

Optimasi Variasi Jumlah *Blade Inlet Turbo* Pada *Waterjet Thruster Mini* Produk *3D Printing* Dengan Filamen *ST PLA* Terhadap Gaya Dorong Menggunakan Metode Taguchi

Thala Viniolita¹, Hasdiansah^{1*}, Zaldy S. Suzen¹

¹Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

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

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

Accepted : 22 Februari 2024

Abstract

The needs of fishermen in increasing fish catches are driven by the propulsion system in shipping. A ship's speed is influenced by the drive system used. The ship's propulsion system is the propeller. This research aims to determine the factors of research that affect the results of thrust at the level of research that has been printed using an Ender 3 Pro 3D printing machine. In this research, the Taguchi method is used in printing and as an experimental design that will be carried out. The research variables to be carried out are the number of blades inlet turbo, impeller type, and the number of blades outlet turbo on the mini waterjet thruster prototype. In this research produced the highest thrust force in experiment number 8 with a value of 2,330 N using blade inlet turbo 8, impeller type 2, and using blade outlet turbo 6. As for the lowest thrust force in experiment number 3 with a value of 1,251 N using blade inlet turbo 6, impeller type 3, and using blade outlet turbo 8. So based on the results of the research conducted it can be concluded that the selection of research factors affects the results of the thrust force.

Keywords: Filament; propeller; taguchi; waterjet thruster.

Abstrak

Kebutuhan nelayan dalam meningkatkan hasil tangkapan ikan didorong dengan sistem penggerak pada perkapalan. Suatu laju kapal dipengaruhi dari sistem penggerak yang digunakan. Sistem penggerak kapal tersebut ialah *propeller*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor dari penelitian yang berpengaruh terhadap hasil gaya dorong pada level penelitian yang telah dicetak menggunakan filamen *ST PLA* (*Super Tough Polylactic Acid*) sebagai material *3D printing* dan dicetak menggunakan mesin *3D printing Ender 3 Pro*. Pada penelitian ini digunakannya metode *Taguchi* dalam melakukan pencetakan dan sebagai desain eksperimen yang akan dilakukan. Variabel penelitian yang akan dilakukan ialah jumlah *blade inlet turbo*, *impeller type*, dan jumlah *blade outlet turbo* pada *prototype waterjet thruster mini*. Pada penelitian ini menghasilkan gaya dorong tertinggi pada eksperimen nomor 8 dengan nilai 2,330 N menggunakan *blade inlet turbo* 8, *impeller type* ke-2, dan menggunakan *blade outlet turbo* 6. Sedangkan untuk gaya dorong terendah pada eksperimen nomor 3 dengan nilai 1,251 N menggunakan *blade inlet turbo* 6, *impeller type* ke-3, dan menggunakan *blade outlet turbo* 8. Sehingga berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa pemilihan faktor penelitian berpengaruh terhadap hasil gaya dorong.

Kata kunci: Filament; propeller; taguchi; waterjet thruster.

1. PENDAHULUAN

Provinsi kepulauan Bangka Belitung terutama Bangka mengalami peningkatan jumlah kapal penangkap ikan, hal ini disebabkan melonjaknya jumlah nelayan dan

peningkatan dari hasil tangkapan nelayan. Sehingga hal tersebut berdampak pada peningkatan pembuatan kapal penangkap ikan, serta kebutuhan nelayan yang ingin memiliki mesin modifikasi [1]. Dalam

mendukung kebutuhan nelayan, suatu kapal sangat membutuhkan sebuah sistem penggerak yang bisa menyesuaikan kondisi laut serta memiliki laju kapal yang optimal. Sistem penggerak kapal tersebut biasa dikenal dengan nama *propeller*.

