



OPTIMASI GAYA DORONG WATERJET UNTUK KAPAL IKAN DENGAN METODE TAGUCHI

OPTIMIZATION OF WATERJET THRUST FOR FISHING BOAT USING THE TAGUCHI METHOD

Mohammad Abdul Wahid*, Khairul Muzaka, Mega Lazuardi Umar

Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Politeknik Negeri Banyuwangi
Jl. Raya Jember, Kawang, Labanasem, Kec. Kabat, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur, Indonesia

*Korespondensi: abdul_wahid@poliwangi.ac.id (MA Wahid)

Diterima 16 Agustus 2025 – Disetujui 26 Oktober 2025

ABSTRAK. Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki wilayah perairan yang luas. Oleh karena itu perlu adanya pengembangan alat transportasi air yang mendukung untuk eksploitasi sumber daya laut. Maka penelitian ini melakukan optimasi gaya dorong waterjet pada kapal penangkap ikan untuk memerikan dampak terhadap keuntungan nelayan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan Variasi Variabel Desain Waterjet yang menghasilkan Gaya Dorong optimum. Variabel desain yang divariasikan adalah diameter outlet nozzle, jumlah sudu stator, dan jumlah sudu rotor. Dimana masing-masing variabel desain memiliki 3 level dan derajat kebebasannya adalah 6. Dengan demikian Perancangan Percobaan menggunakan matrik orthogonal array L9. Matrik orthogonal array L9 memiliki 3 kolom dan 9 baris yang dapat digunakan untuk 3 variabel bebas yang masing-masing memiliki 3 level. Simulasi untuk mendapatkan kecepatan pada outlet nosel dilakukan dengan software CFD. Dari hasil pengujian, gaya dorong terkecil yaitu 24,46 N pada Variasi ke-3. Sedangkan gaya dorong tertinggi terdapat pada Variasi ke-5, dengan variabel desain diameter outlet nozzle 80 mm, jumlah sudu rotor 4, dan jumlah sudu stator 6. Gaya dorong tertinggi yaitu 38,58 N. Variasi perancangan yang mempengaruhi gaya dorong yaitu Diameter Nosel, Jumlah Blade Stator dan Jumlah Blade Rotor. Hasil dari penelitian memberikan dampak kemudahan pada nelayan dalam memilih spesifikasi dari waterjet yang akan digunakan

KATA KUNCI: Gaya dorong, Matriks orthogonal, Waterjet.

ABSTRACT. Indonesia is an archipelagic country with vast waters. Therefore, it is necessary to develop water transportation tools that support the exploitation of marine resources. Therefore, this study optimizes the waterjet thrust on fishing boat to determine the impact on fishermen's profits. Simulation to obtain the velocity at the nozzle outlet is carried out using CFD software. The purpose of this study is to obtain Waterjet Design Variation Variables that produce optimum Thrust Force. The design variables varied are the nozzle outlet diameter, the number of stator blades, and the number of rotor blades. Where each design variable has 3 levels and its degrees of freedom are 6. Thus, the Experimental Design uses the L9 orthogonal array matrix. The L9 orthogonal array matrix has 3 columns and 9 rows that can be used for 3 independent variables, each of which has 3 levels. From the test results, the smallest thrust force is 24.46 N in the 3rd Variation. Meanwhile, the highest thrust force is found in Variation 5, with design variables of nozzle outlet diameter of 80 mm, number of rotor blades of 4, and number of stator blades of 6. The highest thrust force is 38.58 N. The design variations that affect the thrust force are nozzle outlet diameter, number of stator blades and number of rotor blades. The results of the research have an impact on making it easier for fishermen to choose the specifications of the waterjet they will use

KEYWORDS: Thrust Force, Orthogonal array, Waterjet.

1. Pendahuluan

Luas perairan Negara Indonesia mencapai 5,8 juta kilometer persegi dengan garis pantai sepanjang 81.000 kilometer (Harris et al., 2022.). Dengan demikian Indonesia memiliki potensi kekayaan alam yang tinggi di bidang kelautan. Salah satu hasil laut yang banyak dieksploitasi adalah di bidang perikanan. Saat ini penangkapan ikan yang dilakukan oleh nelayan menggunakan kapal tradisional. Biaya operasional nelayan memiliki kecenderungan meningkat, yang diakibatkan oleh harga bahan bakar yang terus meningkat. Komponen pembiayaan terbesar pada kapal penangkap ikan adalah pemakaian bahan bakar + 40% (Ridwan, 2011). Sehingga mempengaruhi selisih antara hasil tangkapan ikan dan biaya operasional yang menentukan keuntungan nelayan. Menambah kapasitas mesin untuk meningkatkan

efisiensi operasional sering dilakukan oleh nelayan. Tetapi semakin besar kapasitas mesin akan menyebabkan kebutuhan akan Bahan Bakar meningkat sehingga biaya operasional semakin besar (Hasdiansah, 2024). Efisiensi operasional, kelestarian lingkungan dan kemakmuran nelayan dapat ditingkatkan dengan penerapan teknologi propulsi kapal ikan yang tepat (Prasdika et al., 2025).

