

Optimasi Variasi Panjang *Blade Inlet Turbo*, *Impeller Type*, Dan Panjang *Outlet Turbo* Terhadap Gaya Dorong Menggunakan Metode *Taguchi*

Mario Oktavianto¹, Boy Rollastin¹, Hasdiansah^{1*}
Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

*Email: phianntarah@yahoo.co.id

Revisi 2 Mei 2023; Diterima 29 Mei 2023,; publikasi Online 2 Juni 2023

Abstrak, Kapal merupakan alat transportasi utama yang digunakan untuk mengangkut penumpang yang ingin mengunjungi tempat wisata bahari berupa pulau-pulau kecil yang ada di pulau Belitung. Sistem propulsi yang baik sangat dibutuhkan untuk memaksimalkan pergerakan sebuah kapal. Waterjet thruster bisa menjadi alternatif penggerak kapal yang efisien dan ramah lingkungan. Sistem propulsi Waterjet Thruster memiliki keunggulan yang sangat banyak seperti pergerakan yang senyap, minim getaran, mampu beroperasi pada air yang dangkal dan beraliran deras, kemampuan manuver yang tinggi. Sistem propulsi Waterjet Thruster biasanya digunakan pada kapal yang membutuhkan kecepatan tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mencari kombinasi komponen Waterjet Thruster yang paling optimal menggunakan metode Taguchi. Komponen Waterjet Thruster dicetak menggunakan mesin 3D Printing berteknologi FDM. Filamen yang digunakan untuk mencetak komponen Waterjet Thruster adalah filamen ABS dan ST-PLA. Faktor yang dikombinasikan dalam penelitian ini adalah panjang Inlet Turbo, Impeller Type, dan Panjang Outlet Turbo. Proses pengambilan data dilakukan menggunakan bantuan perahu uji dengan berat 8,06 Kg dan timbangan digital. Pengujian dilakukan pada sebuah kolam uji. Hasil dari penelitian ini didapatkan gaya dorong tertinggi pada variasi ke 5 dengan menggunakan Impeller 3 blade type 2, Panjang Inlet 75%, dan panjang Outlet 100% dengan nilai gaya dorong sebesar 2,13365 N. Sedangkan nilai gaya dorong terendah didapatkan pada variasi ke 6 dengan menggunakan Impeller 3 blade type 3, panjang Inlet 75%, dan panjang Outlet 50% dengan gaya dorong sebesar 0,465975 N.

Kata kunci : 3D Printing, Gaya dorong, Metode Taguchi, Waterjet Thruster

1. Pendahuluan

Pulau Belitung terdiri dari dua Kabupaten yaitu Kabupaten Belitung Timur dan Kabupaten Belitung Barat. Sumber daya yang paling populer di pulau ini pada jaman dahulu adalah timah dan kaolin. Namun saat ini perizinan untuk pertambangan tersebut sudah dikurangi karena dampak kerusakan lingkungan akibat pertambangan sangatlah besar. Selain kaolin dan biji timah, Pulau Belitung juga memiliki keindahan alam dan budaya yang sangat bagus [1]. Kabupaten Belitung memiliki letak geografis yang dikelilingi oleh laut dan selat yang daerah pesisirnya dikelilingi hamparan pasir putih, bebatuan granit, dan air yang jernih [2]. Pariwisata Bahari semakin dikembangkan untuk menjadi pengganti sektor pertambangan yang menjadi andalan sebelumnya [3].

Kapal merupakan alat transportasi yang paling banyak digunakan untuk menunjang pariwisata bahari. Kapal digunakan untuk membawa penumpang menuju destinasi wisata berupa pulau-pulau kecil [4]. Ada berbagai macam jenis kapal yang digunakan untuk membawa penumpang. Umumnya mesin utama yang digunakan untuk menggerakkan kapal adalah mesin disel karena mesin disel lebih efisien dalam mengkonsumsi bahan bakar [5]. Konsep mesin yang paling banyak digunakan untuk menggerakkan kapal tersebut adalah konsep mesin tempel yang biasanya dipasangkan di bagian belakang atau bagian bawah kapal. Konsep mesin tempel terdiri dari mesin utama, *gearbox*, dan *propeller* [6]. *Propeller* merupakan bagian yang paling penting untuk menggerakkan sebuah kapal. Tanpa *propeller* sistem penggerak kapal tidak akan berfungsi secara maksimal [7].

