

# PENINGKATAN AKURASI DIMENSI DAN TINGKAT KEKERASAN PADA FILLAMEN ESTEEL DENGAN PENDEKATAN METODE TAGUCHI

Icvan Apriansyah<sup>1)\*</sup>, Ahmad Zamheri<sup>2)</sup>, Fatahul Arifin<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Politeknik Negeri Sriwijaya

<sup>2)</sup> Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya

Jln.Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139

\*email corresponding: [icvanapriansyah1998@gmail.com](mailto:icvanapriansyah1998@gmail.com)

## INFORMASI ARTIKEL

Received:  
09/08/2020

Accepted:  
13/01/2021

Print-Published:  
26/02/2021

## ABSTRAK

*3D Printing merupakan sebuah terobosan baru dalam dunia teknologi. Terobosan ini sangatlah populer di seluruh belahan dunia, terutama di kalangan akademisi dan industri. Munculnya teknologi 3D Printing sangat berpengaruh pada beberapa bidang industri, terutama dari segi ekonomi. Rapid prototyping pada komponen mekanik dengan teknik-teknik dan volume produksi yang rendah dalam memproduksi prototype dengan cepat. Tujuan untuk penelitian ini adalah untuk mengetahui akurasi dimensi hasil proses 3D printer dengan menggunakan parameter yang berbeda. Pada proses pengujian menggunakan alat uji Digimatic Vernier Caliper Mitutoyo Absolute, yang menggunakan ketelitian 0,02 mm dan Alat uji kekerasan ALBERT GNHEM HORGEM dan Profil Proyektor PJ-A3000 Mitutoyo. Data hasil pengujian di analisis menggunakan metode taguchi.*

**Kata kunci:** 3D Printing, Akurasi Dimensi, kekerasan, Taguchi

## ABSTRACT

*3D Printing is a new breakthrough in the world of technology. This breakthrough is very popular in all parts of the world, especially among academia and industry. The emergence of 3D Printing technology is very influential in several industrial fields, especially from an economic perspective. Rapid prototyping of mechanical components with techniques and low production volumes to quickly produce prototypes. The purpose of this study was to determine the dimensional accuracy of the 3D printer process using different parameters. In the testing process using the Digimatic Vernier Caliper Mitutoyo Absolute test tool, which uses an accuracy of 0.02 mm and the ALBERT GNHEM HORGEM hardness test tool and the Mitutoyo PJ-A3000 Projector Profile. The test data were analyzed using the Taguchi method*

**Keywords:** 3D Printing, Dimensional accuration, Hardness, Taguchi

© 2021 The Authors. Published by  
Machinery: Jurnal Teknologi Terapan

doi:  
<http://doi.org/10.5281/zenodo.4748423>

## 1 PENDAHULUAN

Salah satu teknologi 3D *Printing* yang paling terkenal dan murah adalah FFF (*Fused Filament Fabrication*) teknologi tersebut juga dikenal *Fused Deposition Modelling (FDM)*, prinsip kerja *FDM* adalah dengan cara ekstrusi *thermoplastic* melalui *nozzle* yang panas pada *melting temperature* selanjutnya part dibuat *layer by layer*. Dua material yang paling umum digunakan adalah ABS dan PLA sehingga sangat penting mengetahui akurasi dimensi produk (Pham D).

Kualitas produk hasil kerja mesin 3D *Printing* berbasis deposisi lelehan material (*FDM*), yang umumnya diungkapkan dalam bentuk (a) kehalusan detail permukaan produk termasuk jika permukaan bertekstur (*Surface Finish*), (b) ketelitian dan presisi ukuran produk (akurasi dimensi), (c) jumlah warna yang bisa ditampilkan (warna dari materialnya bukan merupakan pewarnaan tambahan yang dilakukan di luar proses), dan (d) densitas dan kesesuaian spesifikasi (densitas,

