

Optimasi Variasi Jumlah Blade Inlet Turbo dan Outlet Turbo Terhadap Gaya Dorong Pada Prototype Waterjet Thruster Produk 3D Printing Menggunakan Metode Taguchi

Mario Oktavianto¹, Boy Rollastin¹, Hasdiansah^{1*}

¹Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

*E-mail : phiannttarah@yahoo.co.id

Received : 6 Februari 2024; Received in revised form : 16 Februari 2024;

Accepted : 22 Februari 2024

Abstract

Efforts to improve Indonesia's maritime security continue to be increased by carrying out maritime security operations using a patrol fleet. The ability to maneuver well is needed by a ship to carry out encryption and security against enemies. This research aims to find a combination of Waterjet Thruster ship propulsion system components that produces the most optimal thrust. The Waterjet Thruster prototype was made using a 3D printing machine with FDM (Fused Deposition Modeling) technology using ST-PLA (Super Tough Polylactic Acid) filament. This research uses the Taguchi method to create an experimental design. The variables used are the number of turbo inlet blades, impeller type, and the number of turbo outlet blades. The test was carried out using tools in the form of a test vessel weighing 8.06 kg with an electric motor drive engine. The results of this test obtained the highest thrust force in the 2nd variation using a 3 blade type 2 impeller, 13 blade turbo inlet, and 13 blade turbo outlet with the lowest thrust force value of 2.231775 N. The 9th variation produced the lowest thrust force of 0,711225 N using Inlet Turbo 15 blades, Impeller 3 blade type 3, and Outlet Turbo 15 blades.

Keywords: 3D Printing; Thrust; Taguchi; Waterjet Thruster

Abstrak

Upaya untuk meningkatkan keamanan laut Indonesia terus ditingkatkan dengan cara melakukan operasi keamanan laut menggunakan armada kapal patroli. Kemampuan untuk bermanuver yang baik sangat dibutuhkan sebuah kapal untuk melakukan pengejaran dan pengamanan terhadap musuh. Penelitian ini bertujuan untuk mencari kombinasi komponen sistem penggerak kapal *Waterjet Thruster* yang menghasilkan gaya dorong paling optimal. *Prototype Waterjet Thruster* dibuat menggunakan mesin 3D Printing berteknologi FDM (Fused Deposition Modeling) menggunakan filamen ST-PLA (Super Tough Polilactid Acid). Penelitian ini menggunakan metode *Taguchi* untuk membuat desain eksperimen. Variabel yang digunakan adalah jumlah *blade inlet turbo*, *impeller type*, dan jumlah *blade outlet turbo*. Pengujian dilakukan menggunakan alat bantu berupa kapal uji berbobot 8,06 Kg dengan mesin penggerak motor listrik. Hasil dari pengujian ini didapatkan gaya dorong tertinggi pada variasi ke 2 dengan menggunakan *Impeller 3 blade type 2*, *Inlet turbo 13 blade*, dan *Outlet turbo 13 blade* dengan nilai gaya dorong sebesar 2,231775 N. Variasi ke 9 menghasilkan gaya dorong terendah sebesar 0,711225 N dengan menggunakan *Inlet Turbo 15 blade*, *Impeller 3 blade type 3*, dan *Outlet Turbo 15 blade*.

Kata kunci: 3D Printing ; Gaya Dorong ; Taguchi ; Waterjet Thruster

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan sebuah negara dengan letak geografis membentang dari 60 LU sampai 110 LS dan 92^o sampai 142^o BT.

Wilayah indonesia terdiri dari 17.504 pulau-pulau baik besar maupun kecil [1]. Dengan luasnya wilayah laut yang dimiliki indonesia

tentu memiliki gangguan keamanan seperti *illegal fishing* [2]. Salah satu upaya yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan melakukan operasi keamanan laut [3]. Salah satu armada yang digunakan untuk pihak keamanan melakukan patroli di laut adalah *speedboat* [4].