Waterjet Thruster merupakan salah satu sistem propulsi kapal yang telah dikembangkan mulai abad ke tujuh belas. Sistem propulsi *waterjet thruster* memanfaatkan dorongan yang dihasilkan dari semburan air untuk menggerakkan kapal [8]. *Waterjet* pertama kali ditemukan di Selandia Baru yang diperuntukkan untuk menaklukkan aliran air yang cukup deras untuk dilewari sebuah kapal [6]. Pada sistem propulsi *waterjet thruster impellernya* terdapat di bagian dalam sebuah selumbung pipa sehingga sistem propulsi ini dinilai lebih aman karena *impellernya* tidak berhubungan langsung dengan benda asing yang ada di air [9]. Salah satu hal yang harus diperhatikan dalam sistem propulsi *waterjet thruster* adalah gaya dorong atau *thrust*. Gaya dorong atau *thrust* dihasilkan dari putaran didalam pompa yang membuat *fluida* mengalir dan memberikan energi pada sistem [10]. *Waterjet thruster* memiliki tiga komponen utama yaitu *inlet turbo*, *outlet turbo*, dan *impeller*. *Outlet Turbo* memiliki peranan untuk mengarahkan serta menaikkan kecepatan aliran *fluida* yang masuk sehingga terjadi perbedaan momentum dan menyebabkan kapal bergerak [11].

3D *Printing* merupakan teknologi yang berfungsi untuk mencetak berbagai macam produk. Teknologi ini dinilai paling mudah untuk mencetak benda yang memiliki volume [12]. Pencetakan 3D atau manufaktur aditif (*AM/Additif manufacture*) merupakan inovasi teknologi yang bisa digunakan untuk membuat objek 3D dalam berbagai bentuk dari simulasi permodelan 3D [13]. *Manufaktur additive* adalah teknologi untuk membuat objek nyata langsung dari *software* CAD. Salah satu contohnya adalah 3D *Printing* FDM. Teknologi 3D *Printing* FDM memiliki keunggulan bisa mencetak berbagai bentuk seperti mangkok dan cangkir, bisa beroperasi tanpa pengawasan, material yang mudah didapat, dan biaya perawatan yang rendah [14]. Ada berbagai macam material yang bisa dicetak menggunakan teknologi 3D *Printing* FDM seperti ST-PLA, PLA, ABS, Nylon, PETG, dan masih banyak lagi [15].

Metode *Taguchi* merupakan sebuah metode yang digunakan untuk membantu meningkatkan kemampuan sebuah proses dan sebagai pengurangan penyebab variabilitas produksi. Metode ini hasil dari sebuah eksperimen melalui faktor dan level penelitian yang optimal dalam waktu yang bersamaan untuk menghemat waktu dan biaya [16]. Dr. Genichi Taguchi menggagaskan perihal *quality engineering*. Gagasan atau ide tersebut telah digunakan selama bertahun-tahun di Jepang. *Quality engineering* ditujukan untuk merancang sebuah kualitas dalam setiap produk dan proses yang sesuai. Metode *Taguchi* menggunakan Matrik Ortogonal atau *Orthogonal Array* (OA). Level variabel *input* masing -masing eksperimen merupakan salah satu bagian yang sangat penting dalam sebuah Matrik Ortogonal [17].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari setiap variasi komponen *Prototype Waterjet Thruster* yang dicetak menggunakan mesin 3D *Printing* berteknologi FDM. 3 komponen *prototype waterjet thruster* yang merupakan faktor pada penelitian ini adalah panjang *blade inlet turbo*, *impeller type*, dan panjang *outlet turbo*. Metode yang digunakan adalah metode *Taguchi* untuk mengetahui kombinasi paling optimal dan berpengaruh untuk mendapatkan nilai gaya dorong tertinggi.

2. Metode

Penelitian ini diawali dengan membuat desain *Waterjet Thruster* menggunakan *Software Autodesk Fusion*, Kemudian desain yang sudah dibuat akan dicetak menggunakan mesin 3D *Printing* berteknologi *Fused Deposition Modeling* (FDM) dengan bahan berupa Filamen ABS dan ST-PLA. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui variasi *Prototype Waterjet Thruster* mana yang memiliki gaya dorong paling optimal.

