

Optimasi Variasi Jumlah *Blade Inlet*, Tipe *Impeller*, Dan Jumlah *Blade Outlet Turbo* Pada *Waterjet Thruster* Terhadap Gaya Dorong Menggunakan Metode Taguchi

Muhammad Ahlan maulidiansyah¹, Boy Rollastin¹, Hasdiansah^{1*}
Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Kawasan Industri Air Kantung,
Bangka, 33211, Telp : 0717-93586, Fax : 0717-93586
^{*}phianntarah@yahoo.co.id

Revisi 3 Mei 2023; Diterima 30 Mei 2023.; publikasi Online 2 Juni 2023

Abstrak. Negara Indonesia yang terdiri dari kepulauan tentu memerlukan perkembangan atas teknologi kelautan untuk memudahkan akses. Teknologi yang berkembang sejauh ini yang paling baik adalah penggunaan 3D printing karena dianggap memiliki efektifitas yang baik dengan mudah memperbaiki dan memperbaharui, tentu sangat berguna Ketika diterapkan di sistem waterjet thruster untuk kapal. Pada penelitian ini akan mencari data optimal dari kombinasi komponen waterjet thruster berdiameter 1 ¼ menggunakan metode Taguchi. Komponen dari waterjet thruster yang akan digunakan dibuat dengan teknologi FDM untuk mendapatkan akurasi dimensi yang diinginkan. Pengambilan data dilakukan dengan bobot total Prototype kapal yaitu 8 Kg termasuk kombinasi komponen yang telah ditetapkan. Variable yang digunakan adalah jumlah blade inlet, tipe impeller, dan jumlah blade outlet turbo. Level jumlah blade yang digunakan adalah 9, 11 dan 13. Tipe impeller yang digunakan adalah model dari jetski pada tipe 1, impeller normal pada tipe 2, dan pada tipe 3 jenis toroidal. Matriks orthogonal yang digunakan pada penelitian ini adalah $L_9(3^3)$. Setelah dilakukan pengujian maka diketahui gaya dorong terbesar pada kombinasi 13 blade inlet, 3 blade tipe 2 impeller dan 9 blade outlet turbo. Respon dari S/N Ratio yang didapatkan menyatakan bahwa gaya dorong yang dihasilkan dipengaruhi oleh tipe dari impeller, kemudian jumlah dari blade outlet turbo, dan yang terakhir mempengaruhi adalah jumlah blade inlet

Kata kunci : 3D Printing, gaya dorong, impeller, taguchi, waterjet thruster

1. Pendahuluan

Negara Indonesia merupakan negara dengan bentuk geografis terdiri dari pulau-pulau. Provinsi Kepulauan Bangka Belitung merupakan provinsi yang terdiri dari 2 pulau yaitu pulau bangka dan pulau belitung [1] dengan letak geografis yang dimiliki Bangka Belitung memiliki banyak sekali sumber daya alam yang ada, pertumbuhan ekonomi dipengaruhi pada hasil air (laut dan Sungai) dengan angka 87,3% [2] tentu harus didukung dengan perkembangan teknologi untuk membantu Masyarakat sekitar. Penemuan teknologi baru untuk penghematan bahan bakar berupa *Turbojet Drive* dengan produk 3D Printing dapat membantu nelayan pada salah satu desa di Bangka Belitung [3]

Penggunaan mesin propulsi kapal semakin beragam dengan perkembangan untuk setiap kapalnya. Propulsi mengacu pada mekanisme yang menghasilkan daya dorong dan gaya yang dapat digunakan untuk menggerakkan suatu benda dengan kekuatannya sendiri [4] *Waterjet Thruster* merupakan salah satu sistem propulsi pada transportasi air, prinsip kerja dari sistem ini adalah air yang terhisap akan masuk melawati inlet dan berputar dengan kecepatan mengikuti kerja dari *impeller* yang dirancang pada kecepatan tinggi [5] secara sederhana memahami prinsip dari *waterjet thruster* adalah Ketika kita menyemprotkan air menggunakan selang dan pada ujung selang kita tekan atau kita jepit agar air yang keluar bisa memiliki tekanan yang lebih kencang [6] penggunaan sistem propulsi *waterjet* sudah lama dikenal namun masih melihat efisiensi propulsi yang rendah dibandingkan dengan *propeller* pada kapal, kapal dengan sistem *Waterjet Thruster* dalam pengoperasiannya menggunakan semburan air sebagai media pendorongnya, sehingga bisa bergerak sesuai kecepatan yang diinginkan [7] Baling-baling merupakan salah satu bagian