Kemampuan khusus yang wajib dimiliki sebuah *speedboat* patroli adalah kemampuan bermanuver yang baik untuk melakukan pengejaran terhadap musuh [5]. Umumnya mesin yang digunakan untuk menggerakkan *speedboat* adalah mesin tempel yang terletak di bagian belakang kapal [6]. Namun sekarang ini ada juga yang menggunakan mesin disel untuk menggerakkan *speedboat* karena mesin disel dinilai lebih efisien dalam mengkonsumsi bahan bakar [7]. Untuk memaksimalkan gaya dorong dari putaran mesin disel, ada sebuah teknologi penggerak kapal yang bisa digunakan yaitu sistem propulsi *waterjet thruster* [8]. *Waterjet thruster* merupakan teknologi penggerak kapal yang ditemukan di Selandia Baru yang fungsi awalnya diperuntukkan untuk menaklukkan air yang mengalir deras untuk dilalui sebuah kapal. Sistem propulsi *waterjet thruster* dinilai lebih aman karena letak komponen utamanya tertutup oleh selubung sehingga tidak kontak langsung dengan benda asing yang ada di dalam air [9].

Gaya dorong atau *Thrust* merupakan hal penting yang harus diperhatikan pada sistem penggerak *Waterjet Thruster*. Gaya dorong atau *Thrust* merupakan hasil dari aliran fluida yang sudah melalui semua komponen *Waterjet* dan mengalami kenaikan momentum aliran [10]. Komponen yang memiliki peranan untuk merubah arah putaran serta menaikkan momentum aliran fluida pada *Waterjet* adalah *Outlet Turbo* [11].

Teknologi percetakan 3D *Printing* bisa diaplikasikan dalam pembuatan *prototype waterjet thruster* pada penelitian ini, karena 3D *Printing* merupakan sebuah teknologi yang memiliki kemampuan untuk mencetak berbagai macam produk atau benda bervolume [12]. Percetakan 3D atau *Additive Manufacture* merupakan pengembangan teknologi pembuat objek 3D dengan berbagai bentuk dari simulasi permodelan

3D [13]. Teknologi *Additive Manufacture* memungkinkan untuk membuat benda dari permodelan CAD (*Computer Aided Design*) [14]. *Fused Deposition Modeling* merupakan teknologi percetakan 3D *Printing* yang paling banyak digunakan karena biaya produksinya yang murah dan filamennya mudah dicari [15]. Salah satu filamen yang bisa digunakan adalah ST-PLA. Filamen ST-PLA adalah pengembangan dari filamen PLA yang melalui pengomposan bahan aditif spesial. Filamen ST-PLA diklaim lebih kuat dan tahan benturan dibanding filamen PLA [16].

Metode *Taguchi* diciptakan sebagai alat bantu untuk meningkatkan kemampuan sebuah proses dan juga berfungsi mengurangi penyebab variabilitas produksi. Metode ini bisa menghemat waktu dan biaya dari sebuah eksperimen melalui faktor dan level penelitian optimal pada waktu yang sama [17].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui optimasi dari variasi *prototype waterjet thruster* hasil dari percetakan 3D *Printing* berteknologi *Fused Deposition Modelling*. Ada 3 faktor yang akan divariasikan pada penelitian ini. Faktor tersebut antarlain variasi panjang *Inlet Turbo*, panjang *Outlet Turbo* dengan 3 jenis *Impeller* yang berbeda. Metode *Taguchi* digunakan untuk mengetahui kombinasi dari ketiga variasi yang berpengaruh dan menghasilkan gaya dorong paling optimal.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan proses 3D *Printing* untuk mencetak komponen dari *prototype mini waterjet thruster*. Mesin 3D *Printing* yang digunakan adalah mesin 3D *Printing* Ender 3 pro berteknologi *Fused Deposition Modeling* dengan spesifikasi area pencetak sebesar 220 mm x 220 mm x 250 mm. Jenis filamen yang digunakan adalah filamen ABS dan Filamen ST- PLA. Proses pengujian menggunakan bantuan kapal uji yang digerakkan menggunakan mesin bor listrik. Kapal uji yang digunakan memiliki bobot 8,06 Kg yang diikatkan dengan timbangan digital dengan maksimal berat 50 Kg. Putaran mesin yang digunakan sebesar 4.600 RPM. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui *Prototype Waterjet Thruster* mana yang memiliki gaya dorong paling optimal.