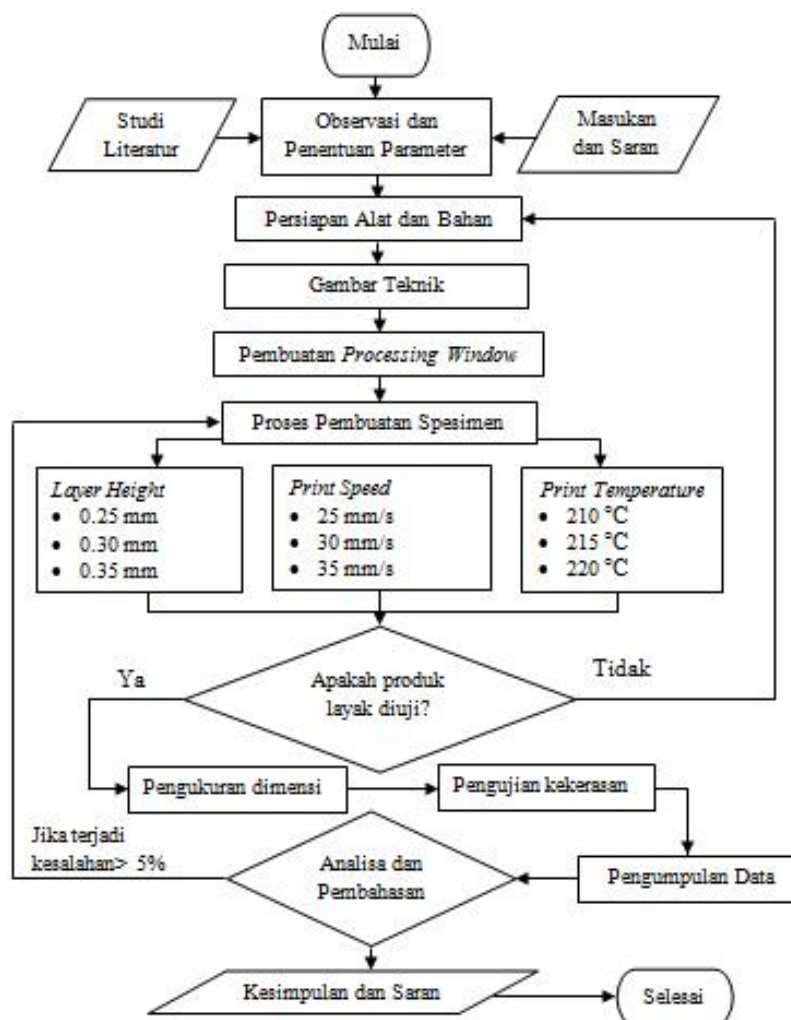
kuat tarik/tekan, kuat impact, keuletan, fleksibilitas, dan sebagainya sesuai dengan kebutuhan) dengan desain awal bergantung pada optimasi parameter proses (Tontowi,A,E.,).

Seiring berjalannya waktu, pengembangan teknologi *FDM* saat ini tidak hanya terbatas pada pembuatan purwarupa. Pada kenyataannya sudah banyak part-part yang diproduksi langsung menggunakan teknologi *FDM*. Hal ini membuat studi mengenai parameter proses *3D printing* menjadi penting agar dapat membuat objek dengan karakteristik yang mendekati objek final/asli. Mayoritas peneliti bekerja dalam dua arah utama untuk meningkatkan kualitas objek hasil cetak (Wang dkk, 2016).

Pesatnya perkembangan teknologi *FDM* serta masih minimnya informasi mengenai *Parameter Optimum* untuk jenis filamen *eSteel*, penelitian ini akan menggali informasi mengenai *Parameter Optimum* untuk menghasilkan objek cetak *FDM* dengan akurasi dimensi serta tingkat kekerasan menggunakan *fillament eSteel*.

## 2. BAHAN DAN METODA

Diagram alir penelitian seperti Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 2.1 Alat

Dalam pengujian kekerasan, terdapat beberapa alat dan bahan yang digunakan yaitu sebagai berikut.