Propeller adalah suatu elemen terpenting dalam menunjang laju gerak kapal, sehingga dalam pembuatannya harus dapat menahan *force* yang terjadi pada pergerakan daunnya (*blade*) [2]. Dalam merencanakan desain dari *propeller* ada beberapa aspek yang harus diperhatikan seperti fungsi, ukuran, dimensi, dan struktur pada kelemahan dan kekuatan dari *propeller* itu sendiri [3]. Dengan merencanakan desain *propeller* yang baik sangat berguna dalam mewujudkan tujuan dari fungsi kapal yaitu kecepatan. Kecepatan optimal yang dihasilkan dalam sebuah perencanaan sistem penggerak kapal yang baik dapat menciptakan gaya dorong (*thrust*) optimal yang dihasilkan dari gerak *propeller* [4].

Pada penggunaan yang cukup lama pada *propeller* sering terjadi kerusakan pada bagian *blade propeller* yang dimana *blade* menjadi koneksi antara kapal dan air, sehingga menyebabkan kapal bergerak maju. Adapun beberapa contoh dari kerusakan dari *blade* ialah mengalami pengikisan akibat adanya kavitasi, *fouling* pada *blade*, serta terjadinya retakan dan bengkokan (*bending*) akibat benturan yang tidak ketahui. Kerusakan *propeller* dapat mempengaruhi kinerja *propeller* menjadi tidak maksimal dan mengalami penurunan performa pada sistem propulsinya [5].

Sistem propulsi adalah sistem penggerak yang memanfaatkan gaya dorong fluida sebagai penggerak laju kapal dalam menentukan kecepatan kapal yang diinginkan. Dimana *engine* yang berfungsi sebagai penggerak pompa untuk menghasilkan *thrust* dalam sistem propulsi. Terjadinya air bertekanan tinggi pada pompa menghasilkan *thrust* pada kapal yang geraknya berlawanan dengan arah *thrust* pada fluida [6]. Sistem propulsi yang baik memiliki efisiensi tinggi yang setara terhadap tenaga yang dihasilkannya. Pada hukum ke-III Newton berbunyi "*Setiap ada gaya aksi, maka akan selalu ada gaya reaksi yang besarnya sama tetapi arahnya berlawanan*". Hal tersebut berhubungan erat dengan sistem propulsi, gaya aksi yang

dihasilkan gaya reaksi dari fluida yaitu berupa arus fluida [7].

Thrust ialah suatu aspek yang tak lepas dalam sistem propulsi untuk mengatasi terjadinya tahanan (*resistance*) atau gaya hambat pada kapal. Dimana idealnya besar pada *thrust* yang dibutuhkan sebanding dengan *resistance* yang ada [8]. Tetapi kenyataan yang terjadi tidaklah serealistik itu karena terjadi fenomena hidrodinamika pada bagian lambung kapal yang mengakibatkan reaksi dari nilai *thrust* akan menurun [9]. Daya dorong yang diciptakan pada suatu sistem propulsi harus mampu menghilangkan *resistance* yang dibawa oleh fluida, agar kecepatan yang sudah tercapai dapat dipertahankan dengan hasil yang optimal [10].

Additive manufacturing atau biasanya dikenal dengan 3D *printing* ialah suatu inovasi teknologi dalam dunia manufaktur. Kedatangan teknologi 3D *printing* di dunia manufaktur berperan penting terhadap sektor industri terutamanya pada sektor perekonomian dunia [11]. Pada dasarnya prinsip kerja pada mesin 3D *printing* diambil dari *Additive Manufacturing* (AM) yaitu metode yang dilakukan dengan penambahan material bukan mengurangi materialnya [12]. Teknologi 3D *printing* yang paling sering ditemui karena kemudahan dalam penggunaannya ialah teknologi *Fused Deposition Modelling* (FDM) [13].

Teknologi *Fused Deposition Modelling* (FDM) adalah suatu metode dari mesin 3D *printing* yang sering digunakan karena secara ekonomi lebih murah, penggunaannya juga mudah, dan material yang digunakan ialah produk yang komersial tersedia diseluruh pasar [14]. 3D *printing* dengan basis FDM memiliki cara kerja dimana dilakukannya pelelehan pada benang polimer yang dikenal dengan *filament*. Hasil dari lelehan *filament* kemudian akan didepositkan pada permukaan dasar. Lalu melapiskan dengan lapisan-lapisan baru hingga terbentuklah sebuah geometri pada permukaan [15].