Proses penelitian diawali dengan proses penentuan faktor, level penelitian, dan desain percobaan. Metode yang digunakan adalah metode *Taguchi* Proses pembuatan desain *Prototype Waterjet Thrusther*. Software yang digunakan untuk membuat desain pada penelitian ini adalah *Autodesk Fusion 360*. Desain komponen *prototype waterjet thrusther* bisa dilihat pada gambar 1, gambar 2, dan gambar 3. Desain yang sudah dibuat selanjutnya dilanjutkan ke *Software Ultimaker Cura* untuk mendapatkan kode G. Setelah didapat kode G, semua komponen akan dicetak menggunakan mesin 3D *Printing* berteknologi *FDM*. Komponen *Waterjet Thrusther* yang sudah dicetak akan dirakit dan dilanjutkan ke proses pembuatan kapal uji.

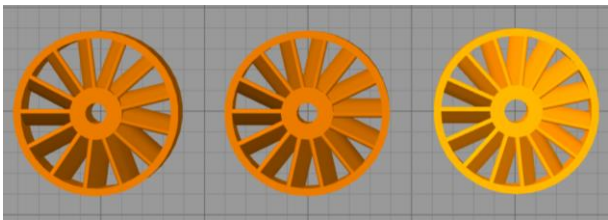
Orthogonal Arrai L_9 OA. Faktor dan level penelitian bisa dilihat pada Tabel 1, dan Desain percobaan penelitian bisa dilihat pada Tabel 2. Tahapan selanjutnya adalah Tahapan selanjutnya adalah proses pengujian setiap variasi dari *Prototype Waterjet Thrusther*. Proses pengujian dilakukan pada sebuah kolam uji dengan bantuan kapal uji yang dikaitkan dengan timbangan gantung digital. Putaran yang dihasilkan dari mesin penggerak akan memutar *Waterjet* dan menghasilkan semburan yang akan mendorong kapal uji dan menarik timbangan digital. Nilai tertinggi yang terdapat pada timbangan digital yang ditarik oleh kapal uji merupakan nilai gaya dorong yang diambil pada pengujian ini.

Tabel 1. Faktor dan level penelitian

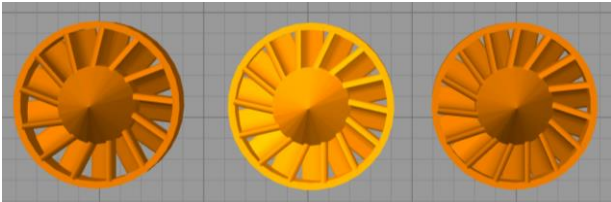
Level	Factor		
	Jumlah Blade Inlet Turbo	Impeller Type	Jumlah Blade Outlet Turbo
Level 1	13 Blade	3 Blade Type 1	13 Blade
Level 2	14 Blade	3 Blade Type 2	14 Blade
Level 3	15 Blade	3 Blade Type 3	15 Blade

Tabel 2. Desain Eksperimen *Taguchi* L_9 (3^3)

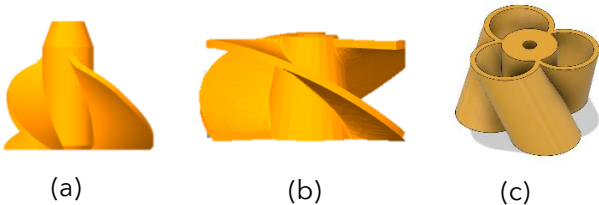
Exp no.	Factor		
	Jumlah Blade Inlet Turbo	Impeller Type	Jumlah Blade Outlet Turbo
1	13 Blade	3 Blade Type 1	13 Blade
2	13 Blade	3 Blade Type 2	13 Blade
3	13 Blade	3 Blade Type 3	13 Blade
4	14 Blade	3 Blade Type 1	14 Blade
5	14 Blade	3 Blade Type 2	14 Blade
6	14 Blade	3 Blade Type 3	14 Blade
7	15 Blade	3 Blade Type 1	15 Blade
8	15 Blade	3 Blade Type 2	15 Blade
9	15 Blade	3 Blade Type 3	15 Blade



