

Aplikasi Produk 3D Printing Menggunakan Material PLA Pada Sistem *Waterjet Thruster* Mini Dengan Variasi *Type Impeller 3 Blade* Terhadap Daya Dorong Menggunakan Metode *Taguchi*

Wassi Ahadiatullah¹, Zaldy S.Suzen¹, Hasdiansah^{1*}

¹Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

*Email: phiannttarah@yahoo.co.id

Received 10 Juli 2023; Received in revised form 11 Juli 2023; Accepted 12 Juli 2023

Abstract

Waterjet Thruster is a boat propulsion system that generates thrust instead of conventional propellers. A water jet thruster has a propeller as the main engine to propel the boat through the water. The difference in the design concept used in the waterjet thruster is using a turbine. In this study, the thrust of a 1-inch diameter mini waterjet thruster prototype will be tested with variations in the number of inlet blades 10, 11 and 12, as well as variations in 3-blade turbines of types 1, 2 and 3, variations in the number of input blades 10, 11 and 12, and suitable for use. Taguchi experimental design because it is more efficient. In this study, the filament used is ST PLA (Super Tough Latic Acid) using an Ender 3 Pro 3D printer. In this study, using the Taguchi method, an orthogonal matrix of type L9OA is available according to the standard research coefficients. The highest thrust was obtained in experiment 5 with the number of turbo inlet blades of 11, impeller 3 type 2 and the number of turbo outlet blades of 12 with a thrust value of 2,477 N. While the lowest thrust in Experiment 6 with the number of turbo inlet blades of 11, impeller 3 type 3 and the number of turbo outlet blades of 10 with a thrust value of 1,251 N.

Keywords: *Impeller; Propulsion system ; ST-PLA ; Waterjet Thruster*

Abstrak

Waterjet Thruster adalah sistem propulsi perahu yang menghasilkan daya dorong, bukan baling-baling konvensional. Pendorong jet air memiliki baling-baling sebagai mesin utama untuk menggerakkan perahu melewati air. Perbedaan konsep desain yang digunakan pada waterjet thruster menggunakan turbin. Pada penelitian ini akan diuji daya dorong prototipe mini waterjet thruster mini diameter 1 inci dengan variasi jumlah sudu inlet 10, 11 dan 12, serta variasi turbin 3 bilah tipe 1, 2 dan 3, variasi jumlah sudu masukan 10, 11 dan 12, serta cocok digunakan. Desain eksperimental Taguchi karena lebih efisien. Pada penelitian ini, filamen yang digunakan adalah ST PLA (Super Tough Latic Acid) dengan menggunakan printer 3D Ender 3 Pro. Pada penelitian ini dengan menggunakan metode Taguchi tersedia matriks ortogonal tipe L9OA sesuai standar koefisien penelitian. Daya dorong tertinggi diperoleh pada percobaan 5 dengan jumlah blade inlet turbo sebanyak 11, impeller 3 type 2 dan jumlah blade outlet turbo sebanyak 12 dengan nilai daya dorong sebesar 2,477 N. Sedangkan daya dorong terendah pada Eksperimen 6 jumlah blade inlet turbo sebanyak 11, impeller 3 type 3 dan jumlah blade outlet turbo sebanyak 10 dengan nilai daya dorong sebesar 1.251 N.

Kata kunci: *Impeller ; Sistem Propulsi ; ST-PLA ; Waterjet Thruster*

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara maritim, 2/3 wilayahnya adalah lautan. Hal ini dapat memberikan kesejahteraan ekonomi yang optimal jika masyarakat memanfaatkan sebagian hasil laut. Jika tidak dilindungi maka dapat menimbulkan ancaman terhadap kehidupan masyarakat.

Berdasarkan data Indonesia lautnya kurang lebih 40 % lalu lintas perdagangan barang jasa.[1]. Secara umum, ketika sebuah kapal bergerak dengan kecepatan tertentu di dalam air, maka akan menemui hambatan yang berlawanan dengan arah pergerakan kapal. Hambatan yang ditimbulkan harus diatasi dengan gaya dorong kapal yang

dihasilkan oleh pengoperasian baling-baling kapal. Tenaga yang disediakan untuk alat penggerak kapal berasal dari tenaga poros, yang sendirinya berasal dari tenaga pengereman yaitu daya keluaran motor penggerak kapal [2]. Bagian utama sistem penggerak kapal terdiri atas mesin induk yang menggerakkan kapal, sistem transmisi, dan baling-baling sebagai alat penggerak kapal. Perancangan komponen kapal mempunyai pengaruh yang besar terhadap jenis kapal, ukuran kapal, dan model buritan. Oleh karena itu, kapal, mesin penggerak dan baling-baling harus dipandang sebagai suatu sistem yang lengkap dan digabungkan secara optimal [3].

