

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

Wassi Ahadiatullah, Zaldy Sirwansyah Suzen , Hasdiansah*
Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
Kawasan Industri Air Kantung, Bangka 33211.

*Email: phianmttarah@yahoo.co.id

Revisi 2 Mei 2023; Diterima 29 Mei 2023; publikasi Online 2 Juni 2023

Abstrak, Transportasi dibagi menjadi 3 jenis yaitu transportasi jalan, transportasi laut, dan transportasi udara. Perahu mempunyai sistem penggerak sebagai mesin utamanya. Oleh karena itu prinsip kerja dari sistem penggerak pada pompa adalah air masuk dan dihisap oleh pompa kemudian dialirkan menuju nozzle sehingga menimbulkan gaya dorong. Sarana transportasi ini akan membuat masyarakat lebih mudah beraktivitas. Pengelompokan ini juga mempertimbangkan tren media (zona pejalan kaki) dan karakteristik fisik moda yang berbeda. Moda transportasi ada beberapa jenis, mulai dari moda darat, moda laut atau perairan, dan moda udara. Sistem propulsi waterjet biasanya mencakup sistem perpipaan dan sistem pompa. Pada sistem saluran, fungsinya untuk mengontrol aliran dari medium ke pompa dan dari pompa ke medium. Sedangkan sistem pemompaan mengubah energi mekanik menjadi energi hidrolik. Sistem penggerak water jet mempunyai bagian-bagian utama pada saat pengoperasiannya, bagian-bagian tersebut antara lain sistem transmisi dan motor penggerak, pompa, nosel dorong yang dilengkapi dengan baffle, arah dorong, mekanisme pembalik, diffuser, saluran masuk dan saluran. Pada penelitian ini banyak melibatkan banyak faktor dan jumlah, dan cocok menggunakan desain eksperimen taguchi dikarenakan lebih efisien. Pada penelitian ini filament yang digunakan yaitu ST PLA (Super Tough Latic Acid) menggunakan mesin 3D printing Ender 3 Pro. Dalam penelitian ini menggunakan metode taguchi Jenis matriks Orthogonal array L9OA tersedia secara standar faktor penelitian didapatkan gaya dorong yang tertinggi pada eksperimen 5 dengan jumlah blade inlet turbo 11, impeller 3 blade type 2 dan jumlah blade outlet turbo 12 dengan nilai gaya dorong sebesar 2.182 N. Sedangkan gaya dorong terendah pada eksperimen 10 dengan jumlah blade inlet turbo 12, impeller 3 blade type 3 dan jumlah blade outlet turbo 11 dengan nilai gaya dorong sebesar 0.711 N.

Kata kunci : filament, gaya dorong, propulsi, sistem penggerak, taguchi

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan sebagian luas wilayahnya 2/3 lautan dan memiliki pulau 13 ribu lebih. Banyak sekali pulau yang masih belum mempunyai pelabuhan sebagai tempat untuk kapal bersandar dan menepikan penumpang. Kendaraan air seperti kapal dan perahu mempunyai sistem penggerak utamanya disebut sistem propulsi. Sistem propulsi waterjet memanfaatkan gaya dorong air yang dihasilkan dari putaran baling-baling untuk menggerakkan kapal. Pompa yang digerakkan mesin kapal dapat menghasilkan gaya dorong pada kapal. Gaya dorong air dihasilkan dari air yang masuk dan dihisap pompa yang berada dibagian bawah kapal, dan tekanan air yang masuk mengalir keluar kesisi luar nosel untuk menambahkan kecepatan tekanan air yang keluar dan menghasilkan gaya dorong kapal [1]. Transportasi dibedakan menjadi 3 jenis yaitu angkutan jalan raya, angkutan laut dan angkutan udara. Alat transportasi ini digunakan untuk aktivitas manusia berpindah dari suatu tempat ke tempat lain serta transportasi yang dapat menunjang kegiatan perdagangan internasional. Alat transportasi ini akan membantu masyarakat bergerak kemana saja dengan lebih mudah. Pengelompokan ini juga mempertimbangkan tren media (area pejalan kaki) dan karakteristik fisik dari berbagai moda. Moda transportasi ada beberapa jenis, mulai dari moda darat, moda laut atau perairan, dan moda udara [2].

