di oleh untuk mendapatkan nilai dimensi akurasi dengan menggunakan formula:

$$\frac{\text{Dimensi hasil pengukuran}}{\text{Dimensi Disain}} \times 100 \% \dots\dots\dots (1)$$

Tabel 3 Faktor dan Level yang dipilih dalam pembuatan spesimen

Dimensional accuracy eAL-FILL (%)					
No. Eks	LH (mm)	PS (mm/s)	PT (C)	Average DA (%)	S/N Ratio
1	0,25	25	210	1,061111	-2,6238
2	0,30	25	215	3,394445	-11,7211
3	0,35	25	220	1,922223	-8,5358
4	0,25	30	220	1,638889	-7,0071
5	0,30	30	210	0,977778	-1,8381
6	0,35	30	215	2,138889	-7,9791
7	0,25	35	215	0,911111	-1,1551
8	0,30	35	220	0,422222	5,6057
9	0,35	35	210	1,083334	-0,7209

1. Signal Noise to Ratio Kekerasan (SN Ratio)

Rasio S/N (Signal to Noise) dipakai untuk mengetahui level faktor mana yang berpengaruh pada hasil percobaan. Karakteristik Rasio S/N yang dipakai pada Dimensi Akurasi adalah large the better.

Tabel 4 Faktor dan Level yang dipilih dalam pembuatan spesimen

Kekerasan eAl-fill					
No. Eks	LH (mm)	PS (mm/s)	PT (°C)	Ave. BHN	S/N Ratio
1	0,25	25	210	10,308	20,0909
2	0,30	25	215	9,546333	19,1682
3	0,35	25	220	9,09	19,0599
4	0,25	30	220	9,536667	19,1593
5	0,30	30	210	9,645	19,6517
6	0,35	30	215	7,424333	17,4015
7	0,25	35	215	10,93667	20,6769
8	0,30	35	220	8,787333	18,8760
9	0,35	35	210	7,593333	17,5249

2. ANOVA Variabel Respon dimensi akurasi dan kekerasan

Metode ANOVA digunakan untuk mendapatkan faktor mana yang mempunyai pengaruh terhadap respon yang diharapkan serta untuk mendapatkan persentase kontribusi untuk masing-masing faktor.

Tabel 5 Hasil dari pengambilan data Anova pengukuran akurasi dimensi pada fillamen eAl-fill

Source	DF	Seq		Adj		P
		SS	SS	MS	F	
Layer Height	2	4,216	4,216	2,108	2,19	64,233
Print Speed	2	0,040	0,040	0,020	0,02	0,623
Print Temperature	2	0,377	0,377	0,188	0,20	5,752
Residual Error	2	1,929	1,929	0,964		29,390
Total	8	6,564				100%

Tabel 6 Hasil dari pengambilan data Anova Kekerasan (Hardness) pada fillamen eAl-fill

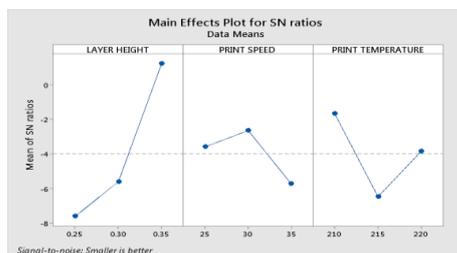
Source	DF	Seq		Adj		P
		SS	SS	MS	F	
Layer Height	2	1,333	1,333	0,666	7,29	30,449
Print Speed	2	1,026	1,026	0,513	5,62	23,446
Print Temperature	2	1,835	1,835	0,917	10,04	41,929

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Residual Error	2	0,182	0,182	0,091		4,174
Total	8	4,378				100%

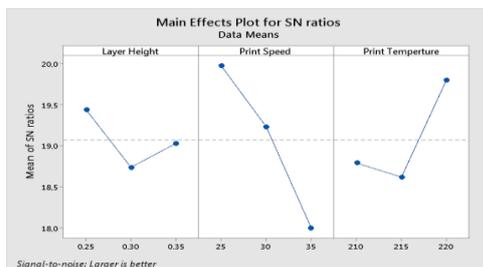
Konfirmasi

Sesudah analisa data didapat, maka akan dihasilkan nilai prediksi optimal, nilai ini merupakan prediksi parameter terbaik yang selanjutnya digunakan untuk eksperimen konfirmasi.

