

PENGARUH PARAMETER PROSES 3D PRINTER TEKNOLOGI DIGITAL LIGHT PROCESSING TERHADAP GEOMETRIS POROS

Triawan Cahya Persada^{1)*}, Muchtar Ginting²⁾, Dicky Seprianto³⁾

¹⁾ Mahasiswa Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Politeknik Negeri Sriwijaya

^{2,3)} Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya

Jln. Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139 Telp:0711-353414 Fax:0711-453211,

*email corresponding: triawan.cp@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Submitted:
09/07/2020

Accepted:
16/08/2020

Print-Published:
31/08/2020

ABSTRAK

Perkembangan teknologi Industri 4.0 yang ditandai dengan cyber-physical systems. Era ini mempermudah manusia terkoneksi dengan manusia lain, dengan mesin-mesin industri, maupun dengan lingkungan disekitarnya. Dengan adanya revolusi industri 4.0 ini dapat meningkatkan produktivitas secara signifikan. Pada masa ini sering kali dibutuhkan produk single part, dimana produk yang digunakan hanya sedikit dan tanpa perlu produksi massal atau bersifat custom design. Produk yang bersifat custom design dapat dibuat dengan mesin 3D Printer (3DP). 3D Printing adalah salah satu teknologi terbaru di dunia percetakan, dimana mudahnya teknologi percetakan 3D dalam melakukan pencetakan dan pengembangan solid produk dengan teknologi 3DP ini. Dalam penelitian ini, pencetakan objek menggunakan 3DP melalui data CAD yang kemudian diubah menjadi G-Code dengan perangkat lunak Creation Workshop versi 1.0.0.75. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh layer thickness dan exposure time terhadap geometris Poros yang dibuat menggunakan 3D Printer teknologi Digital Light Processing (DLP). Spesimen yang diuji berukuran $\varnothing 20 \times 100$ mm dengan material Liquid Photopolymer Resin. Data hasil pengujian dianalisis menggunakan ANOVA dengan tipe desain 3 tingkat dan 2 interaksi faktorial (2FI) dengan 3 replikasi yang dimodelkan oleh perangkat lunak Design-Expert® 10 trial version. Hasil analisis keselindrisan metode 5 titik menunjukkan bahwa faktor utama yang paling berpengaruh terhadap keselindrisan spesimen uji adalah faktor layer thickness, dan kombinasi parameter yang paling optimal pada penelitian ini adalah layer thickness 0,075 mm dan exposure time 15 second.

Kata kunci: 3DP-DLP, ANOVA, Layer Thickness, Exposure Time, Cylindricity.

ABSTRACT

The development of Industrial technology 4.0 was characterized by cyber-physical systems. This era make it easier for humans to connect with other humans, with industrial machines, and with the environment around them. With the industrial revolution 4.0 can be significantly increase the productivity. At this time, the single part products are often needed, where the product is used only a little and without needed for mass production or be known a custom design. The products that are custom design can be made by a 3D Printer (3DP) machine. 3D Printing is one of the newest technologies in the printing world, where the 3D printing technology is an easy to print and easy to develop the solid product with 3DP technology. In this study, the printing objects of 3DP using CAD data and then converted into G-Code using Creation Workshop software version 1.0.0.75. This study aims to determine the effect of layer thickness and exposure time to geometric of shaft made by 3D Printer with technology Digital Light Processing (DLP). The specimens tested is $\varnothing 20 \times 100$ mm with material Liquid Photopolymer Resin. The data from the test results analyzed using ANOVA with a 3-level design type and 2 factorial interactions (2FI) with 3 replications modeled by the Design-Expert® 10 trial version software. The results of the 5-point method analysis show that the main factor of most influences on the cylindricity of the test specimens is the layer thickness factors, and the optimum combination of parameters in this study is layer thickness 0.075 mm and exposure time 15 seconds.

Keywords: 3DP-DLP, ANOVA, Layer Thickness, Exposure Time, Cylindricity.