2.1 Menentukan Faktor

Rancangan penelitian ini menggunakan metode *Taguchi* dengan matrik *Orthogonal Array* L_9 OH seperti yang terdapat pada Tabel 2. Faktor dan nilai level ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Faktor dan Level Penelitian

Level	Faktor		
	Panjang <i>Inlet Turbo</i>	<i>Impeller Type</i>	Panjang <i>Outlet Turbo</i>
Level 1	50%	3 <i>Blade type 1</i>	50%
Level 2	75%	3 <i>Blade type 2</i>	75%
Level 3	100%	3 <i>Blade type 3</i>	100%

Tabel 2. Desain Percobaan Metode *Taguchi Orthogonal Array* L9 OA

Exp No.	Faktor		
	Panjang Inlet Turbo	Impeller Type	Panjang Outlet Turbo
1	50%	3 Blade type 1	50%
2	50%	3 Blade type 2	75%
3	50%	3 Blade type 3	100%
4	75%	3 Blade type 1	75%
5	75%	3 Blade type 2	100%
6	75%	3 Blade type 3	50%
7	100%	3 Blade type 1	100%
8	100%	3 Blade type 2	50%
9	100%	3 Blade type 3	75%

2.2 Alat dan Bahan

Alat dan Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah ;

1. Mesin 3D *Printing* berteknologi FDM merek Enser 3 Pro berdimensi 220 mm x 220 mm x 250 mm
2. Filamen ST-PLA dan ABS
3. Pipa PVC (*Polivinily chloryde*) diameter 1 ¼ inchi dan 4 inchi
4. AS *Stainless* diameter 5 mm
5. Plat strip ukuran 25 mm x 3 mm
6. Motor listrik (mesin bor tangan)
7. Timbangan gantung digital
8. V shock ukuran 1 ¼ - 0,5 inchi

2.3 Pembuatan dan Perakitan Komponen *Waterjet Thruster*

Tahapan pembuatan dan perakitan komponen *Waterjet Thruster* bisa dilihat dibawah ini ;

1. Diawali dengan membuat Desain komponen *Waterjet Thruster* menggunakan *Software Autodesk Fusion 360*.



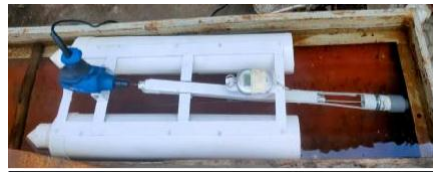
Gambar 1. Desain komponen *waterjet thruster*

2. Format file STL dari desain yang telah dibuat dimasukkan ke *Software Ultimaker Cura* untuk mendapatkan G-Code.
3. Setelah G-Code didapat, dilanjutkan ke proses pencetakan tiap komponen *Waterjet Thruster*.



Gambar 2. Variasi tiap komponen *Waterjet thruster*

4. Tahapan selanjutnya finishing komponen yang telah dicetak untuk membuang bagian yang tidak diperlukan. Pada tahapan ini juga dilakukan pelapisan lem korea untuk memperkuat struktur komponen.
5. Ketika semua komponen sudah selesai di finishing, akan dilanjutkan ke tahap perakitan setiap komponen *Waterjet Thruster*.
6. Tahapan terakhir adalah menyiapkan perahu uji dan juga kolam untuk pengujian.

Gambar 3. Perahu uji *Waterjet*

2.4 Pengujian Waterjet Thruster

Pengujian pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daya dorong yang dihasilkan dari setiap variasi *Waterjet Thruster*. Pengujian dilakukan di sebuah kolam atau bak yang berisi air dan juga bantuan perahu uji. Alat pendukung pengujian lainnya yaitu timbangan digital. Proses pengambilan data dilakukan pada setiap variasi *waterjet thruster*. Gaya dorong dari semburan air yang dihasilkan dari putaran akan menggerakkan perahu uji dan menarik timbangan yang telah dihubungkan dengan kawat baja. Setiap data gaya dorong yang tercatat di timbangan langsung dicatat sebagai data.

