



Uji Performa *Waterjet Thruster* Terhadap Gaya Dorong Menggunakan Material *Thermoplastic Polyurethane* (TPU)

Muhamad Aris¹, Sugianto², Hasdiansah^{3*}

^{1,2,3}Jurusan Rekayasa Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

^{*}phiannntarah@yahoo.co.id

Abstract

Indonesia, as an archipelagic country, has great potential in developing efficient maritime propulsion systems. One alternative technology being explored is the waterjet thruster, a ship propulsion system that operates based on the principle of accelerating fluid flow through an impeller and nozzle. This study aims to examine the effect of nozzle size variation on the thrust produced by a waterjet thruster prototype fabricated using 3D printing technology with Thermoplastic Polyurethane (TPU) material. Two nozzle types were used: Type 1 (2-inch diameter) and Type 2 ($2 \times 1\frac{1}{2}$ -inch diameter). An experimental method was employed by measuring thrust under full and half throttle conditions using a dedicated thrust measuring device. The results show that Type 2 nozzle produced the highest thrust of 45.3222 N, while Type 1 produced only 40.46625 N. The 12% increase in thrust observed in Type 2 indicates that a nozzle design with a smaller cross-sectional area can optimize fluid flow efficiency and system performance. This study concludes that nozzle dimension significantly influences thrust efficiency, and a well-designed nozzle can offer an efficient and environmentally friendly propulsion solution for small vessels.

Keywords: waterjet thruster, nozzle, thrust, 3D printing, TPU

Abstrak

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki potensi besar dalam pengembangan sistem propulsi maritim yang efisien. Salah satu alternatif teknologi yang mulai dikembangkan adalah *waterjet thruster*, sistem penggerak kapal yang bekerja berdasarkan prinsip percepatan aliran fluida melalui *impeller* dan *nozzle*. Penelitian ini bertujuan menguji pengaruh variasi ukuran *nozzle* terhadap gaya dorong yang dihasilkan pada prototipe *waterjet thruster* yang dicetak menggunakan teknologi 3D printing berbahan *Thermoplastic Polyurethane* (TPU). Dua jenis *nozzle* digunakan, yaitu tipe 1 (diameter 2 inci) dan tipe 2 (diameter $2 \times 1\frac{1}{2}$ inci). Metode eksperimental dilakukan dengan mengukur gaya dorong pada kondisi *throttle* penuh dan setengah menggunakan alat uji gaya dorong khusus. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *nozzle* tipe 2 menghasilkan gaya dorong tertinggi sebesar 45,3222 N, sedangkan tipe 1 hanya 40,46625 N. Peningkatan gaya dorong sekitar 12% pada tipe 2 menunjukkan bahwa desain geometris *nozzle* dengan luas penampang lebih kecil mampu mengoptimalkan efisiensi aliran fluida dan performa sistem. Studi ini menyimpulkan bahwa pengaruh dimensi *nozzle* signifikan terhadap efisiensi gaya dorong, dan desain *nozzle* yang tepat dapat menjadi solusi propulsi kapal yang efisien dan ramah lingkungan.

Kata Kunci: *waterjet thruster*, *nozzle*, gaya dorong, 3D printing, TPU

1. Pendahuluan

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki potensi maritim yang sangat besar, termasuk di wilayah Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Namun, sistem propulsi laut yang digunakan nelayan sebagian besar masih mengandalkan mesin tempel konvensional [1]. Seiring perkembangan teknologi, sistem *waterjet thruster* mulai dilirik sebagai alternatif yang lebih efisien dan ramah lingkungan dalam mendorong kapal, terutama kapal kecil dan kapal cepat [2].

Waterjet thruster merupakan sistem propulsi kapal yang bekerja berdasarkan prinsip percepatan aliran fluida menggunakan *impeller* dan *nozzle*, dengan mengacu pada hukum kekekalan momentum [3]. Sistem ini dikenal memiliki keunggulan seperti efisiensi tinggi, tingkat kebisingan rendah, serta pencegahan kavitasitas [4]. Dalam sistem ini, *nozzle* menjadi komponen kunci yang mempengaruhi

performa gaya dorong melalui variasi geometri dan diameter [5].