1 PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi memasuki era Industri 4.0 yang ditandai dengan *cyber-physical systems*. Era ini mempermudah manusia terkoneksi dengan manusia lain, dengan mesin-mesin industri, maupun dengan lingkungan disekitarnya. Tentunya, adanya revolusi industri 4.0 ini dapat meningkatkan produktivitas secara signifikan. pada masa ini sering kali dibutuhkan produk *single part* dimana hanya membutuhkan satu atau beberapa produk yang digunakan tanpa perlu produksi massal atau bersifat *custom design* (Setiawan et al., 2018). Produk yang bersifat *custom design* bisa dibuat dengan menggunakan mesin 3D *Printer* (3DP). Teknologi 3D *Printing* adalah proses pembuatan benda padat menggunakan 3D *Printer* dengan perintah berupa *file* program. Proses pencetakan objek tiga dimensi ini dikenal sebagai *additive Manufacturing* (Mahamood et al., 2016). Teknologi ini diaplikasikan diberbagai bidang teknik dan industri seperti pesawat terbang, *bioengineering*, *medical devices*, *medical implant* dan produk otomotif. Terdapat pelbagai teknologi *additive manufacturing* yang tersedia di pasaran seperti *Fused Deposition Modeling* (FDM), *Direct Metal Deposition* (DMD), *Selective Laser Sintering* (SLS), *Inkjet Modeling* (IJM), *Digital Light Processing* (DLP), dan *Stereolithography* (SLA), (Satankar, 2017).

Pertama kalinya mesin SLA (*Stereolithographic Apparatus*) diproduksi oleh 3D *Systems* pada tahun 1992. Proses pemadatan *photopolymer* pada mesin menggunakan laser UV (*Ultraviolet*), cahaya *Ultraviolet* yang ditembakkan mengikuti pola yang dibuat pada *Software* 3DP. Bahan baku pembuatan objek 3D dengan teknologi SLA disebut dengan *photopolymer liquid resin* yang terbuat dari campuran bahan kimia. Dalam proses pencetakan terdapat beberapa parameter seperti *Layer Thickness*, *Exposure Time*, *Overhang Angle*, *Hatch Spacing*, *the Fill spacing*, *Hatch Overcure*, *Border Overcure*, dan *the Fill Cure Depth*. Parameter adalah bagian yang sangat mempengaruhi keakuratan dan tingkat kekuatan pada setiap lapisan (*layer*), oleh karena itu pemilihan dan pengaturan parameter ini sangatlah penting (Romli et al., 2020). Pada dunia permesinan karakteristik fungsional suatu komponen mesin akan didapatkan setelah komponen tersebut dirakit dengan komponen pasangannya, untuk mendapatkan karakteristik fungsional yang baik diperlukan karakteristik geometrik yang baik (Rochim., 2010), sehingga Keselindrisan dan kebulatan yang tepat dapat mengurangi getaran yang terjadi dan dapat mengefisienkan penggunaan produk serta memperpanjang usia pakai.

2. BAHAN DAN METODA

2.1 Tinjauan Pustaka

Computer Aided Design (CAD) adalah suatu perangkat lunak computer yang digunakan untuk menggambar solid model atau surface model yang diawali dengan titik, garis, ataupun symbol-simbol yang memiliki makna tertentu. Hasil dari CAD sendiri dapat berupa gambar 2D atau 3D, selain itu model design yang dibuat biasanya mempunyai property seperti *massa*, *volume*, luas permukaan, pusat gravitasi dan sebagainya. sehingga CAD sendiri dapat terintegrasi dengan perangkat lunak CAE (*Computer Aided Engineering*) dan CAM (*Computer Aided Manufacturing*). Beberapa perangkat lunak CAD yang sering digunakan antara lain seperti *Alias*, *CATIA*, *Autodesk® Inventor®*, *Pro/ENGINEER®*, *Parasolid®*, *SolidWorks™* dan *Power Shape* dan *UGS NX*. (D. Seprianto et al., 2019).

