

PENYIMPANGAN DIMENSI PROSES PRODUKSI GEAR DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI DLP (*DIGITAL LIGHT PROCESSING*) 3D PRINTER

Dicky Seprianto¹⁾, Nur Hidayat²⁾, Romi Wilza¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya

²⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Politeknik Negeri Sriwijaya
Jl.Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139

^{*)}email corresponding: dickyseprianto@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Diperbaiki:
Revised
02/05/2021

Diterima:
Accepted
10/05/2021

Publikasi Online:
Online-Published
17/05/2021

ABSTRAK

Perkembangan teknologi dalam penggunaan additive manufacturing mengalami kemajuan yang signifikan. Salah satu metode penggunaan additive manufacturing adalah SLA DLP 3D printer, namun kajian tentang dampak bahan yang digunakan dan prosedur pembuatan terhadap tingkat presisi hasil akhir produk masih memiliki kekurangan. Penelitian ini diharapkan demi mengetahui parameter ketebalan lapisan serta waktu pencahayaan terhadap persentase penyimpangan dimensi yang selanjutnya diimplementasikan pada prototype gear yang dibuat menggunakan SLA 3D printer, spesimen uji yang dibuat menggunakan SLA DLP 3D printer dengan bahan 3D UV resin E-Sun dan mengacu pada ASTM D-955. Faktor-faktor yang mempengaruhi ialah Ketebalan lapisan dan Waktu Pencahayaan dengan respons ukuran dimensi dari spesimen uji. Dimensi yang diukur dalam penelitian ini yaitu diameter dan ketebalan dari spesimen uji. Data hasil pengukuran dianalisis menggunakan metode SQC serta ANOVA dengan desain level faktorial tipe 2, desain 3 interaksi faktorial (3FI), dan replikasi 3 dimodelkan dengan software Design-Expert (Trial). Hasil dari analisis menggunakan metode ANOVA mengungkapkan bahwa faktor yang paling pengaruh terhadap kepresisian dimensi diameter dan ketebalan spesimen uji adalah faktor ketebalan lapisan dengan persentase kontribusi dimensi diameter dan tebal yaitu 21% dan 42%, serta persentase penyimpangan dimensi diameter dan tebal yaitu 0,045% dan 0,80%. Persentase ini menunjukkan bahwa SLA DLP 3D memiliki keakurasian dan ketelitian yang lebih tinggi serta tingkat penyimpangan dimensi yang rendah dibanding 3D printer lainnya.

Kata kunci: SLA DLP 3D, Penyimpangan Dimensi, SQC, ANOVA, Gear

ABSTRACT

The development of additive manufacturing technology has made significant progress, one of the methods of using additive manufacturing in the advancement of this technology is SLA DLP 3D printer. The research aimed to find out the parameters of layer thickness and exposure time against the percentage of dimensional deviations that are then implemented in prototype gear made using SLA 3D printer, test specimens made using SLA DLP 3D printer with 3D UV resin e-Sun material and referring to ASTM D-955. The factors sought influence are Layer thickness and Exposure Time with dimensional size response from test specimens. The dimensions measured in this study are the diameter and thickness of the test specimens. The measurement data was analyzed using SQC and ANOVA methods with type 2 factorial level design, 3 factorial interaction (3FI) design, and replication 3 modeled with Design-Expert (Trial) software. The results of the analysis using the ANOVA method revealed that the factors that most influenced the precision of the dimensions of diameter and thickness of the test specimens were the layer thickness factors with the percentage of the contribution of diameter and thickness dimensions of 21% and 42%, as well as the percentage of deviations in diameter and thickness dimensions of 0.045% and 0.80%. This percentage indicates that SLA DLP 3D has higher accuracy and fidelity and a lower level of dimensional deviation than other 3D printer.