Dorongan sebuah kapal terjadi reaksi dari fluida menyebabkan aksi dari gaya dorong pada baling-baling disebut sistem propulsi waterjet [4]. Sistem propulsi waterjet terdiri dari sistem saluran dan sistem pompa. Sistem saluran berfungsi sebagai pengarah laju aliran air menuju pompa dan dari pompa dialirkan kembali menuju keluar. Fungsi sistem pompa sendiri yaitu mengubah tenaga mekanik menjadi hidrolis [5]. Gaya dorong dan aliran fluida yang dihasilkan baling-baling kapal pada saat beroperasi merupakan fungsi gaya dorong. Besarnya gaya dorong yang dihasilkan oleh baling-baling yang mendorong lambung kapal [6]. Alat penggerak kapal adalah baling-baling yang mampu menghasilkan daya dorong. Laju gaya dorong yang dihasilkan dapat mempengaruhi kinerja dan kondisi baling-baling. Semakin baik penempatan poros baling-baling maka semakin besar daya dorong yang dihasilkan [7].

Filamen ST PLA merupakan polymer plastik teknologi 3D printing yang mengalami perkembangan semakin banyak digunakan [8]. Filamen PLA menghasilkan cetakan yang rapi dan kokoh. Merupakan plastik polimer ramah lingkungan yang terbuat dari bahan biodegradable yang terbuat dari olahan pati jagung, tapioka, dan tebu [9]. Pembuatan objek 3 dimensi menggunakan file digital adalah proses 3D printing. Proses aditif digunakan untuk membuat objek cetak dengan cara meletakkan lapisan material secara berurutan [10]. Pencetakan 3D model

menggunakan software dimulai dari banyak lapisan tipis berukuran 0,01mm dengan menyusun lapisan-lapisan filamen sesuai bentuk hingga selesai [11]. Printer 3D adalah produsen digital benda padat 3 dimensi yang diproduksi menggunakan proses aditif, bahan mentah dicetak dimulai dengan lapisan yang berurutan hingga menjadi produk 3D [12]. Teknologi FDM paling populer karena lebih sederhana, lebih murah secara ekonomi, dan serat atau bahan bakunya tersedia secara komersial [13]. Additive Manufacturing (AM) adalah teknologi manufaktur fleksibel dan inovatif yang dikembangkan untuk membuat model visual dan diterapkan untuk keperluan industri, pengembangan proyek, dan sektor manufaktur [14].

Untuk meningkatkan kualitas produk, diperlukan metode baru di bidang teknik untuk mengurangi biaya sumber daya sebanyak mungkin, yang disebut metode Taguchi, ditemukan oleh Dr. Genichi Taguchi pada tahun 1940 [15].

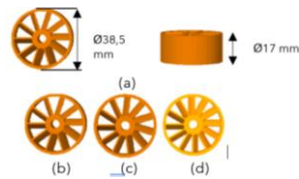
2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian yang menggunakan metode Taguchi diawali dengan desain eksperimen, pengumpulan data, analisis data, dan eksperimen konfirmasi. Pada penelitian ini penulis mengkaji penerapan produk cetak 3D menggunakan material PLA pada sistem propulsi mini waterjet varian turbin dorong 3 bilah menggunakan metode Taguchi.

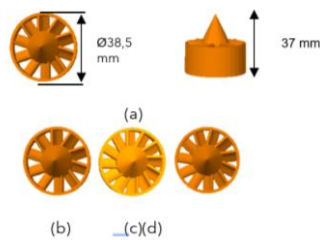
Alat dan bahan yang digunakan untuk mencetak bagian pendorong waterjet seperti inlet turbo, kepala turbin, dan outlet turbo menggunakan filamen PLA berdiameter 1,75 mm. Dan menggunakan printer 3D dengan teknologi FDM (Fused Deposition Modeling). Dengan merk Ender 3 Pro, area pencetakannya adalah XYZ: 220mm x 220mm x 250mm, diameter nozzle 0,4mm. Gunakan pipa PVC 1 inci untuk melindungi pendorong jet air. Poros baja tahan karat berdiameter 5mm digunakan sebagai kopling poros penggerak untuk bagian pendorong jet air, bor tangan sebagai motor pendorong *waterjet thruster* mini.