Untuk meningkatkan performa gaya dorong, pendekatan modifikasi desain komponen seperti *impeller* dan *nozzle* dinilai lebih efektif dan ekonomis dibandingkan meningkatkan kapasitas mesin [6]. Oleh karena itu, desain optimal pada sistem waterjet dapat memainkan peran penting dalam efisiensi konsumsi energi kapal.

Kemajuan teknologi manufaktur, khususnya 3D printing berbasis *Fused Deposition Modeling* (FDM), membuka peluang baru dalam pembuatan komponen sistem propulsi. Teknologi ini memungkinkan produksi geometri kompleks dengan biaya rendah dan waktu singkat [7]. Salah satu material yang mendukung proses ini adalah *Thermoplastic Polyurethane* (TPU), yang dikenal memiliki fleksibilitas dan ketahanan aus tinggi [8].

Penggunaan material TPU sebagai bahan cetak untuk komponen waterjet thruster telah diuji dengan mempertimbangkan kemampuan mekanik dan ketahanannya terhadap kondisi operasional [9]. Meskipun demikian, penelitian mengenai performa gaya dorong yang dihasilkan oleh thruster berbasis TPU dengan variasi tipe *nozzle* masih terbatas. Oleh karena itu, penting dilakukan pengujian performa gaya dorong secara eksperimental pada sistem ini.

Penelitian ini menunjukkan bahwa pengaruh jumlah sudu *impeller* pada produk *waterjet thruster* mini 3D printing terhadap gaya dorong menggunakan metode Taguchi. Hasilnya, gaya dorong tertinggi sebesar 1,937 N diperoleh pada percobaan ke-3 (inlet turbo 9 blade, *impeller* 3 blade, outlet 100%), sedangkan terendah sebesar 0,760 N pada percobaan ke-9 (inlet turbo 9 blade, *impeller* 5 blade, outlet 75%) [10]. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi jumlah blade inlet turbo (11–15 blade) yang paling berpengaruh terhadap gaya dorong tertinggi pada prototipe *waterjet thruster* berbahan ST PLA melalui metode desain berbasis mesin tempel. Hasil menunjukkan gaya dorong terendah sebesar 0,71 N pada inlet 11 blade, dan tertinggi 1,79 N pada inlet 14 blade [11]. Penelitian ini menggunakan material ST PLA untuk menguji pengaruh jumlah bilah inlet turbo (11–15 bilah) terhadap gaya dorong pada prototipe waterjet thruster. Hasil menunjukkan bahwa jumlah bilah berpengaruh signifikan, di mana 11 bilah menghasilkan dorongan terendah (0,71 N) dan 14 bilah menghasilkan dorongan tertinggi (1,79 N) [12]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konfigurasi komponen *Waterjet Thruster* berpengaruh signifikan terhadap gaya dorong yang dihasilkan. Gaya dorong tertinggi sebesar 2,226 N diperoleh pada eksperimen ke-8 dengan variasi 13 blade inlet, *impeller* 3 blade tipe 2, dan outlet 9 blade. Sedangkan gaya dorong terendah sebesar 1,245 N ditemukan pada eksperimen ke-7 dengan konfigurasi 13 blade inlet, *impeller* 3 blade tipe 1, dan outlet 13 blade [13]. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa gaya dorong tertinggi sebesar 2,330 N dihasilkan pada eksperimen ke-8 dengan konfigurasi 8 blade inlet turbo, *impeller* tipe 2, dan 6 blade outlet turbo. Sementara itu, gaya dorong terendah sebesar 1,251 N ditemukan pada eksperimen ke-3 dengan konfigurasi 6 blade inlet turbo, *impeller* tipe 3, dan 8 blade outlet turbo. Hal ini membuktikan bahwa kombinasi faktor desain berpengaruh signifikan terhadap performa gaya dorong pada *waterjet thruster* mini [14]. Pengujian di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung menunjukkan bahwa sudut bilah memengaruhi gaya dorong, dengan hasil tertinggi 206 N pada sudut 30° dan 5 blade, serta terendah 135 N pada sudut 45° dan 5 blade [15].

