

Contents list available at [Sinta](https://sinta)

ARMATUR

: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>

Studi Eksperimental Twin Waterjet Thruster Menggunakan Thermoplastic Polyurethane (TPU) yang Diproduksi dengan 3D Printing

Hasdiansah^{1*}, Muhamad Aris², Pristiansyah³, Ramli⁴, Sugianto⁵, Ferzy Ersandy⁶,
Muhammad Subhan⁷, Hafiz Fadhil⁸, Acmad Rusdy⁹

^{1*,3,4,8} Prodi Perawatan dan Perbaikan Mesin, Jurusan Rekayasa Mesin, Rekayasa Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung Jl. Kawasan Industri Airkantung 121-131, Sungailiat-Bangka 33211, Indonesia

^{6,7} Prodi Teknik Mesin dan Manufaktur, Jurusan Rekayasa Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung Jl. Kawasan Industri Airkantung 121-131, Sungailiat-Bangka 33211, Indonesia

^{2,5} Prodi Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur, Jurusan Rekayasa Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung Jl. Kawasan Industri Airkantung 121-131, Sungailiat-Bangka 33211, Indonesia

ARTICLE INFO

Keywords:

Twin waterjet thruster,
TPU,
Additive manufacturing,
thrust,
marine propulsion

ABSTRACT

Indonesia, as the world's largest archipelagic country, plays a strategic role in international trade, maritime transportation, and maritime defense, making efficient and reliable ship propulsion technology a key priority. Waterjet thrusters offer advantages in maneuverability, energy efficiency, and resistance to cavitation compared to conventional propellers, with the geometric design of components such as impellers, inlets, and outlets, as well as Thermoplastic Polyurethane (TPU) materials produced via 3D printing, significantly influencing thrust performance. The twin waterjet thruster system provides fault-tolerant benefits, while TPU has adjustable mechanical properties and potential biocompatibility. This experimental research designed a twin waterjet thruster prototype using SolidWorks, produced components (4-blade impeller, 12-blade inlet, 12-blade outlet) via FDM 3D printing with an Anet A8 Plus PRO machine and TPU filament, and tested it in a water tank using a 22 HP engine at 1000-4100 rpm with thrust measurement via a scale. Results showed thrust increased linearly with engine speed: 2.6 kg (25.5 N) at 1000 rpm, 5.2 kg (51.01 N) at 2000 rpm, 7.4 kg (72.59 N) at 3000 rpm, and 11.3 kg (111.24 N) at 4100 rpm, with small variations between

*Corresponding author: phianntarah@yahoo.co.id

DOI: <https://doi.org/10.24127/armatur.v7i1.10222>

Received 14 Oktober 2025; Received in revised form 6 November 2025; Accepted 2 Februari 2026

Available online 1 March 2026

experiments indicating stable performance. Overall, the TPU-based twin waterjet thruster demonstrated consistent and efficient performance, potential for small-to-medium-sized vessels, with further development including hydrodynamic design optimization, stronger materials, and electric motors for energy sustainability.

Pendahuluan

Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia memiliki peran strategis dalam jalur perdagangan internasional, transportasi laut, serta pertahanan maritim. Perkembangan teknologi propulsi kapal menjadi aspek penting dalam mendukung kebutuhan transportasi laut yang efisien dan handal. Salah satu sistem propulsi modern yang banyak dikembangkan adalah *waterjet thruster*, yang menawarkan keunggulan pada manuverabilitas, efisiensi energi, serta ketahanan terhadap kavitasi jika dibandingkan dengan propeller konvensional [1].

Penelitian mengenai pengaruh variasi panjang impeller menunjukkan bahwa desain geometri komponen utama sangat berpengaruh terhadap gaya dorong yang dihasilkan oleh sistem *waterjet* [2]. Lebih lanjut, kajian numerik menggunakan metode CFD-FEM menyoroti adanya potensi getaran akibat aliran fluida dalam unit propulsi *waterjet*, sehingga analisis dinamis menjadi penting untuk menjamin keandalan sistem [3]. Selain itu, tren global menuju sistem propulsi ramah lingkungan mendorong pengembangan *electric waterjet thruster vessel* yang memanfaatkan teknologi baterai dan sistem monitoring canggih [4].

Dari sisi manuver kapal, penelitian terbaru mengungkapkan efektivitas penggunaan *stern thruster* pada kapal bertenaga *waterjet* dalam mendukung gerakan menyamping (*crabbing motion*) [5]. Sementara itu, variasi pada komponen *stator turbo blade* juga

terbukti dapat memengaruhi kekuatan dorong, khususnya pada aplikasi *turbojet drive* hasil cetak 3D [6].

