

Analisis Variasi Type Blade Impeller Produk 3d Printing Dengan Filamen St-Pla Pada Waterjet Thruster Mini Terhadap Performa Daya Dorong Dengan Metode Taguchi

Hasdiansah¹, Marcellino Stevanus Seva^{1*}, Mario Oktavianto¹, Wassi Ahadiatullah¹, Thala Viniolita¹, Muhammad Ahlan Maulidiansyah^{1*}

¹Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

*E-mail : ahlanm25@gmail.com

Received : 28 Juni 2024; Received in revised form : 8 Juli 2024; Accepted : 31 Juli 2024

Abstract

Bangka Belitung Islands Province which consists of two islands, namely Bangka Island and Belitung Island, with such a geographical position, transportation is needed to facilitate connecting the two islands. The innovation of 3D printing used in transportation is in the form of a Waterjet Thruster using ST PLA (Super Tough Polylactic Acid) filament as a material for making parts of the Waterjet Thruster in the form of Inlets, Impeller, and Turbo Outlets. The Taguchi method is used to randomize the levels and factors in this test so that later the right combination can be found. In the tests that have been carried out, the highest results were found in experiment 8 with variations of 13 blade inlets, impeller 3 blade Type 2 and 9 Blade Outlet with thrust of 2.226 Newton while for the lowest value in Experiment 7 with variations of 13 Blade Inlet, Impeller 3 Blade Type 1 and Outlet 13 Blade with thrust 1.245 Newton.

Keywords: Blade Impeller; Filament; Taguchi; 3D Printing; Waterjet Thruster.

Abstrak

Provinsi Kepulauan Bangka Belitung yang terdiri dari dua pulau yaitu Pulau Bangka dan Pulau Belitung, dengan posisi geografis seperti itu maka diperlukan transportasi untuk memudahkan menghubungkan dua pulau tersebut. Inovasi dari 3D *printing* yang digunakan pada transportasi tersebut berupa *Waterjet Thruster* menggunakan filamen ST PLA (*Super Tough Polylactic Acid*) sebagai bahan pembuatan bagian dari *Waterjet Thruster* berupa *Inlet*, *Impeller*, dan *Outlet Turbo*. Metode Taguchi digunakan untuk pengacakan level dan faktor dalam pengujian ini agar nantinya dapat ditemukan kombinasi yang tepat. Pada pengujian yang telah dilakukan ini ditemukan hasil tertinggi pada experiment 8 dengan variasi 13 *Blade inlet*, *impeller 3 blade Type 2* dan *9 blade outlet* dengan daya dorong 2,226 Newton sedangkan untuk nilai terendah pada *Experiment 7* dengan variasi 13 *blade inlet*, *impeller 3 blade type 1* dan *outlet 13 blade* dengan daya dorong 1,245 Newton.

Kata kunci: Blade Impeller; Filament; Taguchi; 3D Printing; Waterjet Thruster.

1. PENDAHULUAN

Provinsi Kepulauan Bangka Belitung merupakan provinsi yang memiliki letak geografis dengan dua pulau yaitu Pulau Bangka dan Pulau Belitung [1], dengan letak geografis tersebut diperlukan transportasi yang bisa menghubungkan dua pulau dengan efektif dari aspek waktu dan efisien dari aspek keuangan, pemilihan kapal sebagai transportasi yang dianggap memenuhi kedua aspek tersebut [2].

Waterjet Thruster merupakan sistem yang ada pada penggerak kapal dimana sistem tersebut memanfaatkan semburan air,

proses dari sistem *Waterjet Thruster* air yang masuk dihisap melalui *Inlet* dengan rotasi yang ada pada *impeller* sehingga air yang terhisap berubah menjadi propulsi menjadi semburan dan keluar melalui *Outlet Turbo* [3] propulsi tersebut mengakibatkan daya dorong pada kapal dan fluida yang mengalir keluar melalui saluran dengan memberikan energi pada sistem dan terjadi kenaikan momentum aliran [4].