Baling-baling adalah salah satunya komponen yang dipasang pada kapal penangkap ikan dan digerakkan oleh mesin diesel sebagai penggerak. Prinsip pengoperasiannya diawali dengan Baling-baling melewati kopling dan poros, dan menyebabkan baling-baling berputar dan menciptakan gaya dorong ke depan atau ke belakang [3]. Pada umumnya kapal yang bergerak di air dengan kecepatan tertentu akan mengalami gaya hambatan yang berlawanan dengan arah gerak kapal. Hambatan yang timbul harus diatasi dengan daya dorong kapal berkat kerja baling-baling kapal. Tenaga yang diteruskan pada alat penggerak kapal berasal dari tenaga poros, sedangkan tenaga poros utama berasal dari tenaga pengereman yang merupakan tenaga keluaran mesin penggerak kapal [4]. Sistem propulsi waterjet biasanya meliputi sistem saluran dan sistem pompa. Pada sistem saluran, fungsinya untuk mengontrol aliran dari lingkungan ke pompa dan dari pompa dialirkan ke lingkungan. Sedangkan sistem pemompaan mengubah energi mekanik menjadi energi hidrolik. Sistem penggerak water jet mempunyai bagian-bagian utama pada saat pengoperasiannya, bagian-bagian tersebut antara lain sistem transmisi dan motor penggerak, pompa, nosel dorong yang dilengkapi dengan baffle, arah dorong, mekanisme pembalik, diffuser, intake dan saluran [5]. Sistem propulsi waterjet merupakan aksi gaya dorong yang dihasilkan mengakibatkan fluida masuk mengalir melewati saluran dan menghasilkan energi pada sistem kemudian diubah nozzle terjadi kenaikan kecepatan aliran. dan menghasilkan gaya dorong untuk kapal dapat bergerak maju dengan kecepatan maksimal [6].

Penggerak mesin jet atau jet engine yang kita kenal sekarang ini adalah sebuah teknologi. Mesin jet ini pertama kali diteliti dan ditemukan oleh Sir William Hamilton pada awal tahun 1950. Ia merupakan orang pertama yang menamai jet air dengan sebutan jet laut [7]. Alat yang menghasilkan gaya dorong untuk menggerakkan sebuah kapal adalah baling-baling. Baling-baling berputar dan sebagai penggerak utama pada mesin. Jika baling-baling mengalami kerusakan terkhusus daunnya maka akan menyebabkan performa dari lajunya kapal yang dimana daya transmisi mesin tidak dapat dipakai secara maksimal [8].

Bahan PLA adalah termoplastik yang paling umum digunakan untuk membuat model 3D. PLA sendiri memiliki titik leleh yang sangat rendah yaitu 190°C [9]. 3D printing sekarang mempunyai perkembangan yang sangat pesat. Pencetakan 3D dengan perangkat lunak dilakukan dengan memotong model 3D menjadi banyak lapisan tipis (tebal 0,01 mm atau kurang). Setiap lapisan kemudian ditelusuri oleh printer ke lapisan konstruksi. Setelah sampel selesai, lapisan pembuatan diturunkan dan lapisan berikutnya ditambahkan di atas lapisan sebelumnya dalam apa yang disebut (additif manufaktur/AM) [10]. 3D Printing merupakan proses pembuatan benda padat tiga dimensi dari file digital. Penciptaan objek 3D dicapai dengan menggunakan proses aditif. Pada proses aditif, suatu objek dibuat dengan cara menumpuk lapisan-lapisan material secara berurutan hingga objek tersebut tercipta. Pencetakan 3D dapat membuat bentuk kompleks dengan menggunakan lebih sedikit bahan dibandingkan metode manufaktur tradisional [11]. Metode taguchi merupakan metodologi baru dalam bidang teknik bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses menekan biaya resources sekecil mungkin dan diperkenalkan oleh Dr. Genichi Taguchi pada tahun 1940 [12]. Manufaktur aditif (AM), juga dikenal sebagai pencetakan 3D, adalah proses pembuatan komponen dari data model tiga dimensi (3D) dan biasanya diproduksi lapis demi lapis untuk membuat model, bukan proses manufaktur subtraktif [13]. Salah satu teknik optimis di beberapa sektor industri untuk membantu mengurangi waktu dan biaya produksi produk secara kompetitif dikenal dengan FDM [14]. Metode Taguchi digunakan untuk mengoptimalkan parameter pemotongan untuk pembubutan Al/SiC-MMC yang efisien menggunakan sistem perkakas fixed diamond [15]