Berdasarkan data hasil penelitian sebelumnya, Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh variasi *nozzle* terhadap besar gaya dorong yang dihasilkan oleh sistem *waterjet thruster* berbahan TPU hasil pencetakan 3D. Hasil dari studi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan sistem propulsi ringan yang efisien, murah, dan ramah lingkungan, serta sebagai alternatif sistem penggerak kapal nelayan.

2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini penulis meneliti pengaruh variasi ukuran luas penampang *nozzle* pada *nozzle* terhadap daya dorong yang dihasilkan *waterjet thruster* dengan membandingkan dua variasi *nozzle* dengan ukuran diameter 2 inci dan 2x1½ inci. Mesin 3D Printing berteknologi *Fused Deposition Modeling* (FDM) yang digunakan untuk mencetak outlet, inlet dan *impeller*. *Waterjet thruster* adalah inovasi teknologi dalam sistem penggerak kapal masa kini. Cara kerjanya dimulai dengan menghisap air dari bawah lambung kapal melalui saluran inlet, lalu air tersebut dipercepat menggunakan *impeller* sebagai pompa, dan akhirnya dialirkan keluar melalui *nozzle* untuk menghasilkan dorongan. Penyempitan diameter pada bagian *nozzle* meningkatkan kecepatan aliran air, sehingga menghasilkan gaya dorong yang menggerakkan kapal ke arah sebaliknya. Daya dorong ini selanjutnya digunakan oleh kapal atau perahu. Variabel penelitian yang digunakan pada penelitian ini yang merupakan *waterjet thruster* dengan ukuran penampang 4 inci terdiri dari tiga bagian utama yaitu *impeller*, inlet dan outlet ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Penelitian		
Blade Impeller	Blade inlet	Blade outlet
4	12	12

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi mesin 3D printing berteknologi *Fused Deposition Modeling* (FDM) tipe Anet Alapan + PRO dengan suhu *nozzle* 230 °C, suhu bed 70 °C, *printing speed* 30 mm/s dan *layer thickness* 0,27 ditunjukkan pada Gambar 1. *Filament* yang digunakan adalah TPU dengan dimensi diameter 1,75 mm ditunjukkan

pada Gambar 2. Selain itu, pipa stainless berukuran 4 inch digunakan sebagai *cover* untuk melindungi *inlet*, *outlet*, dan *impeller*. Poros *stainless* dengan dimensi diameter 10mm digunakan untuk menyambungkan *inlet*, *impeller*, dan *outlet* agar membentuk *waterjet thruster*. Mesin bakar 13 hp digunakan sebagai penggerak untuk *waterjet thruster*.



Gambar 1. Mesin 3D Printer Anet Alapan + PRO

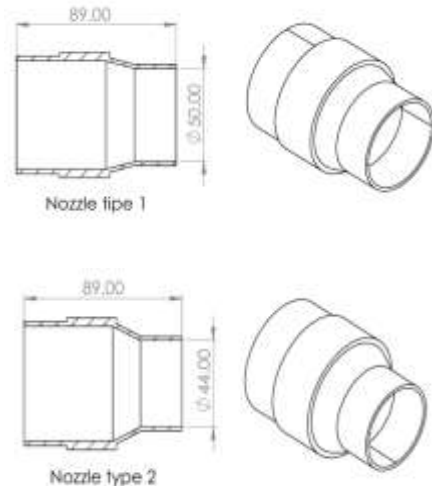


Gambar 2. Filamen Esun TPU-95A

Desain *nozzle* dengan 2 variasi ukuran *nozzle* yaitu tipe 1 dengan ukuran 2 inci dan tipe 2 dengan ukuran $2 \times 1 \frac{1}{2}$ inci yang didesain menggunakan *software* Solidwork 2020. Desain variasi jumlah *nozzle* tersebut ditunjukkan pada Gambar 3 dan Tabel 2.