kapal yang dapat menghasilkan gaya dorong (*Thrust*) [8] impeller adalah alat yang berputar karena gaya yang terjadi pada mesin kemudian dipindahkan melalui poros untuk dikonversikan menjadi daya dorong (*Thruster*) [9] pada salah satu penelitian berkaitan dengan sudut dari impeller memiliki kesimpulan semakin besar sudut *blade* semakin besar pula efisiensi, *pressure drop*, daya motor dan daya dorong yang dihasilkan [10] sudut dan jumlah *blade* pada *impeller* kapal juga berpengaruh terhadap daya dorong yang dihasilkan sehingga bisa menggerakkan kapal dalam kecepatan yang diinginkan [11]

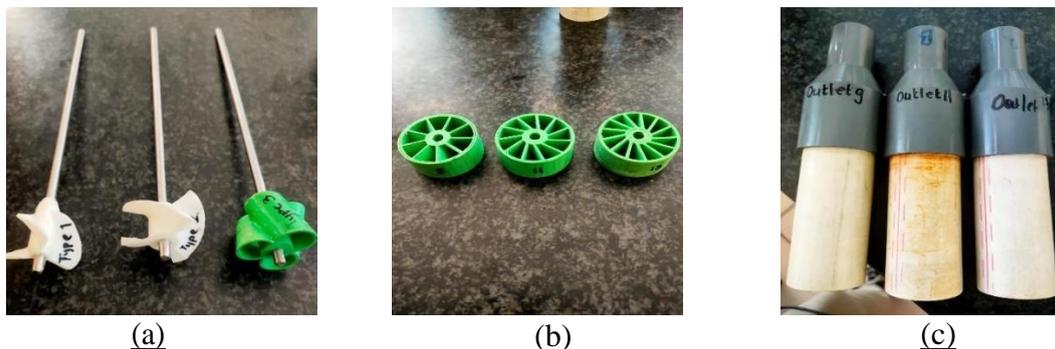
Ketika berbicara Teknik dan manufaktur tentunya tidak lepas dengan perkembangan dari setiap lini agar tujuan dari efisiensi dapat terwujud dan menjadi lebih baik. 3D *printing* menjadi solusi dan memiliki potensi untuk pengembangan dunia manufaktur dikarenakan 3D *printing* memiliki kelebihan yaitu *fleksibilitas*, mempercepat proses produksi, mudah memperbaiki dan memperbaharui [12] dalam bentuknya 3D *printing* berbentuk nyata atau 3D sehingga bukan hanya bisa dilihat tapi bisa di pegang dan memiliki volume [13] jenis yang umum digunakan pada proses 3D *printing* yaitu *Fused Deposition Modelling*, FDM merupakan Teknik yang digunakan untuk mencetak prodeuk menggunakan filamen sebagai material dan produk yang dihasilkan memiliki karakteristik geomaterial ideal serta memiliki ukuran yang teliti dan bentuk yang sempurna [14] prinsip kerja dari FDM dengan cara ekstrusi *thermoplastic* melalui *nozzle* yang panas pada *melting temperature* selanjutnya produk dibuat dengan mekanisme lapis per lapis [15] penggunaan 3D *printing* pada penelitian pernah dilakukan menggunakan filamen PLA untuk mengetahui konsumsi bahan bakar [16]

Metode Taguchi adalah sebuah metode statistik yang dikembangkan oleh Genichi Taguchi untuk meningkatkan kualitas hasil produksi manufaktur, tujuan utama dari metode ini adalah memproduksi produk yang *high quality* dengan cost yang sangat rendah [17] matriks adalah susunan bilangan-bilangan dalam bentuk persegi Panjang yang disusun berdasarkan baris dan kolom serta diapit oleh tanda kurung, matriks *orthogonal* merupakan matriks yang apabila vektor-vektornya hasil kali titik sama dengan nol [18] Orthogonal Array digunakan untuk menganalisa data eksperimen dan digunakan untuk merancang eksperimen yang efisien sehingga dapat menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberikan informasi sebanyak mungkin semua factor yang mempengaruhi parameter [19] untuk mendapatkan jumlah maksimum selain menggunakan desain eksperimen berdasarkan pada *Orthogonal Array* (OA) analisis data eksperimen juga bisa dilakukan berdasarkan *Signal to Noise Ratio* (SNR) [20]

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil yang optimal terhadap daya dorong dari pengujian *prototype waterjet* menggunakan kombinasi dari level-faktor dengan metode *Taguchi*.

