



Penggunaan Produk 3D *Printing* Material EPA PLA Carbon Fibre Sebagai *Twin Waterjet Propulsion* pada Kendaraan Air

Masdani¹, Hasdiansah^{2*}, Yuliyanto³, Heru Riva'i⁴, Ridhis Bar'ah Tarmi⁵, Muhamad Noval⁶, Gilang Putra Limarta⁷

^{1,2,3,4,5,6,7} Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

*Email: phiannttarah@yahoo.com

Received: 9 Desember 2026; Received in revised form: 11 Desember 2026; Accepted: 11 Desember 2026

Abstract

Waterjet Propulsion is a propulsion system used in various water vehicles, such as fast boats and amphibious vehicles. This technology works by sucking water through an inlet at the bottom of the ship, then expelling it at high speed through a nozzle to produce thrust. Water vehicles that use Waterjet Propulsion such as Jet Skis, use waterjets for faster and more agile maneuvering movements, fast patrol boats (Fast Patrol Boats), used by the military and police for fast operations in shallow and narrow waters, fast ferries use this technology for fuel efficiency and high speed, amphibious assault ships, used by the military to land troops and heavy vehicles on the beach, fast cruise ships, use waterjets because they have minimal vibration and are smoother compared to conventional propellers. The advantages of waterjet propulsion compared to conventional propellers are its ability to operate in shallow waters, better maneuverability, high speed with better efficiency. Based on these advantages, this study aims to design an innovative twin waterjet propulsion. Where the waterjet propulsion is equipped with an inlet section that functions to increase thrust. The main components, which include the outlet, inlet and impeller, are made using 3D printing technology with Ethylene Propylene Acrylate Polylactid Acid Carbon Fiber (EPA PLA CF) material. Tests were conducted to investigate the performance of waterjet propulsion on a laboratory scale using an electric motor at three variations of rotational speeds, namely 2000 rpm, 3000 rpm, and 4500 rpm. The test results showed a linear increase in thrust, with a value of 100 N at 2000 rpm, 150 N at 3000 rpm, and 200 N at 4500 rpm.

Keywords: *impeller; inlet; outlet; propulsion; thrust*

Abstrak

Waterjet Propulsion adalah sistem propulsi yang digunakan pada berbagai kendaraan air, seperti pada kapal cepat dan kendaraan amfibi. Teknologi ini bekerja dengan menyedot air melalui *inlet* di bagian bawah kapal, kemudian mengeluarkannya dengan kecepatan tinggi melalui *nozzle* untuk menghasilkan dorongan. Kendaraan air yang menggunakan *Waterjet Propulsion* seperti *Jet Ski*, menggunakan *waterjet* agar gerakan manuver lebih cepat dan lincah, kapal patroli cepat (*Fast Patrol Boat*), digunakan oleh militer dan kepolisian untuk operasi cepat di perairan dangkal dan sempit, kapal ferry cepat menggunakan teknologi ini untuk efisiensi bahan bakar dan kecepatan tinggi, kapal serang amfibi, digunakan oleh militer untuk mendaratkan pasukan dan kendaraan berat di pantai, kapal pesiar cepat, menggunakan *waterjet* karena minim getaran dan lebih halus dibandingkan dengan baling-baling konvensional. Keunggulan *waterjet propulsion* dibandingkan *propeller* konvensional adalah kemampuannya beroperasi di perairan dangkal, manuver yang lebih baik, kecepatan tinggi dengan efisiensi yang lebih baik. Berdasarkan keunggulan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang *twin waterjet propulsion* yang inovatif. Dimana *waterjet propulsion* dilengkapi dengan bagian *inlet* yang berfungsi meningkatkan *thrust*. Komponen utama, yang meliputi *outlet*, *inlet* dan *impeller*, dibuat menggunakan teknologi 3D *printing* dengan material *Ethylene Propylene Acrylate Polylactid Acid Carbon Fibre* (EPA PLA CF). Pengujian dilakukan untuk menginvestigasi kinerja *waterjet propulsion* pada skala laboratorium menggunakan motor listrik pada tiga variasi kecepatan putar, yaitu 2000 rpm, 3000 rpm, dan 4500 rpm. Hasil pengujian

menunjukkan peningkatan *thrust* secara *linear*, dengan nilai sebesar 100 N pada 2000 rpm, 150 N pada 3000 rpm, dan 200 N pada 4500 rpm.

