



Pengaruh Parameter Proses pada Pencetakan 3d Printing terhadap Transparansi Filamen Petg Menggunakan Metode Taguchi
The Influence of Process Parameters on Transparency 3d Printing of Petg Filament using the Taguchi Method

Pristiansyah^{1,a)}, Ilham Ary Wahyudie¹, Rosalina¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Bangka, Indonesia

^{a)}corresponding author: pristiansyah@polman-babel.ac.id

Abstrak

Teknologi pencetakan 3D sangat banyak digunakan khususnya dalam bidang industri. Pada proses 3D Printing, pembuatan *prototype* dapat dibuat dalam waktu yang singkat. Salah satu teknologi yang sering digunakan adalah teknologi FDM, Teknologi *Fused Depositon Modeling* (FDM) merupakan Metode untuk menghasilkan bentuk produk 3Dimensi dengan bahan ideal dari sifat geometris. Pada kesempatan ini penulis melakukan penelitian tentang 3D Printing menggunakan jenis filamen PETG (*Polyethylene Terephthalate Glycol*) dengan parameter proses yang telah ditentukan. Melalui penerapan teknik *Taguchi* L27(33), penelitian ini memanfaatkan 3 parameter dan 3 level untuk menghasilkan bentuk produk dengan memperhatikan respon transparansi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui respons yang dihasilkan dari kombinasi parameter yang berbeda menggunakan Metode *Grey Taguchi* serta untuk mengukur seberapa besar pengaruh pencetakan menggunakan filamen PETG dengan 3 parameter proses yang diuji dan tiga level yang berpengaruh pada pengujian transparansi. Berdasarkan penelitian, nilai transparansi tertinggi yang diperoleh yaitu dengan rata-rata 53 lux dan yang terendah adalah dengan rata-rata 168.667 lux, sehingga dapat disimpulkan bahwa tingkat transparansi tertinggi adalah spesimen hasil pencetakan dengan nilai parameter *nozzle temperature* (250°C), *infill overlap percentage* (70%), dan *layer height* (0,05 mm).

Kata Kunci : 3d printing; metode taguchi, petg; transparansi

Abstract

3D Printing technology is widely used, especially in the industrial sector. In the process of 3D Printing, prototypes can be created quickly. One commonly used technology is Fused Deposition Modeling (FDM), which is a method for producing three-dimensional product shapes using materials ideally suited for geometric properties. In this study, the author focuses on 3D Printing using PETG (*Polyethylene Terephthalate Glycol*) filament with predefined process parameters. Through the application of *Taguchi* L27(33) technique, the study employs 3 parameters at 3 levels to produce product shapes while considering transparency responses. The objective is to determine the response generated by different parameter combinations using *Grey Taguchi Method* and to measure the impact of filament Printing. PETG with 3 tested process parameters and three influential levels on transparency testing. Based on the research, the highest transparency value obtained was an average of 53 lux and the lowest was an average of 168.667 lux, indicating that the highest transparency level was found in specimens produced with *nozzle temperature* (250°C), *infill overlap percentage* (70%), and *layer height* (0.05 mm) parameter values.

Keywords: 3d printing; taguchi method; petg; transparency

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di dunia manufaktur yang semakin pesat membawa dampak yang begitu besar, salah satunya yaitu teknologi 3D Printing atau juga dikenal sebagai *additive manufacturing*. *Additive manufacturing* adalah proses pembuatan benda solid 3D

dari sebuah file digital (CAD/Computer Aided Design). 3D Printing adalah teknologi proses manufaktur FDM (*Fuse Deposition Modeling*) yang sebagian besar untuk peningkatan dalam menghasilkan rancangan awal dengan lebih cepat pada desain yang diinginkan .

Proses 3D Printing dengan teknologi FDM dapat digambarkan sebagai pencetakan produk melalui metode *additive*, di mana bahan-bahan dasar ditambahkan secara