Kajian lain yang relevan adalah penerapan sistem kendali adaptif berbasis *neuro-fuzzy inference system* pada motor propeller, yang dapat menjadi rujukan dalam mengembangkan sistem kontrol otomatis untuk *waterjet* [7]. Di sisi lain, sistem *twin waterjet* memberikan keuntungan dalam alokasi gaya dorong yang lebih handal, terutama ketika salah satu unit mengalami gangguan, melalui pendekatan *fault-tolerant thrust allocation* [8].

Material juga menjadi faktor penentu performa. Thermoplastic polyurethane (TPU) yang diproduksi dengan metode aditif terbukti memiliki sifat mekanis yang dapat diatur melalui parameter proses [9], serta memiliki potensi sebagai material biokompatibel dengan sifat anti-adhesi terhadap bakteri [10]. Perkembangan teknologi 3D printing semakin memperluas peluang dalam desain dan manufaktur komponen *waterjet*, meskipun masih terdapat keterbatasan pada material dan akurasi cetak [11]. Bahkan, pada masa pandemi COVID-19, teknologi ini terbukti berperan signifikan dalam mendukung kebutuhan darurat di sektor kesehatan [12].

Selain faktor material, aspek desain propulsi juga berperan penting. Studi perbandingan antara *single screw propeller* dan *twin screw propeller* menunjukkan perbedaan signifikan dalam hal efisiensi dan keselamatan operasional [13]. Sistem *twin-waterjet* sendiri telah dirancang melalui metode praktis dan simulasi untuk meningkatkan performa hidrodinamik pada

kapal cepat [14]. Optimasi variasi desain seperti panjang inlet blade, tipe impeller, dan panjang outlet turbo dengan metode Taguchi juga telah terbukti efektif dalam meningkatkan gaya dorong sistem [15]. penelitian WJT mulai diarahkan pada pembuatan komponen bergeometri kompleks, khususnya *impeller*, *inlet turbo*, dan *outlet turbo*, umumnya menggunakan material kaku berbasis PLA dan ST-PLA. Variasi desain bilah *impeller* dan konfigurasi *inlet turbo* terbukti mempengaruhi respon **thrust statis** melalui pendekatan eksperimental dan metode Taguchi [16-20]

Hingga saat ini, kajian yang secara sistematis mengaitkan parameter proses 3DP FDM material TPU dengan karakteristik fundamental material dan respon *thrust* WJT masih sangat terbatas, khususnya pada komponen utama WJT. Selain itu, belum tersedia basis data eksperimental awal berbasis produk dalam negeri sebagai rujukan pengembangan WTJ. Oleh karena itu, hasil penelitian ini diarahkan untuk mengisi celah pengetahuan tersebut melalui pengkajian respon *thrust* statis WJT sebagai basis ilmiah pengembangan teknologi *waterjet thruster*. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam peningkatan sistem propulsi dan memperkuat daya saing teknologi perkapalan di Indonesia.

Metode Penelitian

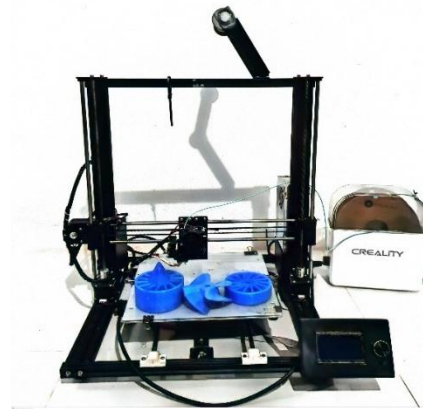
Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan menguji kinerja *twin waterjet thruster* berbahan *Thermoplastic Polyurethane* (TPU) pada putaran 4.100 rpm, menggunakan motor penggerak berkekuatan 22 hp sebagai sumber tenaga. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis gaya dorong yang dihasilkan. Sistem *waterjet thruster* bekerja dengan prinsip konversi energi putar *impeller* menjadi gaya dorong yang digunakan untuk propulsi kapal. *Prototype waterjet thruster* yang diuji memiliki diameter penampang 4 inci serta terdiri atas tiga komponen utama,

yaitu *impeller*, *inlet*, dan *outlet* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komponen Utama *Waterjet Thruster* material TPU

<i>Blade Impeller</i>	<i>Blade inlet</i>	<i>Blade outlet</i>
4	12	12

Berdasarkan skema rencana penelitian, tahapan pelaksanaan dimulai dengan perancangan *twin waterjet thruster* menggunakan perangkat lunak *SolidWorks* sebagai media desain awal. Setelah rancangan selesai, penelitian dilanjutkan pada tahap pengumpulan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi mesin 3D printing berteknologi *Fused Deposition Modeling* (FDM) merk Anet A8 Plus 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*.