2. Metode

Pada penelitian ini metodologi yang dilakukan adalah metode eksperimen *taguchi*, yaitu mulai dari perancangan eksperimen, pengambilan data, analisis data, dan eksperimen konfirmasi. Penulis meneliti optimasi perubahan gaya dorong blade inlet turbo, outlet turbo, dan impeller pada waterjet thruster menggunakan metode Taguchi. Persiapan bahan dan alat filamen yang digunakan untuk mencetak komponen waterjet thruster (seperti inlet turbo, impeller dan outlet turbo) menggunakan jenis filamen ST-PLA dengan diameter 1,75. Dan menggunakan printer 3D berteknologi *Fused Deposition Modeling* (FDM), merek Ender 3 Pro, dengan luas cetak XYZ: 220 mm x 220 mm x 250 mm, dan nozzle berdiameter 0,4 mm. Pipa PVC dengan ukuran 1 inci sebagai penutup untuk melindungi inlet turbo, impeller dan outlet turbo dari saluran masuk air, ass berukuran 5 mm juga digunakan sebagai sambungan untuk komponen waterjet thrusters, bor tangan digunakan sebagai mesin penggerak waterjet thruster mini.



Gambar 1. Proses Pengujian Waterjet Thruster Mini

- (1) Inlet Turbo 10, 11 dan 12 blade
- (2) Impeller Type 1, 2 dan 3blade
- (3) Outlet Turbo 10, 11 dan 12 blade
- (4) Kapal Uji

Percobaan ini dilakukan untuk mendapatkan nilai optimal dari komponen waterjet thruster mini yang akan diuji. Berikut ini adalah faktor dan level penelitian, seperti pada Tabel 1. Dibawah ini:

Tabel 1. Faktor dan Level Penelitian

NO.	Level	Faktor		
		Jumlah Blade Inlet Turbo	Impeller Type	Jumlah Blade Outlet Turbo
1	Level 1	10 Blade	3 Blade Type 1	10 Blade
2	Level 2	11 Blade	3 Blade Type 2	11 Blade
3	Level 3	12 Blade	3 Blade Type 3	12 Blade

3. Hasil dan Diskusi

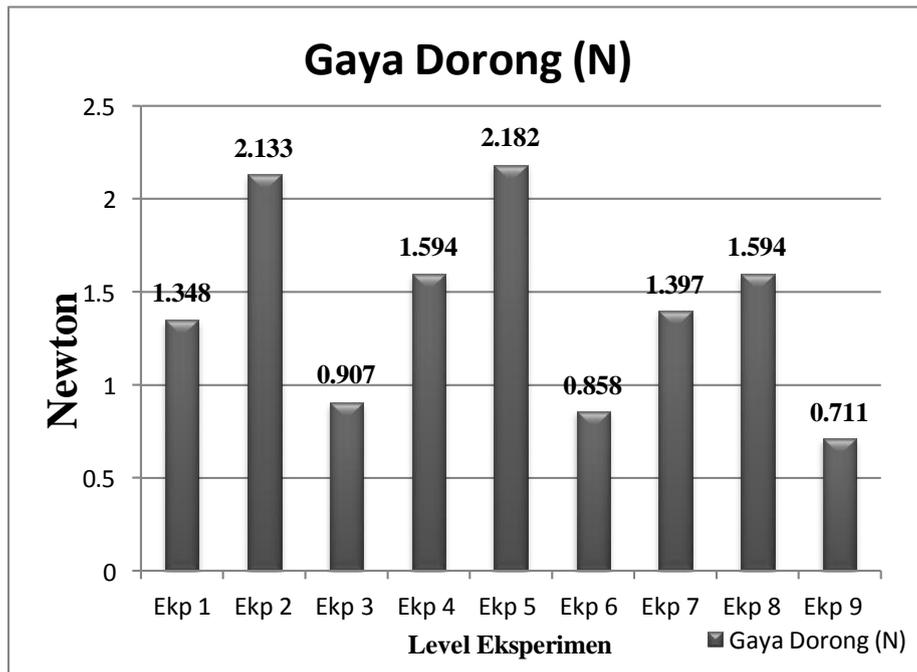
Pada penelitian ini banyak melibatkan banyak faktor dan jumlah , dan cocok menggunakan desain eksperimen taguchi dikarenakan lebih efisien. Jenis matriks *Orthogonal array* L₉OA tersedia secara standar dapat dilihat pada Tabel 2. merupakan desain percobaan menggunakan perangkat lunak Minitab. Kemudian dilakukan pengambilan data meliputi percobaan 1 dan 2, rata-rata dan hasil perhitungan gaya dorong.