Material PLA ialah salah satu jenis dari polimer termoplastik yang lazim digunakan sebagai objek 3D *printing*. Dikarenakan material jenis PLA memiliki bentuk yang paling bagus dalam mengorientasikan posisi dari objek yang horizontal [16]. *Super Tough Polylactic Acid* (ST PLA) merupakan sebuah

inovasi dari jenis material PLA yang sudah dilakukan pengomposan dengan menggabungkan beberapa aditif spesial di dalamnya [17].

Metode *Taguchi* pada dasarnya ialah penggunaan matrik khusus yang dikenal dengan Matrik Ortogonal atau *Orthogonal Array* (OA). Bagian terpenting dalam *Orthogonal Array* yaitu pemilihan kombinasi level pada variabel-variabel input masing-masing dari eksperimen [18]. Metode *Taguchi* memiliki tujuan yaitu membantu dalam meningkatkan kemampuan proses dan mengurangi penyebab terjadinya variabilitas produksi. Dalam metode ini dilakukan penggabungan hasil dari eksperimen melalui faktor dan level penelitian yang optimal dalam waktu bersamaan agar menghemat biaya dan waktu [19].

Pada penelitian ini difokuskan untuk mengetahui hasil nilai dari pengujian *prototype waterjet thruster* mini yang sudah dicetak menggunakan mesin 3D *printing* berbasis FDM. Faktor penelitian yang dilakukan ialah jumlah *blade inlet turbo*, *impeller type*, dan jumlah *blade outlet turbo*. Dalam memudahkan untuk mengetahui kombinasi yang paling optimal dari penelitian maka akan digunakannya metode *Taguchi*. Dimana dengan metode *Taguchi*

akan membatasi jumlah dari kombinasi desain eksperimen, serta hal ini bertujuan untuk menganalisis faktor yang paling berpengaruh dalam mendapatkan nilai gaya dorong tertinggi.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Metode Penelitian

Objek penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini menggunakan mesin 3D *printing* *Ender 3 Pro* berbasis FDM dengan menggunakan suhu *nozzle* 200-230°C, *bed temperature* 60-70°C, dan *printing speed* 50 mm/s. Material yang akan digunakan pada penelitian ialah filamen ST PLA. *Software* pembuatan desain objek penelitian menggunakan *software Autodesk Fusion* 360.

2.2. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan dan alat yang akan digunakan untuk menunjang dalam penelitian ini ialah sebagai berikut :

1. Bahan/material yang digunakan dalam pencetakan ialah filamen ST PLA.
2. Lem G korea sebagai perekat lapisan *part* 3D *printing* setelah dilakukan pencetakan pada mesin 3D *printing* *Ender 3 Pro*.
3. *Ass stainless* sebagai poros *part* 3D *printing* untuk meletakkan komponen pada *outlet turbo*, *impeller*, dan *inlet turbo*.
4. Pipa *PVC* 1 $\frac{1}{4}$ inch sebagai cover pelindung pada *part* baling-baling 3D *printing*.
5. Mesin 3D *printing* *Ender 3 Pro*.
6. Mesin bor tangan sebagai motor utama dalam menggerakkan kapal uji.
7. Timbangan digital gantung dengan spesifikasi 14191-742E maksimal 50 kg sebagai media pengukur hasil dari dorongan *waterjet thruster* mini.



Gambar 1. Lem G Korea



Gambar 2. Timbangan Digital

8. Laptop Lenovo Ideapad Slim 1 sebagai media menjalankan *software* program dan mengolah data pengujian.

9. *Software Autodesk Fusion 360* digunakan untuk mendesain *part 3D printing* pada *waterjet thruster*.