Keywords: 3D DLP SLA, Dimension Deviation, SQC, ANOVA, Gear

©2021 The Authors. Published by
AUSTENIT

doi:
<http://doi.org/10.5281/zenodo.4744091>

1 PENDAHULUAN

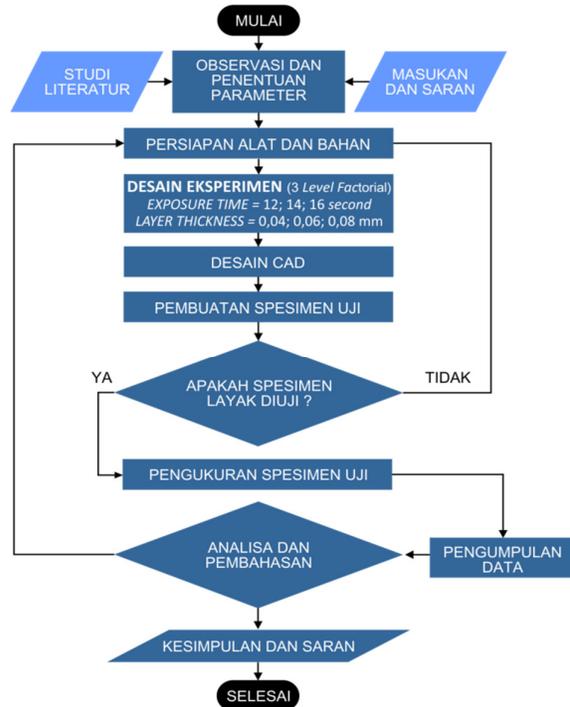
Additive manufacturing merupakan teknik membuat benda solid tiga dimensi yang berdasarkan model digital (CAD). metode *additive manufacturing* ini membuat peluang insinyur dan perancang membentuk ide-idenya dalam tiga dimensi secara nyata (Agris Setiawan, 2017). Proses mencetak 3D menjadi produk memanfaatkan proses additif, yaitu dengan ditambahkan bahan-bahan dasar secara berangsur-angsur berdasarkan model digital yang diinginkan (Dicky Seprianto dkk, 2017). 3D printer atau *Additive Manufacturing* merupakan sebutan global dari teknologi berdasarkan representasi geometri dalam membentuk benda fisik dengan metode menambahkan material secara terus-menerus (Ikhwan Taufik dkk, 2017). *Single part* merupakan produk yang sangat dibutuhkan, yaitu hanya memerlukan sedikit produk yang digunakan dan sifatnya *custom design*. *Custom design* inilah yang hanya bisa dicetak menggunakan mesin 3D printer (Andik Aris dkk, 2018). *Digital Light Processing (DLP) 3D Printer* adalah salah satu 3D printer yang banyak digunakan

Perkembangan teknologi *Digital Light Processing (DLP) 3D printer* menjadi metode yang semakin populer digunakan karena tingkat keakurasian dan kepresisian yang tinggi. Proses DLP 3D printer yaitu dengan memadatkan cairan resin melalui proyeksi sinar UV dengan panjang gelombang 363-420 nm yang membentuk polairi sandari objek yang akan dicetak. Dengan mengaplikasikan penelitian ini pada *gear* yang dibuat menggunakan bahan resin dengan bantuan alat DLP 3D printer, dalam hal ini tingkat keakurasian dan kepresisian dimensi secara signifikan mempengaruhi kualitas produk hasil cetakan 3D printer pada metode DLP (*Digital Light Processing*). Persentase penyimpangan dimensi serta pengaruh parameter proses pada pencetakan spesimen uji merupakan faktor utama penyebab dilakukannya penelitian ini. Penentuan parameter proses yang optimal adalah pekerjaan yang sangat menantang karena perbedaan spesifikasi satu pencetakan dengan yang lainnya akan memengaruhi kombinasi parameter yang optimal (Fabio, 2018).. Adapun pengukuran dimensi yang dilakukan adalah mengukur dimensi diameter dan ketebalan dari spesimen tersebut dengan *exposure time* dan *layer thickness* sebagai faktor penelitian ini.