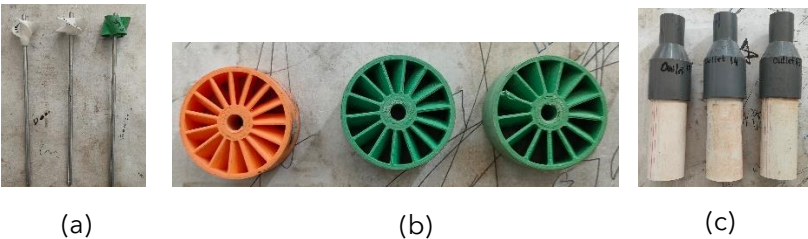
Gambar 1. Desain Inlet Turbo 13, 14, 15 Blade



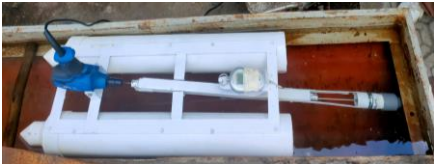
Gambar 2. Desain Outlet Turbo 13, 14, 15 Blade



Gambar 3. (a). Impeller Type 1, (b). Impeller Type 2, (c). Impeller Type 3



Gambar 4. (a). 3 Variasi Impeller, (b). Inlet Turbo, (c). Outlet Turbo



Gambar 5. Proses Pengujian Prototype Waterjet Thruster

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

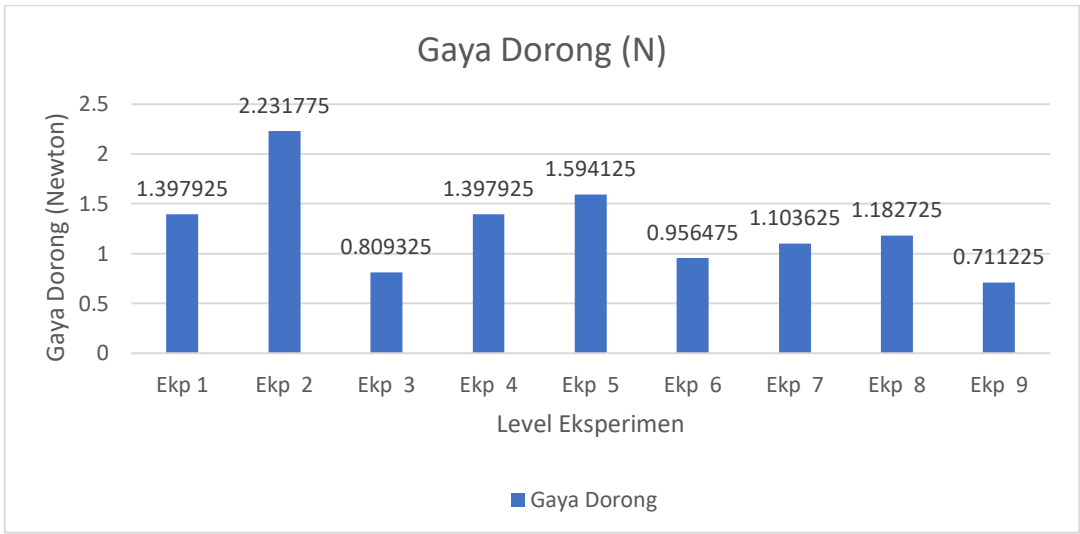
Hasil pengambilan data Mini Waterjet Thruster menggunakan desain Taguchi L₉ OA dengan alat bantu berupa kapal uji yang dilakukan sebanyak 2 kali bisa dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data hasil pengujian Gaya Dorong

NO	Percobaan 1	Percobaan 2	Average	Nilai Gaya Dorong
1	0,140 kg	0,145 kg	0,1425 kg	1,397925 N
2	0,225 kg	0,230 kg	0,2275 kg	2,231775 N
3	0,080 kg	0,085 kg	0,0825 kg	0,809325 N
4	0,140 kg	0,145 kg	0,1425 kg	1,397925 N
5	0,160 kg	0,165 kg	0,1625 kg	1,594125 N
6	0,095 kg	0,100 kg	0,0975 kg	0,956475 N
7	0,110 kg	0,115 kg	0,1125 kg	1,103625 N
8	0,220 kg	0,225 kg	0,2225 kg	2,182725 N
9	0,070 kg	0,075 kg	0,0725 kg	0,711225 N