Waterjet merupakan salah satu jenis dari propulsi kapal, yang telah dikembangkan sejak abad ke tujuh belas. Komponen-komponen *waterjet* terdapat didalam *housing* yang berfungsi melindungi impeler supaya tidak berhubungan langsung dengan benda yang didalam air (Oktavianto et al., 2023). Propulsi *waterjet* memiliki efisiensi propulsi yang tinggi, getaran yang lebih rendah, dan kinerja anti-kavitasi yang baik (Jiao et al., 2019). Selama pengoperasian *waterjet*, cairan di bawah lambung kapal akan terhisap melalui saluran masuk dan bekerja seperti pompa untuk menghasilkan daya dorong dan dengan demikian kapal akan bergerak (Han et al., 2012). *Waterjet* dirancang untuk aliran aksial murni pada bagian saluran masuk impeller dengan aliran hisap yang seragam (Huang et al., 2020).

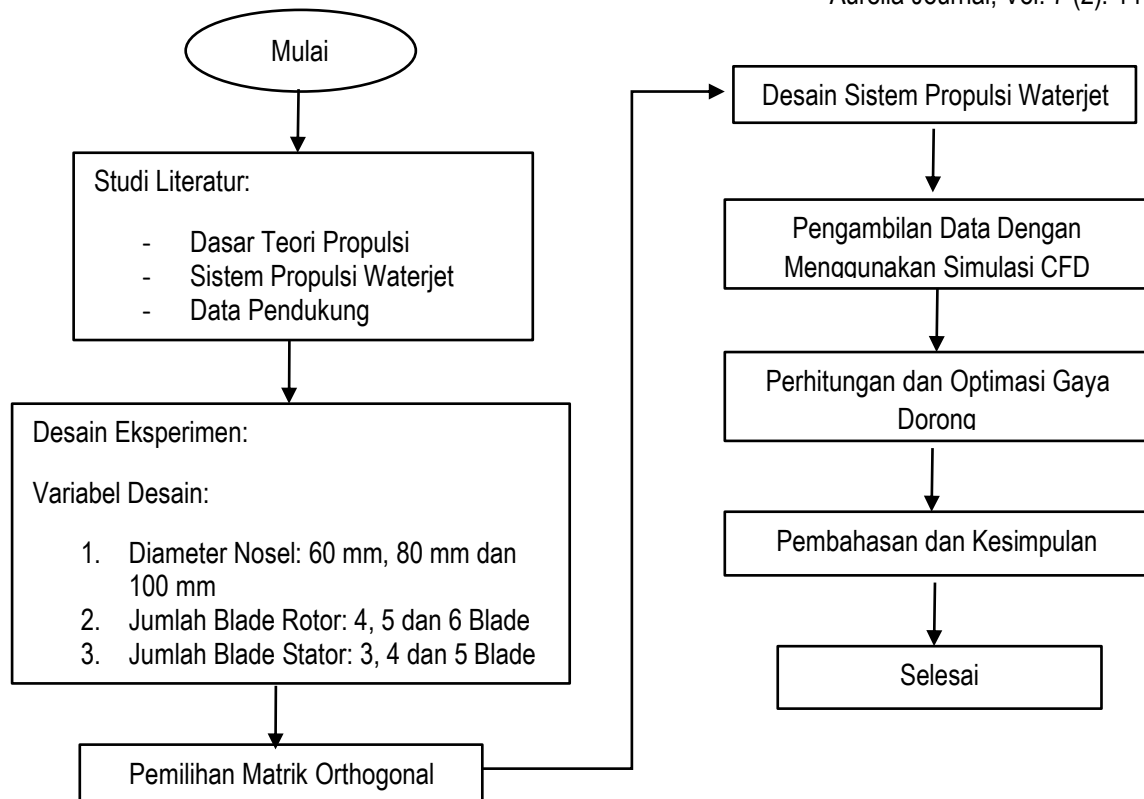
Penelitian terdahulu telah dilakukan untuk meningkatkan kinerja *waterjet* sehingga menjadi lebih efisien. Budiyanto menyatakan bahwa ada peningkatan efisiensi sebesar 8% hingga 12 % yang dipengaruhi oleh nozel yang konvergen (Budiyanto et al., 2019). Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Seva menyatakan bahwa gaya dorong *waterjet* dipengaruhi oleh tipe blade, jumlah *blade rotor* dan jumlah *blade stator* (Seva & Hasdiansah, 2024). Optimasi kinerja *waterjet* telah dilakukan dengan hasil gaya dorong yang optimum 218,03 Newton terdapat pada variasi kombinasi *Inlet 8 blade* dan *Outlet 8 Blade*, dengan rancangan perobaan menggunakan matriks *orthogonal array* L9 (Ahadiatullah et al., 2023). Metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) merupakan metode simulasi numerik yang digunakan untuk menganalisis aliran fluida secara detail tanpa perlu membuat prototipe fisik, sehingga dapat menghemat biaya dan waktu dalam proses perancangan dan pengujian (Lou et al., 2024). Dari hasil analisis menggunakan CFD, variasi diameter nozzle dari 140 mm hingga 100 mm dan sudut nozzle dari 10° hingga 40° menunjukkan bahwa semakin kecil diameter dan semakin besar sudut nozzle, semakin besar thrust yang dihasilkan (Wardanu et al., 2013). Metode Taguchi adalah salah satu rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian untuk melakukan optimasi. Dimana Metode Taguchi dikembangkan oleh Genichi Taguchi pada tahun 1940 (Miftah et al., 2022). Tujuan dari Metode Taguchi untuk menghasilkan suatu sistem yang kokoh terhadap faktor-faktor gangguan (Tangahu & Ningsih, 2020). Rasio *Signal-to-Noise* (S/N) merupakan fitur utama Metode Taguchi yang berfungsi sebagai indikator dalam menilai ketahanan dan konsistensi kinerja produk (Anita Fajardini & Darma Utama, 2025).