berurutan atau *layer per layer* sesuai dengan bentuk *file* digital yang telah didesain terlebih dahulu. Apabila dibandingkan dengan metode konvensional manufaktur, penggunaan *additive manufacturing* menggunakan 3D *Printing* lebih menguntungkan. *Rapid prototyping* yang ada pada komponen mekanik menerapkan teknik-teknik dan kapasitas produksi yang terbatas, kemudian dapat memberikan hasil penyelesaian rancangan / *prototype* lebih awal. [1]. Prinsip kerja teknologi ini yaitu dengan mengandalkan komponennya, seperti *heater nozzle* sebagai pemanas filamen hingga meleleh kemudian dicetak di *bottom plate*. Pada sebuah penelitian uji transparansi produk dengan dimensi spesimen atau objek cetak berukuran diameter 35 mm dan tebal 2 mm, ukuran transparansi pada produk yang dihasilkan melalui pencetakan mesin 3D *Printing* FDM dengan filamen PETG (*Polyethylene Terephthalate Glycol*) dengan angka tertinggi adalah 36,667 lux, dengan parameter proses suhu nozel (235°C), suhu meja (68°C), kecepatan cetak (15 mm/s), dan tebal *layer* (0,1 mm) [2].

Metode *Taguchi* merupakan pendekatan yang fokus pada peningkatan desain produk dan proses melalui *off-line quality control*. Tujuan utamanya adalah membuat produk kurang peka terhadap gangguan variabel (*noise*), sehingga disebut sebagai desain yang tangguh (*robust design*). Metode ini menggunakan percobaan rencana untuk mengidentifikasi faktor utama yang dominan dalam mempengaruhi kualitas proses, sehingga variasi karakteristik kualitas dapat dikendalikan. Dengan pendekatan ini, mencari kombinasi optimal antara unit produk dan proses yang memungkinkan pencapaian karakteristik kualitas terbaik dengan biaya rendah pada tingkat konsistensi yang tinggi. Metode *Taguchi* dikenal memiliki tiga karakteristik kualitas, di mana semakin besar nilainya menunjukkan kualitas yang lebih baik (*larger is better*), nilai tertentu adalah yang terbaik (*normal is best*), dan semakin kecil semakin baik (*smaller is better*)[4]. Optimasi dengan metode *Taguchi* bisa dilakukan menggunakan *software Minitab* [5]. Metode ini diusulkan untuk penelitian optimasi proses pencetakan yang pada metode *Taguchi* digunakan untuk menganalisis hubungan antar variabel dan untuk mengoptimalkan respons dalam proses pencetakan 3D *Printing* [6].

Sebagai pendekatan yang bertujuan meningkatkan kualitas proses dan produk, metode *Taguchi* ditujukan untuk mengurangi kerentanan proses terhadap kegagalan seperti material, fasilitas produksi, tenaga kerja manusia, dan persyaratan operasional [7]. Dengan menerapkan metode *Taguchi* ini, diharapkan analisis hasil dapat disederhanakan dan masalah dapat diatasi dengan menemukan nilai optimal parameter yang mendukung evaluasi kualitas produk [8].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur untuk mengumpulkan referensi mengenai kasus konflik. Referensi ini berasal dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, artikel, laporan, dan situs-situs internet. Studi literatur tersebut menjadi landasan untuk melanjutkan eksperimen/penelitian.

Penelitian ini menggunakan bahan PETG (*Polyethylene Terephthalate Glycol*) merupakan turunan dari jenis plastik PET, namun ditambahkan glikol untuk menghasilkan karakteristik kimiawi tertentu. Filamen PETG yang digunakan ini yaitu memiliki ukuran diameter 1,75 mm dan dapat dipanaskan dengan suhu 230-250°C.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui parameter optimal proses 3D *Printing* menggunakan filamen PETG (*Polyethylene Terephthalate Glycol*) terhadap transparansi. Dalam mendukung keberhasilan penelitian ini, analisis yang digunakan didasarkan pada hasil evaluasi beberapa penelitian terkait, khususnya metode *Taguchi* [9].

Penentuan Parameter Proses

Pemilihan parameter proses dalam bentuk faktor dan level pengujian ditetapkan. Parameter-proses yang dipilih untuk penelitian ini termasuk: *Print Temperature* (temperatur filamen yang dipanaskan saat filamen diekstrusi atau pada saat proses pencetakan), *Infil Overlap Percentage* (tumpang tindih *layer* saat pencetakan), dan *Layer Height* (ketebalan setiap lapisan saat pencetakan. *Layer Height* dapat mempengaruhi kehalusan dan kecepatan pencetakan spesimen). Pada penelitian ini, pengujian dilakukan terhadap nilai level dan parameter proses sebagaimana yang tercantum dalam [Tabel 1](#).