Rapid Prototyping adalah teknik membentuk dan merakit sebuah produk dengan cepat yang menggunakan metode integrasi antara CAD (*Computer Aided Design*) dan mesin dengan system *rapid prototyping* seperti 3D *Printing* dan CNC (Rinanto & Sutopo, 2017). Sedangkan menurut (Bourel et al., 2009) menjelaskan bahwa *rapid prototyping* adalah proses pembentukan benda dari data 3D berupa layer/lapisan, sebagai kebalikan dari proses manufaktur yaitu mengurangi bagian yang tidak diperlukan. Teknologi *Rapid Prototyping* menjadi teknologi yang bernilai untuk manufaktur. Dengan teknologi ini dapat mewujudkan 5 "any" : *any material*, *any part*, *any quantity*, *any location* dan *any industrial field*, (Lu et al., 2015).

Publikasi ilmiah yang dilakukan oleh (Kodama, 1981) berdampak besar pada teknologi *rapid prototyping*, hampir semua teknologi yang digunakan pada mesin 3D *Printing* saat ini menggunakan salah satu dari beberapa metode dari penelitian-penelitian sebelumnya dan menggabungkannya dengan teknologi zaman sekarang, dimana proses pencetakan benda padat dengan 3D *Printer* menggunakan perintah berupa *file* program atau dikenal dengan *additive Manufacturing* (AM). (Mahamood et al., 2016). Terdapat pelbagai teknologi AM yang tersedia di pasaran seperti *Fused Deposition Modeling* (FDM), *Direct Metal Deposition* (DMD), *Selective Laser Sintering* (SLS), *Inkjet Modeling* (IJM), *Digital Light Processing* (DLP), dan *Stereolithography* (SLA), (Satankar, 2017), DLP merupakan proses AM yang digunakan untuk menghasilkan bagian berlapis melalui fotopolimerisasi (Aznarte et al., 2020) sehingga menjadi solid model. Didasari pencetakan yang menggunakan sinar UV, DLP mempunyai keuntungan untuk mengurangi waktu produksi dan meningkatkan akurasi hasil produksi (Valentin i et al., 2017).

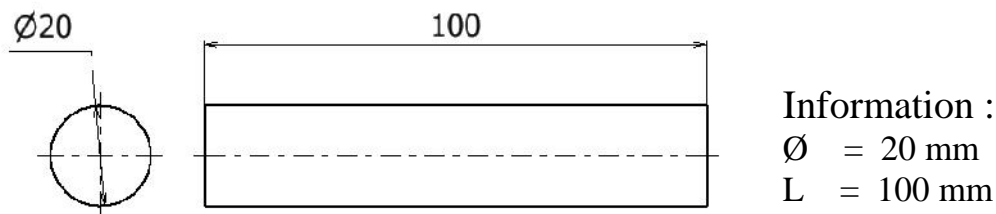
Poros adalah komponen penting dari mesin berputar, poros digunakan untuk mengirimkan gaya dan gerakan (Simm et al., 2016). Poros yang memiliki geometris yang tidak tepat dapat menimbulkan permasalahan seperti getaran yang berlebih, kebisingan hingga peningkatan suhu (Water, 2018) sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada poros itu sendiri ataupun komponen lainnya.

Design eksperiment digunakan untuk mempelajari performance proses atau sistem yang biasanya divisualisasikan seperti kombinasi mesin, metode, orang dan sumber daya lainnya. Karena itu perlu digunakan suatu pendekatan statistik yang diaplikasikan pada proses eksperimen. Desain eksperimen bertujuan untuk memperoleh dan mengumpulkan informasi atau data sebanyak-banyaknya yang diperlukan dan berguna dalam melakukan penelitian persoalan yang akan dibahas. Penelitian juga hendaknya dilakukan seefisien mungkin mengingat waktu, biaya, tenaga dan bahan yang harus digunakan. (D. Seprianto et al., 2019).