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan variasi parameter desain yang menghasilkan gaya dorong optimum. Parameter desain yang divariasikan adalah diameter *outlet* nozel, jumlah bilah rotor, dan jumlah bilah stator. Pada penelitian ini simulasi atau pengujianya menggunakan *software* ansys untuk mendapatk kecepatan pada bagian *outlet* nozel. Sedangkan untuk optimasi menggunakan Metode Taguchi. Dampak dari hasil penelitian ini mempermudah nelayan dalam menentukan spesifikasi *waterjet* yang akan digunakan.

2. Metode Penelitian

2.1 Diagram Alir Penelitian

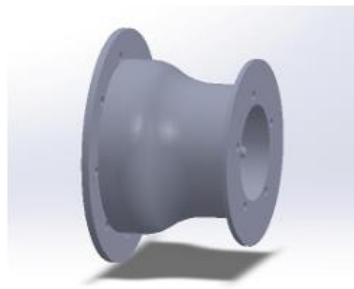
Penelitian ini dilaksanakan mengikuti diagram alir, dimulai dari studi literatur, dengan mengumpulkan referensi yang terkait dengan optimasi kinerja *waterjet* dan perangkat lunak terkait optimasi, desain serta CFD. Kemudian ditetapkan parameter desain yang mempengaruhi kinerja *waterjet*. Setiap parameter desain ditentukan level masing-masing. Software yang digunakan pada penelitian ini adalah Solidwork, Ansys dan Software Statistik. Selanjutnya dilakukan pemilihan matrik *orthogonal* sesuai jumlah level. Desain *waterjet* dibuat sesuai dengan kombinasi level dari masing-masing parameter desain, kemudian dilakukan pemodelan aliran fluida pada *waterjet* untuk mendapatkan kecepatan fluida pada outlet nosel. Perhitungan gaya dorong *waterjet* dilakukan setelah kecepatan inlet nosel dan outlet nosel didapatkan. Kemudian dilakukan optimasi dengan menggunakan metode Taguchi. Tahapan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



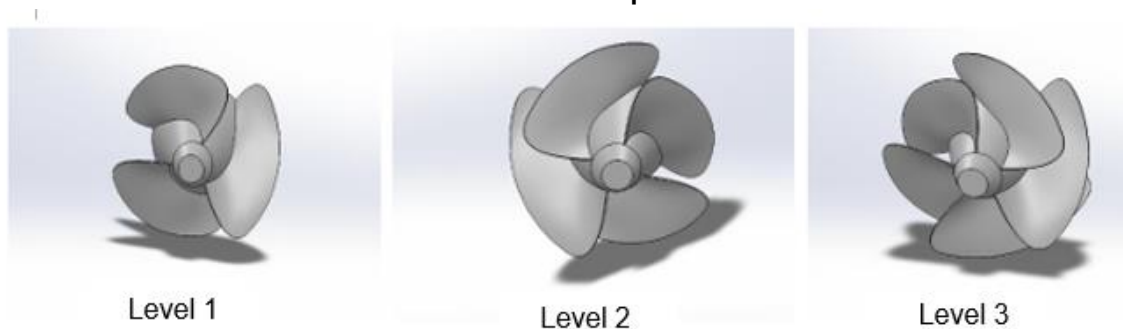
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2 Desain Komponen Waterjet

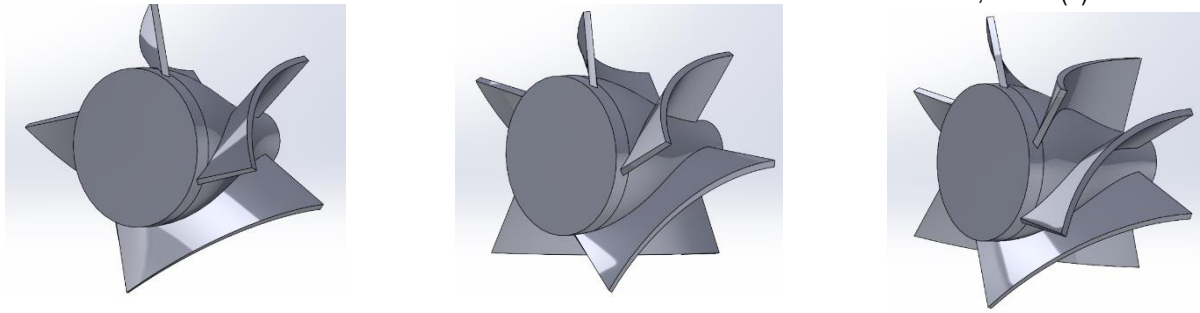
Variabel desain yang divariasikan berdasarkan pada tahapan penelitian. Dimana dari setiap variable desain terdapat tiga level. Variable desain yang divariasikan adalah diameter nosel, jumlah blade rotor dan jumlah blade stator. Desain nosel waterjet dapat dilihat pada Gambar 2. Untuk desain blade rotor dan blade stator dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4. Referensi yang digunakan dalam desain ini adalah Waterjet Hamiltonjet seri HJX.