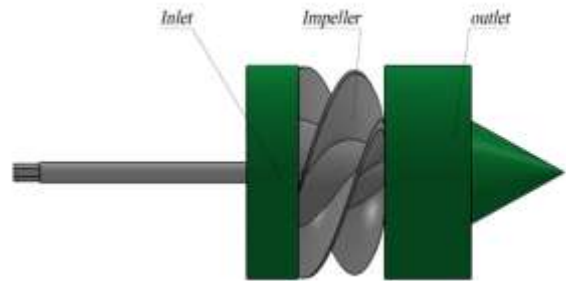
Tabel 2. Variabel Penelitian Variasi Nozzle

Tipe	Ukuran Diameter (mm)	Panjang (mm)
I	50	89
II	44	89



Gambar 3. Desain Variasi Type Nozzle

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan eksperimental untuk menguji performa variasi jumlah *nozzle* pada [nama alat atau sistem]. Desain variasi jumlah *nozzle* (tipe 1 dan tipe 2) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 dirancang untuk menentukan pengaruh terhadap kinerja sistem *waterjet thruster*. Sistem pengujian terdiri dari beberapa komponen utama, seperti *inlet*, *impeller*, dan *outlet*, sebagaimana secara lengkap diilustrasikan pada Gambar 4.

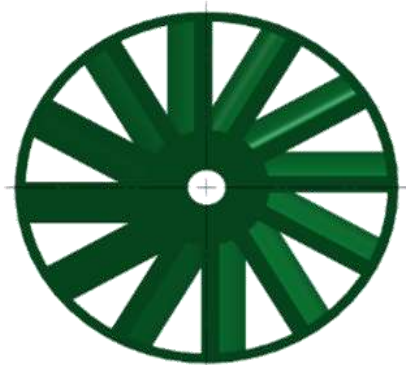


Gambar 4. Desain Komponen Waterjet Thruster

Tahapan pembuatan masing-masing komponen *waterjet thruster* dengan menggunakan teknologi 3D Printing dimulai dengan tahapan membuat *G.code* dengan menggunakan *slicing software*. File gambar hasil desain disimpan dalam format STL, selanjutnya diimport ke *slicing software* sehingga menjadi *G.code*. File *G.code* selanjutnya disimpan ke dalam *memory SD.Card* dan dipasang ke mesin 3D Printing yang telah siap dengan filamen. Proses pencetakan bagian *inlet* ditunjukkan pada Gambar 5. Proses pencetakan atau pembuatan *outlet* ditunjukkan pada Gambar 6. Proses pencetakan bagian *impeller* yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 7. Selanjutnya seluruh komponen *waterjet thruster* yang terdiri dari *impeller*, *inlet turbo*.

Komponen lengkap hasil cetak menggunakan teknologi 3D berupa *waterjet thruster* yang akan diteliti ini ditunjukkan oleh Gambar 8 terdiri dari

impeller dengan 4 blade, inlet 12 blade, outlet 12 blade serta reducer dari material PVC dan selongsong dari material stainless. Komponen tersebut selanjutnya dirakit dengan tujuan untuk memastikan aliran fluida dapat diuji secara optimal dan sistem *waterjet thruster* berfungsi sesuai dengan perencanaan. Uji coba dilakukan menggunakan mesin bakar 13 hp untuk proses pengambilan data yang sebenarnya, proses pengujian dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 5. Proses Pembuatan Inlet Turbo 12 Blade



Gambar 6. Proses Pembuatan Outlet Turbo 12 Blade



Gambar 7. Proses Pembuatan Impeller 4 Blade

Proses pengujian pada Kapal uji dilengkapi dengan mesin bakar 13 hp dengan RPM 3.600. Setiap variasi *nozzle* diuji menggunakan parameter tertentu, antara lain kecepatan aliran, tekanan, dan efisiensi perpindahan energi yang diukur dengan menggunakan alat pengukur gaya dorong khusus, hal tersebut dilakukan untuk mengevaluasi performa dan efektivitas desain dan akurasi hasil pengujian terhadap gaya dorong yang dihasilkan oleh *waterjet thruster*.