Gambar 3. Laptop Lenovo

2.3. Proses Penelitian

2.3.1. Mengidentifikasi Masalah

Pada tahap ini dilakukan identifikasi terhadap masalah yang terjadi pada sistem propulsi perkapalan. Tahapan diawali dari studi literatur mengenai permasalahan dalam penelitian yang didapatkan dari jurnal-jurnal mengenai penelitian terhadap sistem propulsi yang kemudian jurnal-jurnal tersebut dijadikan sebagai acuan dalam penelitian.

2.3.2. Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini meliputi level dan faktor dalam penelitian. Pada variabel faktor ini meliputi jumlah *blade inlet turbo*, *impeller type*, dan jumlah *blade outlet turbo*. Kemudian variabel level meliputi variasi dari pada keseluruhan faktor.

2.3.3. Identifikasi Level dan Faktor Penelitian

Identifikasi level dan faktor penelitian ini didapatkan dari variabel faktor yang sudah ditentukan lebih dahulu serta untuk levelnya. Level dan Faktor dapat ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Faktor dan Level Penelitian

Faktor	Level		
	1	2	3
Jumlah <i>Blade Inlet Turbo</i>	6 blade	7 blade	8 blade
<i>Impeller Type</i>	3 Blade Type 1	3 Blade Type 2	3 Blade Type 3
Jumlah <i>Blade Outlet Turbo</i>	6 blade	7 blade	8 blade

2.3.3. Pemilihan Matrik OA

Pemilihan matrik OA dalam pemilihannya mesti memiliki derajat kebebasan, total dari derajat kebebasan variabel faktor dan level yang digunakan dalam penelitian ini adalah 6 total derajat kebebasan ditunjukkan pada Tabel 2.

Dari tabel 2. dapat diketahui bahwa jumlah derajat kebebasan dari keseluruhan faktor berjumlah 6. Dalam *Orthogonal Array*

(3^3) memiliki L_9 dan L_{18} , dalam menyederhanakan penelitian yang akan dilakukan maka akan digunakan *Orthogonal Array* $L_9(3^3)$ untuk dijadikan sebagai rancangan percobaan penelitian. Dapat dilihat pada Tabel 3. menunjukkan dimana desain dari metode *Taguchi* $L_9(3^3)$ untuk eksperimen pengujian dari tiap faktor penelitian.

Tabel 2. Derajat Kebebasan

Faktor	Jumlah Level	DK (N-1)
Jumlah <i>Blade Inlet Turbo</i>	3	2
<i>Impeller Type</i>	3	2
Jumlah <i>Blade Outlet Turbo</i>	3	2
Total Derajat Kebebasan		6

Tabel 3. Desain Eksperimen Taguchi $L_9(3^3)$

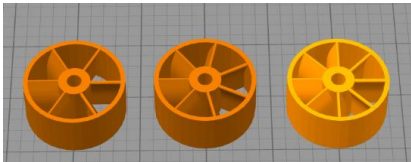
Ekp No.	Factor		
	Jumlah Blade Inlet Turbo	Impeller Type	Jumlah Blade Outlet Turbo
1	6 Blade	3 Blade Type 1	6 Blade
2	6 Blade	3 Blade Type 2	7 Blade
3	6 Blade	3 Blade Type 3	8 Blade
4	7 Blade	3 Blade Type 1	7 Blade
5	7 Blade	3 Blade Type 2	8 Blade
6	7 Blade	3 Blade Type 3	6 Blade
7	8 Blade	3 Blade Type 1	8 Blade
8	8 Blade	3 Blade Type 2	6 Blade
9	8 Blade	3 Blade Type 3	7 Blade

2.4. Desain Penelitian

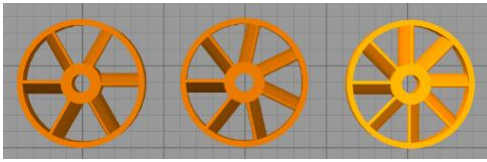
Pada penelitian ini bentuk dan dimensi objek cetak didesain menggunakan *software autodesk fusion 360*. Pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan terhadap gaya dorong pada eksperimen penelitian yang sudah ditentukan menggunakan metode *Taguchi*.