2. Metode

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan di Bengkel Mekanik Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Pada penelitian ini spesimen uji yang dibuat berupa *impeller* dengan proses pembuatan menggunakan 3D *printing*. Diawali dengan pembuatan desain dari komponen waterjet berupa *impeller* menggunakan aplikasi *Autodesk fusion 360*, kemudian setelah proses desain selesai format *file STL* dari desain diinput ke *Software ultimaker cura* untuk mendapatkan G-Code, Kode tersebut digunakan untuk mencetak *Impeller* dengan mesin 3D *Printing*. Hasil dari 3D *Printing* kemudian dilakukan perekatan menggunakan lem korea untuk memperkuat dari setiap komponen. Setelah selesai dilakukan *finishing* dengan merakit setiap komponen *Waterjet thruster*. Komponen dari *Waterjet Thruster* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Komponen *Waterjet Thruster*
(a) *Impeller* (b) *Inlet Turbo* (c) *Outlet Turbo*

Alat dan Bahan

Alat dan Bahan yang digunakan pada penelitian ini :

1. Mesin 3D *Printing* berteknologi FDM dengan dimensi 220 mm x 220 mm x 250 mm
2. Filamen ST-PLA
3. Pipa PVC berdiameter 1 ¼
4. As *Stainless* diameter 5 mm
5. Plat strip Ukuran 25 mm x 3 mm
6. Motor poles Listrik merk Polisher 5 Inch Merk H&L 318B Variabel *Speed*
7. Timbangan gantung digital model 14191-742E
8. V Shock ukuran 1 ¼ - 0,5 Inch

Untuk pengolahan data penelitian ini menggunakan metode Taguchi dikarenakan dalam pelaksanaan penelitiannya melibatkan 3 faktor dengan masing-masing level untuk menghasilkan respon yang optimum.

Faktor dan level yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Table 1.

Tabel 1. Faktor dan Level penelitian

| Level | Factor | | |
|---------|--------------------------|----------------|---------------------------|
| | Jumlah Blade Inlet Turbo | Impeller Type | Jumlah Blade Outlet Turbo |
| Level 1 | 9 Blade | 3 blade type 1 | 9 Blade |
| Level 2 | 11 Blade | 3 blade type 2 | 11 Blade |
| Level 3 | 13 Blade | 3 blade type 3 | 13 Blade |

Untuk matriks yang digunakan dalam penggunaan metode Taguchi pada penelitian ini yaitu Matriks Orthogonal atau *Orthogonal Array* yang berfungsi untuk memberikan kombinasi dari level-faktor percobaan yang dilakukan. Pada penelitian ini eksperimen dilakukan secara acak dengan mengacu pada rancangan sesuai dengan *Orthogonal Array*. Proses pengacakan dilakukan menggunakan *randomizer numeric* dengan bantuan *Software statistic* agar dalam proses pengambilan data lebih teratur.

Matriks orthogonal pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Desain Eksperimen Metode Taguchi Orthogonal array L_9OA