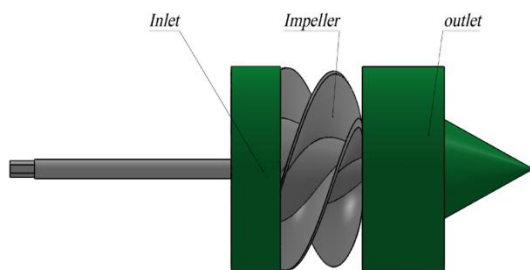


Gambar 1. Mesin 3D Printer Anet A8 Plus PRO



Gambar 2. Filamen Esun TPU-95A

Tahap selanjutnya adalah pembuatan komponen *waterjet thruster* sesuai desain ditunjukkan pada Gambar 3. . kemudian dilanjutkan dengan proses pencetakan komponen utama *waterjet thruster* seperti inlet , *impeller*, dan outlet dengan mesin 3d printing, dilanjutkan dengan proses perakitan hingga menghasilkan prototipe *twin waterjet thruster* yang siap diuji ditunjukkan pada Gambar 4. Setelah itu, ditentukan lokasi pengujian yang tepat, lalu dilakukan pengukuran kinerja sistem melalui uji performa dengan fokus pada besaran gaya dorong (*thrust*) yang dihasilkan.

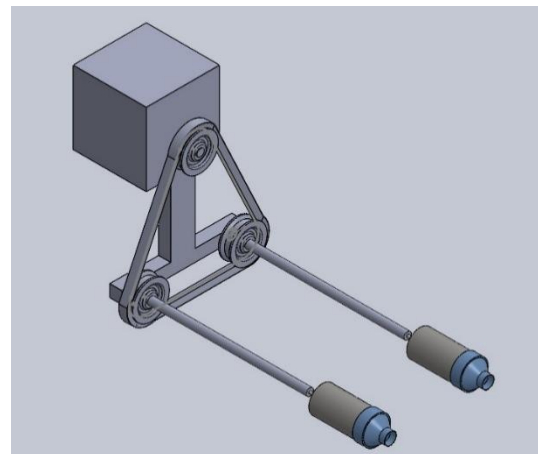


Gambar 3. Desain Komponen Utama *Waterjet Thruster (inlet, impeller, & outlet)*



Gambar 4. Komponen utama *waterjet thruster* Hasil 3D *Printing*

Waterjet thruster dirancang dengan konfigurasi penggerak tipe *twin*, dengan konfigurasi masing-masing memiliki *inlet 12 blade, impeller 3 blade*, dan *outlet 12 blade*. Kedua unit *waterjet thruster* didesain dengan jumlah *blade* yang sama untuk menjaga keseimbangan aliran serta menghasilkan performa dorongan yang optimal pada sistem kembar tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Rancangan *Twin Waterjet Thruster*

Setelah tahap manufaktur selesai, dilakukan proses perakitan atau *assembly* seluruh komponen *waterjet thruster* hingga sistem siap untuk diuji dan ditunjukkan pada Gambar 6.

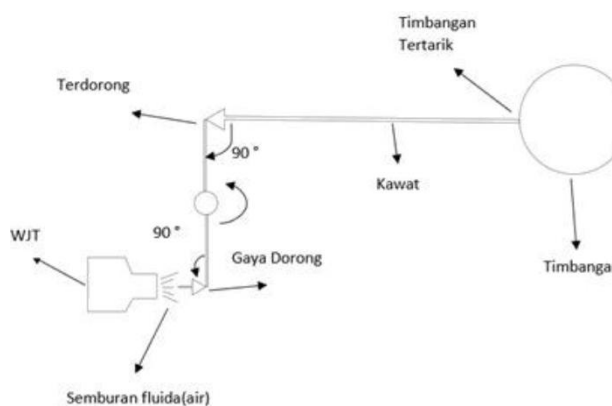


Gambar 6. *Twin Waterjet Thruster*

Pengujian *twin waterjet thruster* dilakukan pada bak perahu yang diisi dengan air sebagai media simulasi. Sistem penggerak menggunakan motor bakar berdaya 22hp dengan kecepatan putaran mesin mencapai 4.100rpm. Besar gaya dorong yang dihasilkan diukur dengan timbangan yang dihubungkan melalui kawat langsung ke alat uji yang telah dirancang. Pada saat pengujian, semburan air dari *waterjet thruster* diarahkan mengenai plat alat uji, sehingga data dorongan yang dihasilkan dapat terekam dan dianalisis sebagai hasil pengujian performa dapat dilihat pada Gambar 7a. dan skema alat uji gaya dorong dapat dilihat pada Gambar 7b.