Gambar 2. Desain Output Nosel



Gambar 3. Desain Blade Rotor



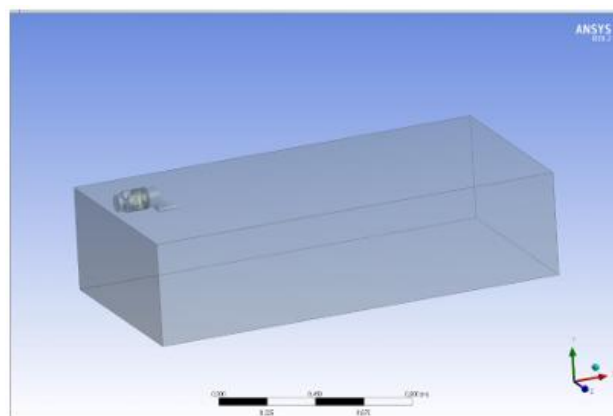
Gambar 4. Desain Blade Stator

2.3 Simulasi CFD

Proses Simulasi Setelah proses penggambaran model selesai maka tahap selanjutnya adalah melakukan simulasi dengan software berbasis CFD. Dalam hal ini software yang digunakan adalah Ansys. Pada langkah ini ada empat tahap yang harus dilakukan sebagai di berikut:

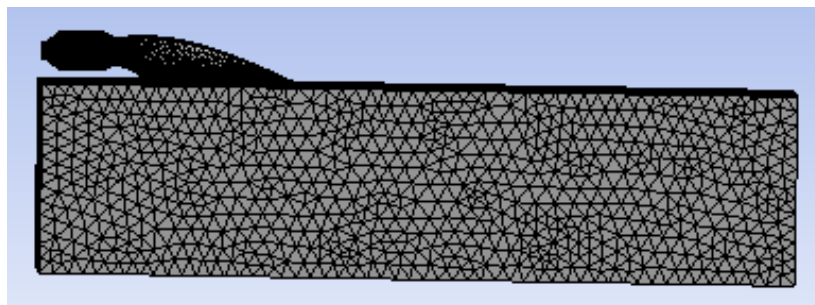
A. Pembuatan Geometri

Pembuatan geometri dilakukan dalam program ANSYS Fluent dimana program ini terdapat dalam Workbench. ANSYS Fluent merupakan aplikasi permodelan 3 dimensi yang memberikan solusi efisien untuk permodelan secara umum. Permodelan 3 dimensi dari waterjet yang akan disimulasikan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pemodelan tiga dimensi

B. Meshing



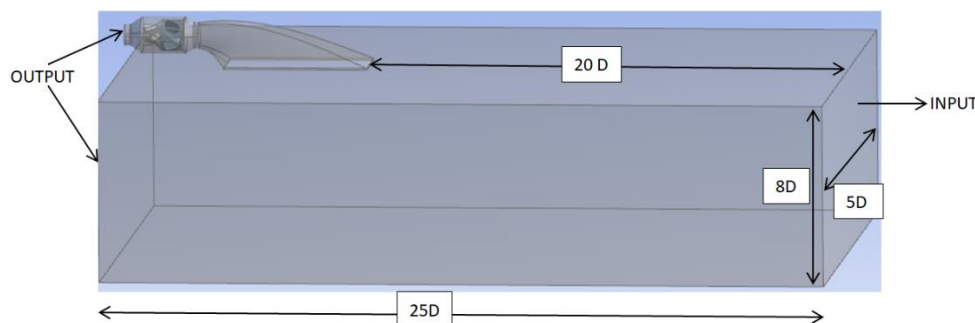
Gambar 6. Hasil Meshing ada simulasi

Evaluasi kualitas mesh merupakan langkah penting dalam simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD), karena memengaruhi akurasi dan konvergensi solusi numerik. Dua parameter yang paling umum digunakan untuk mengukur kualitas mesh adalah skewness dan orthogonal quality. Mesh pada simulasi ini dibuat menggunakan metode CutCell, yang memungkinkan pembentukan elemen-elemen mengikuti bentuk geometri dengan presisi tinggi. Total mesh yang dihasilkan terdiri atas 2.537.477 elemen dan

14.257.667 node, dengan ukuran elemen terkecil sebesar 2 mm. Hasil Meshing dari simulasi dapat dilihat pada Gambar 6.

C. Setup dan Solusion

Dalam mengatur model simulasi aliran fluida di ANSYS Fluent, beberapa variabel penting harus ditentukan dengan tepat. Pertama, jenis multifasa dan interaksi antar fase harus diidentifikasi. Kemudian, sifat propertis fluida seperti densitas, viskositas, dan konduktivitas termal perlu ditetapkan karena memengaruhi perilaku aliran. Selanjutnya, kondisi batas pada inlet, outlet, dan dinding harus diatur dengan jelas. Kondisi operasi seperti tekanan, suhu, dan kecepatan aliran perlu didefinisikan agar simulasi mencerminkan kondisi nyata. Pada Gambar 7 menjelaskan kondisi batas dari simulasi yang telah dikerjakan. Sedangkan Tabel 1 merupakan sifat propertis dari air laut.



Gambar 7. Kondisi Batas Simulasi

Media fluida yang digunakan adalah air laut dalam bentuk cair (water-liquid), tanpa melibatkan proses perpindahan panas (thermal) atau aliran multifasa (multiphase), karena aliran yang dianalisis murni berupa fluida tunggal yang bersifat *inkompresibel*. *Properties* dari air laut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Properties Air Laut

Propertis Air Laut	Nilai
Density	1020 kg/m ³
Viskositas	$8,91 \times 10^{-5}$ kg/m·s
Titik Beku	-2,8 °C
Konduktifitas Thermal	0,6 W/mK

D. Result

Result merujuk pada data numerik dan visual yang diperoleh dari penyelesaian persamaan fluida (Navier-Stokes) yang menggambarkan perilaku aliran fluida, perpindahan panas, dan interaksi fluida dengan permukaan padat.