A. Perancangan Alat

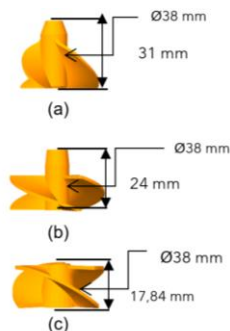
1. Desain *blade inlet* dan *outlet* dengan 3 variasi jumlah *blade* 10,11 dan 12, *impeller* 3 tipe.



Gambar 1. Desain *Blade Inlet Turbo*
(a) Diameter dan Panjang
(b) *Inlet Turbo Blade 10*
(c) *Inlet Turbo Blade 11*
(d) *Inlet Turbo Blade 12*

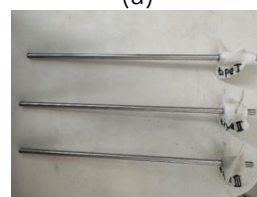


Gambar 2. Desain *Blade Outlet Turbo*
(a) Diameter dan Panjang
(b) *Outlet Turbo Blade 10*
(c) *Outlet Turbo Blade 11*
(d) *Outlet Turbo Blade 12*



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

2. Komponen *Waterjet Thruster Mini*





(c)



(d)

Gambar 4. Komponen Proses Pengujian *Waterjet Thruster* Mini

- (a) *Inlet Turbo*, Variasi 10, 11 dan 12 *blade*
- (b) *Impeller Type 3 blade*, Variasi 1,2 dan 3
- (c) *Outlet turbo*, Variasi 10, 11 dan 12 *blade*
- (d) Kapal Uji *Waterjet Thruster* Mini

Pada penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai optimal dari eksperimen *waterjet thruster* mini yang akan diuji. Berikut ini faktor eksperimen penelitian dengan metode *taguchi*, ini

banyak melibatkan banyak faktor dan jumlah desain eksperimen *taguchi* yang lebih efisien. Jenis matriks *Orthogonal Array L₉OA* tersedia secara standar bisa dilihat pada Tabel 1. Dibawah ini:

Tabel 1. Faktor Eksperimen Penelitian

Ekp No.	Factor		
	Jumlah <i>Blade Inlet Turbo</i>	<i>Impeller Type</i>	Jumlah <i>Blade Outlet Turbo</i>
1	10 <i>blade</i>	3 <i>blade type 1</i>	10 <i>blade</i>
2	10 <i>blade</i>	3 <i>blade type 2</i>	11 <i>blade</i>
3	10 <i>blade</i>	3 <i>blade type 3</i>	12 <i>blade</i>
4	11 <i>blade</i>	3 <i>blade type 1</i>	11 <i>blade</i>
5	11 <i>blade</i>	3 <i>blade type 2</i>	12 <i>blade</i>
6	11 <i>blade</i>	3 <i>blade type 3</i>	10 <i>blade</i>
7	12 <i>blade</i>	3 <i>blade type 1</i>	12 <i>blade</i>
8	12 <i>blade</i>	3 <i>blade type 2</i>	10 <i>blade</i>
9	12 <i>blade</i>	3 <i>blade type 3</i>	11 <i>blade</i>

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini melibatkan banyak faktor dan desain eksperimen *Taguchi* yang lebih kuat. Tipe *array ortogonal L₉OA* tersedia sebagai standar. Pada Tabel 2 Anda akan menemukan desain percobaan

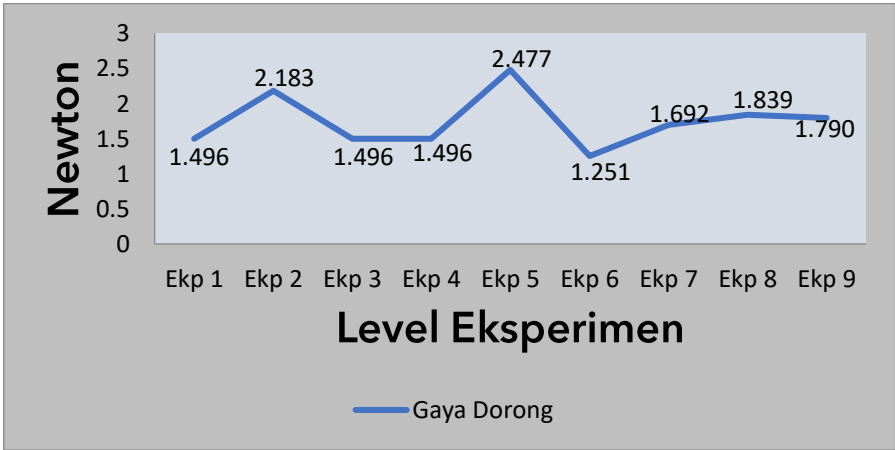
menggunakan perangkat *Minitab*. Dan data yang dikumpulkan melalui 2 percobaan 1 dan 2 dirata-ratakan dan dihitung hasil gaya dorongnya.