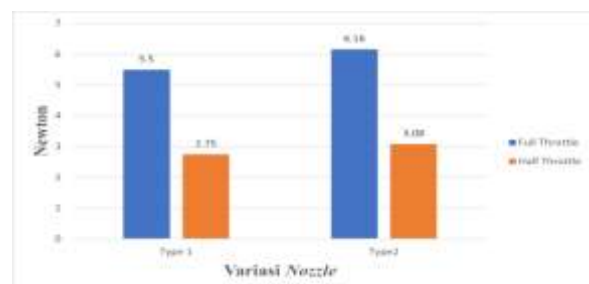
Gambar 8. Komponen Waterjet Thruster



Gambar 9. Kapal Uji Waterjet Thruster

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian yang telah dilakukan ditampilkan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Hasil Pengujian

Berdasarkan Gambar 10, variasi ukuran *nozzle* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap daya dorong sistem, yang diukur dalam satuan kilogram (kg). Pada konfigurasi *nozzle* berukuran 2 x 1 ½ inci, diperoleh daya dorong rata-rata sebesar 4,62 kg, yang

merupakan nilai tertinggi dibandingkan dengan konfigurasi ukuran lainnya. Hasil ini menunjukkan bahwa ukuran *nozzle* tersebut mampu memberikan keseimbangan optimal antara aliran fluida dan efisiensi sistem, sehingga menghasilkan daya dorong yang paling efektif. Dengan demikian, penggunaan *nozzle* berukuran 2 x 1½ inci dapat direkomendasikan sebagai konfigurasi yang paling optimal untuk meningkatkan kinerja sistem.

Pada konfigurasi *nozzle* berukuran 2 inci, daya dorong rata-rata mengalami penurunan menjadi 4,125 kg. Penurunan ini diduga disebabkan oleh peningkatan hambatan aliran fluida, yang terjadi akibat luas penampang keluar *nozzle* yang lebih besar dibandingkan dengan *nozzle* tipe 2. Ukuran penampang yang terlalu besar menyebabkan terjadinya efek *overloading* pada *nozzle*, yang berdampak pada meningkatnya turbulensi di dalam aliran. Kondisi ini mengganggu distribusi dan efisiensi aliran fluida, sehingga daya dorong yang dihasilkan menjadi kurang optimal.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin besar luas penampang *nozzle*, gaya dorong yang dihasilkan oleh sistem cenderung mengalami penurunan. Konfigurasi yang menghasilkan performa paling optimal diperoleh pada *nozzle* tipe 2 dengan ukuran 2 x ½ inci, yang mampu memberikan keseimbangan terbaik antara efisiensi aliran dan daya dorong. Namun demikian, untuk memperoleh hasil yang lebih akurat dan komprehensif, diperlukan pengujian tambahan. Pengujian lanjutan yang direkomendasikan meliputi analisis efisiensi energi, visualisasi distribusi aliran menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD), serta pengujian di berbagai kondisi lingkungan, seperti variasi kecepatan aliran fluida maupun suhu operasi sistem. Hal ini bertujuan untuk memastikan performa *nozzle* tetap optimal dalam berbagai situasi aplikasi.