Tabel 2. Desain Percobaan Metode *Taguchi Orthogonal array* L₉OA

Exp no.	Faktor			Percobaan 1	Percobaan 2	Average	Gaya Dorong
	Jumlah Blade Inlet Turbo	Impeller Type	Jumlah Blade Outlet Turbo				
1	10 blade	3 blade type 1	10 blade	0.135 kg	0.140 kg	0.137 kg	1.348 N
2	10 blade	3 blade type 2	11 blade	0.215 kg	0.220 kg	0.217 kg	2.133 N
3	10 blade	3 blade type 3	12 blade	0.090 kg	0.095 kg	0.092 kg	0.907 N
4	11 blade	3 blade type 1	11 blade	0.160 kg	0.165 kg	0.162 kg	1.594 N

5	11 blade	3 blade type 2	12 blade	0.220 kg	0.225 kg	0.222 kg	2.182 N
6	11 blade	3 blade type 3	10 blade	0.085 kg	0.090 kg	0.087 kg	0.858 N
7	12 blade	3 blade type 1	12 blade	0.140 kg	0.145 kg	0.142 kg	1.397 N
8	12 blade	3 blade type 2	10 blade	0.160 kg	0.165 kg	0.162 kg	1.594 N
9	12 blade	3 blade type 3	11 blade	0.070 kg	0.075 kg	0.072 kg	0.711 N

Pada Tabel 2. hasil pengujian dengan faktor penelitian didapatkan gaya dorong yang tertinggi pada eksperimen 5 dengan jumlah blade inlet turbo 11, impeller 3 blade type 2 dan jumlah blade outlet turbo 12 dengan nilai gaya dorong sebesar 2.182 N. Sedangkan gaya dorong terendah pada eksperimen 10 dengan jumlah blade inlet turbo 12, impeller 3 blade type 3 dan jumlah blade outlet turbo 11 dengan nilai gaya dorong sebesar 0.711 N. Hasil dari pengujian gaya dorong ditampilkan dalam bentuk grafik ,akan didapatkan hasilnya dibawah ini pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik Pengujian

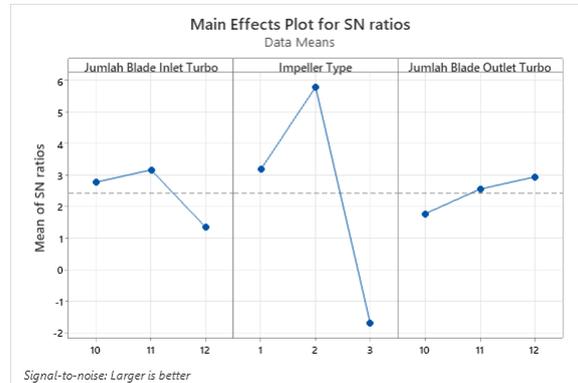
Pengolahan data telah dilakukan pengujian untuk mendapatkan hasil gaya dorong yang akurat yang mempengaruhi hasil uji gaya dorong dengan menggunakan metode *taguchi* L₉OA. Hasil data menggunakan bantuan *software statistic*, untuk mendapatkan hasil nilai respon S/N ratio dengan karakteristik “*Larger is Better*”.