Penggerak yang biasa digunakan pada kapal adalah *propeller* atau *Impeller*. *Propeller* atau *Impeller* merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan daya dorong yang dihasilkan dari daya mesin yang

digunakan dengan transmisi melalui poros, dengan kata lain *Impeller* dapat berfungsi Ketika mendapat putaran dari motor mesin yang digunakan dan dirubah menjadi dorongan dengan kombinasi RPM dan kecepatan [5]. *Impeller* juga alat penghasil daya dorong untuk menggerakkan transportasi laut namun daya dorong yang dihasilkan dipengaruhi oleh kondisi dan performa dari *Impeller*, semakin bagus penempatan dari pada poros *Impeller* akan mempengaruhi daya dorong yang dihasilkan [6]. Kerusakan yang sering terjadi pada *Impeller* akan berpengaruh pada performa dan daya dorong yang dihasilkan [7].

Dalam pembuatan alat uji yang berupa *Prototype* penentuan sudut kemiringan poros dari sistem *Waterjet Thruster* juga berpengaruh, kemiringan pada sudut 18° memiliki pengaruh yang baik dengan daya dorong maksimal $PT = 13,15$ kW [8] poros pada sistem pendorong kapal juga memerlukan perawatan sebelum dan sesudah pemakaian untuk menghindari keausan, penyebab dari keausan tersebut antara lain sirkulasi minyak pelumas pada poros tidak lancar dan poros *Impeller* tidak seimbang (*Unbalance*) [9].

Ketika berbicara inovasi pada dunia manufaktur, *3D Printing* merupakan inovasi bagaimana mewujudkan imajinasi ke bentuk yang nyata, *3D Printing* atau *Additive Manufacturing* memiliki konsep pengembangan dari sebuah produk dengan metode penambahan material [10] merupakan proses pembuatan atau pencetakan benda padat tiga dimensi dari perencanaan desain secara digital sehingga benda tersebut dapat dilihat dan memiliki volume, salah satu metode yang biasa digunakan yaitu FDM (*Fused Deposition Modelling*) metode tersebut dianggap paling mudah digunakan dan murah [11] cara kerja dari FDM yaitu dengan ekstruksi termoplastik melalui *Nozzle* yang panas *Melting Temperature* proses selanjutnya produk dibuat lapis per lapis [12].

ST PLA merupakan salah satu jenis filamen yang digunakan untuk proses pencetakan produk *3D Printing*, ST PLA merupakan pengembangan filamen PLA yang dicampur dengan aditif spesial, tidak berpengaruh dengan biodegradasi dan beberapa kali lebih keras dari PLA normal urutan parameter yang berpengaruh besar

terhadap kekuatan dari filamen ST PLA adalah *layer, thickness, flowrate, nozzle temperature* [13]

Penggunaan inovasi *3D Printing* pada kapal nelayan desa sempan, Kabupaten Bangka bagaimana pembuatan bagian *Turbojet Drive with Engine* yaitu *Propeller, Inlet, dan Turbo Stator* menggunakan *3D Printing* dan produk tersebut dapat digunakan sebagai sistem penggerak perahu nelayan [14].

Metode Taguchi pada prinsipnya merupakan metode statistik yang dikembangkan oleh Genichi Taguchi memiliki tujuan untuk meningkatkan kualitas dari produk yang dihasilkan dan memungkinkan untuk memilih produk ataupun proses yang lebih efektif [15] penggunaan matrik khusus yang dikenal Matrik Orthogonal atau *Orthogonal Array* (OA) yaitu pemilihan kombinasi dari level pada variabel input dari masing-masing eksperimen [16].

