

## Uji Performa *Waterjet Thruster* Produk 3D Printing Material Super Tought *Polylactic Acid* Terhadap Gaya Dorong

Marcellino Stevanus Seva & Hasdiansah\*

<sup>1</sup>Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Kawasan industri air kantung, Sungailiat  
Kepulauan Bangka Belitung

\*Penulis korespondensi: phianntarah@yahoo.com

*Histori artikel: diserahkan 24 November 2023, direviu 09 Maret 2024, direvisi 28 April 2024*

### ABSTRACT

*In the world of transportation, there are many things that must be considered, ranging from safety to efficiency. Propulsion system planning is very important, this is because the system is a thrust generator that will determine the performance of the ship. The thrust generated must be able to overcome the resistance or friction of the ship with water. In recent times, many studies have been conducted to improve the performance and efficiency of the waterjet thruster. In this research, the performance of the waterjet thruster will be tested with variations in the number of inlet blades and the number of turbo outlet blades. The levels used are 8 blades and 15 blades. The manufacturing process on waterjet thruster components such as inlet, impeller, and turbo outlet uses Fused Deposition Modeling (FDM) technology to obtain high dimensional accuracy. From the research conducted, it can be concluded that the number of blades at the turbo inlet and outlet has a major effect on the thrust generated. The turbo outlet has a greater role than the inlet in influencing the thrust force. From the research conducted by Nori and this study, it can be concluded that the turbo outlet with 8 blades produces the highest thrust force compared to 6 blades and 15 blades.*

**Keywords:** *Propulsion, waterjet thruster, thrust, taguchi, medium tail, 3D printing*

**DOI :** <https://doi.org/10.18196/jqt.v5i2.20629>

**WEB :** <https://journal.umy.ac.id/index.php/qt/article/view/20629>

### PENDAHULUAN

Dalam dunia transportasi, ada banyak hal yang harus diperhatikan, mulai dari keselamatan hingga efisiensi. Pada transportasi laut, gaya dorong merupakan faktor penting dalam upaya meningkatkan efisiensi biaya operasional. Semakin tinggi gaya dorong, maka kecepatan yang dihasilkan juga semakin tinggi (Fadhlin, 2017). Dalam upaya tersebut, ada beberapa aspek yang harus diperhatikan, salah satunya yaitu perencanaan sistem propulsi yang baik (Situmorang *et al.*, 2020). Perencanaan sistem propulsi sangat penting, hal ini dikarenakan sistem tersebut merupakan penghasil gaya dorong yang akan menentukan performa kapal. Gaya dorong yang dihasilkan tersebut harus dapat mengatasi hambatan atau gaya gesek kapal dengan air (Molland *et al.*, 2017).

Seiring berkembangnya teknologi, penelitian untuk meningkatkan sistem propulsi kian berkembang dengan mempertimbangkan kondisi *off-design* yang realistis yang dialami oleh kapal dan sistem propulsi. Hal tersebut untuk meningkatkan efisiensi

operasional kapal hingga keselamatan dilaut (Ortolani and Dubbioso, 2019). Pada tahun 1660, dipatenkan sistem propulsi dengan sistem tertutup. Saat ini, sistem propulsi tertutup tersebut dikenal dengan waterjet thruster yang merupakan terobosan pada sistem propulsi tertutup (Bulten, 2008). Waterjet thruster terdiri dari beberapa komponen seperti inlet, impeller, dan outlet turbo (Bulten, 2006). Prinsip kerja dari waterjet thruster tersebut secara sederhana digambarkan pada sistem pompa air. Dengan putaran impeller, menghasilkan daya hisap pada air melalui jalur inlet yang kemudian disalurkan ke outlet turbo dan keluar melalui nozzle dengan perubahan diameter jalur yang mengecil, hal tersebut bertujuan untuk meningkatkan momentum aliran yang terjadi (Sumardi *et al.*, 2020).