Tabel 1. Nilai level dan parameter proses yang diuji

Faktor	Parameter Proses	Level		
		1	2	3
A	<i>Print Temperature</i>	245°C	250°C	255°C
B	<i>Infil Overlap Percentage</i>	50%	60%	70%
C	<i>Layer Height</i>	0,05 mm	0,10 mm	0,15 mm

Setelah nilai level dan parameter proses dipilih, langkah berikutnya adalah melakukan desain faktorial menggunakan metode *Taguchi L27 orthogonal array* (OA) menggunakan perangkat lunak *Minitab*.

Alat dan Bahan

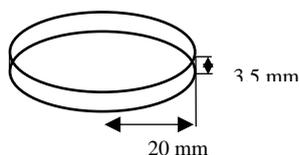
1. *Printer 3D FDM Ender-3* dengan volum area XYZ 300 mm x 300 mm x 350 mm yang digunakan untuk mencetak spesimen yang akan diuji, diperlihatkan pada [Gambar 1](#).



Gambar 1. Mesin 3D printing ender-3

2. Filamen PETG
 Filamen PETG memiliki karakteristik kekuatan yang lebih tinggi, penyusutan lebih rendah, dan ketahanan kimia yang baik. Filamen ini mengandung penyerap UV dan *hidrofobitas* yang baik (tidak mudah menyerap air). Ini juga memiliki kekuatan yang baik dan ulet sehingga menjadikannya bahan yang baik dan tangguh untuk komponen mekanik. Teknologi 3D *printer* menggunakan bahan plastik atau *thermoplastic* dengan cara memanaskan filamen dan mencetaknya secara bertahap untuk membentuk objek 3 dimensi [10].

Selanjutnya, material yang akan diuji dalam penelitian ini didesain untuk mencetak sampel material yang sesuai dengan jumlah yang akan dianalisis menggunakan perangkat lunak *Slicer Ultimaker Cura* 4.1.1. Hasil dari proses ini ditunjukkan dalam [Gambar 2](#). dengan menggunakan *G-code* yang diperoleh dan diterapkan.



Gambar 2. Desain spesimen uji

Jumlah Sampel

Pada penelitian ini mencetak 27 sampel dengan parameter antara lain: *print temperature* (°C), *overlap* (%), dan *layer height* (mm), menggunakan desain *Taguchi L27* dengan 3 faktor dan 3 level. Setelah itu dilakukan analisis sesuai tabel dan hasil yang diperoleh. Kemudian kesimpulan ditarik dari analisis data yang telah dilakukan.

Analisis Metode Taguchi

Eksperimen dilakukan secara acak dengan parameter yang telah dikombinasi dengan mengacu pada rancangan percobaan yang sesuai matriks ortogonal, kemudian dilakukan dengan membuat desain faktorial metode *Taguchi L27* ortogonal *array* (OA) menggunakan *software Minitab*. Setelah data pengujian terkumpul, data tersebut diproses menggunakan perangkat lunak analisis untuk menemukan parameter yang optimal dan signifikan yang tercantum dalam [Tabel 2](#).

Tabel 2. Data eksperimen *taghuchi L27*

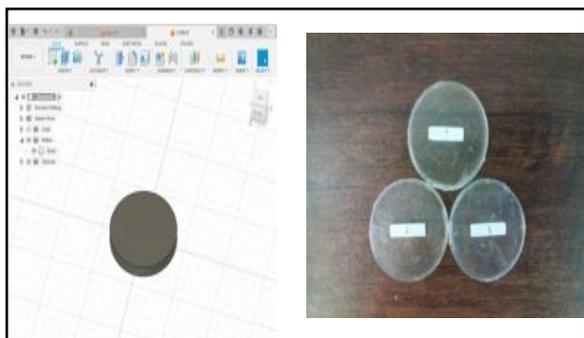
No.	Print Temperature (°C)	Infül Overlap Percentage (%)	Layer Height (mm)
1	245	50	0.05
2	245	50	0.05
3	245	50	0.05
4	245	60	0.10
5	245	60	0.10
6	245	60	0.10
7	245	70	0.15
8	245	70	0.15
9	245	70	0.15
10	250	50	0.10
11	250	50	0.10
12	250	50	0.10
13	250	60	0.15
14	250	60	0.15
15	250	60	0.15
16	250	70	0.05
17	250	70	0.05
18	250	70	0.05
19	255	50	0.15
20	255	50	0.15
21	255	50	0.15
22	255	60	0.05
23	255	60	0.05
24	255	60	0.05
25	255	70	0.10
26	255	70	0.10
27	255	70	0.10