1. Hardware PC 64 Bits

2. Software CAD Autodesk® *Inventor® Professional 2017*, 64 Bits *educational version*
3. Software Aplikasi 3D, *Replitier host* versi 2.1.6 (*Open Source*), 64 Bits untuk 3D *Printer*
4. Alat cetak 3D dengan teknologi FDM *Type Cartesian*
5. Alat uji kekerasan ALBERT GNHEM HORGEM dan Profil Proyektor PJ-A3000 Mitutoyo
6. Alat uji Digimatic Vernier Caliper Mitutoyo Absolute

## 2.2 Bahan

*Material* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *filament eSteel* yang berbahan dasar polimer-termoplastik. Hal ini terkait dengan teknik *Fused Deposition Modeling (FDM)* yang termasuk ke dalam kategori *material extrusion*. Untuk data *fillament eSteel* dapat di lihat pada tabel 1.

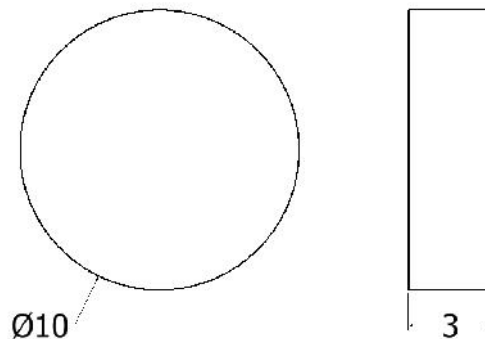
**Tabel 1.** *Data sheet of eSteel filament*

<i>Name</i>	<i>eSteel</i>
<i>Print Temperature</i>	<i>200 - 220 °C</i>
<i>First Layer Temperature</i>	<i>215 °C</i>
<i>Density</i>	<i>2.46 kg/m3</i>
<i>Diameter Filament</i>	<i>1.75 mm (Accuracy: 1.7 – 1.8 mm)</i>
<i>Tensile Yield Strength</i>	<i>45 Mpa</i>
<i>Flexural Strength</i>	<i>63 Mpa</i>
<i>Flexural Modulus</i>	<i>4452 Mpa</i>
<i>Impact Strength</i>	<i>5 kJ/m2</i>

## 2.3 Proses Pembuatan Spesimen

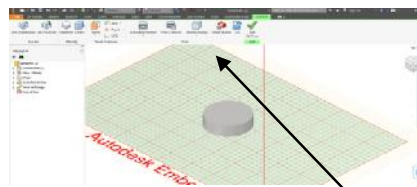
Berikut langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan spesimen uji kekerasan:

1. Mendesain spesimen menggunakan *software Autodesk® Inventor® Professional 2017*, yang ditunjukkan pada gambar 2. menunjukkan gambar spesimen beserta ukurannya.



**Gambar 2.** *Screenshot ukuran spesimen*

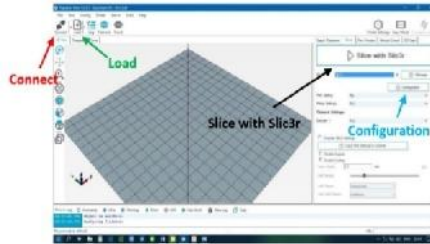
2. Mengubah format *file* dari *.ipt* menjadi *.STL*, diawali dengan memilih tab *environments*, dilanjutkan menu *3D print*, dan memilih *STL*, dalam hal ini ditunjukkan pada gambar 3.



**Gambar 3** *Screenshot format STL*

3. Menghubungkan *Port USB* pada 3D *Printer* ke laptop menggunakan kabel *USB 2.0*.
4. Menyiapkan 3D *Printer FDM*, untuk mencetak spesimen.

5. Menyiapkan Filamen yang akan menjadi bahan cetak untuk uji tarik dan kekerasan.
6. Membuka *Software Repetier Host*, lalu pilih menu “*Connect*” untuk menghubungkan laptop dan 3D printer, seperti pada gambar 4.