Tabel 2. Dari Simulasi CFD

Jenis Result	Deskripsi
Kontur Kecepatan (Velocity)	Menunjukkan distribusi kecepatan fluida di domain simulasi
Kontur Tekanan (Pressure)	Menampilkan tekanan statik dan dinamik pada berbagai titik di model
Vorticity / Swirl	Menggambarkan putaran (vorteks) dalam aliran

2.4 Perhitungan Daya Dorong

Dari hasil simulasi akan didapatkan kecepatan fluida pada outlet nosel waterjet. Setelah mendapatkan kecepatan pada outlet maka dapat dihitung untuk kecepatan inlet nosel waterjet dengan menggunakan persamaan 1 (Sultan & Ramadhan, 2024)

$$A_1 \cdot V_{\text{Inlet}} = A_2 \cdot V_{\text{Outlet}} \quad (1)$$

Menghitung gaya dorong untuk setiap variasi dengan menggunakan persamaan 2 (Xu et al., 2022).

$$T = \rho V_j A (V_j - V) \quad (2)$$

2.5 Metode Taguchi

Metode Taguchi adalah salah satu metode optimasi yang digunakan untuk meningkatkan kualitas produk dan proses dengan cara meminimalkan variabilitas dan mencari kombinasi faktor terbaik menggunakan desain eksperimen (*Design of Experiments/ DoE*). Proses optimasi dengan Metode Taguchi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan software minitab. Proses optimasi mengikuti Langkah-langkah sebagai berikut:

A. Identifikasi Respon

Respon/ouput yang dioptimasi dalam penelitian ini Adalah gaya dorong waterjet. Dimana Variabel Desain Waterjet yang mempengaruhi gaya dorong adalah diameter outlet nozel, jumlah sudu stator, dan jumlah sudu rotor

B. Menentukan Matriks Orthogonal (*Orthogonal Array*)

Penentuan variabel desain waterjet yang digunakan dalam percobaan ini ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Variabel Desain Waterjet

Variabel Desain Waterjet			level 1	level 2	level 3
A.	Diameter Outlet	Mm	60	80	100
B.	Jumlah Blade Rotor	unit	3	4	5
C.	Jumlah Blade Stator	unit	4	5	6

Berdasarkan jumlah Variabel Desain Waterjet dan jumlah level yang ditunjukkan pada Tabel 3, derajat kebebasan dihitung untuk menentukan matriks ortogonal yang digunakan. Hasil perhitungan ini disajikan pada Tabel 4.

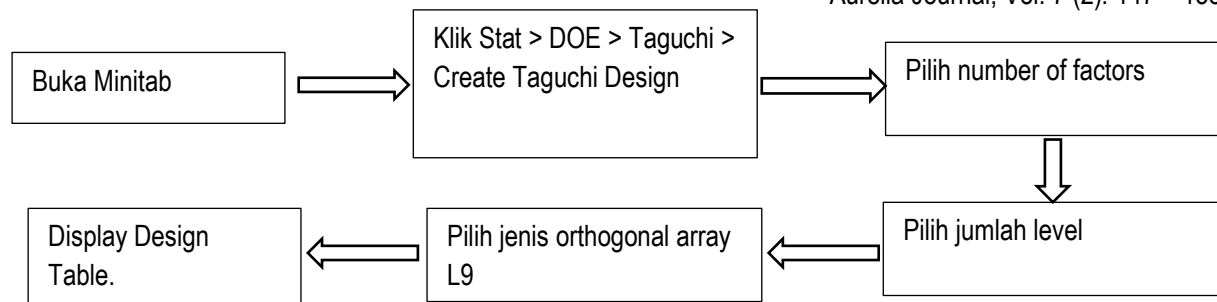
Tabel 4. Jumlah Level

No	Variabel Desain Waterjet	Number of Level (k)	u _{fi} (k-1)
1	Nozel Diametre	3	2
2	Jumlah Blade Rotor	3	2
3	Jumlah Blade Stator	3	2
Total degree of freedom			6

Berdasarkan hasil Tabel 4 didapatkan 6 derajat kebebasan untuk rancangan eksperimen ini dengan desain level seragam, sehingga matriks ortogonal yang digunakan adalah L9(3²).

C. Membuat Desain Eksperimen di Minitab

Menentukan Design of Experiment (DOE) di Minitab melibatkan beberapa langkah sistematis untuk merancang, menganalisis, dan menginterpretasi hasil eksperimen secara statistik. Langkah-langkah dalam membuat desain eksperimen dapat dilihat pada Gambar 7. Desain eksperimen dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.



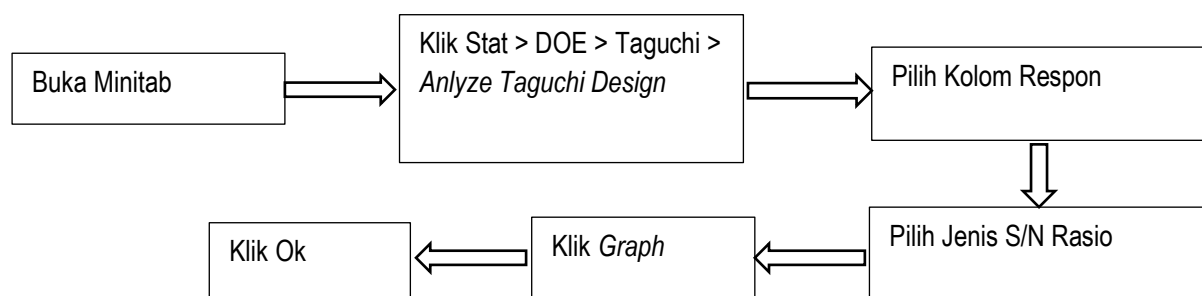
Gambar 7. Langkah-langkah pembuatan desain eksperimen