Fokus dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil dari pengujian yang dilakukan pada *Prototype Waterjet Thruster Mini* dimana *part* atau bagian dicetak dengan inovasi *3D Printing* dengan metode FDM. Faktor dari pengujian ini adalah variasi jumlah *blade inlet, impeller type, dan jumlah blade outlet turbo*. Untuk memudahkan dalam proses pengacakan faktor dari pengujian dibantu menggunakan metode Taguchi untuk membatasi jumlah kombinasi desain eksperimen, serta bertujuan menganalisis faktor yang berpengaruh untuk mendapatkan nilai gaya dorong tertinggi.

2. METODE PENELITIAN

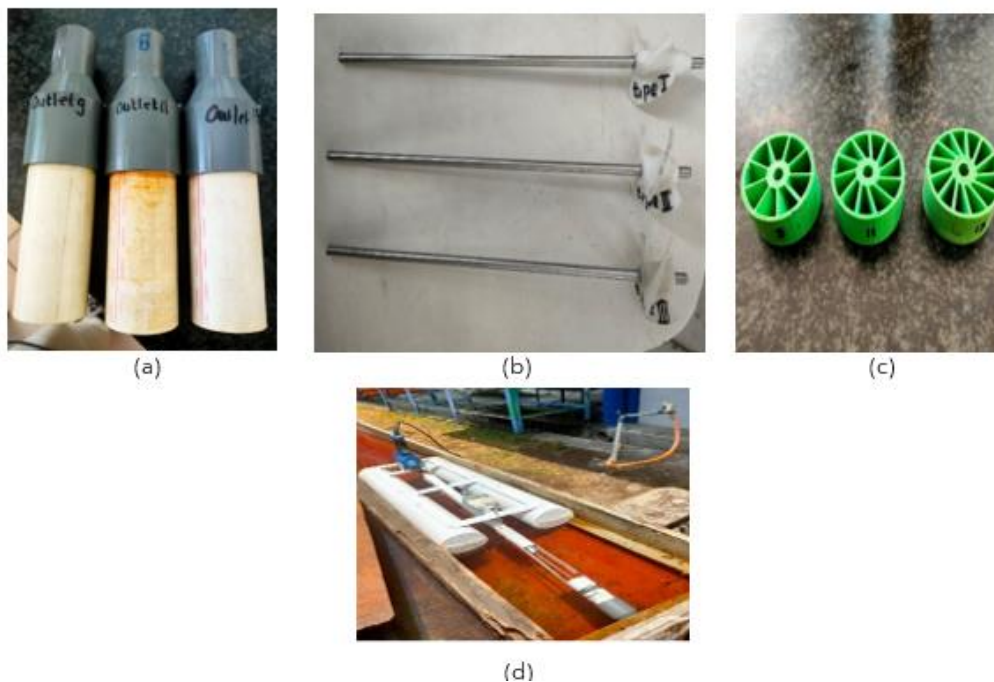
Pada penelitian ini dilakukan di bengkel mekanik jurusan Teknik mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Dengan beberapa tahapan proses yang telah dilakukan dengan mengikuti rencana pengerjaan hingga pengambilan data serta pedoman penulisan Tugas Akhir. Dalam penyelesaian penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang dilakukan dari awal penelitian hingga diperoleh hasil yang diharapkan.

2.1. Alat dan Bahan

Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Mesin *3D Printing* berteknologi FDM

2. Motor poles listrik merk *polisher* 5 Inch merk H&L 318B *variable speed*
 3. Laptop Asus untuk penulisan
 4. Timbangan gantung digital model 14191-742E
 5. Filamen ST-PLA
 6. Pipa PVC diameter 11/4
 7. V Shock PVC 11/4 - 0,5 Inch
 8. As *Stainless* diameter 5 mm
 9. *Strip plat* Uk 25 mm x 3 mm
- Alat dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengujian daya dorong (a) *Outlet Turbo* (b) *Impeller Type* (c) *Inlet* (d) *Prototype Waterjet Thruster*