Gambar 7. Pengujian Gaya Dorong *Twin Waterjet Thruster*



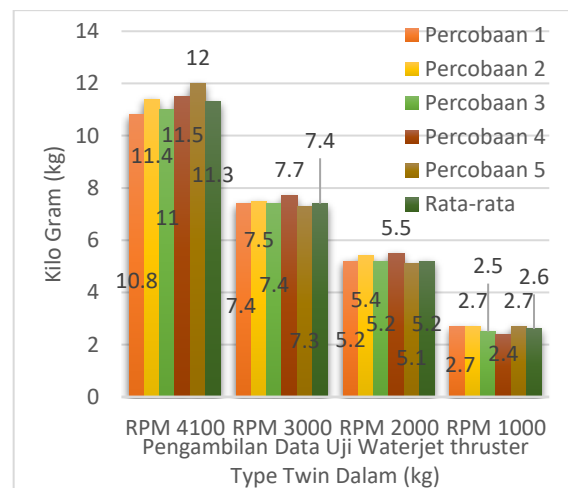
Gambar 7b. Skema Pengujian *Thrust*

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan data hasil pengujian gaya dorong dalam kg *twin waterjet thruster* yang ditampilkan pada Tabel 2 dan pada Gambar 8 dibawah ini.

Tabel 2. Pengujian Gaya Dorong (kg)

Rpm	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	Rata-rata
4100	10,8 (kg)	11,4 (kg)	11 (kg)	11,5 (kg)	12 (kg)	11,3 (kg)
3000	7,4 (kg)	7,5 (kg)	7,4 (kg)	7,7 (kg)	7,3 (kg)	7,4 (kg)
2000	5,2 (kg)	5,4 (kg)	5,2 (kg)	5,5 (kg)	5,1 (kg)	5,2 (g)
1000	2,7 (kg)	2,7 (kg)	2,5 (kg)	2,4 (kg)	2,7 (kg)	2,6 (g)



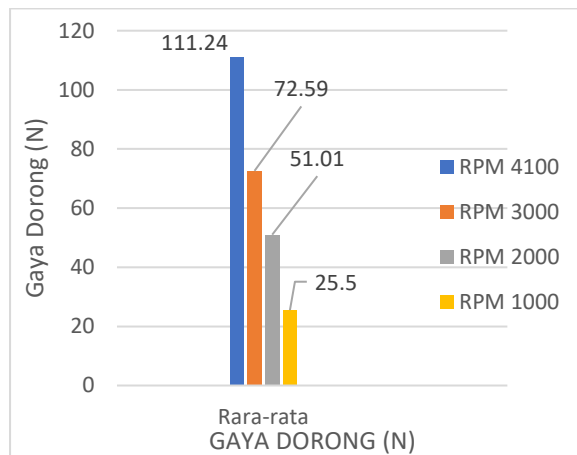
Gambar 8. Grafik Uji *Twin Waterjet Thruster* Dalam (kg)

Berdasarkan hasil pengujian yang ditampilkan pada Gambar 8 grafik tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan putar (rpm) berbanding lurus dengan kenaikan gaya dorong (*thrust*) yang dihasilkan oleh *twin waterjet thruster* berbahan Thermoplastic Polyurethane (TPU). Pada putaran 1.000rpm gaya dorong rata-rata sebesar 2,6 kg, meningkat menjadi 5,2 kg pada 2.000 rpm, 7,4 kg pada 3.000 rpm, dan mencapai nilai tertinggi 11,3 kg pada 4.100 rpm. Setiap pengujian dilakukan sebanyak lima kali dan menunjukkan hasil yang stabil dengan variasi yang kecil antar percobaan. Hal ini membuktikan bahwa sistem *twin waterjet thruster* menghasilkan

gaya dorong (*thrust*) yang meningkat seiring bertambahnya putaran motor penggerak. Gaya dorong (*thrust*) hasil pengujian konversikan dalam satuan Newton ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Uji Gaya Dorong (Newton)

rpm	F = m x g 9,81 m/s ²	Gaya Dorong (N)
4100	11,3 kg x 9,81 m/s ²	111,24
3000	7,4 kg x 9,81 m/s ²	72,59
2000	5,2 kg x 9,81 m/s ²	51,01
1000	2,6 kg x 9,81 m/s ²	25,50