Tabel 5. Desain Eksperimen

Variasi Desain		
Diameter Outlet (mm)	Jumlah Blade Rotor	Jumlah Blade Stator
60	3	4
60	4	5
60	5	6
80	3	5
80	4	6
80	5	4
100	3	6
100	4	4
100	5	5

D. Desain Analisa Taguchi

Desain eksperimen digunakan untuk melakukan simulasi CFD guna mendapatkan respon yang ditentukan. Desain Analisa Taguchi digunakan untuk menentukan variable desain yang menghasilkan respon optimum. Langkah-langkan dalam Analisa Taguchi dapat dilihat pada Gambar 8. Hasil dari Analisa Taguchi adalah S/N Rasio dari Respon, Rata-Rata S/N Rasio, Grafik Ploting Rata-Rata S/N Rasio dan Anlisa Varian (ANOVA). Sifat dari Respon Gaya Dorong adalah *Larger is Better*.



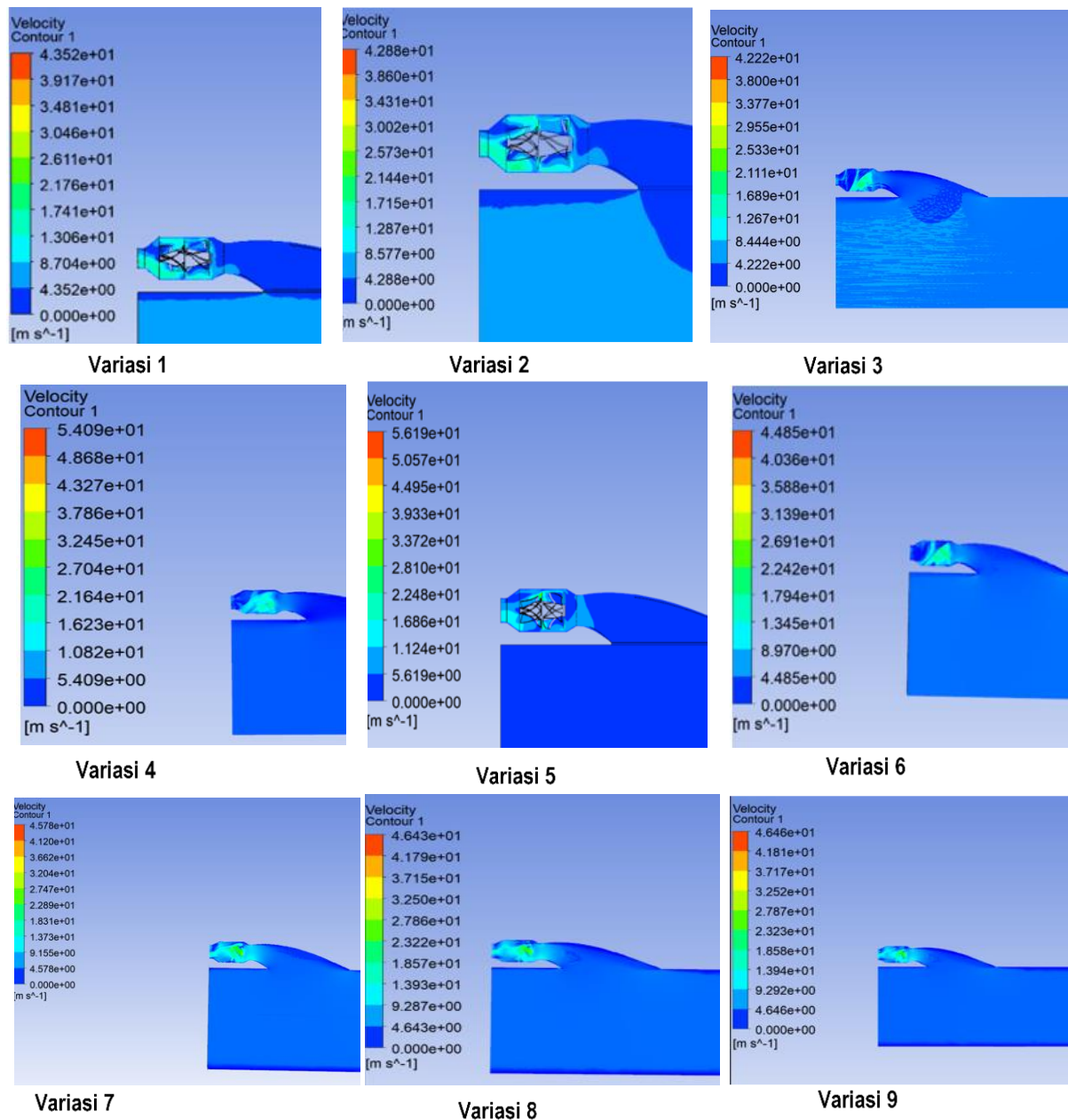
Gambar 8. Langkah-langkah Desain Analisa Taguchi

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Simulasi CFD

Simulasi CFD dilakukan untuk mendapatkan data kecepatan aliran air pada outlet nozel, yang dilaksanakan berdasarkan desain eksperimen yang terdapat pada Tabel 5. Terdapat empat tahap Penentuan Geometri, Meshing, Set Up and Solution dan Result. Hasil simulasi CFD dari setiap variasi

variabel desain dapat dilihat pada Gambar 9. Untuk menentukan kecepatan aliran air pada outlet nozle ditentukan warna yang terdapat pada ujung nozle.