Desain pada *inlet turbo* berdiameter 38,5 mm dapat dilihat pada Gambar 4. dan

begitupun untuk ukuran diameter pada *outlet turbo* dapat dilihat pada Gambar 5. Adapun beberapa desain dari *impeller type* yang ditunjukkan pada Gambar 6. seperti 3 *blade type 1* diameter 38 mm dan panjang total 31 mm, 3 *blade type 2* diameter 38 mm dan panjang total 24 mm, dan 3 *blade type 3* memiliki diameter 38 mm dan panjang 17,84 mm.

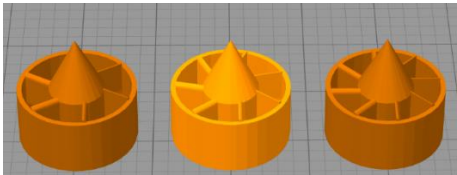


(a) Tampak NW Isometric

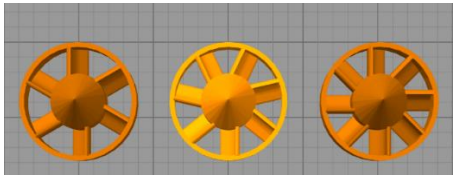


(b) Tampak Atas

Gambar 4. Desain Inlet Turbo

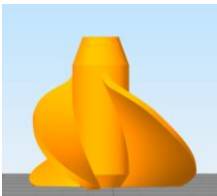


(a) Tampak NW Isometric

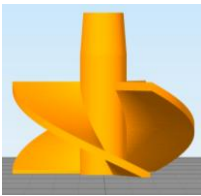


(b) Tampak Atas

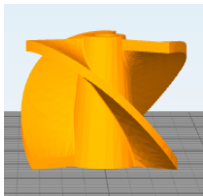
Gambar 5. Desain Outlet Turbo



(a) 3 Blade Type 1



(b) 3 Blade Type 2



(c) 3 Blade Type 3

Gambar 6. Desain Impeller Type

2.5. Pembuatan dan Perakitan Waterjet Thruster Mini

Pada Tahapan ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah dari pembuatan *part 3D printing* dan perakitan *waterjet*

thruster mini. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut :

1. Pada *software fusion 360*, dibuatkannya desain *inlet turbo*, *impeller type*, dan *outlet turbo* dalam format file STL.
2. Kemudian file STL ditransfer ke *software Ultimaker Cura* untuk parameter proses dan level yang telah ditentukan guna menerima G-code.
3. Selanjutnya dilakukan proses pencetakan *part 3D printing* dengan menggunakan mesin *Ender 3 Pro* dan menggunakan filamen ST PLA.
4. Setelah semua *part* selesai dicetak, maka langkah selanjutnya dilakukan perakitan pada *waterjet thruster* mini.
5. Pada perakitan kapal uji dilakukan beberapa proses manufaktur yang bertahap.
6. Akhir dari proses perakitan pada *waterjet thruster* mini dengan

memasang satu per satu *part* komponen akan dilakukan pengujian.

2.6. Proses Pengujian

Pada tahapan ini dilakukannya proses pengujian terhadap eksperimen penelitian *waterjet thruster* mini. Proses pengujian dilakukan menggunakan bantuan kapal uji yang dikaitkan dengan timbangan digital. Lalu kapal dapat bergerak maju dengan adanya bantuan dari *engine* yaitu mesin bor tangan. Dimana dengan adanya kekuatan dorongan dapat menghasilkan nilai pada timbangan digital yang telah dikaitkan juga pada luar kolam pengujian. Hasil nilai tersebut kemudian digunakan sebagai nilai dari gaya dorong. Proses pengujian ditunjukkan pada Gambar 7.