Gambar 4 Repetier Host

7. Memasukkan file .STL pada *software Repetier Host* dengan memilih menu “*load*” yang ditunjukkan pada Gambar 4.
8. Kemudian memilih menu “*Configuration*” untuk mengatur *Speed*, *Infill*, *Perimeters*, *Layer* dan parameter lainnya, dalam hal ini ditunjukkan pada gambar 4
9. Setelah mengatur parameter, lalu memilih menu “*Slice with Slicer*” dalam hal ini ditunjukkan dalam gambar 4. Menu ini digunakan untuk memasukan pengaturan parameter yang telah ditentukan sebelumnya dan untuk mengetahui waktu yang diperlukan untuk mencetak spesimen.
10. Langkah selanjutnya adalah memilih menu “*Print*” untuk mencetak spesimen.

## 2.4 Metoda Eksperimen Taguchi

### Perencanaan Eksperimen Taguchi

Desain Eksperimen merupakan evaluasi secara serentak terhadap dua atau lebih faktor (parameter) terhadap kemampuan mempengaruhi rata-rata atau variabilitas hasil gabungan dari karakteristik produk atau proses tertentu. Beberapa langkah yang diusulkan oleh *Taguchi* untuk melakukan eksperimen secara sistematis, yaitu:

- a. Menentukan *level* setiap faktor
  1. *Print speed*  
*Print Speed* yang digunakan dalam pengujian yang di pakai adalah 25mm, 30mm, dan 35mm.
  2. *Layer Height*  
*Layer Height* yang akan dipakai adalah 0.25 mm, 0.30 mm dan 0.35mm
  3. *Print Temperature*  
*Print Temperature* yang digunakan adalah 210°C, 215°C dan 220°C
- b. Memilih *Orthogonal Array*  
Matriks *orthogonal* yang dipilih adalah matriks yang memiliki nilai derajat kebebasan sama atau lebih besar dari nilai derajat kebebasan eksperimen. Derajat kebebasan untuk matriks  $L_9(3^4)$
- c. *Signal Noise to Ratio* (SN Ratio)  
Rasio S/N (*Signal to Noise*) digunakan untuk mengetahui *level* faktor mana yang berpengaruh pada hasil eksperimen. Karakteristik Rasio S/N yang dipakai adalah *smalleer the better*.
- d. Melakukan eksperimen dan menganalisa hasil dengan ANOVA  
*Analysis of Varians Signal to Noise* (S/N) Metode ANOVA digunakan untuk mengetahui faktor mana saja yang paling berpengaruh terhadap respon yang diharapkan serta untuk mengetahui persentase kontribusi setiap faktor.
- e. Konfirmasi.  
Konfirmasi dilakukan dilakukan sesuai dengan setting nilai optimasi ( $v_3, f_3, a_1$ ) Tujuan konfirmasi adalah untuk mengetahui hasil yang diperoleh berdasarkan perhitungan statistik.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Data Hasil Pengujian

Matriks ortogonal standar dengan tiga taraf mempunyai beberapa pilihan matriks. Menurut (Soejanto, 2009), untuk memilih matriks ortogonal yang cocok atau sesuai dengan percobaan yaitu Perhitungan untuk L9(3<sup>4</sup>)

**Tabel 2.** Desain Eksperimen Dan Hasil Pengujian

Dimensional Accuration and hardness eSTEEL					
No. Eks	LH (mm)	PS (mm/s)	PT (C)	Average DA (%)	Average BHN
1	0.25	25	210	0,75111	8,50866667
2	0.30	25	215	0,170557	7,58533333
3	0.35	25	220	0,340557	6,92733333
4	0.25	30	220	0,017222	8,60733333
5	0.30	30	210	1,042224	7,08033333
6	0.35	30	215	0,434447	6,32966667
7	0.25	35	215	0,377222	9,389
8	0.30	35	220	0,281112	6,93266667
9	0.35	35	210	0,018335	6,61166667