Pengumpulan data penelitian harus mengikuti langkah-langkah yang jelas agar hasil yang diperoleh akurat dan dapat dipertanggungjawabkan. Prosedur untuk pengambilan data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tahapan awal adalah pembuatan spesimen yaitu sebagai berikut:

1. Membuat spesimen sesuai dengan desain yang telah dibuat pada *software* CAD (dalam hal ini yang digunakan adalah *software Fusion 360*) dalam format STL desain.
2. Format STL desain tersebut diletakkan pada *software slicer* (*Ultimaker Cura 4.0.0*) untuk mengatur

- parameter proses dan level yang ditentukan sebelumnya untuk kemudian mendapatkan *G-code*.
- Selanjutnya, dilakukan pencetakan spesimen menggunakan filamen PETG sesuai dengan parameter proses yang telah dirancang.
 - Setelah semua spesimen dicetak, maka selanjutnya dilakukan pengujian transparansi (seberapa jernih atau tembus pandang sebuah objek sehingga jelas menyiratkan bahwa tidak adanya kekeruhan).



Gambar 3. Desain CAD dan Hasil Pencetakan Spesimen Uji

Setelah melakukan pencetakan sesuai dengan Gambar 3, selanjutnya adalah pengujian transparansi menggunakan digital lux meter terhadap spesimen yang telah dicetak. Metode pengujian yang dilakukan yaitu dengan mengukur selisih antara banyaknya cahaya yang masuk tanpa adanya spesimen dengan banyaknya cahaya yang masuk dengan adanya spesimen. Dilanjutkan dengan pengambilan data hasil pengujian yang kemudian diolah menggunakan software analisis Minitab untuk mendapatkan nilai Mean Plot dan *S/N Ratio* sebagai tolak ukur pembacaan urutan peringkat parameter yang memberikan pengaruh terbesar hingga yang terkecil.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh dari pencetakan spesimen atau benda kerja dengan berbagai kombinasi parameter pada mesin 3D *Printing* akan dianalisis untuk mengukur tingkat transparansinya.

Data Hasil Eksperiment

Data hasil pengujian transparansi diperoleh melalui pengambilan dan pengujian sampel yang dilakukan dalam tiga replikasi (replikasi 1/R1, replikasi 2/R2, dan replikasi 3/R3). Kemudian, rata-rata dari ketiga replikasi tersebut dihitung (dalam satuan lux), dan hasilnya disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Rata – rata Uji Transparansi.

No.	R1	R2	R3	Rata – rata (lux)
-----	----	----	----	-------------------

1	85	98	143	108.667
2	175	147	97	139.667
3	178	147	158	161
4	82	48	67	65.667
5	106	114	142	120.667
6	157	134	130	140.333
7	112	80	99	97
8	127	96	149	124
9	156	146	139	147
10	37	63	59	53
11	103	130	144	125.667
12	157	141	135	144.333
13	96	122	99	105.667
14	157	137	125	139.667
15	133	157	164	151.333
16	83	59	83	75
17	131	150	152	144.333
18	174	179	153	168.667
19	155	157	150	154
20	121	136	153	136.667
21	157	159	143	153
22	80	90	87	85.667
23	145	146	137	142.667
24	159	160	166	161.667
25	111	52	81	81.333
26	148	162	140	150
27	167	164	159	163.333

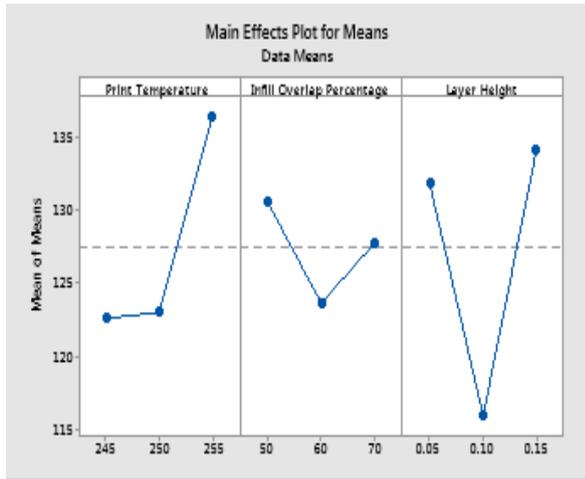
Hasil rata – rata dari pengujian transparansi yang paling optimum berdasarkan data hasil eksperimen pada Tabel 3, yaitu terjadi pada eksperimen nomor 10 yang menghasilkan rata-rata nilai selisih terkecil yaitu sebesar 53 lux, spesimen desain *factorial L₂₇* dengan *nozzle temperature* (250°C), *infil overlap percentage* (70%), dan *layer height* (0,05 mm).