Berdasarkan tabel diatas, diketahui gaya dorong tertinggi didapatkan pada variasi ke 2 dengan menggunakan *Impeller 3 blade type 2, Inlet turbo 13 blade*, dan *Outlet turbo 13 blade* dengan nilai gaya dorong

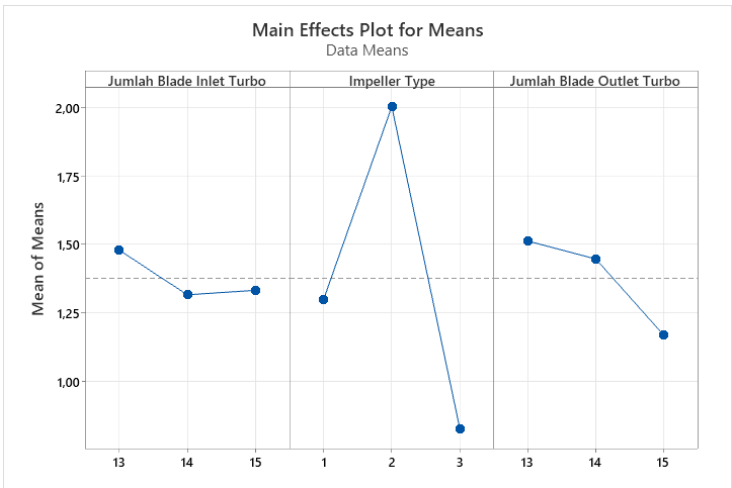
sebesar 2,231775 N. Variasi ke 9 menghasilkan gaya dorong terendah sebesar 0,711225 N dengan menggunakan *Inlet Turbo 15 blade, Impeller 3 blade type 3*, dan *Outlet Turbo 15 blade*.



Gambar 6. Grafik Gaya Dorong

Hasil analisis data gaya dorong menggunakan *software statistic* diperoleh hasil *S/N Ratio Large is Better*. Faktor yang paling berpengaruh secara berurutan adalah *impeller type* kemudian jumlah *blade outlet*

turbo, dan yang terakhir adalah jumlah *blade inlet turbo*. Grafik *S/N Ratio* bisa dilihat pada gambar 7, dan datanya bisa dilihat pada tabel 4.



Gambar 7. Grafik S/N Ratio

Tabel 4. S/N Ratio "Large is Better"

Response Table For Signal Noise Ratios Large is better			
Level	Jumlah Blade Inlet Turbo	Impeller Type	Jumlah Blade Outlet Turbo
1	2,678	2,22	3,097
2	2,188	5,932	2,304
3	1,555	-1,731	1,02
Delta	1,122	7,664	2,077
Rank	3	1	2