Pada umumnya, untuk meningkatkan gaya dorong pada kapalnya, dilakukan dengan meningkatkan kapasitas mesin yang digunakan. Metode tersebut dapat meningkatkan gaya dorong, tetapi efisiensi yang dihasilkan menurun, karena menurut Andilolo *et al.*, (2017), semakin tinggi kapasitas mesin yang digunakan, semakin tinggi pula konsumsi bahan

bakar yang digunakan. Dengan demikian, keinginan untuk meningkatkan efisiensi kapal tidak tercapai.

Dalam beberapa waktu terakhir, banyak penelitian yang dilakukan untuk meningkatkan performa dan efisiensi dari waterjet thruster. Penelitian yang dilakukan Budiyanto *et al.*, (2019), menyatakan bahwa waterjet thruster dengan desain konvergen dapat meningkatkan efisiensi 8% hingga 12% dengan penurunan diameter nozzle sekitar 50%-57% dari diameter inlet. Pada penelitian yang dilakukan Nori *et al.*, (2021), menyatakan bahwa diantara outlet turbo 4 blade, 6 blade, dan 8 blade, gaya dorong tertinggi dicapai oleh outlet turbo 8 blade. Gaya dorong yang dihasilkan berbanding lurus dengan diameter baling-baling yang digunakan.

Salah satu terobosan dalam dunia manufaktur adalah 3D Printing. 3D Printing memiliki efisiensi dalam produksi komponen mekanik hingga prototipe (Attaran, 2017). Salah satu teknologi 3D Printing yang sering dijumpai yaitu *Fused Deposition Modelling* (FDM), hal ini dikarenakan FDM lebih ekonomis dibandingkan yang lainnya (Hasdiansah and Sugiyarto, 2021). Selain itu, FDM juga memiliki keunggulan dalam mencetak produk dengan dimensi dan akurasi yang ideal (Pristiansyah *et al.*, 2019). Teknologi ini menggunakan filamen sebagai material. Salah satu jenis filamen yang memiliki kekuatan yang lebih tinggi yaitu *Super Tought Polylactic Acid* (ST-PLA). Filamen ini merupakan pembaharuan dari PLA biasa (Hasdiansah and Pratama, 2021). Penelitian untuk optimasi parameter proses pencetakan ST-PLA pernah diteliti Subakti *et al* (2021), yang menyimpulkan kekuatan tarik tertinggi yang dihasilkan yaitu 47,66 Mpa dengan parameter suhu nozzle 205 ° Celcius, *Flowrate* 100%, dan Ketebalan lapisan 0.3 milimeter.

Pada tahun 1940, Genichi Taguchi mengembangkan metode statistik yang dikenal dengan metode Taguchi (Setiawan *et al.*, 2018). Dengan menggunakan taguchi, urutan parameter dan level penelitian dapat disederhanakan tanpa mengurangi akurasi hasil (Tangahu and Ningsih, 2020). Hal tersebut dikarenakan taguchi menggunakan sebuah matriks yang dikenal dengan *Orthogonal Array* (OA) (Karabulut, 2015). Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh jumlah blade inlet dan jumlah blade outlet turbo terhadap gaya dorong yang dihasilkan.

## METODE PENELITIAN

Alur penelitian ini ditampilkan dalam diagram alir yang disajikan pada Gambar 1.



GAMBAR 1. Diagram Alir Penelitian

### Perancangan

Tahap perancangan akan dilakukan perencanaan penelitian mulai dari faktor dan level yang digunakan, hingga tahap desain dari komponen dan sistem yang digunakan. Faktor dan level yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1. Parameter dan Level