2.2 Metodologi

Metode yang digunakan dalam penelitian ini mencakup studi literatur, desain dan eksperimental terhadap nilai keselindrisan hasil cetak 3DP SLA-DLP. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium CNC Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya. Pada penelitian ini, spesimen uji dibuat menggunakan 3DP SLA-DLP dimana material yang digunakan adalah *photopolymer* (resin). Spesimen uji dibuat menyesuaikan ISO 1101/ISO 12180-1 dengan ukuran $\varnothing 20 \times 100$. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh parameter proses 3D *Printer* teknologi DLP terhadap geometris poros. Untuk tahapan dalam pembuatan spesimen adalah :

- Design 3D model menggunakan perangkat lunak CAD *Autodesk® Inventor®*.
- Export* 3D model ke perangkat lunak *Creation Workshop (CW)*
- Atur parameter proses 3DP menggunakan CW dan Slice 3D model dengan 3DP SLA-DLP hingga selesai.



Gambar 1. Spesimen Pengukuran Keselindrisan

Tabel 1. Variabel tetap

No	Parameter	Value	Unit
1	Off Time	1	(s)
2	Bottom Exposure	60	(s)
3	Bottom Layers	8	
4	Z Lift Distance	6	(mm)
5	Z Lift Speed	3	(mm/s)
6	Z Retract Speed	3	(mm/s)

Tabel 2. Variabel bebas

Parameter	
Layer Thickness	Exposure Time
0.025 mm	10
0.05 mm	12,5
0.075 mm	15

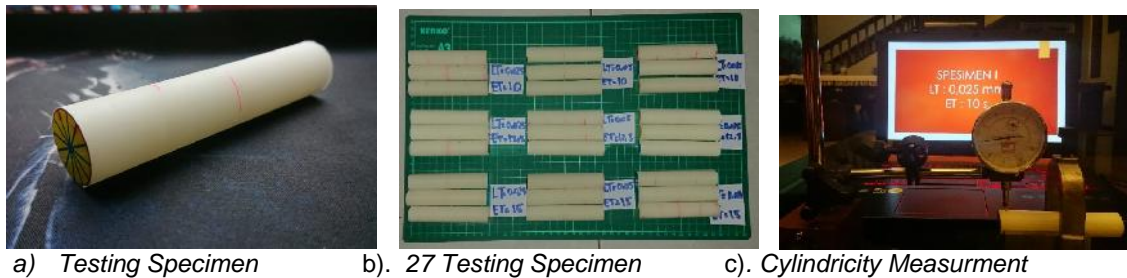
Analisis data hasil pengukuran keselindrisan pada penelitian ini menggunakan *analysis of variance* (Two-Way ANOVA) dengan metode eksperimen *2 level factorial design* dan yang akan diinvestigasi yaitu pengaruh hubungan dari 2 faktor terhadap hasil pengukuran keselindrisan (*2 factorial interaction*), dalam menganalisis data digunakan perangkat lunak *Design Expert* versi 10 (*trial license*). Data yang diperoleh dari hasil pengukuran keselindrisan selanjutnya dianalisis dengan *analysis of varians*. ANOVA pada dasarnya bertujuan untuk menguji hipotesa (H_0) bahwa rata-rata dari dua atau lebih sebuah populasi adalah sama. Konsep analisis variansi didasarkan pada konsep distribusi F dan dapat diaplikasikan untuk analisis hubungan antara berbagai variabel yang diamati. Dalam perhitungan statistik, analisis variansi sangat dipengaruhi asumsi-asumsi yang digunakan seperti distribusi normal, identik (homogenitas variansi), independen (kebebasan dari kesalahan) dan linieritas model. Asumsi tersebut dapat dilihat dengan membuat grafik berdasarkan residual dari selisih data hasil pengujian aktual dan data hasil prediksi. (D. Seprianto et al., 2019).