2. BAHAN DAN METODA

Pengerjaan penelitian yang dikerjakan peneliti di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya tepatnya di Laboratorium CNC. Metode yang dipakai pada penelitian ini meliputi literature, pembuatan desain, dan eksperimen mengenai

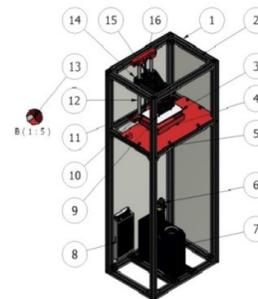
specimen uji yang dibuat menggunakan DLP 3D printer. Secara sistematis dapat ditunjukkan pada diagram alir penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

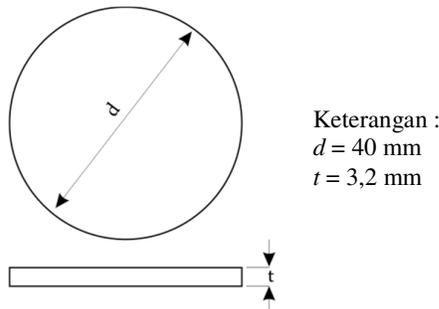
2.1 Pengukuran Spesimen Uji

Pada penelitian ini digunakan 3D printer dengan teknologi DLP (*Digital Light Processing*) seperti ditunjukkan pada gambar 2. Dimana objek yang dihasilkan berasal dari material *photopolymeresin merk e-sun*.



Gambar 2. Desain DLP 3DPrinter

ASTM D955 merupakan acuan dalam proses pembuatan spesimen uji penelitian ini seperti pada gambar 3. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui penyimpangan dimensi yang terjadi pada spesimen uji hasil cetak DLP 3D printer serta mengetahui faktor utama yang berpengaruh terhadap penyimpangan dimensi diameter (*d*) dan dimensi tebal (*t*) objek hasil 3D Printer.



Gambar 3. Spesimen Uji D955

Dalam proses pembuatan spesimen uji D955 menggunakan 3D printer melalui 3 tahapan, yaitu :

- 1.) Desain 3D spesimen uji dengan software CAD Autodesk Inventor education.
- 2.) Slicing spesimen uji 3D dengan software Creation Workshop versi trial.
- 3.) Proses printing spesimen uji 3D menggunakan DLP 3D printer.

Variabel tetap pada pembentukan spesimen uji D955 ini ditunjukkan pada tabel 1 sementara itu variabel bebas sebagai berikut :

- a) Exposure Time (ET)= 12; 14; 16 second
- b) Layer Thickness (LT)= 0,04; 0,06; 0,08 mm

Tabel 1. Variabel Tetap

No	Parameter	Value	Unit
1	Off Time	1	(s)
2	Bottom Exposure	50	(s)
3	Bottom Layers	8	
4	Z Lift Distance	4	(mm)
5	Z Lift Speed	3	(mm/s)
6	Z Retract Speed	3	(mm/s)

2.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan Bahan penunjang yang dipergunakan dalam penelitian ini, adalah :

1. DLP 3D Printer
 2. Outside Micrometer 0-25 mm
 3. Outside Micrometer 25-50 mm
 4. Software Autodesk Inventor® Student Version.
 5. Software Design Expert Trial Version
 6. Software Creation Workshop Trial Version
- Bahan Resin UV merk e-sun

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan proses pengukuran pada spesimen uji D955 didapatkan hasil data yang selanjutnya akan dianalisa untuk mengetahui persentase penyimpangan dan faktor utama yang paling memiliki pengaruh terhadap dimensi diameter dan tebal.