#### 3.2 Signal Noise to Ratio (SN Ratio)

Nilai SN Ratio merupakan nilai transformasi dari beberapa pengulangan data sehingga nilainya mewakili kualitas penyajian. Pada kasus ini variabel respon penyusutan menggunakan karakteristik *Smaller is better* (Jenarthanan dan Jeyapaul, 2013). Sehingga dalam kasus ini menggunakan perhitungan sebagai berikut:

**Tabel 3.** Nilai SN Ratio untuk *Dimensional Accuration*

SN RATIO eSTEEL					
No. Eks	LH (mm)	PS (mm/s)	PT (C)	SN Ratio DA (%)	Average BHN
1	0.25	25	210	-0,5115	18,5681
2	0.30	25	215	12,5504	17,4143
3	0.35	25	220	6,9530	16,7336
4	0.25	30	220	32,5480	18,5410
5	0.30	30	210	-3,2954	16,9400
6	0.35	30	215	4,5860	16,0066
7	0.25	35	215	5,7007	19,4493
8	0.30	35	220	8,4576	16,7846
9	0.35	35	210	31,7241	16,3712

#### 3.3 ANOVA Variabel Respon *Dimensional Accuration*

Metode ANOVA digunakan untuk mengetahui faktor mana saja yang paling berpengaruh terhadap respon yang diharapkan serta untuk mengetahui persentase kontribusi setiap faktor.

**Tabel 4.** *Analysis of Varians for SN Ratio Dimensional accuration*

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Layer Height	2	0,2333	0,2333	0,11663	0,44	13,193
Print Speed	2	0,1783	0,1783	0,08916	0,33	10,083
Print Temperature	2	0,8223	0,8223	0,41114	1,54	46,502
Residual Error	2	0,5345	0,5345	0,26724		30,226
Total	8	1,7683				100%

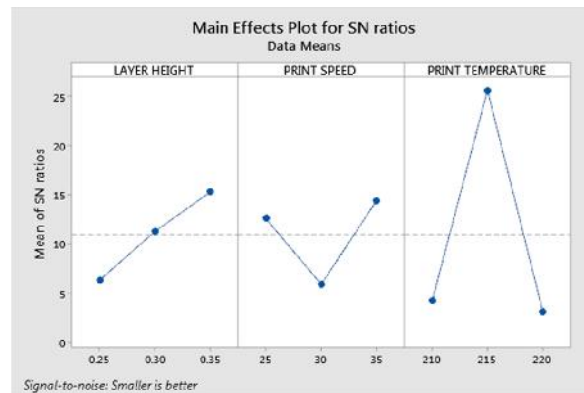
**Tabel 5.** Analysis of Varians for SN Ratio Hardness

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Layer Height	2	0,27612	0,27612	0,13806	2,62	33,695
Print Speed	2	0,08466	0,08466	0,04233	0,80	10,331
Print Temperature	2	0,35327	0,35327	0,17663	3,35	43,110
Residual Error	2	0,10541	0,10541	0,05270		12,863
Total	8	0,81946				100%

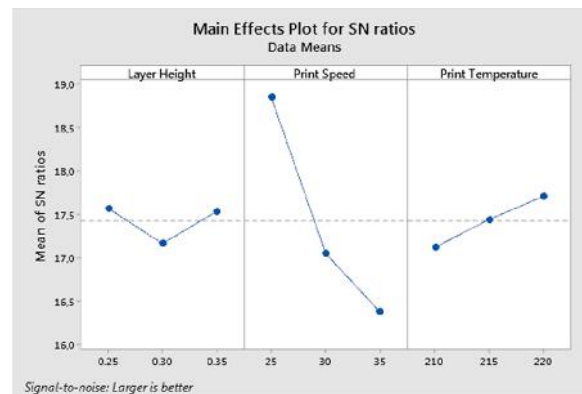
### 3.4 Konfirmasi Eksperimen Taguchi

Setelah analisa data selesai maka didapatkan nilai prediksi optimal, nilai tersebut adalah prediksi parameter terbaik yang selanjutnya digunakan untuk eksperimen konfirmasi, yaitu pembuktian prediksi parameter optimal dengan mencetak ulang spesimen dan pengukuran ulang terhadap nilai keakuratan dimensi dan juga kekerasan spesimen.