Analysis of Variance for SN ratios

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Jumlah Blade Inlet Turbo	2	5.6079	5.6079	2.8039	11.04	0.083
Impeller Type	2	87.3217	87.3217	43.6608	171.96	0.006
Jumlah Blade Outlet Turbo	2	2.1432	2.1432	1.0716	4.22	0.192
Residual Error	2	0.5078	0.5078	0.2539		
Total	8	95.5806				

Gambar 3. Hasil S/N Ratio Gaya Dorong

Berdasarkan rata-rata diatas faktor yang digunakan S/N Ratio disusun untuk mendapatkan faktor berperan dan berpengaruh gaya dorong yang dihasilkan dari *waterjet thruster* mini. Data dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik S/N Ratio

Response Table for Signal to Noise Ratios

Larger is better

	Jumlah Blade Inlet Turbo	Jumlah Blade Impeller Type	Jumlah Blade Outlet Turbo
Level	Turbo	Type	Turbo
1	2.775	3.182	1.771
2	3.166	5.802	2.556
3	1.330	-1.714	2.944
Delta	1.835	7.516	1.173
Rank	2	1	3

Gambar 5. Respon S/N Ratio

Dari hasil gambar 4. dan gambar 5. Dapat disimpulkan hasil S/N Ratio dengan karakteristik “*Large is Better*” hasil yang menonjol adalah faktor *impeller type*, faktor optimal yang berpengaruh dalam pengujian gaya dorong yaitu *impeller type*, jumlah *blade inlet turbo* dan jumlah *blade outlet turbo*.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah gaya dorong tertinggi didapatkan sebesar 2.182 N pada eksperimen 5 dengan jumlah *blade inlet turbo* 11, *impeller 3 type* 2 dan jumlah *blade outlet turbo* 12. Sedangkan gaya dorong terendah sebesar 0.711 N pada eksperimen 10 dengan jumlah *blade inlet turbo* 12, *impeller 3 blade type* 3 dan jumlah *blade outlet turbo* 11.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada kedua orang tua atas doa dan dukungannya yang telah diberikan, kemudian penulis mengucapkan terimakasih kepada pembimbing yang telah membimbing selama ini dan memberikan ilmu yang bermanfaat.

Daftar Pustaka

[1] A. Maulana, *Skripsi Me 141501 Surabaya 2017*. 2017.
 [2] K. Hanik, “Isu pelayanan single mode-modala transportasi laut dalam menjalankan perdagangan internasional.” *Proceeding Natl. Semin. Marit. ...*, vol. 1, no. 1, pp. 198–202, 2022, [Online]. Available: <http://www.e-journal.akpelni.ac.id/index.php/NSMIS/article/view/372%0Ahttp://www.e->

- journal.akpelni.ac.id/index.php/NSMIS/article/download/372/275
- [3] D. Andriyono and Sufiyanto, “Bimtek Mutu Produk Cor Baling-Baling Kapal Nelayan Hasil,” vol. 3, 2018.
- [4] S. W. Adji, *Engine-propeller matching*. 2005.
- [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] E. S. Koenhardono, I. R. Kusuma, and H. Nugroho, “Aplikasi Sistem Propulsi Hybrid Shaft Generator (Propeller Dan Waterjet) Pada Kapal Patroli Trimaran,” 2010.
- [7] N. Farandi, D. R. Harahap, and Hasdiansah, “Prosiding Seminar Nasional Kekuatan Dorong Turbojet Drive Produk 3D,” 2021.
- [8] S. Wilastari and B. Santoso, “Studi Kasus Perbaikan Daun Baling-Baling Kapal Tug Boat Akibat Patah dan Fouling.” *J. Ilm. MOMENTUM*, vol. 18, no. 1, p. 24, 2022, doi: 10.36499/jim.v18i1.6436.
- [9] Z. S. Suzen, Hasdiansah, and Yuliyanto, “Pengaruh Tipe Infill Dan Temperatur Nozzle Terhadap Kekuatan Tarik Produk 3D Printing Filamen Pla+ Esun,” *J. Teknol. Manufaktur*, vol. 12, no. 02, 2020.
- [10] 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>
- [11] C. Mawardi, “Pengantar 3D Printing,” 2020.
- [12] M. Muharom and S. Siswadi, “Desain Eksperimen Taguchi Untuk Meningkatkan Kualitas Batu Bata Berbahan Baku Tanah Liat.” *J. Eng. Manag. Industrial Syst.*, vol. 3, no. 1, pp. 43–46, 2015, doi: 10.21776/ub.jemis.2015.003.01.7.
- [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] S. 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, pp. 139–149, 2015, doi: 10.1016/j.measurement.2015.01.027.