Gambar 9. Grafik Gaya Dorong (N)

Berdasarkan Gambar 9, grafik memperlihatkan hasil pengujian gaya dorong (*thrust*) dari *twin waterjet thruster* berbahan Thermoplastic Polyurethane (TPU) pada empat tingkat kecepatan putar yang dinyatakan dalam satuan Newton (N). Hasil pengujian menunjukkan bahwa gaya dorong meningkat seiring dengan bertambahnya putaran *impeller*. Pada kecepatan 1.000rpm, gaya dorong rata-rata yang dihasilkan sebesar 25,5N, kemudian meningkat menjadi 51,01N pada 2.000rpm, 72,59N pada 3.000rpm, dan mencapai nilai tertinggi sebesar 111,24N pada 4.100rpm. Peningkatan gaya dorong ini menunjukkan adanya hubungan linier antara kecepatan putar dan gaya dorong yang dihasilkan, dimana semakin tinggi kecepatan aliran

fluida yang keluar melalui *nozzle*, maka gaya dorong (*thrust*) yang timbul juga semakin besar. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem *twin waterjet thruster* yang terbuat dari material TPU terbukti mampu menghasilkan gaya dorong (*thrust*) dan komponen utama *inlet*, *impeller*, dan *outlet* mampu menerima putaran motor penggerak hingga 4100rpm, sehingga sistem *waterjet thruster* berpotensi dapat menghasilkan gaya dorong (*thrust*) yang digunakan sebagai sumber pendorong kapal kecil dan kapal menengah.

Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil melakukan pengujian performa komponen utama yang terdiri dari *inlet*, *impeller*, dan *outlet* pada sistem *twin waterjet thruster* berbahan Thermoplastic Polyurethane (TPU) yang dirancang menggunakan teknologi 3D *Printing* (FDM). Pada rentang uji 1.000–4.100 rpm, sistem menunjukkan peningkatan gaya dorong (*thrust*) yang mendekati linier dengan variasi antar percobaan yang rendah, sehingga mengindikasikan kinerja yang konsisten dalam kondisi pengujian yang dilaporkan. Pada 1.000 rpm diperoleh gaya dorong sebesar 2,6 kg (25,5 N), meningkat menjadi 5,2 kg (51,01 N) pada 2.000 rpm, 7,4 kg (72,59 N) pada 3.000 rpm, dan mencapai nilai tertinggi 11,3 kg (111,24 N) pada 4.100 rpm.

Secara keseluruhan, *twin waterjet thruster* berbasis TPU menunjukkan performa yang baik dan konsisten, sehingga potensial untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai sistem propulsi pada kapal berukuran kecil hingga menengah. Arah pengembangan selanjutnya dapat difokuskan pada peningkatan desain hidrodinamik, penggunaan material dengan kekuatan mekanik lebih tinggi, serta penerapan sistem penggerak motor listrik guna mendukung efisiensi energi dan keberlanjutan lingkungan dalam teknologi propulsi kapal modern.

Ucapan terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, baik berupa bimbingan, fasilitas, maupun motivasi, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Ucapan terima kasih khusus juga disampaikan kepada dosen pembimbing dan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung dalam penyediaannya, pada kesempatan ini peneliti melakukan dengan serius dan telah membantu dalam proses pengujian *twin waterjet thruster*.