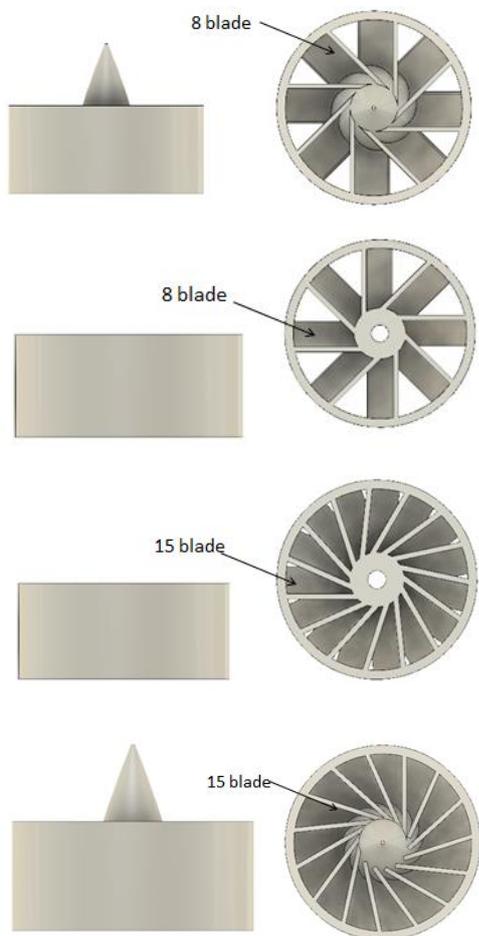
No.	Parameter	Level
1	Jumlah Blade Inlet	8 Blade
		15 Blade
2	Jumlah Blade Outlet Turbo	8 Blade
		15 Blade

Sesuai ketentuan metode taguchi, maka digunakanlah OA (*Orthogonal Array*)  $L_4 (2^2)$  dan disajikan pada Tabel 2.

TABEL 2. Desain Penelitian  $L_4 (2^2)$

No	Parameter	
	Jumlah Blade Inlet	Jumlah Blade Outlet Turbo
1	8 Blade	8 Blade
2	8 Blade	15 Blade
3	15 Blade	8 Blade
4	15 Blade	15 Blade

Rancangan waterjet thruster yang digunakan yaitu dengan konsep medium tail dan pengujian dilakukan pada sebuah bak tetap. Sistem didudukkan pada sebuah kaki yang dilengkapi dengan roda seluncur. Sehingga ketika sistem dijalankan dengan RPM 3700, gaya dorong akan menyebabkan sistem yang berupa mesin dan waterjet thruster akan meluncur sesuai rel yang telah dibuat. Sedangkan untuk mengukur kekuatan yang dihasilkan, digunakan neraca digital yang dikaitkan pada sistem dan bak sehingga saat sistem meluncur, akan terjadi tarikan pada neraca. Rancangan komponen waterjet thruster yang digunakan sebagai parameter dapat dilihat pada Gambar 2.



GAMBAR 2. Desain Inlet dan Outlet Turbo

#### Proses Manufaktur

Proses manufaktur dilakukan untuk membuat rancangan-rancangan yang telah ditetapkan seperti komponen waterjet thruster, hingga sistem. Proses pembuatan komponen waterjet thruster seperti inlet, impeller, dan outlet turbo menggunakan teknologi FDM untuk mendapatkan akurasi dimensi yang tinggi. Sedangkan untuk sistem, dilakukan proses

manufaktur seperti pemotongan, pengelasan, *milling*, *turning*, dan lain-lain.

#### Perakitan

Perakitan dilakukan untuk menyatukan komponen hingga menjadi satu kesatuan waterjet thruster dan sistem yang utuh. Setelah dilakukan pengukuran, bobot dari sistem adalah 59 Kg.

#### Pengujian

Pengujian dilakuka untuk melakukan tes pada sistem dan waterjet thruster yang telah dibuat.

#### Pengambilan Data

Setelah melakukan pengujian dan sistem bekerja, maka akan dilakukan pengambilan data dengan waterjet thruster yang telah disiapkan.

#### Analisis Data

Analisis dilakukan dengan metode Taguchi dengan OA L<sub>9</sub> (2<sup>2</sup>) menggunakan *software statistic*.