Pengolahan Data Hasil Eksperimen

Data hasil pengujian digunakan untuk menentukan pengaturan parameter proses yang optimal dan berdampak signifikan terhadap hasil uji transparansi dengan menggunakan metode *Taguchi*. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak analisis, di mana nilai-nilai dari hasil pengujian dimasukkan ke dalam *software Minitab* untuk menghasilkan *Mean Plot* dan Rasio S/N.

Grafik Mean Plot.

Tampilan dari *Analyze Taguchi Design* yang menampilkan hasil Signal to Noise Ratio dan Means. Hasil perhitungan *Mean Plot* dapat dilihat pada Tabel 4, dan Gambar 4, serta hasil perhitungan lainnya.



Gambar 4. Grafik Mean plot

Berdasarkan hasil pengujian, data diolah secara grafis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. dan Tabel 4. Dari grafik mean plot terlihat bahwa parameter layer height memiliki 2 level yang melampaui batas garis putus-putus, menandakan pengaruh tertinggi pada hasil uji. Parameter layer height, print temperature, dan infill overlap percentage sangat mempengaruhi transparansi benda uji, menghasilkan nilai tertinggi dan terendah pada setiap produk yang diuji. Ini juga dibuktikan pada sebuah penelitian dengan hasil tertinggi untuk transparansi produk memiliki parameter layer height terkecil yaitu 0,1 mm, serta parameter lainnya yaitu suhu nozel (235°C), suhu meja (68°C), dan kecepatan cetak (15mm/s) [2].

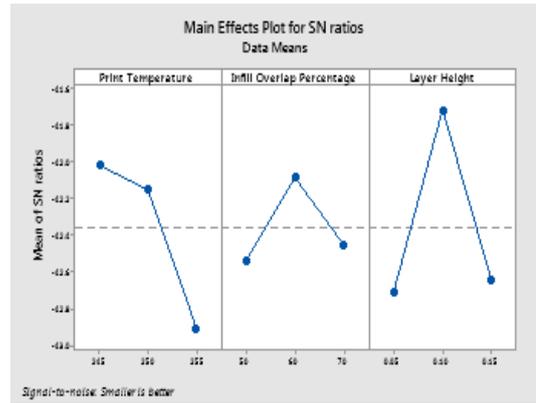
Tabel 4. Mean plot

Response Table for Means

Level	Print Temperature	Infill Overlap Percentage	Layer Height
1	122.7	130.7	131.9
2	123.1	123.7	116.0
3	136.5	127.9	134.3
Delta	13.8	7.0	18.2
Rank	2	3	1

Grafik S/N Rasio

Berdasarkan Tabel 5. yang terlihat pada kolom Rank, parameter proses yang mendapatkan rank pertama adalah layer height yang artinya menduduki posisi pertama yang paling berpengaruh. Ini membuktikan bahwa semakin kecil ketebalan layer maka permukaan akan semakin halus sehingga menghasilkan transparansi yang bagus pula.



Gambar 5. Grafik S/N rasio

Tabel 5. S/N rasio

Response Table for Signal to Noise Ratios

Level	Print Temperature	Infill Overlap Percentage	Layer Height
1	-42.02	-42.54	-42.71
2	-42.15	-42.08	-41.71
3	-42.91	-42.45	-42.65
Delta	0.89	0.45	1.00
Rank	2	3	1

Berdasarkan Gambar 5. dan Tabel 5. pada gilirannya parameter proses yang memiliki pengaruh besar, serta tingkat faktor dan nilai respons yang optimal berdasarkan rank pada tabel S/N Rasio di atas yaitu layer height (0,10 mm), print temperature (245°C), dan infill overlap percentage (60%).

Secara berurutan, parameter proses yang signifikan, serta faktor level dan nilai respons optimal berdasarkan peringkat (rank) pada tabel S/N Ratio diatas yaitu layer height (0,10 mm), print temperature (245°C), dan infill overlap percentage (60%).