Two-Way ANOVA (analysis of variance) pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh perbedaan beberapa variabel bebas (faktor) dengan variabel terikat (respon) dan masing-masing variabel memiliki tiga taraf (*level*). (Philip J. Ross., 1989). Untuk mengetahui pengaruh variabel terhadap respon, maka pada ANOVA perlu dihitung jumlah-jumlah kuadrat. (Sudjana., 1994). Pada penelitian ini terdapat beberapa peralatan dan material yang digunakan yaitu :

1. 3D Printer Teknologi *Digital Light Processing*
2. Laptop
3. *Dial Indicator Knuth*
4. *Autodesk® Inventor® 2019 , Education Version*
5. *Creation Workshop (CW)*
6. *Design Expert 10 Trial Version*
7. *V-Block*
8. Jangka Sorong
9. *Liquid Photopolymer Resin*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah pengukuran keselindrisan terhadap spesimen uji selesai, maka akan didapat data-data hasil pengukuran yang selanjutnya dianalisis agar dapat diketahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap keselindrisan, kemudian dapat diketahui persentase kontribusi dari masing-masing faktor terhadap respon yang didapat. Sesuai dengan prinsip dasar desain eksperimen diberlakukan secara acak sempurna (randomisasi) yaitu desain dimana perlakuan dikenakan sepenuhnya secara acak kepada unit-unit eksperimen dan sebaliknya (Dicky Seprianto & Wilza, 2017). Pengukuran spesimen dilakukan sesuai dengan matrik rancangan pengukuran pada Tabel 3, dengan 3 kali pengulangan (replikasi) sehingga dihasilkan 27 spesimen uji pada Gambar 2.



Gambar 2 Cylindricity Measurement for specimen

Tabel 3 Hasil Pengukuran dengan randomisasi

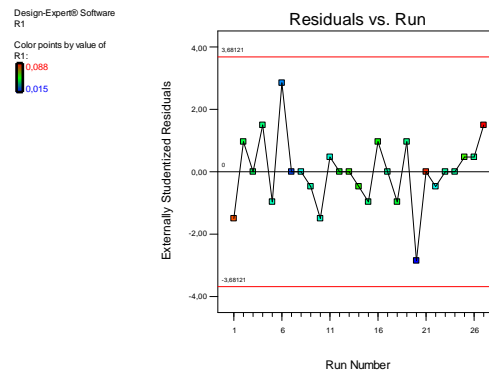
Std	Run	Factor 1	Factor 2	Response
		A: Layer Thickness	B: Exposure Time	Cylindricity
		(mm)	(s)	(mm)
25	1	0,025	15	0,082
24	2	0,075	12,5	0,047
15	3	0,075	12,5	0,045
8	4	0,05	15	0,043
5	5	0,05	12,5	0,038
9	6	0,075	15	0,025
18	7	0,075	15	0,02
12	8	0,075	10	0,035
4	9	0,025	12,5	0,039
17	10	0,05	15	0,037
3	11	0,075	10	0,036
11	12	0,05	10	0,05
10	13	0,025	10	0,055
1	14	0,025	10	0,054
6	15	0,075	12,5	0,043
2	16	0,05	10	0,052
22	17	0,025	12,5	0,04

20	18	0,05	10	0,048
14	19	0,05	12,5	0,042
27	20	0,075	15	0,015
7	21	0,025	15	0,085
21	22	0,075	10	0,034
23	23	0,05	12,5	0,04
26	24	0,05	15	0,04
19	25	0,025	10	0,056
13	26	0,025	12,5	0,041
16	27	0,025	15	0,088

Tabel 4. Mean, standar deviasi, dan rasio

	Name	Units	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev	Observasi	Analysis	Ratio
Factor	Layer Thickness	mm	0,025	0,075	0,025	0,02041241			
	Exposure Time	s	10	15	12,5	2,04124145			
Response	Cylindricity	mm	0,015	0,088	0,04555556	0,01718974	27	Factorial	5,866667