Nilai dari konfirmasi eksperimen taguchi dari hasil perhitungan dan pwngolahn data menggunakan minitab 19. Untuk hasil konfirmasi dengan respon akurasi dimensi dan kekerasan dapat di lihat pada gambar 5 dan 6.



**Gambar 5.** Main Effect Plot for Dimensional Accuration



**Gambar 6.** Main Effect Plot Ratio Hardness

Dari *main effect plot* di atas di dapatkan respons untuk *Dimensional Accuration* dengan karakteristik *small is better* yang di tunjukkan pada gambar 5, dengan pembacaan nilai optimalnya pada *layer height* 0,35 mm, *print speed* 35 mm/s dan *print temperature* 210°C. Sedangkan untuk respons kekerasan (*hardness*) dengan karakteristik *large is better* yang di tunjukkan gambar 6, dengan pembacaan nilai optimumny pada *layer height* 0,25 mm, *print speed* 25 mm/s dan *print temperature* pada 215°C.

**Tabel 6.** Hasil Konfirmasi *Taguchi* untuk Respon Penyusutan

Methodology	Responses	Optimum Levels	Average Experimental Values	
			DA (%)	BHN (Kg/mm <sup>2</sup> )
<i>Taguchi</i>	Akurasi Dimensi ( <i>Dimensional Accuration</i> )	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	0,018	6.611
<i>Taguchi</i>	Kekerasan ( <i>Hardness</i> )	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	0,281	11,537

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil studi peningkatan kualitas tingkat akurasi dimensi dan kekerasan dapat di simpulkan bahwa parameter sangat berpengaruh untuk kedua jenis perlakuan pengujian yaitu tingkat akurasi dimensi maupun kekerasan. untuk dimensi akurasi *fillament eSteel* dengan parameter yang sangat pengaruh yaitu *print temperature* yang mempunyai presentase sebesar 46,502% dengan demikian untuk parameter optimal akurasi dimensi adalah dengan menggunakan height 0,35mm, print speed 35mm/s dan print temperature 210°C. Sedangkan pada pengujian kekerasan (hardness) parameter yang sangat berpengaruh adalah print temperature dengan presentase 43,110%. Dengan demikian pada parameter optimal kekerasan (hardness) pada fillamen eSteel yaitu pada *layer height* 0,25 mm, *print speed* 25 mm/s dan *print temperature* pada 215°C.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Wirda Novarika, Muchtar Ginting, Almadora Anwar Sani, & Dicki Astra. (2019). PENGARUH Parameter Proses Rapid Prototyping Dengan Teknologi Stereolithography Terhadap Kekerasan Spesimen Uji. *Austenit*, 11(2), 27–32. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.4547799>
- Jenarthanan, M. P., & 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>
- Pham D, Gault R., 1998. A comparison of rapid prototyping technologies, *IntJ Mach Tools Manuf.*, 1998;38:1257–87
- Soejanto, I. 2009, Desain Eksperimen Dengan Metode Taguchi, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Tontowi, A, E., et al., 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
- Wang, J., Xie, H., Weng, Z., Senthil, T., dan Wu, L. 2016. A Novel Approach to Improve Mechanical Properties of Parts Fabricated by Fused Deposition Modeling. *Materials and Design* 105 (2016): 152–159.
- Arifin, Fatahul., Arnoldi, D., Sundari, Ella., Putri, Fenoria., Agasa, F., Ramadhan, Y., Susetyo, G., Herlambang, Y. D. (2020). Studi analisis simulasi kekuatan beban pada alat bantu pembuatan lubang dengan sudut kemiringan 45 derajat. *None, Jurnal Polimesin*