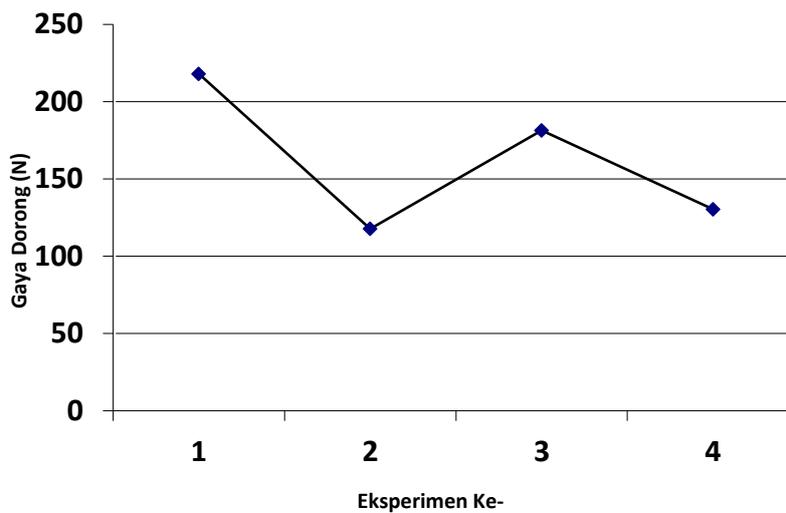
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan pengambilan data waterjet thruster untuk mengukur gaya dorong yang dihasilkan menggunakan neraca, maka didapatkan hasil seperti pada Tabel 3. dan disajikan dalam grafik pada Gambar 3. dapat disimpulkan bahwa kombinasi yang memiliki gaya dorong tertinggi adalah Nomor 1 dengan kombinasi Inlet 8 blade dan Outlet 8 Blade menghasilkan gaya dorong sebesar 218.03 Newton.

Dari data tersebut, didapatkan *Analisis Of Variance* berdasarkan *Signal to Noise* seperti pada Gambar 4. Dari *Signal to noise* yang dihasilkan, maka dapat disimpulkan bahwa komponen paling berpengaruh yaitu *outlet turbo* seperti pada Gambar 5.

TABEL 3. Hasil Pengujian

No	Parameter		Rata – rata Hasil Uji	Gaya Dorong F = m.g
	Jumlah Blade Inlet	Jumlah Blade Outlet Turbo		
1	8 Blade	8 Blade	22.23 Kg	218.03 N
2	8 Blade	15 Blade	12.00 Kg	117.72 N
3	15 Blade	8 Blade	18.50 Kg	181.48 N
4	15 Blade	15 Blade	13.30 Kg	130.47 N



GAMBAR 3. Grafik gaya dorong terhadap kombinasi komponen

### Analysis of Variance for SN ratios

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Jumlah Blade Inlet	1	0.1225	0.1225	0.1225	0.08	0.825
Outlet	1	16.8905	16.8905	16.8905	10.92	0.187
Residual Error	1	1.5461	1.5461	1.5461		
Total	3	18.5591				

GAMBAR 4. Analysis Of Variance

### Response Table for Signal to Noise Ratios

Larger is better

Level	Jumlah Blade	
	Inlet	Outlet
1	44.09	45.97
2	43.74	41.86
Delta	0.35	4.11
Rank	2	1