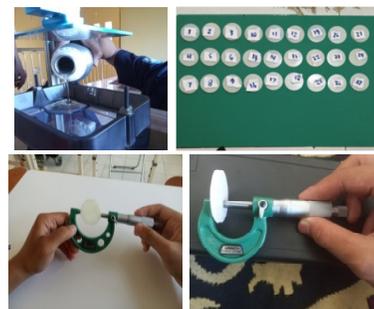
3.1 Analisa Hasil Pengukuran

Ketika menganalisa produk dari proses yang berlangsung berjalan normal atau terdapat penyimpangan diperlukanlah diagram kontrol sebagai batasan matematis (Muchtart Ginting dkk, 2017). Terdapat tiga garis horizontal yang terbentuk dari diagram control ini, yaitu yaitu batas atas, rata-rata sebagai sentral dan batas bawah (Sudjana, 1986). Adapun metode Two Way ANOVA 3 level factorial design merupakan parameter proses untuk mengetahui seberapa besar pengaruh terhadap keakurasian dan kepresisian dimensi objek 3D printer diperlukan. Pengukuran dimensi diameter dan tebal dilakukan secara random dengan 3 kali replikasi serta mengacu pada matrik rancangan pengukuran sehingga jumlah spesimen yang harus diuji berjumlah 27. Dari seluruh hasil pengukuran spesimen uji didapat hasil pengukuran rata-rata diperlihatkan di tabel 2.

Tabel 2. Rata-Rata Hasil Pengukuran Spesimen

Std	Hasil Pengukuran (mm)		Parameter (s), (mm)	
	Diameter(d)	Tebal (t)	ET	LT
1	40,03	3,23	12	0,04
2	40,0366667	3,24	12	0,06
3	40,04	3,24	12	0,08
4	40,0266667	3,21333333	14	0,04
5	40,0233333	3,22666667	14	0,06
6	40,03	3,24	14	0,08
7	40,01	3,2	16	0,04
8	40,0266667	3,21666667	16	0,06
9	40,0366667	3,23	16	0,08
Σ	360,26	29,0366667		
RATA-RATA	40,0288889	3,2262963		

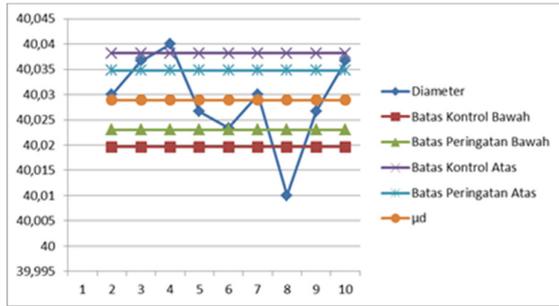
Sementara itu, pembuatan spesimen menggunakan material resin UV hingga pengukuran spesimen uji menggunakan outside micrometer ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Pengukuran Spesimen Uji

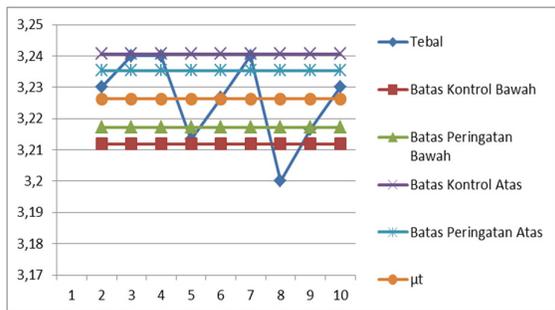
3.2 Analisa Batas Kontrol (SQC)

Dalam diagram kontrol (SQC) memiliki batasan-batasan yang terdiri dari Batas Kontrol Bawah (BKB), Rata-rata Sentral (μ), Batas Kontrol Atas (BKA). Pada diagram SQC hasil pengukuran dimensi dapat ditunjukkan pada gambar 4 dan gambar 5.



Gambar 4. Diagram Batas Kontrol Pada Pengukuran Dimensi Diameter

Dari diagram di atas dapat diketahui bahwa target yang diharapkan dari pengukuran ukuran dimensi diameter adalah 40 mm, rata-rata sentral dimensi diameter senilai 40,0289 mm dengan penyimpangan maksimum dan persentase penyimpangan sebesar 0,018 mm dan 0,045%.