(a) Kapal Uji



(b) Impeller Type



(c) Inlet Turbo



(d) Outlet Turbo

Gambar 7. Proses Pengujian *Waterjet Thruster*

Setelah dilakukannya proses pengujian *waterjet thruster* mini, data yang didapatkan dihitung dan dilakukan analisis dengan menggunakan *software statistic* untuk mengetahui hasil nilai *S/N Ratio* "Larger Is Better" dan menentukan nilai optimum dari eksperimen yang telah dilakukan pengujian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data dari hasil perhitungan eksperimen yang sudah dilakukan pengujian gaya dorong dengan dua kali percobaan, kemudian akan disajikan dalam bentuk grafik untuk memudahkan proses analisis dan pembahasan. Adapun hasil dari pengujian gaya dorong ditunjukkan pada Tabel 4.

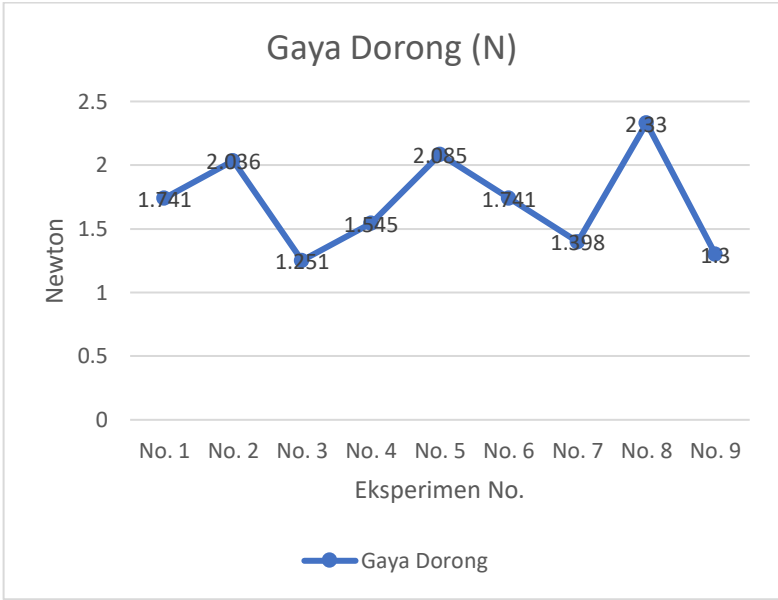
Tabel 4. Hasil Pengujian

Ekp No.	Percobaan 1	Percobaan 2	Rata-rata	Gaya Dorong (N)
1	0,175 kg	0,180 kg	0,178 kg	1,741 N
2	0,205 kg	0,210 kg	0,208 kg	2,036 N
3	0,125 kg	0,130 kg	0,128 kg	1,251 N
4	0,155 kg	0,160 kg	0,158 kg	1,545 N
5	0,210 kg	0,215 kg	0,213 kg	2,085 N
6	0,175 kg	0,180 kg	0,178 kg	1,741 N
7	0,140 kg	0,145 kg	0,143 kg	1,398 N
8	0,235 kg	0,240 kg	0,238 kg	2,330 N
9	0,130 kg	0,135 kg	0,133 kg	1,300 N

Dari hasil pengujian gaya dorong yang sudah dilakukan didapatkan hasil dari gaya dorong yang bervariasi, mulai dari terendah hingga yang tertinggi. Pada Tabel 4. menyajikan 9 eksperimen hasil dari pengujian. Nilai untuk keseluruhan dari hasil pengujian gaya dorong pada eksperimen ditunjukkan pada Gambar 8.

Pada grafik yang ditunjukkan pada Gambar 8. menunjukkan bahwa nilai gaya dorong tertinggi dimiliki oleh eksperimen

no. 8 yang merupakan variasi *blade inlet turbo* 8. Pada grafik menunjukkan hasil gaya dorong terendah ada pada pada eksperimen no. 3 dengan nilai 1,251 N menggunakan *blade inlet turbo* 6, *impeller type* ke-3 dan menggunakan *blade outlet turbo* 8. Sedangkan untuk nilai gaya dorong tertinggi ditunjukkan pada eksperimen no. 8 dengan nilai 2,330 N menggunakan *blade inlet turbo* 8, *impeller type* ke-2 dan menggunakan *blade outlet turbo* 6.