GAMBAR 5. Respons table untuk SN Ratio

## KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa jumlah blade pada inlet dan outlet turbo berpengaruh besar terhadap gaya dorong yang dihasilkan. Outlet turbo memiliki peran yang lebih besar dibandingkan dengan inlet dalam pengaruh terhadap gaya dorong. Outlet turbo dengan blade 8 menghasilkan gaya dorong tertinggi dibandingkan 6 blade dan 15 blade.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andilolo, Y. R., Manik, P., & Iqbal, M. (2017). Studi Kasus Kinerja Propeller Kaplan Series Akibat Pengurangan Diameter dan Penambahan End Plate dengan Metode CFD. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 5(1), 205-213.
- Attaran, M. (2017) "The rise of 3-D printing: The advantages of additive manufacturing over traditional manufacturing," *Business Horizons*, 60(5), pp. 677-688.
- Budiyanto, M. A., Novri, J., Alhamid, M. I., & Ardiyansyah, A. (2019, January). Analysis of convergent and divergent-convergent nozzle of waterjet propulsion by CFD simulation. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2062, No. 1). AIP Publishing.
- Bulten, N.W.H. (2006) *Numerical Analysis of a Waterjet Propulsion System*. Available at: <https://doi.org/10.6100/IR614907>.
- Bulten, N. (2008, March). A breakthrough in waterjet propulsion systems. In *Proceedings of the International Maritime Defence Exhibition and Conference* (pp. 1-6). Doha, Qatar: DIMDEX.
- Fadhlin, D. (2017) "Analisis Gaya Dorong Propeller Kapal Penumpang Dengan Menggunakan Software Solidwork," *Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara* [Preprint].
- Hasdiansah, H., & Pratama, Y. B. (2021). Pengaruh Parameter Proses Slicing Software Terhadap Kekasaran Permukaan Printing Part Menggunakan Filamen ST-PLA. *Manutech: Jurnal Teknologi Manufaktur*, 13(01), 33-40.
- Hasdiansah, H., & Sugiyarto, S. (2021). Pengaruh Setting Parameter pada Slicing Software terhadap Surface Roughness Objek 3D Printing menggunakan Metode Taguchi. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 16(3), 319-328.
- Karabulut, Ş. (2015). Optimization of surface roughness and cutting force during AA7039/Al2O3 metal matrix composites milling using neural networks and Taguchi method. *Measurement*, 66, 139-149.
- Molland, A. F., Turnock, S. R., & Hudson, D. A. (2017). *Ship resistance and propulsion*. Cambridge university press.
- Nori, N. F., Harahap, D. R., & Hasdiansah, H. (2021, August). Pengaruh Variasi Stator Turbo Blade Terhadap Kekuatan Dorong Turbojet Drive Produk 3D Printing Material ST-PLA. In *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan* (Vol. 1, pp. 189-195).
- Ortolani, F., & Dubbioso, G. (2019). Experimental investigation of single blade and propeller loads by free running model test. Straight ahead sailing. *Applied Ocean Research*, 87, 111-129.
- Pristiansyah, P., Hasdiansah, H., & Sugiyarto, S. (2019). Optimasi Parameter Proses 3D Printing FDM Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Filamen Eflex. *Manutech: Jurnal Teknologi Manufaktur*, 11(01), 33-40.
- Setiawan, A. A., Karuniawan, B. W., & Arumsari, N. (2018, December). Optimasi parameter 3D printing terhadap keakuratan dimensi dan kekasaran permukaan produk menggunakan metode Taguchi Grey Relational Analysis. In *Proceedings Conference on Design Manufacture Engineering and its Application* (Vol. 2, No. 1, pp. 165-168).
- Situmorang, R. N., Manik, P., & Santoso, A. W. B. (2020). Analisa Nilai Thrust Optimum Propeller Pada Kapal Tugboat Pelabuhan Paket-II 2x1850HP Dengan Variasi Diameter Propeller, Jumlah Daun Propeller & Kecepatan Putaran Propeller (RPM). *Jurnal Teknik Perkapalan*, 9(1), 112-116.

- Subakti, Y., -, H., & Kurniawan, Z. (2021). Pengaruh Media, Temperatur Dan Waktu Perlakuan Annealing Pada Spesimen Standar ASTM D638 Type IV Menggunakan Filamen ST PLA. *Sprocket Journal Of Mechanical Engineering*, 3(1), 7-14.
- Sumardi, S., Fasni, N., Martunis, M., & Munzir, M. (2020). Tinjauan Efektifitas Dan Perbandingan Kinerja Mesin Tempel Outboard Jenis Propeller Baling-Baling Konvensional Dengan Propeller Jenis Water Jet Propulsion. In *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe* (Vol. 4, No. 1, pp. 121-127).
- Tangahu, D. H., & Ningsih, T. H. (2020). Optimasi Komposit Serat Kersen Kekuatan Bending Dengan Menggunakan Metode Taguchi. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(1).