2.2. Proses Perencanaan dan Percetakan

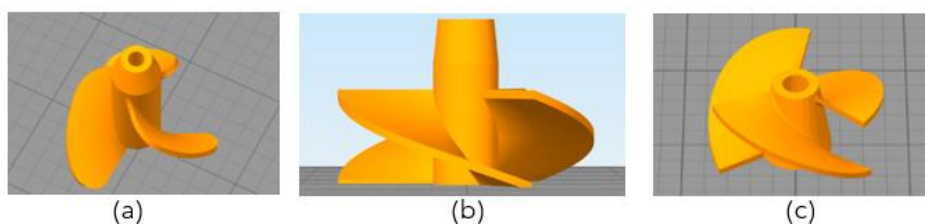
Pada proses perencanaan dimulai dengan mencari dan membaca referensi yang berkaitan dengan penelitian ini. Kemudian proses selanjutnya yaitu pembuatan desain dari penelitian ini yang berupa *inlet turbo*, *impeller*, dan *Outlet turbo* menggunakan aplikasi desain *Autodesk fusion 360*, Ketika proses desain sudah selesai file tersebut dirubah dengan format STL kemudian diinput ke *Software ultimaker cura* untuk mendapatkan *G-Code*, dengan kode tersebut masuklah pada proses pembuatan

menggunakan proses *3D Printing* dengan teknologi FDM. Hasil dari proses pencetakan dikuatkan dengan bantuan Lem.

2.3. Bagian *Waterjet Thruster*

2.3.1 *Impeller*

Impeller berfungsi untuk membantu pergerakan pada kapal yang menghasilkan *thrust*, *impeller* digerakkan menggunakan hub yang diposisikan pada poros dan terhubung oleh engine penggerak [17] Variasi *Impeller* ditunjukkan pada Gambar 2.

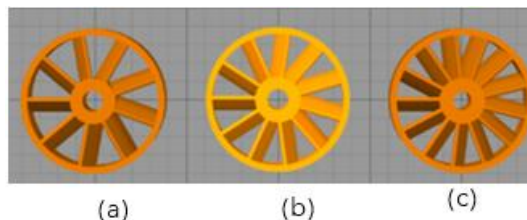


Gambar 2. Desain *Impeller Type* (a) *Type 1* (b) *Type 2* (c) *Type 3*

2.3.2 *Inlet Turbo*

Inlet Turbo memiliki fungsi untuk menyalurkan air dengan sudut tertentu

sehingga menyebabkan tekanan pada *impeller*, desain *inlet turbo* ditunjukkan pada Gambar 3.

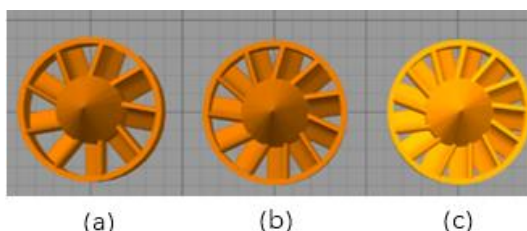


Gambar 3. Desain Inlet Turbo (a) Inlet 9 Blade (b) Inlet 11 Blade (c) Inlet 13 Blade

2.3.3 Outlet Turbo

Outlet Turbo berfungsi merubah aliran air oleh Impeller sehingga thrust yang

dihasilkan lebih optimal, desain Outlet Turbo ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain Outlet Turbo (a) Outlet Turbo Blade 9 (b) Outlet Turbo Blade 11 (c) Outlet Turbo Blade 13

Dalam pengolahan data yang didapatkan pada penelitian ini menggunakan metode Taguchi karena pada saat proses pengambilan data dilaksanakan

melibatkan 3 faktor dengan masing-masing level untuk menghasilkan respon yang optimum. Level dan faktor pada metode Taguchi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Level dan faktor penelitian

Exp No.	Factor		
	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

Metode Taguchi tersebut akan menghasilkan kombinasi dari faktor dan level sehingga didapatkan kombinasi variasi yang optimal. Kombinasi yang dihasilkan dari penggunaan metode Taguchi Orthogonal Array L9OA ditunjukkan pada

Tabel 2. Proses pengacakan dilakukan dengan metode randomizer numeric dengan bantuan Software statistic yang bertujuan ketika dalam proses pengambilan data lebih teratur.