3.1. Perhitungan Gaya Dorong

Perhitungan gaya dorong dapat menggunakan persamaan Hukum Newton berikut:

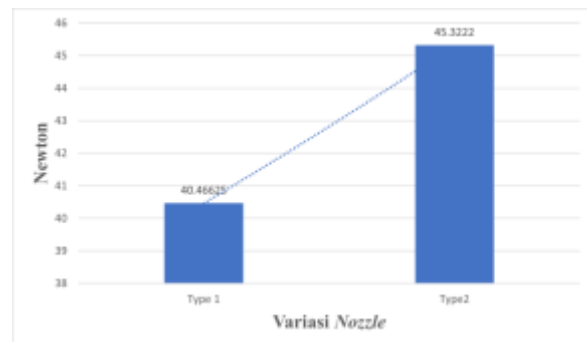
$$F = m \times g$$

Gaya (F) dinyatakan dalam satuan Newton (N), yang dihitung berdasarkan hubungan antara massa (m) dalam kilogram (kg) dan percepatan gravitasi (g) dalam meter per detik kuadrat (m/s²). Hasil hitungan gaya dorong dari tiap variasi *nozzle* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Gaya Dorong		
Tipe Nozzle	F= m x g	Gaya Dorong
1	4,125 kg x 9,81 m/s ²	40,46625 N
2	4,62 kg x 9,81 m/s ²	45,3222 N

Sedangkan hasil dari pengujian gaya dorong ditampilkan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan

pada Gambar 7. Berdasarkan data pada Gambar 7. diperoleh bahwa gaya dorong tertinggi adalah pada penggunaan *nozzle* tipe 2 dengan ukuran 2 x 1½ inci yaitu sebesar 45,3222 N.



Gambar 11. Grafik Hasil Pengujian

Berdasarkan grafik pada Gambar 11 Menunjukkan perbandingan gaya dorong (dalam satuan Newton) antara dua variasi *nozzle*, yaitu tipe 1 dan tipe 2. Dari hasil pengujian, terlihat bahwa tipe 2 menghasilkan gaya dorong yang lebih tinggi dibandingkan tipe 1. *Nozzle* tipe 1 menghasilkan gaya dorong sebesar 40,46625 N, sedangkan *Nozzle* tipe 2 mencapai 45,3222 N. Ini berarti terdapat peningkatan gaya dorong sebesar 4,85595 N atau sekitar 12% lebih tinggi pada *nozzle* tipe 2 dibandingkan dengan tipe 1. Peningkatan ini menunjukkan bahwa desain geometris atau karakteristik aliran pada *nozzle* tipe 2 lebih efektif dalam meningkatkan performa gaya dorong. Faktor-faktor seperti efisiensi aliran fluida, minimisasi turbulensi, serta optimasi bentuk internal *nozzle* kemungkinan besar berkontribusi terhadap peningkatan performa ini. Dengan demikian, penggunaan *nozzle* tipe 2 lebih direkomendasikan dalam aplikasi yang membutuhkan gaya dorong lebih besar, karena terbukti mampu memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan *nozzle* tipe 1.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa ukuran *nozzle* berpengaruh signifikan terhadap gaya dorong *waterjet thruster*. *Nozzle* tipe 2 (2 x 1½ inci) menghasilkan gaya dorong tertinggi sebesar 45,3222 N, dibandingkan tipe 1 (2 inci) sebesar 40,46625 N. Hal ini menunjukkan bahwa desain *nozzle* yang lebih efisien mampu meningkatkan performa sistem. Untuk hasil yang lebih akurat, diperlukan pengujian lanjutan, seperti simulasi CFD dan uji pada berbagai kondisi operasional.

Daftar Rujukan

- [1] Farandi, N., Harahap, D.R. Hasdiansah, H., 2021. Pengaruh variasi stator turbo blade terhadap kekuatan dorong turbojet drive produk 3D printing material ST-PLA', Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan, pp. 189–195.