Referensi

- [1] Seva, M. dkk. 2024. Optimasi karakteristik komponen waterjet thruster terhadap gaya dorong menggunakan metode Taguchi. *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, 2(2).
<https://doi.org/10.33504/jitt.v2i2.145>
- [2] Hasdiansah, H. dkk. 2024. Pengaruh Variasi Jumlah Blade Inlet Turbo Pada Waterjet Thruster Terhadap Gaya Dorong. *Jurnal Ilmiah Momentum*, 20(1), 64.
<https://doi.org/10.36499/jim.v20i1.10774>
- [3] Dai, Y., Zeng, L. et.al. 2022. CFD–FEM analysis of flow-induced vibrations in waterjet propulsion unit. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(8), 1032.
<https://doi.org/10.3390/jmse10081032>
- [4] Kan, K. et al. 2020. Electric waterjet thruster vessel development—Concept, charger, and battery monitoring. In K. W. E. Cheng (Ed.), *Proceedings of the 2020 8th International Conference on Power Electronics Systems and Applications (PESA 2020)*. IEEE.
<https://doi.org/10.1109/PESA50370.2020.9344015>
- [5] Lee, J., & Ham, S.-H. 2024. Crabbing motion testing of waterjet-powered ships using stern thrusters. *Journal of Ocean Engineering and Technology*, 38(1), 10–17.
<https://doi.org/10.26748/KSOE.2023.033>
- [6] Farandi, N., dkk. 2021 Pengaruh variasi stator turbo blade terhadap kekuatan dorong turbojet drive produk 3D printing material ST-PLA.
- [7] Azka, A., & Zuhrie, M. S Rancang sistem pengendalian self balancing plant menggunakan dual motor propeller berbasis adaptive neuro fuzzy inference system.
- [8] Xu, Z., Galeazzi, R., & Yuan, J. 2022. Fault-tolerant thrust allocation with thruster dynamics for a twin-waterjet propelled vessel. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(12), 1782.
<https://doi.org/10.3390/jmse10121983>
- [9] Xu, T., Shen, W. et.al. 2020. Mechanical properties of additively manufactured thermoplastic polyurethane (TPU) material affected by various processing parameters. *Polymers*, 12(12), 3010.
<https://doi.org/10.3390/polym12123010>
- [10] Restivo, E. et.al. 2024. Surface properties of a biocompatible thermoplastic polyurethane and its anti-adhesive effect against E. coli and S. aureus. *Journal of Functional Biomaterials*, 15(1), 24.
<https://doi.org/10.3390/jfb15010024>
- [11] Iftekar, S. F. et.al 2023. Advancements and limitations in 3D printing

- materials and technologies: A critical review. *Polymers*, 15(11), 2519.
<https://doi.org/10.3390/polym15112519>
- [12] Niranjan, Y. C. et.al. 2022. The unprecedented role of 3D printing technology in fighting the COVID-19 pandemic: A comprehensive review. *Materials*, 15(19), 6827.
<https://doi.org/10.3390/ma15196827>
- [13] Prasetyo, N. B. et.al 2020. Analisis perbandingan engine propeller matching antara single screw propeller dan twin screw propeller pada kapal tanker 6500 DWT. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 8(3).
<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- [14] Ghassemi, H., & Forouzan, H. 2016. A combined method to design of the twin-waterjet propulsion system for the high-speed craft. *American Journal of Mechanical Engineering*, 4(6), 218–225.
<https://doi.org/10.12691/ajme-4-6-3>
- [15] Oktavianto, M. dkk. 2023. Optimasi Variasi Panjang Blade Inlet Turbo, Impeller Type, Dan Panjang Outlet Turbo Terhadap Gaya Dorong Menggunakan Metode Taguchi. *Jurnal Dinamik*, 8(1).
<https://doi.org/10.33387/dinamik.v8i1.6853>
- [16] Ahadiatullah, W., dkk. 2024. Aplikasi produk 3D printing menggunakan material PLA pada sistem waterjet thruster mini dengan variasi tipe impeller 3 blade terhadap daya dorong menggunakan metode Taguchi. *JITT*, 2(1), 123-129.
<https://doi.org/10.33504/jitt.v2i1.144>
- [17] Hasdiansah, H. dkk. 2024. Analisis variasi tipe bilah impeller produk 3D printing dengan filamen ST-PLA pada waterjet thruster mini terhadap performa daya dorong dengan metode Taguchi. *JITT*, 2(2), 505-511.
<https://doi.org/10.33504/jitt.v2i2.229>
- [18] Kiss-Nagy, K. et.al. 2024. Investigation of 3D printed underwater thruster propellers using CFD and structural simulations. *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering*, 68(1), 70-77.
<https://doi.org/10.3311/ppme.23795>
- [19] Seva, M. dkk. 2024. Optimasi karakteristik komponen waterjet thruster terhadap gaya dorong menggunakan metode Taguchi. *JITT*, 2(2).
<https://doi.org/10.33504/jitt.v2i2.145>
- [20] Viniolita, T., dkk. 2024. Optimasi variasi jumlah bilah inlet turbo pada waterjet thruster mini produk 3D printing dengan filamen ST-PLA terhadap gaya dorong menggunakan metode Taguchi. *JITT*, 2(1), 15-23.
<https://doi.org/10.33504/jitt.v2i1.139>