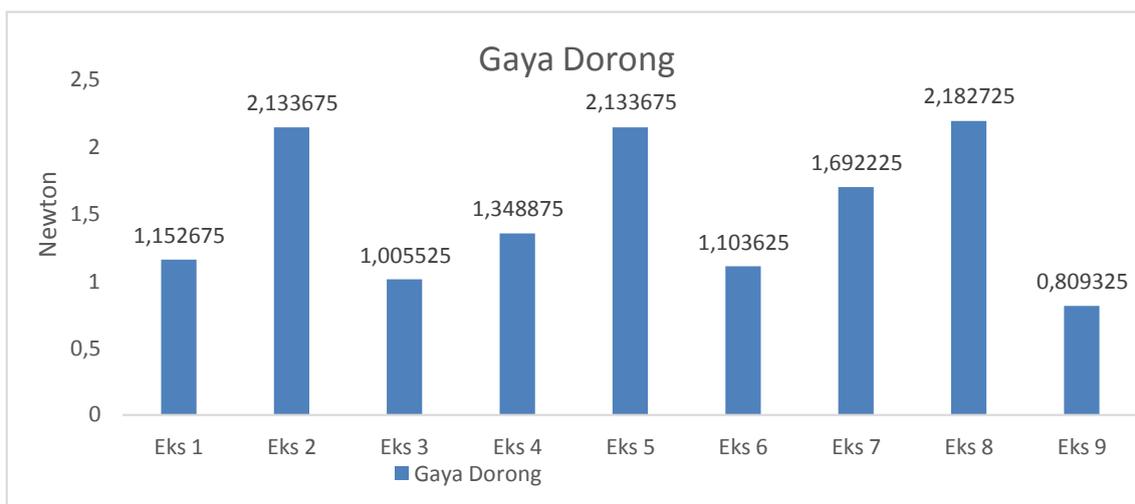
| Exp No. | Faktor | | |
|---------|--------------------------|----------------|---------------------------|
| | Jumlah Blade Inlet Turbo | Impeller Type | Jumlah Blade Outlet Turbo |
| 1 | 9 Blade | 3 Blade Type 1 | 9 Blade |
| 2 | 9 Blade | 3 Blade Type 2 | 11 Blade |
| 3 | 9 Blade | 3 Blade Type 3 | 13 Blade |
| 4 | 11 Blade | 3 Blade Type 1 | 11 Blade |
| 5 | 11 Blade | 3 Blade Type 2 | 13 Blade |
| 6 | 11 Blade | 3 Blade Type 3 | 9 Blade |
| 7 | 13 Blade | 3 Blade Type 1 | 13 Blade |
| 8 | 13 Blade | 3 Blade Type 2 | 9 Blade |
| 9 | 13 Blade | 3 Blade Type 3 | 11 Blade |

3. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil percobaan dan pengambilan data yang dilakukan di Bengkel Mekanik Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung didapatkan hasil dan data dari pengujian sesuai dengan desain eksperimen. Data hasil percobaan dapat ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Hasil Percobaan

| Exp No. | Factor | | | Average | Gaya Dorong |
|---------|--------------------------|----------------|---------------------------|-----------|-------------------|
| | Jumlah Blade Inlet Turbo | Impeller Type | Jumlah Blade Outlet Turbo | | |
| 1 | 9 blade | 3 Blade type 1 | 9 blade | 0,1175 Kg | <u>1,152675 N</u> |
| 2 | 9 blade | 3 Blade type 2 | 11 blade | 0,2175 Kg | <u>2,133675 N</u> |
| 3 | 9 blade | 3 Blade type 3 | 13 blade | 0,1025 Kg | <u>1,005525 N</u> |
| 4 | <u>11 blade</u> | 3 Blade type 1 | 11 blade | 0,1375 Kg | <u>1,348875 N</u> |
| 5 | <u>11 blade</u> | 3 Blade type 2 | 13 blade | 0,2175 Kg | <u>2,133675 N</u> |
| 6 | <u>11 blade</u> | 3 Blade type 3 | 9 blade | 0,1125 Kg | <u>1,103625 N</u> |
| 7 | <u>13 blade</u> | 3 Blade type 1 | 13 blade | 0,1725 Kg | <u>1,692225 N</u> |
| 8 | <u>13 blade</u> | 3 Blade type 2 | 9 blade | 0,2225 Kg | <u>2,182725 N</u> |
| 9 | <u>13 blade</u> | 3 Blade type 3 | 11 blade | 0,0825 Kg | <u>0,809325 N</u> |



Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian

Pada Tabel 3. Menunjukkan hasil dari percobaan menunjukkan variasi 13 *blade inlet*, 3 *Blade Type 2 impeller*, dan 9 *Blade outlet turbo* tertinggi dengan Gaya dorong 2,182725 *Newton* dan untuk data dengan dorongan paling rendah 13 *Blade inlet*, 3 *Blade type 3*, dan 11 *Blade outlet turbo* dengan Gaya dorong 0,809325 *Newton*. Pada penelitian ini dilakukan dengan dua kali percobaan sehingga naantinya rata-rata bisa ditentukan.