Tabel 2. Desain Eksperimen Metode Taguchi Orthogonal Array L₉OA

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

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data yang dilakukan dengan mengikuti dari *software statistic* dengan desain Taguchi L_9OA , proses pengambilan data dilakukan dua kali

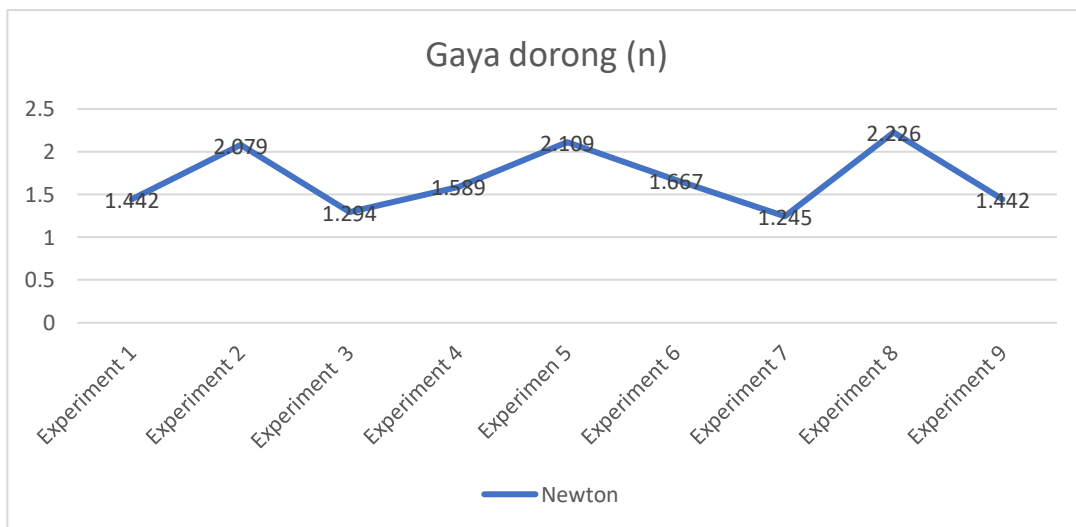
percobaan sehingga mendapatkan nilai rata-rata dari pengujian daya dorong yang dihasilkan dari kapal Uji yang memiliki bobot total 8,30 Kg. Nilai yang didapatkan dari pengujian tersebut ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Hasil Pengujian

Exp.	Percobaan 1	Percobaan 2	Nilai rata-rata	Daya Dorong (N)
1	0,145 kg	0,150 kg	0,147 kg	1,442 N
2	0,210 kg	0,215 kg	0,212 kg	2,079 N
3	0,130 kg	0,135 kg	0,132 kg	1,294 N
4	0,155 kg	0,170 kg	0,162 kg	1,589 N
5	0,210 kg	0,220 kg	0,215 kg	2,109 N
6	0,175 kg	0,165 kg	0,170 kg	1,667 N
7	0,140 kg	0,115 kg	0,127 kg	1,245 N
8	0,235 kg	0,220 kg	0,227 kg	2,226 N
9	0,130 kg	0,165 kg	0,147 kg	1,442 N

Pada Tabel 3 sudah didapatkan data hasil dari pengujian dengan faktor penilaian untuk daya dorong tertinggi pada *experiment 8* dengan variasi *13 Blade Inlet, Impeller 3 Blade Type 2, 9 Blade Outlet* dengan hasil daya dorong yaitu 2,226 newton. Sedangkan untuk nilai terendah terdapat pada *Experiment 7* dengan variasi