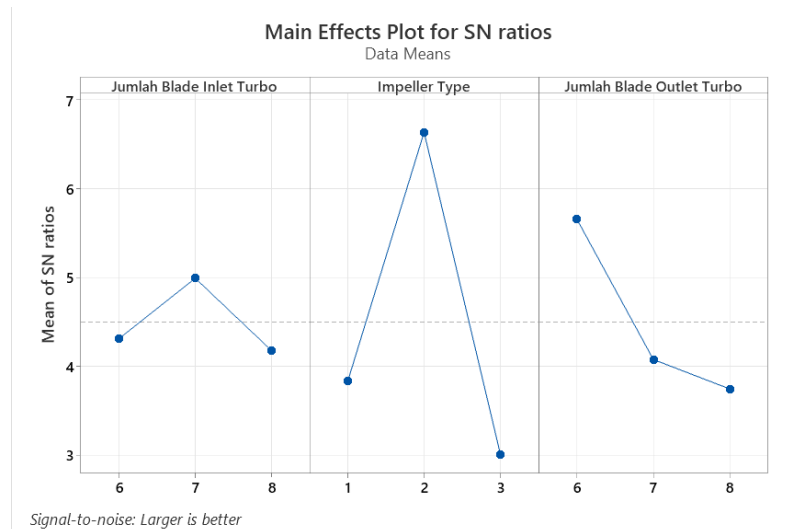


Gambar 8. Grafik Pengujian

3.1. Perhitungan Respon *S/N Ratio Larger Is Better*

Data hasil pengujian gaya dorong yang sudah dimasukkan pada *software statistic* akan dianalisis dan memperoleh hasil dari *S/N Ratio Larger Is Better* yang

dapat dilihat pada Gambar 9. dan Tabel 5. Berdasarkan pada Tabel 5. faktor yang paling mempengaruhi yaitu *impeller type* terhadap pengujian gaya dorong dan faktor lain yang paling berpengaruh secara berturut-turut yaitu *impeller type*, jumlah *blade outlet turbo*, jumlah *blade inlet turbo*.



Gambar 9. Grafik S/N Ratio

Tabel 5. S/N Ratio "Larger Is Better"

Response Table for Signal to Noise Ratio "Larger Is Better"			
Level	Jumlah Blade Inlet Turbo	Impeller Type	Jumlah Blade Outlet Turbo
1	4,312	3,835	5,660
2	4,992	6,635	4,078
3	4,179	3,013	3,746
Delta	0,814	3,622	1,914
Rank	3	1	2

4. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa gaya dorong tertinggi didapat pada eksperimen 8 dengan nilai gaya dorong sebesar 2,330 N. berdasarkan Tabel 5. faktor yang paling berpengaruh secara berturut-turut ialah *impeller type*, jumlah *blade inlet turbo*, jumlah *blade outlet turbo*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Allah SWT, kemudian kepada orang tua atas dukungan dan doanya yang telah diberikan kepada penulis. Lalu kepada pembimbing atas masukan, saran, dan bimbingannya selama ini. Serta tak lupa teman-teman seperjuangan yang telah membantu, memberikan motivasi hidup dan semangat dalam mengerjakan dan menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Harun, F. Fherado, Siswanto, dan M. Sahiddin, *Kelautan Dan Perikanan Dalam Angka Bangka Belitung 2018*. Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, 2019.
- [2] M. Ridho, A. F. Zakki, dan P. Manik, "Analisa Fatiguepropeller Tugboat Ari 400Hp Dengan Metode Elemen Hingga," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 3, no. 1, hal. 110-117, 2015.
- [3] M. Z. Abidin, S. W. Adji, dan I. S. Arief, "Analisa Performance Propeller B-series dengan pendekatan structure dan unstructure meshing," *J. Tek. ITS*, vol. 1, no. 1, hal. G241-G246, 2012.
- [4] H. Simbolon, A. Trimulyono, dan G. Rindo, "Analisa Nilai Maximum Thrust Propeller B-Series Dan Kaplan Series Pada Kapal Tugboat Ari 400 Hp Dengan Variasi Diameter, Jumlah Daun, Sudut Rake Menggunakan Cfd,"