Nilai konfirmasi menggunakan metode taguchi dengan aplikasi minitab 19 dapat di lihat pada tabel



Gambar 2 Main Effect Plot for SN Ratios Dimensional Accuration



Gambar 3 Main Effect Plot for SN Ratios Hardness

KESIMPULAN

Setelah melakukan percobaan proses produksi dengan metode pendekatan Taguchi dan menganalisisnya menggunakan *analysis of variants* (ANOVA) maka didapatkan bahwa faktor yang berpengaruh untuk mendapatkan Dimensi Akurasi pada proses produksi dengan 3D printing ini adalah Layer height yaitu sebesar 64.233%, sedangkan untuk kekerasan yaitu print temperature dengan nilai kontribusi sebesar 41.929 %.

Parameter terbaik untuk proses produksi dengan menggunakan filament eAl-fill untuk keakuratan dimensi yaitu dengan mengatur layer

height 0,35 mm, Print Speed 30 mm/s dan Print Temperature 210°C, sedangkan parameter terbaik untuk kekerasan adalah dengan menggunakan Layer Height 0,25 mm, Print Speed 25mm/s dan Print Temperature 220°C.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Garlotta, D., 2011, A Literature Review of Poly (Lactic Acid), *Journal of Polymers and the Environment*, vol. 9, no. 2, pp. 63 – 84.
- [2] Pham D, Gault R., 1998. A comparison of rapid prototyping technologies, *IntJ Mach Tools Manuf.*, 1998;38:1257–87.
- [3] Tontowi, A, E. 2017. Optimization of 3D-Printer Process Parameters for Improving Quality of Polylactic Acid Printed Part, *International Journal of Engineering and Technology (IJET)*, Vol 9 No 2 Apr-May 2017
- [4] Firdaus dan Soejono T., 2002. *Studi Eksperimental Pengaruh Parameter Proses Pencetakan Bahan Plastik Terhadap Cacat Penyusutan (Shrinkage) Pada Benda Cetak Pneumatics Holder*. Jurnal Teknik Mesin, 4(2): 75-85.
- [5] Dieter, G.E., 1987, *Metalurgi Mekanik*, terj. Sriati D., Erlangga, Jakarta, hal. 6.
- [6] Furqon, G.R., Firman, S.M., Sugeng, A.P., analisa uji kekerasan pada poros baja ST 60 dengan media pendingin berbeda. Jurnal teknik mesin unsika. Vol. 01 no. 02. 2016.
- [7] Wang, M.W., Arifin, F., Huang, J.Y., 2019. Optimaziation of micro molding of a bicon cave structure, *international journal of technology*, 10 (2) : 269-279
- [8] Taguchi, G., Chowdhury, S. and Wu, Y, *Taguchi's Engineering Quality Handbook*, 1st ed, John Willey dan Sons, Inc, Hoboken, New Jersey, 2005. Author H., A Book New York Publisher, Year, pp.1-200.
- [9] Wang, M.W., Arifin, F., and Kuo, H.L., (2019): Study on micromoulding of a high viewing angle LED lens, *Plastics, Rubber and Composites*, DOI:10.1080/14658011.2019.1685803.
- [10] Jenarthanan, M. P., dan Jeyapaul, R. (2018). Optimisation of machining parameters on milling of GFRP composites by desirability function analysis using Taguchi method. *International Journal of Engineering, Science and Technology*. <https://doi.org/10.4314/ijest.v5i4.3>
- [11] Soejanto, I. 2009, *Desain Eksperimen Dengan Metode Taguchi*, Graha Ilmu, Yogyakarta.