13 Blade inlet, Impeller 3 Blade Type 1, dan Outlet 13 Blade dengan nilai 1,245 newton. Setelah didapatkan data kemudian di masukkan ke grafik agar lebih mudah dalam hal melihat perbandingan data yang sudah didapatkan, grafik dari data pengujian data dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Data Pengujian

Hasil pengolahan data yang dilakukan dengan bantuan *software statistic*, dibuat untuk mendapatkan hasil daya dorong yang optimal dengan metode yang digunakan yaitu *Taguchi Orthogonal Array L₉OA*. *Software Statistic* juga membantu

mendapatkan hasil respon *S/N Ratio* dengan karakteristik "*Large Is Better*" yang berarti semakin besar daya dorong yang dihasilkan maka data yang diperlukan semakin baik. Hasil dari respon *S/N Ratio* ditunjukkan pada Gambar 6.

Analysis of Variance for SN ratios

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Jumlah Blade Inlet	2	2,397	2,397	1,1987	2,05	0,328
Type Impeller	2	23,636	23,636	11,8178	20,20	0,047
Jumlah Blade Outlet	2	4,791	4,791	2,3953	4,09	0,196
Residual Error	2	1,170	1,170	0,5851		
Total	8	31,994				

Gambar 6. Respon S/N Ratio Pengujian Daya Dorong

Setelah diketahui respon *S/N ratio* kemudian disusun berdasarkan rata-rata faktor yang digunakan lalu didapatkan faktor yang berperan dalam pengaruh daya dorong yang dihasilkan oleh prototype

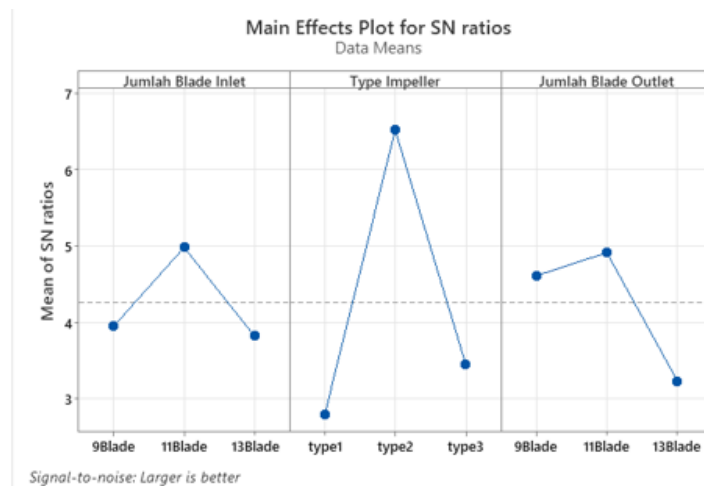
waterjet thruster. Data yang didapatkan disajikan pada Gambar 7. Kemudian dibuat kedalam bentuk grafik ditunjukkan dalam Gambar 8.

Response Table for Signal to Noise Ratios

Larger is better

Level	Jumlah Blade Inlet	Jumlah Type Impeller	Jumlah Blade Outlet
1	3,956	2,793	4,614
2	4,982	6,515	4,915
3	3,830	3,460	3,239
Delta	1,152	3,722	1,676
Rank	3	1	2

Gambar 7. S/N Ratio "Large Is Better"



Gambar 8. Grafik S/N Ratio

4. SIMPULAN

Dari percobaan yang dilakukan ini didapatkan data mulai dari yang tertinggi dan terendah. Untuk data tertinggi didapatkan pada pada eksperimen tertinggi pada *experiment 8* dengan variasi *13 Blade Inlet, Impeller 3 Blade Type 2, 9 Blade Outlet* dengan hasil daya dorong yaitu *2,226 newton*. Sedangkan untuk nilai terendah terdapat pada *Experiment 7* dengan variasi