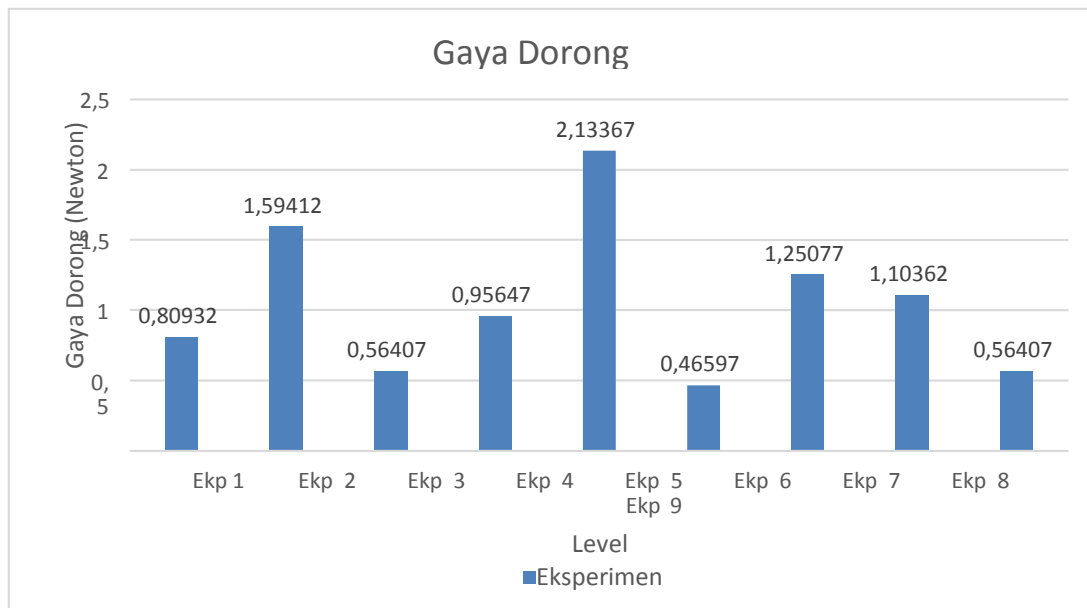
3. Hasil dan Diskusi

Proses pengambilan data pada penelitian ini menggunakan desain *Taguchi L₉ OA* sebanyak 2 kali percobaan pengujian gayadorong menggunakan kapal uji mini *Waterjet Thruster*. Hasil dari pengujian tersebut bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 3. Data Hasil Percobaan

NO	Percobaan 1	Percobaan 2	Average	Gaya Dorong
1	0,085 Kg	0,085 Kg	0,0825	0,809325
2	0,16 Kg	0,165 Kg	0,1625	1,594125
3	0,055 Kg	0,06 Kg	0,0575	0,564075
4	0,095 Kg	0,1 Kg	0,0975	0,956475
5	0,215 Kg	0,22 Kg	0,2175	2,133675
6	0,045 Kg	0,05 Kg	0,0475	0,465975
7	0,125 Kg	0,13 Kg	0,1275	1,250775
8	0,11 Kg	0,115 Kg	0,1125	1,103625
9	0,055 Kg	0,06 Kg	0,0575	0,564075

Tabel diatas menunjukkan data hasil pengujian. Dari tabel tersebut diketahui gaya dorong tertinggi didapat pada variasi 5 dengan menggunakan *Impeller 3 blade type 2*, Panjang *Inlet* 75%, dan panjang *Outlet* 100% dengan nilai gaya dorong sebesar 2,133675 N. Sedangkan gaya dorong terendah didapat pada variasi 6 dengan menggunakan *Impeller 3 blade type 3*, Panjang *Inlet* 75%, dan panjang *Outlet* 50% dengan gaya dorong sebesar 0,465975 N.



Gambar 4. Grafik Gaya Dorong

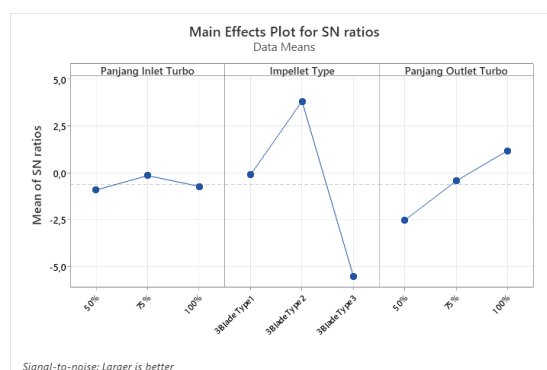
Proses pengolahan data hasil pengujian dibuat untuk mendapatkan hasil gaya dorong yang akurat dengan menggunakan metode *Taguchi L₉ OA*. *Software* yang digunakan untuk mengolah data tersebut adalah *Software statistic* untuk mendapatkan nilai hasil respon *S/N Ratio* dengan karakteristik “*Large is Better*” karena dengan semakin besar hasil pengujian, maka hasil yang dibutuhkan semakin baik. Hasil respon *S/N Ratio* dapat dilihat pada gambar 5.