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa uji transparansi dari tiga parameter proses yang diuji, yaitu print temperature, infill overlap percentage dan layer height, dengan tiga level, mempengaruhi transparansi. Urutan faktor yang paling berpengaruh pada filamen PETG adalah layer height, print temperature, dan infill overlap percentage. Nilai transparansi yang paling optimal ditemukan pada spesimen desain factorial L₂₇ dengan nozzle temperature (250°C), infill overlap percentage (70%), dan layer height (0,05 mm) menghasilkan nilai uji sebesar 53 lux.

Saran

Berdasarkan penelitian yang berjudul “Optimasi Parameter Proses 3d *Printing* Terhadap Akurasi Dimensi Dan Transparansi Filamen Petg Menggunakan Metode *Grey Taguchi*”, ada beberapa saran yang diberikan penulis untuk dapat menunjang penelitian terkait yang akan dilakukan selanjutnya agar dapat lebih baik nantinya, antara lain:

1. Pada penelitian berikutnya disarankan untuk menggunakan metode yang berbeda dari penelitian ini agar dapat dikembangkan lebih jauh.
2. Menggunakan parameter yang berbeda dan lebih bervariasi untuk mengetahui parameter yang berpotensi dan paling berpengaruh terhadap hasil dan respons yang berbeda dari penelitian yang telah digunakan ini dengan menggunakan filamen PETG dengan mesin 3D *Printing* model *Creality Ender 3 Pro*.
3. Menggunakan mesin yang berbeda agar dapat menemukan fenomena-fenomena baru mengenai pengaruh parameter terhadap respons yang diuji.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Hasdiansah, R. I. Yaqin, P. Pristiansyah, M. L. Umar, and B. H. Priyambodo, “FDM-3D *Printing* parameter optimization using *Taguchi* approach on surface roughness of thermoplastic polyurethane parts,” *Int. J. Interact. Des. Manuf.*, 2023, doi: 10.1007/s12008-023-01304-w.
- [2] H. Pristiansyah, “Pengaruh Parameter 3D *Printing* Terhadap Transparansi Produk yang Dihasilkan,” *Semin. Nas. Inov. Teknol.*, vol. 6, pp. 181–186, 2018.
- [3] P. Wahyu Haumahu, “OPTIMALISASI PRODUK DENGAN MENGGUNAKAN METODE PERANCANGAN TOLERANSI *TAGUCHI*,” pp. 978–979, 2011.
- [4] A. Ferdiansyah, “PENGARUH PARAMETER PROSES PADA 3D *PRINTING* FDM The Effect of Proses Parameters on 3D *Printing* FDM on Tensile strength of ABS,” 2021.
- [5] A. Marsinta Arsani, *Buku Aplikasi Minitab Untuk Statistisi Pemula*, no. March. 2022.
- [6] I. Apriansyah, A. Zamheri, and F. Arifin, “Peningkatan akurasi dimensi dan tingkat kekerasan pada fillamen esteel dengan pendekatan metode *Taguchi*,” *Mach. J. Teknol. Terap.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–7, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/machinery/article/view/2150/1379>
- [7] P. Halimah and Y. Ekawati, “Penerapan Metode *Taguchi* untuk Meningkatkan Kualitas Bata Ringan pada UD . XY Malang Application of the *Taguchi* Method to Improve the Quality of Lightweight Bricks at UD . XY Malang,” pp. 13–26, 2020, doi: 10.30813/jiems.v13i1.1694.
- [8] M. H. Bari, “Optimasi Parameter Proses Pada 3D *Printing* FDM Terhadap Kekuatan Tarik Filament PLA Food Grade Menggunakan Metode *Taguchi* L27,” *Manutech J. ...*, 2021, [Online]. Available: <http://ejournal.polman-babel.ac.id/index.php/manutech/article/view/163%0Ahttps://ejournal.polman-babel.ac.id/index.php/manutech/article/download/163/125>
- [9] H. Y. Meilia Kusumawardani, Mustafid, “Optimalisasi parameter teknik pengelasan flux cored arc welding (fcaw) menggunakan metode *Taguchi* multirespon pcr-topsis,” vol. 4, pp. 573–582, 2015.
- [10] W. Riyan Saputra, “J-Proteksion : Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin,” *J-Proteksion*, vol. 4, no. 13, pp. 1–6, 2020.