13 Blade inlet, Impeller 3 Blade Type 1, dan Outlet 13 Blade dengan nilai *1,245 newton*.

Faktor yang mempengaruhi daya dorong yaitu *Type Impeller* dan jumlah *Blade Inlet*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Babelprov.go.ig, "Aspek Geografis Provinsi Kepulauan Bangka Belitung." [Online]. Available: <https://babelprov.go.id/profil/aspek-geografis>

- [2] B. Logistik, "Kapal Cargo Laut: Mengenal Lebih Jauh Tentang Pengangkutan Barang Melalui Laut." [Online]. Available: <https://www.boskalogistik.com/blog/kapal-cargo-laut/>
- [3] I. S. W. A. M.Sc C.Eng FIMarEST, "Water jet propulsion," Schiff & Hafen Seewirtschaft, vol. 45, no. 3, pp. 47-48, 1993.
- [4] E. S. Koenhardono, I. R. Kusuma, and H. Nugroho, "Aplikasi Sistem Propulsi Hybrid Shaft Generator (Propeller Dan Waterjet) Pada Kapal Patroli Trimaran," 2010.
- [5] R. Apriyanto, E. Darmana, and S. Wilastari, "Analisis Propeller Yang Tidak Balance pada Kapal Tugboat," vol. 4, no. 1, pp. 1-7, 2023.
- [6] I. Hartanto, "Studi pengaruh jumlah sudu, kelengkungan sudu, dan jarak poros propeller terhadap gaya dorong kapal," 2022.
- [7] F. Laamena, B. G. Tentua, and Y. P. Kubela, "Tinjauan Pengaruh Perubahan Diameter Baling-," vol. 12, no. 2, pp. 218-226, 2022.
- [8] M. N. Habib, E. R. De Fretes, and S. T. A. Lekatompessy, "Pengaruh Kemiringan Poros Baling-Baling Terhadap Kecepatan Perahu Ketinting," ALE Proceeding, vol. 4, pp. 18-22, 2021, doi: 10.30598/ale.4.2021.18-22.
- [9] A. Hendrawan, "ANALISA PENGEBAK KEAUSAN POROS BALING BALING KAPAL," J. Saintara, vol. 4, no. 1, pp. 1-8, 2019.
- [10] Z. S. Suzen, Hasdiansah, and Yulianto, "Pengaruh Tipe Infill Dan Temperatur Nozzle Terhadap Kekuatan Tarik Produk 3D Printing Filamen Pla+ Esun," J. Teknol. Manufaktur, vol. 12, no. 02, 2020.
- [11] H. A. Pamasaria, Herianto, and T. H. Saputra, "Pengaruh Parameter Proses 3D Printing Tipe Fdm (Fused Deposition Modeling) Terhadap Kualitas Hasil Produk," Semin. Nas. IENACO, pp. 1-7, 2019.
- [12] P. Priistiansyah, 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.
- [13] Y. Subakti and Hasdiansah, "Pengaruh Parameter Proses Terhadap Kekuatan Tarik Filamen St-Pla Menggunakan Metode Taguchi," 2021, [Online]. Available: www.primes3d.com
- [14] H. Hasdiansah, P. Priistiansyah, 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.
- [15] Redaksi, "5 Langkah Utama Dalam Metode Taguchi." [Online]. Available: <https://shiftindonesia.com/5-langkah-utama-dalam-metode-taguchi/>
- [16] 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.
- [17] N. Farandi, "PENGARUH VARIASI STATOR TURBO PADA TURBOJET DRIVE UNTUK MENGHEMAT BAHAN BAKAR MINYAK (BBM) DI KAPAL NELAYAN," 2021 Bambang Sujanarko, Mochamad Ashari, Mauridhi Hery Purnomo, "Improved Voltage of Cascaded Inverters Using Sine Quantization Progression", *Jurnal Telkomnika*, vol. 8, no. 2, pp. 54-60, 2010.