Data yang telah didapatkan kemudian diolah menggunakan metode *Taguchi* untuk mendapatkan pengaruh masing-masing faktor terhadap daya dorong berdasarkan *S/N ratio* yang didapatkan pada penelitian tersebut. Pada Gambar 4. menunjukkan hasil Analisa ANOVA untuk *S/N ratio* menggunakan bantuan *Software Statistic*

Analysis of Variance for SN ratios

| Source | DF | Seq SS | Adj SS | Adj MS | F | P |
|---------------------------|----|---------|---------|---------|-------|-------|
| Jumlah Blade Inlet Turbo | 2 | 0,8580 | 0,8580 | 0,4290 | 0,14 | 0,877 |
| Impeller Type | 2 | 72,9538 | 72,9538 | 36,4769 | 11,95 | 0,077 |
| Jumlah Blade Outlet Turbo | 2 | 2,5177 | 2,5177 | 1,2589 | 0,41 | 0,708 |
| Residual Error | 2 | 6,1044 | 6,1044 | 3,0522 | | |
| Total | 8 | 82,4339 | | | | |

Gambar 4. Analisa Anova Pengujian Daya Dorong

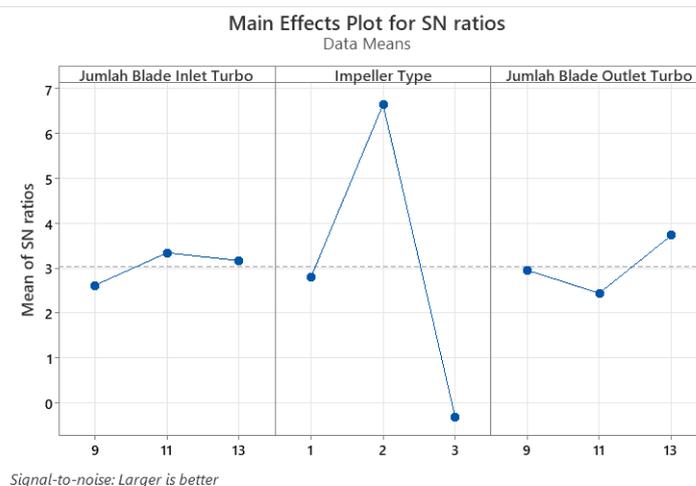
Analisa dari S/N ratio kemudian disusun berdasarkan rata-rata dari faktor yang digunakan untuk mendapatkan faktor yang berperan dalam pengaruh gaya dorong yang dihasilkan oleh *waterjet thruster*. Data dan Grafik dari S/N ratio ditunjukkan pada Gambar 5. dan Gambar 6.

Response Table for Signal to Noise Ratios

Larger is better

| Level | Jumlah Blade Inlet Turbo | Impeller Type | Jumlah Blade Outlet Turbo |
|-------|--------------------------|---------------|---------------------------|
| 1 | 2,6174 | 2,7970 | 2,9526 |
| 2 | 3,3417 | 6,6456 | 2,4442 |
| 3 | 3,1680 | -0,3154 | 3,7304 |
| Delta | 0,7243 | 6,9610 | 1,2862 |
| Rank | 3 | 1 | 2 |

Gambar 5. Respon S/N ratio



Gambar 6. Grafik S/N ratio

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini hal yang mempengaruhi Respon dari S/N Ratio yang didapatkan menyatakan bahwa gaya dorong yang dihasilkan dipengaruhi oleh tipe dari *impeller*, kemudian jumlah dari *blade outlet turbo*, dan yang terakhir mempengaruhi adalah jumlah *blade inlet*. Data daya dorong yang optimal dengan kombinasi variasi 13 *blade inlet*, 3 *Blade Type 2 impeller*, dan 9 *Blade outlet turbo* tertinggi dengan Gaya dorong 2,182725 Newton

Ucapan Terima Kasih

Kepada orang-orang yang telah membantu dalam proses penelitian hingga penulisan, penulis ucapkan terimakasih terkhusus kepada orangtua, dosen pembimbing dan kepada teman-teman yang selalu memberi semangat hingga selesai penulisan ini.