Tabel 2. Hasil percobaan Metode Taguchi array ortogonal L₉OA

Ekp No.	Percobaan 1	Percobaan 2	Average	Gaya Dorong
1	0.135 Kg	0.140 Kg	0.1375 Kg	1.496 N
2	0.220 Kg	0.225 Kg	0.2225 Kg	2.183 N
3	0.150 Kg	0.155 Kg	0.1525 Kg	1.496 N
4	0.150 Kg	0.155 Kg	0.1525 Kg	1.496 N
5	0.250 Kg	0.255 Kg	0.2525 Kg	2.477 N
6	0.125 Kg	0.130 Kg	0.1275 Kg	1.251 N
7	0.170 Kg	0.175 Kg	0.1725 Kg	1.692 N
8	0.185 Kg	0.190 Kg	0.1875 Kg	1.839 N
9	0.180 Kg	0.185 Kg	0.1825 Kg	1.790 N

Pada Tabel 2. Dari hasil pengujian terlihat bahwa gaya dorong tertinggi terdapat pada eksperimen 5 dengan inlet turbo berjumlah 11 blade, impeller dengan 3 blade tipe 2 dan outlet turbo. Dengan jumlah blade sebanyak 12 blade dan nilai gaya dorong sebesar 2,477 N. Sedangkan uji

gaya dorong terendah terdapat pada eksperimen 6 dengan inlet turbo berjumlah 11 blade, impeller pada 3 blade tipe 3 dan outlet turbo yang mempunyai total 10 blade. Dan nilai gaya dorong yang diperoleh sebesar 1,251 N. Hasil uji gaya dorong ditampilkan secara grafis, hasilnya seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan pada saat pengolahan data untuk mendapatkan hasil gaya dorong yang akurat sehingga dapat mempengaruhi hasil uji gaya dorong dengan menggunakan metode Taguchi L₉OA.

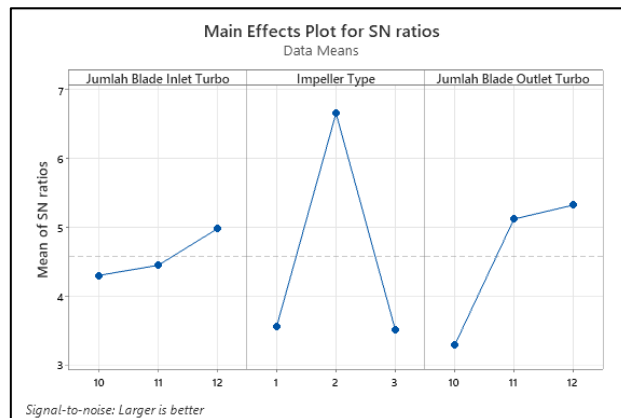
Hasilnya menggunakan bantuan software statistik Minitab sehingga diperoleh hasil respon rasio S/N dengan karakteristik "Large Is Better".

Analysis of Variance for SN ratios						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Jumlah Blade Inlet Turbo	2	0.7651	0.7651	0.3826	0.42	0.707
Impeller Type	2	19.5041	19.5041	9.7520	10.59	0.086
Jumlah Blade Outlet Turbo	2	7.5474	7.5474	3.7737	4.10	0.196
Residual Error	2	1.8420	1.8420	0.9210		
Total	8	29.6586				

Gambar 6. Hasil S/N Ratio Gaya Dorong

Berdasarkan rata-rata S/ N Ratio disusun untuk mendapatkan faktor berperan dan berpengaruh terhadap gaya

dorong yang dihasilkan dari pengujian *waterjet thruster* mini. Grafik S/N ratio dapat dilihat seperti pada gambar 6.