Gambar 9. Hasil Simulasi CFD

Dengan menggunakan hasil simulasi dapat dihitung kecepatan Inlett Nozzle untuk setiap variasi dengan menggunakan persamaan 1. Berikut perhitungan kecepatan Inlett Nozzle pada variasi pertama:

$$A_1 \cdot V_{\text{Inlet}} = A_2 \cdot V_{\text{Outlet}}$$

$$60 \cdot 17,1 = 120 \cdot V_{\text{Inlet}}$$

$$V_{\text{Inlet}} = 8,75 \text{ m/s}$$

Dari hasil perhitungan data kecepatan Outlet Nozle dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Kecepatan inlet dan outlet Nozle Waterjet

Design Variable			Kecepatan Outlet(m/s)	Kecepatan Inlet (m/s)
Diamter Outlet (mm)	Jumlah Bilah Stator	Jumlah Bilah Rotor		
60	3	4	17,41	8,705
60	4	5	17,15	8,575
60	5	6	16,89	8,445
80	3	5	21,64	14,426
80	4	6	22,48	14,986
80	5	4	22,42	14,946
100	3	6	18,3	15,25
100	4	4	18,57	15,475

3.2 Gaya Dorong

Perhitungan gaya dorong dilakukan setelah kecepatan aliran air pada outlet nosel dan inlet nosel diketahui. Gaya dorong pada sistem propulsi jet air berasal dari reaksi yang dihasilkan oleh perubahan momentum aliran air yang melewati nosel. Perhitungan gaya dorong menggunakan persamaan 2. Gaya dorong untuk variasi pertama sebagai berikut:

$$T = \rho V_j A (V_j - V)$$

$$T_1 = 1.025 \times 0,002826 \times 17,41 \times (17,41 - 8,705)$$

$$T_1 = 25,21534 \text{ N}$$

Hasil perhitungan gaya dorong untuk setiap variasi factor dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Gaya Dorong untuk setiap variasi

Faktor			Gaya Dorong (N)
Diameter Outlet Nozel (mm)	Jumlah Blade Rotor	Jumlah Blade Stator	
60	3	4	25,215
60	4	5	24,838
60	5	6	24,462
80	3	5	37,145
80	4	6	38,587
80	5	4	38,484
100	3	6	24,541
100	4	4	24,903
100	5	5	24,916

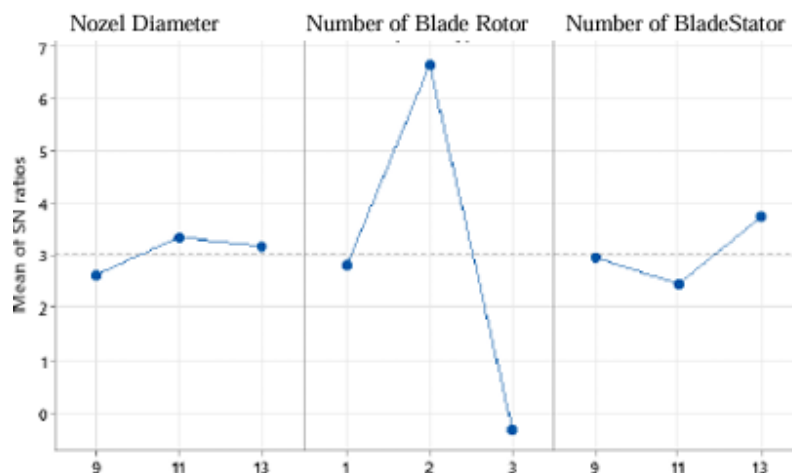
3.3 Optimasi

Untuk mengetahui Gaya Dorong yang optimum maka dilakukan proses Ploting Rata-Rata S/N Rasio dengan menggunakan Software Statisik. Dari hasil ploting S/N Rasio didapatkan bahwa variasi ke 5 yang menghasilkan gaya dorong tertinggi. Sedangkan Gaya Dorong yang dihasilkan adalah 38,587 N. Variabel Desain yang dipilih untuk mendapatkan gaya dorong yang tertinggi adalah Diameter Outlet Nosel 80 mm, jumlah Blade Rotor 4, dan jumlah Blade Stator 6. Penelitian yang telah dilakukan oleh Stevanus dkk menyampaikan bahwa gaya dorong tertinggi pada variasi ke 9, dengan variasi variable desain jumlah blade inlet 5, jenis impeller ke 2 dan jumlah blade outlet 3 (Seva *et al.*, 2024). Hasil Ploting

nilai Rata-Rata S/N Rasio gaya dorong dapat dilihat pada Gambar 6. Sedangkan nilai Rata-rata S/N Rasio dapat dilihat pada Tabel 8.