Dari Tabel 3 Diperoleh data grafik pengujian acak, seperti pada Gambar 3 sebagai berikut:



Gambar 3. Residual vs Run

Dari data hasil pengukuran pada Tabel 3 dan Tabel 4 dapat dianalisis pengaruh faktor-faktor tersebut dengan metode *analysis of variance* (ANOVA) yang dibantu dengan perangkat lunak Design-Expert® Trial Version terhadap Keselindrisan Spesimen uji yang dibuat dengan menggunakan 3D Printer teknologi *Digital Light Processing*. Hasil ANOVA ditunjukkan pada Tabel 5, sebagai berikut :

Tabel 5. Analisis varians rata-rata keselindrisan spesimen uji
ANOVA for selected factorial model

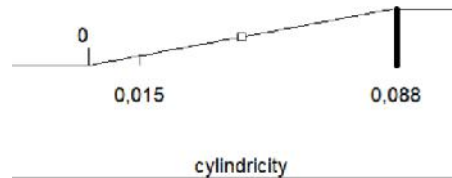
Source	Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						Significant
	Sum of Squares	Df	Mean Square	F ₀	F _{Tabel}	Persentase Kontribusi	
Model	7,567E-003	8	9,458E-004	146,77	<0,0001	97%	Significant
A-Layer Thickness	3,267E-003	2	1,633E-003	253,45	<0,0001	41%	
B-Exposure Time	2,167E-004	2	1,083E-004	16,81	<0,0001	1%	
AB	4,083E-003	4	1,021E-003	158,41	<0,0001	52%	
Pure Error	1,160E-004	18	6,444E-006				
Cor Total	7,683E-003	26					

Berdasarkan hasil ANOVA $F_{\text{HITUNG}} (F_0) > F_{\text{TABEL}}$, maka hipotesis (H_0) ditolak, sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor *layer thickness*, *exposure time* dan interaksi keduanya dengan tingkat keyakinan 95% ($\alpha=0.05$) memiliki pengaruh terhadap keselindrisan spesimen uji. Dari Tabel 5 menunjukkan bahwa faktor *layer thickness* memberikan persentase kontribusi terbesar terhadap keselindrisan spesimen uji yaitu 41%, nilai ini didapat dari

selisih jumlah kuadrat faktor *exposure time* dan rata-rata kuadrat *error* dibagi jumlah kuadrat total. Nilai persentase kontribusi dari masing-masing faktor yang mempengaruhi keselindrisan, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Faktor } \textit{layer thickness} &= \frac{(3,267E-003) - (1,160E-004)}{7,683E-003} = 41\% \\ \text{Faktor } \textit{exposure time} &= \frac{(2,167E-004 - 1,160E-004)}{7,683E-003} = 1\% \\ \text{Interaksi faktor } \textit{layer thickness} \text{ dengan } \textit{exposure time} &= \frac{(4,083E-003) - (1,160E-004)}{7,683E-003} = 52\% \end{aligned}$$

Nilai maksimum dan minimum yang diperoleh dari respon berdasarkan hasil percobaan aktual dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Data Maksimum dan Minimum dari Respon

Untuk mendapatkan nilai optimum dari respon dengan faktor *layer thickness* dan *exposure time* berdasarkan desain eksperimen 2 *level factorial ANOVA* yang dibuat dengan bantuan *software design expert* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai Optimum dari Respon

Number	Layer Thickness	Exposure Time	cylindricity	Desirability	
1	0,075	15	0,02	0,932	Selected
2	0,075	10	0,035	0,726	
3	0,075	12,5	0,045	0,589	

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dan analisis Pengaruh Parameter Proses 3D *Printer Teknologi Digital Light Processing* Terhadap Geometris Poros, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Diketahui faktor yang berpengaruh terhadap keselindrisan poros, yaitu *layer thickness*: 41%, *exposure time*: 1%, interaksi *layer thickness* dan *exposure time*: 52%
2. Dari hasil analisis data hasil pengukuran keselindrisan poros, maka kombinasi parameter yang paling optimal yaitu *layer thickness*: 0,075 mm, *exposure time*: 15 s dengan nilai penyimpangan keselindrisan 0,02 mm,