Daftar Pustaka

- [1] Babelprov.go.id, "Aspek Geografis Provinsi Kepulauan Bangka Belitung." [Online]. Available: <https://babelprov.go.id/profil/aspek-geografis>
- [2] Y. Mardyani and A. Yulianti, "Analisis Pengaruh Sub Sektor Perikanan Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung," *Equity J. Ekon.*, vol. 8, no. 2, pp. 41–50, 2020, doi: 10.33019/equity.v8i2.47.
- [3] 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.
- [4] A. Menon, "Understanding waterjet propulsion- working principle, design and advantages." [Online]. Available: <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/understanding-water-jet-propulsion-working-principle-design-and-advantages/>
- [5] D. Coutsar, Ardan, "Water Jet, Sistem Penggerak Alternatif Kapal," 2015.
- [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] I. S. W. A. M.Sc C.Eng FIMarEST, "Water jet propulsion," *Schiff & Hafen Seewirtschaft*, vol. 45, no. 3, pp. 47–48, 1993.
- [8] B. Terhadap, T. Kmp, F. Laamena, B. G. Tentua, and Y. P. Kubela, "Tinjauan Pengaruh Perubahan Diameter Baling-," vol. 12, no. 2, pp. 218–226, 2022.
- [9] R. Apriyanto, E. Darmana, and S. Wilastari, "Analisis Propeller Yang Tidak Balance pada Kapal Tugboat," vol. 4, no. 1, pp. 1–7, 2023.
- [10] S. A. Azkar, "ANALISA PENGARUH SUDUT SUDU IMPELLER PADA UNJUK KERJA BLOWER SENTRIFUGAL," 2010. [Online]. Available: [ftp://175.45.187.195/Titipan-Files/BAHAN WISUDA PERIODE V 18 MEI 2013/FULLTEKS/PD/lovita meika savitri \(0710710019\).pdf](ftp://175.45.187.195/Titipan-Files/BAHAN WISUDA PERIODE V 18 MEI 2013/FULLTEKS/PD/lovita meika savitri (0710710019).pdf)
- [11] A. Munawir, G. Rubiono, and H. Mujianto, "Studi Prototipe Pengaruh Sudut Kemiringan Poros Baling-Baling Terhadap Daya Dorong Kapal Laut," *V-MAC (Virtual ...*, vol. 2, no. 1, pp. 18–24, 2017, [Online]. Available: <https://ejournal.unibabwi.ac.id/index.php/vmac/article/view/113>
- [12] I. Lesmana, "Pengertian 3D Printing dan Bagaimana Cara Kerjanya." [Online]. Available: <https://www.print.or.id/pengertian-3d-printing/>
- [13] Z. S. Suzen, T. Mesin, and P. Manufaktur Negeri Bangka Belitung, "Pengaruh Tipe Infill Dan Temperatur Nozzle Terhadap Kekuatan Tarik Produk 3D Printing Filamen Pla+ Esun," *J. Teknol. Manufaktur*, vol. 12, no. 02, 2020.
- [14] A. Zamheri, A. P. Syahputra, and F. Arifin, "Studi Penyusutan Pembuatan Gigi Palsu Dengan 3D Printing Fdm Pendekatan Metode Taguchi," *Austenit*, vol. 12, no. 2, pp. 1–5, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/austenit/article/view/2752>
- [15] P. Pristiansyah, H. Hasdiansah, and S. Sugiyarto, "Optimasi Parameter Proses 3D Printing FDM Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Filament Eflex," *Manutech J. Teknol. Manufaktur*, vol. 11, no. 01, pp. 33–40, 2019, doi: 10.33504/manutech.v11i01.98.
- [16] N. Farandi, "PENGARUH VARIASI STATOR TURBO PADA TURBOJET DRIVE UNTUK MENGHEMAT BAHAN BAKAR MINYAK (BBM) DI KAPAL NELAYAN," 2021.
- [17] Redaksi, "5 Langkah Utama Dalam Metode Taguchi." [Online]. Available: <https://shiftindonesia.com/5-langkah-utama-dalam-metode-taguchi/>
- [18] A. A. Majid, Y. Yanita, and N. N. Bakar, "Sifat-Sifat Matriks Ortogonal Dan Transformasi Ortogonal," *J. Mat. UNAND*, vol. 8, no. 2, p. 7, 2019, doi: 10.25077/jmu.8.2.7-14.2019.
- [19] H. A. Pamasaria and Herianto, "Pengaruh Parameter Proses 3D Printing Tipe FDM (Fused Deposition Modelling) Terhadap Kualitas Hasil Produk Menggunakan Filament Berbahan Daur Ulang Plastik," vol. 1, no. 1, pp. 2019–2021, 2020, [Online]. Available: <http://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/185277>
- [20] H. A. Pamasaria, T. H. Saputra, A. S. Hutama, and C. Budiyanoro, "Optimasi Keakuratan Dimensi Produk Cetak 3D Printing berbahan Plastik PP Daur Ulang dengan Menggunakan Metode Taguchi," *JMPM (Jurnal Mater. dan Proses Manufaktur)*, vol. 4, no. 1, pp. 12–19, 2020, doi: 10.18196/jmpm.4148.