Gambar 5. Diagram Batas Kontrol Pada Pengukuran Dimensi Tebal

Dari diagram di atas dapat diketahui bahwa target yang diharapkan dari pengukuran ukuran dimensi tebal adalah 3,20 mm, rata-rata sentral dimensi tebal senilai 3,226 mm dengan penyimpangan maksimum dan persentase penyimpangan sebesar 0,026 mm dan 0,80%.

3.3 Analysis of Variance (ANOVA)

Untuk mengidentifikasi analisis pengaruh parameter proses pencetakan objek terhadap ukuran dimensi, maka perlu dilakukan analisis data hasil pengukuran dengan *analysis of variance* (ANOVA) ditunjukkan pada tabel 3 dan tabel 4.

Tabel 3 Hasil ANOVA Pengukuran Diameter

ANOVA for selected factorial model					
ANOVA table [Partial sum of squares - Type II]					
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F
Model	4,63E-03	8	5,79E-04	52,08	< 0,0001
ET	2,01E-03	2	1,00E-03	90,33	< 0,0001
LT	2,25E-03	2	1,13E-03	101,33	< 0,0001
AB	3,70E-04	4	9,26E-05	8,33	0,0005
PE	2,00E-04	18	1,11E-05		
Total	4,83E-03	26			

Tabel 4. Hasil ANOVA Pengukuran Diameter

ANOVA for selected factorial model					
ANOVA table [Partial sum of squares - Type II]					
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F
Model	1,93E-03	8	2,42E-04	1,31E+01	< 0,0001
ET	6,22E-04	2	3,11E-04	1,68E+01	< 0,0001
LT	8,00E-04	2	4,00E-04	2,16E+01	< 0,0001
AB	5,11E-04	4	1,28E-04	6,90E+00	1,50E-03
PE	3,33E-04	18	1,85E-05		
Total	2,27E-03	26			

Dari hasil perhitungan ANOVA menggunakan *software design expert* seperti pada Tabel 4 dapat dibuktikan bahwa diketahui bahwa nilai F Tabel < F Hitung yang membuat H0 ditolak, dengan besar keyakinan 95% ($\alpha=0.05$) yang dipengaruhi dari faktor *exposure time* dan *layer thickness* terhadap dimensi diameter spesimen uji. Dapat dihitung nilai persentase kontribusi dari masing-masing faktor yang mempengaruhi, sebagai berikut :

$$\text{Faktor Exposure Time} = \frac{(0,000622222 - 0,000333333)}{0,002266667} = 13 \%$$

$$\text{Faktor Layer Thickness} = \frac{(0,000622222 - 0,000333333)}{0,002266667} = 21 \%$$

$$\text{Faktor Interaksi} = \frac{(0,000622222 - 0,000333333)}{0,002266667} = 8 \%$$

Dari perhitungan persentase kontribusi didapat faktor yang paling berpengaruh terdapat pada *layer thickness* senilai 21%, sementara itu

faktor *exposure time* senilai 13% dan faktor interaksi dari kedua faktor senilai 8%.

Dapat dihitung nilai persentase kontribusi dari masing-masing faktor yang mempengaruhi, sebagai berikut:

$$\text{Faktor Exposure Time} = \frac{(0,00201-0,0002)}{0,00483} = 37 \%$$

$$\text{Faktor Layer Thickness} = \frac{(0,00225-0,0002)}{0,00483} = 42 \%$$

$$\text{Faktor Interaksi} = \frac{(0,000370-0,0002)}{0,00483} = 4 \%$$

Dari perhitungan persentase kontribusi didapat faktor yang paling berpengaruh terdapat pada *layer thickness* senilai 42%, sementara itu faktor *exposure time* senilai 37% dan faktor interaksi dari kedua faktor senilai 4%.

Berdasarkan desain eksperimen 3 *level factorial* dengan metode ANOVA yang dibuat menggunakan *software design expert* diperoleh nilai optimal dari faktor *exposure time* dan *layer thickness* diperlihatkan di tabel 5.