- J. Tek. Perkapalan*, vol. 3, no. 4, hal. 394-404, 2015.
- [5] S. Wilastari dan B. Santoso, "Studi Kasus Perbaikan Daun Baling-Baling Kapal Tug Boat Akibat Patah dan Fouling," *J. Ilm. MOMENTUM*, vol. 18, no. 1, hal. 24, 2022, doi: 10.36499/jim.v18i1.6436.
- [6] A. Maulana, "Kajian Teknis Perancangan Sistem Propulsi Waterjet Pada Patrol Boat 10,3 M," 2017.
- [7] A. Munawir, G. Rubiono, dan H. Mujiyanto, "Studi Prototipe Pengaruh Sudut Kemiringan Poros Baling-Baling Terhadap Daya Dorong Kapal Laut," vol. 2, hal. 18-24, Nov 2017.
- [8] Z. Astamar, *mekanika teknik*, no. 1. 2004.
- [9] A. F. Molland, S. R. Turnock, dan D. A. Hudson, "Ship Resistance and Propulsion," *Sh. Resist. Propuls.*, 2011, doi: 10.1017/cbo9780511974113.
- [10] E. S. Koenhardono, I. R. Kusuma, dan H. Nugroho, "Aplikasi Sistem Propulsi Hybrid Shaft Generator (Propeller Dan Waterjet) Pada Kapal Patroli Trimaran," 2010.
- [11] T. D. Ngo, A. Kashani, G. Imbalzano, K. T. Q. Nguyen, dan D. Hui, "Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges," *Compos. Part B Eng.*, vol. 143, no. December 2017, hal. 172-196, 2018, doi: 10.1016/j.compositesb.2018.02.012.
- [12] Pristiansyah, Hasdiansah, dan Sugiyarto, "Optimasi Parameter Proses 3D Printing FDM Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Filament Eflex," *Manutech J. Teknol. Manufaktur*, vol. 11, no. 01, hal. 33-40, 2019, doi:10.33504/manutech.v11i01.98.
- [13] R. D. Putra, "Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Filamen ABS Dengan Metode Taguchi," 2022.
- [14] H. Hasdiansah, R. I. Yaqin, P. Pristiansyah, M. L. Umar, dan B. H. Priyambodo, "FDM-3D printing parameter optimization using taguchi approach on surface roughness of thermoplastic polyurethane parts," *Int. J. Interact. Des. Manuf.*, hal. 1-14, 2023.
- [15] C. K. Chua, K. F. Leong, dan J. An, "Introduction to rapid prototyping of biomaterials," *Rapid Prototyp. Biomater. Princ. Appl.*, hal. 1-15, 2014, doi:10.1533/9780857097217.1
- [16] Z. S. Suzen, T. Mesin, dan 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.
- [17] Y. Subakti dan Hasdiansah, "Pengaruh Parameter Proses Terhadap Kekuatan Tarik Filamen St-Pla Menggunakan Metode Taguchi," 2021, [Daring]. Tersedia pada: www.primes3d.com
- [18] Ş. 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, hal. 139-149, 2015, doi: 10.1016/j.measurement.2015.01.027.
- [19] M. Muharom dan S. Siswadi, "Desain Eksperimen Taguchi Untuk Meningkatkan Kualitas Batu Bata Berbahan Baku Tanah Liat," *J. Eng. Manag. Industial Syst.*, vol. 3, no. 1, hal. 43-46, 2015, doi: 10.21776/ub.jemis.2015.003.01.7.