- [2] Seva, M.S., Hasdiansah, H., 2024. Uji Performa Waterjet Thruster Produk 3D Printing Material Super Tough Polylactic Acid Terhadap Gaya Dorong. *Quantum Teknika: Jurnal Teknik Mesin Terapan*, 5 (2), pp.43–48.
- [3] Viniolita, T., Hasdiansah, Suzen, Z.S., 2024. Optimasi Variasi Jumlah Blade Inlet Turbo Pada Waterjet Thruster Mini Produk 3D Printing Dengan Filamen ST PLA Terhadap Gaya Dorong Menggunakan Metode Taguchi. *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan (JITT)*, 2 (1), pp.15–23.
- [4] Pristiansyah, Suzen, Z. S., Oktavianto, M., Subhan, M., Hasdiansah, H., 2025. Pengaruh variasi jumlah blade impeller pada waterjet thruster terhadap gaya dorong. *Jurnal Teknik Mesin*, 18 (1), pp.1–6.
- [5] Lu, D., Theotokatos, G., Zhang, J., Zeng, H., Cui, K., 2022. Comparative assessment and parametric optimisation of large marine two-stroke engines with exhaust gas recirculation and alternative turbocharging systems. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10 (3), p.1-25.
- [6] Alfaridzi, A.Y., Kurniawan, A., 2022. Analisis computational fluid dynamic pengaruh jarak propeller pada contra rotating propeller terhadap gaya dorong pesawat tanpa awak. *JTM-ITI (Jurnal Teknik Mesin ITI)*, 6 (2), pp.87.
- [7] Kristiawan, R., Imaduddin, F., Ariawan, D., Ubaidillah., Arifin, Z., 2021. A review on the fused deposition modeling (FDM) 3D printing: Filament processing, materials, and printing parameters. *Open Engineering*, 11 (1), pp.639-649.
- [8] Krawiec, P., Róžański, L., Czarnecka-Komorowska, D., Warguła, Ł., 2020. Evaluation of the thermal stability and surface characteristics of thermoplastic polyurethane V-belt. *Materials*, 13 (7), pp.1-18.
- [9] Xu, C. & Hong, Y., 2022. Rational design of biodegradable thermoplastic polyurethanes for tissue repair. *Bioactive Materials*, 15, pp.250–271..
- [10] Ahadiatullah, W., Suzen, Z. S., Hasdiansah, H., 2024. Aplikasi Produk 3D Printing Menggunakan Material PLA Pada Sistem Waterjet Thruster Mini Dengan Variasi Type Impeller 3 Blade Terhadap Daya Dorong Menggunakan Metode Taguchi. *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, 2 (1), pp.123–129.
- [11] Hasdiansah, H., Seva, M.S., Ahadiatullah, W., Viniolita, T., Oktavianto, M., Maulidiansyah, M.A., 2024. Pengaruh Variasi Jumlah Blade Inlet Turbo Pada Waterjet Thruster Terhadap Gaya Dorong. *Jurnal Ilmiah Momentum*, 20 (1), pp.64-69
- [12] Viniolita, T., Hasdiansah, H., Suzen, Z.S., 2024. Optimasi Variasi Jumlah Blade Inlet Turbo Pada Waterjet Thruster Mini Produk 3D Printing Dengan Filamen ST PLA Terhadap Gaya Dorong Menggunakan Metode Taguchi. *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, 2(1), pp.15–23.
- [13] Hasdiansah, H., Seva, M. S., Oktavianto, M., Ahadiatullah, W., Maulidiansyah, M.A., Viniolita, T., 2024. Analisis Variasi Type Blade Impeller Produk 3d Printing Dengan Filamen St-Pla Pada Waterjet Thruster Mini Terhadap Performa Daya Dorong Dengan Metode Taguchi. *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, 2 (2), pp.505–511.
- [14] Oktavianto, M., 2023. Optimasi Variasi Panjang Blade Inlet Turbo, Impeller Type, Dan Panjang Outlet Turbo Terhadap Gaya Dorong Menggunakan Metode Taguchi. *DINAMIKA: Jurnal Teknik Mesin*, 8 (1), pp.13-19.
- [15] Pristiansyah, P., Oktavianto, M., Subhan, M., Suzen, Z., Hasdiansah, H., 2025. Investigasi Performa Variasi Sudut Impeller Blade Terhadap Gaya Dorong Waterjet Thruster. *Jurnal Teknik Mesin*, 18 (1), pp.1-6.