Tabel 5. Optimasi Desain

No	ET	LT	d	t
1	16	0,04	40,01	3,20
2	14	0,04	40,0267	3,2133
3	14	0,06	40,0233	3,2267

Hasil data – data yang dijabarkan menggunakan ANOVA dan telah dijelaskan diatas menunjukkan bahwa *additive manufacturing* SLA DLP 3D memiliki memiliki keakurasian dan ketelitian yang lebih tinggi serta tingka penyimpangan dimensi yang rendah dibanding 3D printer lainnya

4. KESIMPULAN

Mendapatkan persentase penyimpangan dan hasil dari pengukuran dimensi diameter dan ketebalan spesimen yaitu target yang diharapkan untuk ukuran dimensi diameter adalah 40 mm dan rata-rata sentral dimensi diameter adalah 40,0289 mm dengan penyimpangan maksimum dan persentase penyimpangan senilai 0,018 mm dan 0,047%. Sementara itu, target yang diharapkan untuk ukuran dimensi tebal adalah 3,20 mm dan rata-rata sentral dimensi tebal adalah 3,226 mm dengan penyimpangan maksimum dan persentase penyimpangan senilai 0,026 mm dan 0,80%.

Mendapatkan faktor utama yang mempengaruhi tingkat kepresisian ukuran dimensi produk 3D *printer* DLP yaitu *layer thickness* senilai

21% dan 42%. Mendapatkan kombinasi parameter yang optimal dari respon dengan beberapa faktor pada produk 3D *printer* DLP yaitu pada kombinasi parameter antara *layer thickness* 0,04 mm dan *exposure time* 16 *second*.

DAFTAR PUSTAKA

- A.A. Setiawan, Karuniawan, B. Wiro., dan N. Arumsari. 2018. *Optimasi Parameter 3D Printing Terhadap Keakuratan Dimensi dan Kekasaran Permukaan Produk Menggunakan Metode Taguchi Grey Relational Analysis*. Proceedings Conference on Design Manufacture Engineering and its Application, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. e-ISSN No.2654-8631.
- D. Seprianto, R. Wilza, dan Iskandar. 2017. *Optimasi Parameter Pada Proses Pembuatan Objek 3D Printing Dengan Teknologi FDM Terhadap Akurasi Geometri*. Seminar Nasional Teknik Industri Universitas Gadjah Mada 2017. ISBN 978-602-73461-6-1.
- I. Taufik, Herianto, dan M.K. Herliansyah. 2017. *Monitoring dan Analisis Mesin 3D Printing Berbasis Sensor Getaran Untuk Mengoptimalkan Kualitas Hasil*. *Proceeding International Seminar 1st ECOSTECH*.
- M.E. Fabio dan A.E. Tontowi. 2018. *Optimasi Parameter Proses Pada 3D Printer Jenis Digital Light Processing (DLP) Menggunakan Metode Response Surface Untuk Mencetak Prototype Stent Dengan Tipe Kecacatan Terendah*. [www.http://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/165897#filepdf](http://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/165897#filepdf) (diakses 26 Juli 2020).
- M. Ginting, D. Seprianto, dan R. Wilza. 2017. *Desain dan Rancang Bangun Alat Bantu Press Tool untuk Meningkatkan Produktivitas UKM Metal Furniture*. *Jurnal Austenit Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya* Vol. 9 No.1 ISSN 2085-1286.
- Setiawan, Agris. 2017. *Pengaruh Parameter Proses Ektrusi 3D Printer Terhadap Sifat Mekanis Cetak Komponen Berbahan Filament PLA (Poly Lactide Acid)*. *Jurnal Teknika STTKD* Vol.4, No.2, ISSN : 2460-1608.
- Sudjana, 1986. *Metoda Statistika*, Edisi ke IV, Penerbit Tarsito Bandung.