4. SIMPULAN

Hasil dari penelitian ini diketahui gaya dorong tertinggi didapatkan pada variasi ke 2 dengan menggunakan *Impeller 3 blade type 2, Inlet turbo 13 blade*, dan *Outlet turbo 13 blade* dengan nilai gaya dorong sebesar 2,231775 N. Variasi ke 9 menghasilkan gaya dorong terendah sebesar 0,711225 N dengan menggunakan *Inlet Turbo 15 blade, Impeller 3 blade type 3*, dan *Outlet Turbo 15 blade*. Setiap variasi berpengaruh terhadap gaya dorong yang dihasilkan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji dan syukur atas segala rahmat dari Allah SWT. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada kedua orang tua yang selalu mendoakan dan memberi dukungan. Terimakasih juga kepada teman-teman dan seluruh pihak yang terlibat dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. F. Arianto, "Potensi Wilayah Pesisir di Negara Indonesia," *J. Geogr.*, vol. 20, no. 20, pp. 1-7, 2020.
- [2] S. V. MUHAMAD, "Illegal fishing di perairan indonesia: permasalahan dan upaya penanganannya secara bilateral di kawasan," *J. Illegal Fish.*, vol. 3, no. Illegal Fishing Di Perairan Indonesia, pp. 59-86, 2012, doi: 10.1002/asi.
- [3] G. Winarso and E. Kurniawan, "Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh Untuk Mendukung Perencanaan Operasi Keamanan Laut di Laut Arafuru," *J. Penginderaan Jauh*, vol. 11, no. 2, pp. 128-141, 2014.
- [4] S. P. Aji, B. H. Iskandar, and F. Purwangka, "Pengawasan Sumberdaya Kelautan Dan Perikanan Di Jakarta Work Intensity of Fisheries Inspector on Marine and Fisheries," *J. Teknol. Perikan. dan Kelaut.*, vol. 7, no. 2, pp. 163-178, 2016.
- [5] M. T. Ar Rozi, B. Ariani, and D. Wahyudi, "Analisis Numerik Pengaruh Kecepatan Terhadap Seakeeping Kapal Patroli Pada Daerah Pelayaran Seastate 7," *ALE Proceeding*, vol. 4, pp. 13-17, 2021, doi: 10.30598/ale.4.2021.13-17.
- [6] N. Fasni, "Tinjauan Efektifitas Dan Perbandingan Kinerja Mesin Tempel Outboard Jenis Propeller Baling-Baling Konvensional Dengan Propeller Jenis Water Jet Propulsion," vol. 4, no. 1, pp. 121-127, 2020.
- [7] Budi Utomo, "Hubungan Antara Konsumsi Bahan Bakar dengan Berbagai Perubahan Kecepatan pada Motor Diesel Penggerak Kapal," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 15, no. 2, pp. 163-170, 2020.
- [8] A. Maulana, "DESIGN STUDY FOR THE ARRANGEMENT OF WATERJET PROPULSION UNIT ON PATROL BOAT 10,3 M," 2017.
- [9] A. Alfrendy, B. Untung, and Kiryanto, "Analisa Penerapan Diesel Waterjet Propulsion (Dwp) Dan Electrical Waterjet Propulsion (Ewp) Ditinjau Dari Konsumsi Bbm Pada Kapal Patroli Imigrasi 14 Meter," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 6, no. 1, pp. 168-177, 2018.
- [10] A. Astari, "ANALISA PENGARUH RANCANGAN SUDUT INTAKE GRATING TERHADAP EFISIENSI

- THRUST PADA WATER JET TANK AMFIBI," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- [11] N. Farandi and D. R. Harahap, "Prosiding Seminar Nasional Kekuatan Dorong Turbojet Drive Produk 3D," 2021.
- [12] A. Finali, A. F. Hanafi, and R. E. P. U, "J-Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin Analisis Variasi Pattern 3D Printing terhadap Kekuatan Tarik Analysis of 3D Printing Pattern Variation on Tensile Strength," vol. 5, no. 1, pp. 16-19, 2021.
- [13] T. Rusianto, S. Huda, dan Hary Wibowo, J. Kalisahak No, and K. Balapan Yogyakarta, "a Riview: Jenis Dan Pencetakan 3D (3D Printing) Untuk Pembuatan Prototipe," *J. Teknol.*, vol. 12, no. 1, pp. 14-21, 2019, [Online]. Available: <https://aaq.auburn.edu/node/9907/ta ke>
- [14] I. D. Agustini, Hasdiansah, and A. Anggry, "Optimasi Akurasi Dimensi Hasil Cetakan Proses 3D Printing Yang Terbuat Dari Filamen Nylon Menggunakan Metode Taguchi," *Pros. Semin. Nas. Inov. Teknol. Terap.*, no. 2, pp. 58-64, 2022, [Online]. Available: <https://snitt.polman-babel.ac.id/index.php/snitt/article/view/201>
- [15] L. M. Galantucci, I. Bodi, J. Kacani, and F. Lavecchia, "Analysis of dimensional performance for a 3D open-source printer based on fused deposition modeling technique," *Procedia CIRP*, vol. 28, pp. 82-87, 2015, doi: 10.1016/j.procir.2015.04.014.
- [16] Y. Subakti, T. Mesin, and P. Manufaktur Negeri Bangka Belitung, "Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan Pengaruh Parameter Proses Terhadap Kekuatan Tarik Filamen St-Pla Menggunakan Metode Taguchi," 2021, [Online]. Available: www.primes3d.com
- [17] M. Muharom and S. Siswadi, "Desain Eksperimen Taguchi Untuk Meningkatkan Kualitas Batu Bata Berbahan Baku Tanah Liat," *J. Eng. Manag. Industial Syst.*, vol. 3, no. 1, pp. 43-46, 2015, doi: 10.21776/ub.jemis.2015.003.01.7.