DAFTAR PUSTAKA

- Aznarte, E., Ayranci, C., & Qureshi, A. J. (2020). Digital light processing (DLP): Anisotropic tensile considerations. *Solid Freeform Fabrication 2017: Proceedings of the 28th Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium - An Additive Manufacturing Conference, SFF 2017*, 413–425.
- Bourel, D., Beaman, J., Leu, M., & Rosen, D. (2009). 04. RAPID History of AM and 2009 Roadmap. *RapidTech 2009: US-TURKEY Workshop on Rapid Technologies*, 1–8.
- Kodama, H. (1981). Automatic method for fabricating a three-dimensional plastic model with photo-hardening polymer. *Review of Scientific Instruments*, 52(11), 1770–1773. <https://doi.org/10.1063/1.1136492>
- ISO 1101:2017 *Geometrical product specifications (GPS) — Geometrical Tolerancing — Tolerances of Form, Orientation, Location and Run-out*.

- ISO 12180-1:2011 *Geometrical product specifications (GPS) — Cylindricity — Part 1: Vocabulary and parameters of cylindrical form.*
- Lu, B., Li, D., & Tian, X. (2015). Development Trends in Additive Manufacturing and 3D Printing. *Engineering*, 1(1), 085–089. <https://doi.org/10.15302/J-ENG-2015012>
- Mahamood, S., Khader, M. A., & Ali, H. (2016). Applications of 3-D Printing in Orthodontics: A Review. *International Journal of Scientific Study*, 3(11), 267–270. <https://doi.org/10.17354/ijss/2016/99>
- Philip J. Ross. (1989). *Taguchi Techiques For Quality Engineering*. International Edition, McGraw Hill Book Co, New York.
- Rinanto, A., & Sutopo, W. (2017). *Perkembangan Teknologi Rapid Prototyping: Study Literatur*. 18, 105–112.
- Rochim, T. (2010). *Teknik Pengukuran (Metrologi Industri)*. Bandung: Lab Metrologi Institut Teknologi bandung
- Romli, Seprianto, D., Putra, D. P., Zamheri, & Rasid, M. (2020). The Effect of Parameters on the Process of Making Objects with Rapid Prototyping Digital Light Processing Technology on the Bending Stress. *Journal of Physics: Conference Series*, 1500(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1500/1/012027>
- Satankar, R. K. (2017). Investigating the process parameters of 3D printer extruder of Fused Deposition Modeling- A review. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 4(10), 1–9.
- Seprianto, D., Iskandar, Wilza, R., & Adesta, E. Y. T. (2019). Influence of internal fill pattern, polishing time and Z-Axis orientation on the tensile strength of the 3D printed part. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 7(6), 170–174.
- Seprianto, Dicky, & Wilza, R. (2017). *Optimasi Parameter Pada Proses Pembuatan Objek 3D Printing Dengan Teknologi FDM Terhadap Akurasi Geometri*. November, 37–49.
- Setiawan, A. A., Karuniawan, B. W., & Arumsari, N. (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 Program*, 2654.
- Simm, A., Wang, Q., Huang, S., & Zhao, W. (2016). Laser based measurement for the monitoring of shaft misalignment. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 87, 104–116. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2016.02.034>
- Sudjana. (1994). *Desain Dan Analisis Eksperimen*. Edisi III, Tarsito. Bandung.
- Valentin i , J., Peroša, M., Jerman, M., Sabotin, I., & Lebar, A. (2017). Low cost printer for DLP stereolithography. *Strojniski Vestnik/Journal of Mechanical Engineering*, 63(10), 559–566. <https://doi.org/10.5545/sv-jme.2017.4591>
- Water, N. (2018). *Vibration Analysis and Infrared Thermography Technique for*. 5(1), 76.