Analysis of Variance for SN ratios

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Panjang Inlet Turbo	2	0,973	0,973	0,4866	0,26	0,792
Impellet Type	2	132,448	132,448	66,2241	35,71	0,027
Panjang Outlet Turbo	2	20,898	20,898	10,4491	5,63	0,151
Residual Error	2	3,709	3,709	1,8545		
Total	8	158,029				

Gambar 5. S/N Ratio Pengujian Gaya Dorong

S/N Ratio kemudian disusun berdasarkan nilai rata-rata faktor yang digunakan untuk mendapatkan faktor yang berperan dalam pengaruh gaya dorong yang dihasilkan dari pengujian mini *Waterjet thruster*. Grafik *S/N Ratio* bisa dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik S/N Ratio

Response Table for Signal to Noise Ratios

Larger is better

Level	Panjang Inlet Turbo	Impellet Type	Panjang Outlet Turbo
1	-0,92012	-0,09349	-2,53795
2	-0,14557	3,82981	-0,43645
3	-0,72442	-5,52642	1,18430
Delta	0,77455	9,35624	3,72225
Rank	3	1	2

Gambar 7. Respon S/N Ratio

Berdasarkan gambar 6. dan gambar 7. Hasil S/N Ratio dengan karakteristik “Large is better” diketahui faktor yang paling menonjol adalah faktor *Impeller Type*. Secara berturut-turut faktor yang paling optimal terhadap pengujian gaya dorong adalah *Impeller Type*, panjang *Outlet Turbo*, dan Panjang *Inlet Turbo*.

4. Kesimpulan

Hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa variasi sistem *propulsi* pada *Waterjet Thruster* sangat berpengaruh terhadap gaya dorong yang dihasilkan. Pada penelitian yang menggunakan *Waterjet Thruster* berdimensi 1 ¼ inchi ini, Gaya dorong tertinggi dihasilkan dari variasi ke 5 dengan menggunakan *Impeller 3 blade type 2*, Panjang *Inlet* 75%, dan panjang *Outlet* 100% dengan nilai gaya dorong sebesar 2,133675 N. Sedangkan gaya dorong terendah didapat pada variasi 6 dengan menggunakan *Impeller 3 blade type 3*, Panjang *Inlet* 75%, dan panjang *Outlet* 50% dengan gaya dorong sebesar 0,465975 N.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan banyak terimakasih kepada kedua orang tua, Dosen pembimbing dan juga semua pihak yang telah mendoakan dan juga ikut membantu dalam penelitian ini sehingga penelitian ini bisa berjalan dengan lancar. Tanpa mereka semua penelitian ini mungkin tidak akan terlaksana sebaik ini.

Daftar Pustaka

- [1] S. Bhudiharty, “Analisis Potensi Wisata Bahari Dan Budaya Di Belitung, Kab. Belitung Barat,” *J. Ind. Pariwisata*, vol. 2, no. 1, pp. 36–50, 2019, doi: 10.36441/pariwisata.v2i1.29.
- [2] A. Yuspriadipura, D. Suprpto, S. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, J. Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, and U. Diponegoro Jl Soedarto, “Type and Abundance of Fish on Branching Coral in Lengkuas Island Waters District of Belitung,” *Diponegoro J. Maquares*, vol. 3, no. 3, pp. 52–57, 2014, [Online]. Available: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/maquares>
- [3] P. Oscar and S. Baban, “STRATEGI PENGEMBANGAN PARIWISATA BAHARI DI KABUPATEN BELITUNG,” vol. 19, p. 34, 2016.
- [4] A. Wicaksana and T. Rachman, “TRANSPORTASI LAUT DI INDONESIA DAN PERLINDUNGAN HUKUM BAGI PENGGUNA TRANSPORTASI LAUT,” *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., vol. 3, no. 1, pp. 10–27, 2018, [Online]. Available: <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>
- [5] 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.
- [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] H. A. H. Salam, I. P. Mulyatno, and M. Iqbal, “Analisa Kelelahan Propeller Kapal Ikan Pvc Dengan

- Metode Elemen Hingga.” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 5, no. 1, pp. 243–252, 2017.
- [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, “Pengaruh Variasi Stator Turbo Pada Turbojet Drive Untuk Menghemat Bahan Bakar Minyak (BBM) Di Kapal Nelayan.” Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, 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/take>
- [14] I. D. Agustini, Hasdiansah, and A. Anggry, “Optimasi Akurasi Dimensi Hasil Cetak 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] H. Hasdiansah, P. Pristiansyah, and I. Feriadi, “Iptek Bagi Masyarakat Pemanfaatan Turbojet Drive Produk 3D Printing Untuk Perahu Nelayan Sungai Desa Sempan-Bangka.” *J. Pengabd. Masy. Polmanbabel*, vol. 1, no. 01, pp. 14–20, 2021, doi: 10.33504/dulang.v1i01.157.
- [16] 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.
- [17] S. Karabulut, “Optimization of surface roughness and cutting force during AA7039/Al2O3 metal matrix composites milling using neural networks and Taguchi method.” *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 66, pp. 139–149, 2015, doi: 10.1016/j.measurement.2015.01.027.