Gambar 7. Grafik S/N Ratio

Response Table for Signal to Noise Ratios			
Larger is better			
Level	Jumlah Blade Inlet Turbo	Jumlah Impeller Type	Jumlah Blade Outlet Turbo
1	4.293	3.556	3.279
2	4.441	6.650	5.112
3	4.972	3.500	5.315
Delta	0.679	3.150	2.036
Rank	3	1	2

Gambar 8. Respon S/N Ratio

Dari hasil gambar 7. dan gambar 8. Dapat disimpulkan bahwa dengan karakteristik “*Large Is Better*” hasil yang paling menonjol adalah faktor *impeller type*. Faktor yang optimal dan berpengaruh dalam pengujian *waterjet thruster* mini terhadap gaya dorong adalah *impeller type* yang pertama, yang kedua jumlah *blade outlet turbo* dan yang ketiga jumlah *blade inlet turbo*.

4. SIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa gaya dorong tertinggi yang dihasilkan dari pengujian pada *waterjet thruster* mini terdapat pada eksperimen 5 nilainya sebesar 2,477 N dengan variasi jumlah *blade inlet turbo* 11, *impeller* 3 *blade* dengan *type* 2 dan *outlet turbo* berjumlah 12 *blade*. Sedangkan hasil pengujian terendah terdapat pada

eksperimen 6 didapatkan nilai sebesar 1,251 N dengan variasi *inlet turbo* berjumlah 11 *blade*, *impeller* pada 3 *blade* tipe 3 dan *outlet turbo* yang mempunyai total 10 *blade*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua atas doa dan dukungannya, selanjutnya penulis juga mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah membimbing penulis selama ini dan memberikan banyak ilmu yang bermanfaat dalam menulis jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] wahyono s K, “Indonesia negara maritim - Google Books.” [Online]. Available: <https://www.google.co.id/books/editio>

- n/Indonesia_negara_maritim/QoJKR85srh8C?hl=id&gbpv=1
- [2] B. Utomo and S. F. Khristyson, "Studi Perancangan Propulsi Kapal Peti Kemas 100 Teus," *Gema Teknol.*, vol. 20, no. 2, p. 46, 2019, doi: 10.14710/gt.v20i2.21633.
- [3] A. H. Muhammad, H. Hasan, D. Muhammad, and I. Said, "Perancangan Sistem Propulsi Kapal Perikanan Dengan Motor Penggerak Diesel-Elektrik," *Gedung IPTEKS UNHAS Tamalanrea*, pp. 138-145, 2014, [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/77625925.pdf>
- [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] taufiq adi Purnomo, agoes santoso, and tony bambang Musriyadi, "Analisa Perancangan Sistem Propulsi Waterjet sebagai Propulsi Alternatif pada kapal patroli," *J. Penelit. Pendidik. Guru Sekol. Dasar*, vol. 6, no. August, p. 128, 2016.
- [6] S. W. Adji, *Engine-propeller matching*. 2005.
- [7] 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>
- [8] Y. Subakti, H. -, and Z. Kurniawan, "Pengaruh Media, Temperatur Dan Waktu Perlakuan Annealing Pada Spesimen Standar ASTM D638 Type IV Menggunakan Filamen ST PLA," *Sprocket J. Mech. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 7-14, 2021, doi: 10.36655/sprocket.v3i1.569.
- [9] K. S. Putra and U. R. Sari, "Pemanfaatan Teknologi 3D Printing Dalam Proses Desain Produk Gaya Hidup," *Semin. Nas. Sist. Inf. dan Teknol. Inf.* 2018, pp. 1-6, 2018.
- [10] C. Mawardi, "Pengantar 3D Printing," 2020.
- [11] T. Rusianto, S. Huda, and H. Wibowo, "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>
- [12] S. Mochamad Diki Mulyawan, Gatot Eka Pramono, "Design and build construction of 3D printer frame cartesian type based on Fused Deposition Modeling (FDM)," *J. Mech. Eng.*, vol. 6, no. 4, pp. 252-257, 2017.
- [13] H. Hasdiansah, R. I. Yaqin, P. Pristiansyah, M. L. Umar, and B. H. Priyambodo, "FDM-3D printing parameter optimization using taguchi approach on surface roughness of thermoplastic polyurethane parts," *Int. J. Interact. Des. Manuf.*, 2023, doi: 10.1007/s12008-023-01304-w.
- [14] R. Srinivasan, W. Ruban, A. Deepanraj, R. Bhuvanesh, and T. Bhuvanesh, "Effect on infill density on mechanical properties of PETG part fabricated by fused deposition modelling," *Mater. Today Proc.*, vol. 27, no. xxxx, pp. 1838-1842, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.03.797.
- [15] 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.