Table 8. Rata-rata S/N

Level	Outlet Diametre Nozel	Number of Blade Stator	Number of Blade Stator
1	2,741	2,902	2,984
2	3,164	6,852	2,42
3	3,073	0,548	3,895
Rank	2	2	3



Gambar 6. Plotting S/N Ratio

Analisis variansi (ANOVA) digunakan untuk mengetahui desain variabel yang memiliki pengaruh terhadap gaya dorong. Berdasarkan dari ANOVA dapat disampaikan bahwa desain variable yang berpengaruh terhadap gaya dorong adalah Diameter Nosel, Jumlah Blade Stator dan Jumlah Blade Rotor, hal ini terlihat dari F-Valuenya. Semakin besar nilai F-Valuenya maka memiliki pangaruh yang tetinggi sesuai dengan hasil penelitian dari Seva et al. (2024). Hasil dari ANOVA dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Analysis of Variance for SN ratio

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Nozel Diameter	2	27,6458	27,6458	13,8229	462,23	0,002
Number Of Blade Rotor	2	0,0179	0,0179	0,0089	0,30	0,770
Number O Blade Stator	2	0,0364	0,0364	0,0182	0,61	0,622
Residual Error	2	0,0598	0,0598	0,0299		
Total	8	27,7599				

4. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan variasi parameter desain yang menghasilkan gaya dorong optimum. Hasil dari studi ini menunjukkan bahwa Gaya dorong tertinggi diperoleh pada variasi ke-5

dengan nilai 38.587 N. Selain itu, Variabel desain dipilih adalah variasi ke 5 yaitu diameter outlet nosel 80 mm, jumlah blade rotor sebanyak 4, dan jumlah blade stator sebanyak 6 karena menghasilkan gaya dorong yang tertinggi. Variabel Desain yang berpengaruh terhadap gaya dorong adalah Diameter Nosel, Jumlah Blade Stator dan Jumlah Blade Rotor. Hasil dari penelitian memberikan dampak kemudahan pada nelayan dalam memilih spesifikasi dari waterjet yang akan digunakan

Daftar Pustaka

- Budiyanto, M. A., Novri, J., Alhamid, M. I., & Ardiyansyah. (2019). Analysis Of Convergent And Divergent-Convergent Nozzle Of . *Aip Conf. Proc.*, 1-8.
- Fajardini, R. A., Mazwan, & Utama, S. D. (2025). Implementation Of The Taguchi Method For Optimizing Surface Roughness In The Aluminum . *Rotasi*, 27(2), 71-76.
- Han , S., Lee, Y.-S., & Choi, Y. B. (2012). Hydrodynamic Hull Form Optimization Using Parametric Models. *J Mar Sci Technol*, 17, 1–17.
- Harris, A., Sudiarso, A., & Sutanto, R. (2022). Strategi Pertahanan Laut Dalam Rangkaancaman. *Jurnal Education And Development*, 10(2), 325-331.
- Hasdiansah, Seva, S. M., Ahadiatullah, W. A., Oktavianto, M., Maulidiansyah, M. A., & Viniolita, T. (2024). Pengaruh Variasi Jumlah Blade Inlet Turbo Pada Waterjet Thruster . *Momentum*, 20(1), 64-69.
- Huang, R., Ye, W., Dai, Y., Luo, X., Wang, Y., Du, T., & Huang , C. (2020). Investigations Into The Unsteady Internal Flow Characteristics For A Waterjet . *Ocean Engineering*, 187(22), 1-14.
- Jiao, W., Cheng, L., Zhang, D., Zhang, B., Su, Y., & Wang, C. (2019). Optimal Design Of Inlet Passage For Waterjet Propulsion System. *Advances In Materials Science And Engineering*, 2019(12), 1-22.
- Lou, Y., Peng, G., & Hao, C. (2024). Numerical Simulation And Thrust Performance Optimization Of Water Jet Thruster . *Journal Of Physics: Conference Series*, 27(7), 1-10.
- Miftah , A. N., Atmaja , D. S., & Oktafiani, A. (2022). Optimasi Multi-Objektif Proses Pemessinan Milling Dengan Metode Taguchi Kolaborasi Grey Relational Analysis. *Jurnal Sistem Cerdas*, 5(2), 117-127.
- Oktavianto, M., Rollastin, B., & Hasdiansah. (2023). Optimasi Variasi Panjang Blade Inlet Turbo, Impeller Type, Dan . *Dinamika: Teknik Mesin Unkhair*, 8(1), 13-19.
- Prasdika, T. O., Bahatmaka, A., Kriswanto, & Darsono, F. B. (2025). Analisis Numerik Performa Propulsi Kapal Ikan Guna Meningkatkan Efisiensi Dan . *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Indonesia*, 5(5), 1485-1496.
- Ridwan, M. (2010). Peningkatan Kinerja Sistem Propulsi Kapal Penangkap Ikan. *Gema Teknologi*, 16(2), 106-112.
- Seva , M. S., & Hasdiansah. (2024). Uji Performa Waterjet Thruster Produk 3d Printing Material Super Toughed Polylactic . *Quantum Teknika*, 5(2), 43-48.
- Seva, M. S., Kurniawan, Z., & Hasdiansah. (2024). Optimasi Karakteristik Komponen Waterjet Thruster Terhadap . *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, 2(2), 396-402
- Sultan, A. D., Rizky, Hidayat, Mulyani, S., & Yusuf, A. W. (2020). Analysis Of The Effect Of Cross-Sectional Area On Water Flow Velocity By Using Venturimeter Tubes. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(1), 94—99.
- Tangahu, H. D. (2020). Optimasi Komposit Serat Kersen Kekuatan Bending Dengan Menggunakan Metode Taguchi. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(1), 147-152.
- Wardhanu, Y., Santoso, Agoes, & Adji, S. (2013). Rancangan Nozzle Waterjet Untuk Meningkatkan Kecepatan Renang Pada Tank Bmp-3f. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1), 139-143.
- Xu, Z., Galeazzi, R., & Yuan, J. (2022). Fault-Tolerant Thrust Allocation With Thruster Dynamics For A Twin-Waterjet Propelled Vessel. *Marine Science* , 10(4), 1-16.