Kata kunci: impeller; saluran masuk; saluran keluar; propulsi; dorongan

1. PENDAHULUAN

Kendaraan air merupakan jenis kendaraan yang digunakan untuk berpindah di atas maupun di dalam air dan membutuhkan sistem penggerak atau sistem pendorong agar dapat beroperasi. Salah satu sistem penggerak yang banyak digunakan pada kendaraan air adalah *waterjet propulsion* hasil produksi teknologi 3D *Printing* [1-3]. Pengembangan teknologi *waterjet propulsion* telah menjadi salah satu kemajuan signifikan dalam sistem propulsi maritim modern. Dengan memanfaatkan kemampuan teknologi 3D *Printing*, sistem ini mampu meningkatkan kinerja sekaligus menekan biaya produksi. Integrasi teknologi 3D *Printing* terutama dengan penggunaan material seperti *Super Tough Polylactic Acid* (ST PLA) memungkinkan pembuatan komponen dengan dimensi dan bentuk geometri yang kompleks dan sulit dicapai melalui metode manufaktur konvensional. Hal ini sangat penting dalam optimalisasi komponen seperti *impeller* dan *inlet*, yang berperan besar dalam memaksimalkan *thrust* serta efisiensi sistem *waterjet propulsion* [4-7].

Saat ini, sebagian besar kendaraan air masih menggunakan *propeller* atau *waterjet* yang terbuat dari material logam. Namun, terdapat beberapa permasalahan. Pertama, komponen logam membutuhkan proses manufaktur yang kompleks dan rentan terhadap korosi. Kedua, proses pembuatannya memerlukan teknologi tinggi seperti pengecoran dan pemesinan CNC. Ketiga, *waterjet propulsion* konvensional umumnya tidak dilengkapi dengan desain *inlet* yang optimal, sehingga kinerja *impeller* dan *thrust* nya kurang efisien [8-9]. Sementara itu, penerapan teknologi 3D *Printing* pada sistem *waterjet propulsion* dengan material PLA juga memiliki kelemahan, seperti sifatnya yang mudah patah, tidak tahan lama, serta kurang tahan terhadap suhu tinggi [10-11].

Secara umum, sistem *waterjet propulsion* terdiri atas tiga komponen utama, yaitu *impeller*, *outlet*, dan *inlet* yang berfungsi sebagai bagian dari keseluruhan sistem propulsi yang terintegrasi. *Waterjet propulsion* merupakan alternatif yang lebih efisien dan aman dibandingkan sistem propulsi berbasis baling-baling konvensional. Prinsip kerjanya didasarkan pada mekanisme penyedotan air dan pendorongan fluida keluar melalui nosel dengan dimensi tertentu, sehingga dapat mengurangi risiko kerusakan akibat tumbukan dengan benda di bawah permukaan air. Penelitian mengenai *waterjet propulsion* dengan tambahan *inlet turbo* telah dilakukan sebelumnya menggunakan material *Polylactic Acid* (PLA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi desain bilah pada komponen *impeller* secara langsung mempengaruhi besarnya *thrust* yang dihasilkan oleh *waterjet thruster*. Sebagai contoh, studi yang menerapkan metode Taguchi untuk mengoptimalkan jumlah serta konfigurasi bilah menunjukkan bahwa modifikasi desain tersebut dapat meningkatkan efisiensi hidrodinamika dan kinerja sistem propulsi secara keseluruhan [12-13].

Penelitian lain menunjukkan bahwa komposit dengan penguat serat pandan duri memiliki sifat mekanik yang sangat dipengaruhi oleh arah susunan dan fraksi volume serat [14-15]. Selain itu, serat resam dan serat pinang juga berpotensi digunakan sebagai bahan alternatif dalam aplikasi mekanik [16-17]. Bahkan, komposit yang berasal dari limbah elektronik terbukti memiliki kekuatan dampak yang baik [18]. Faktor seperti bentuk *infill pattern* dan arah pencetakan (*part build Z-direction*) juga berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik produk 3D *Printing*. Berbagai studi telah membahas dinamika kinerja sistem *waterjet*. Optimalisasi parameter geometris, seperti konfigurasi saluran masuk (*inlet*) dan bentuk *nozzle*, terbukti memiliki pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan gaya dorong dan efisiensi sistem [19].

Di sisi lain, penelitian mengenai *waterjet propulsion* telah dilakukan dengan menempatkan dua unit sistem *waterjet* pada satu kapal untuk meningkatkan efektivitas *thrust*. Melalui pengaturan posisi, baik dari segi jarak maupun sudut pemasangan, penelitian tersebut berhasil memperoleh formula optimasi konfigurasi sistem [20]. Selain itu, pemanfaatan *waterjet propulsion* pada kendaraan air juga telah dikembangkan dengan mengganti sumber penggerak dari mesin diesel menjadi motor listrik berbasis baterai [21]. Namun demikian, literatur yang secara spesifik membahas peran *inlet* pada sistem *waterjet propulsion* masih sangat terbatas. Hingga saat ini, perkembangan penelitian di bidang ini umumnya masih berfokus pada posisi pemasangan, sudut *thrust*, serta variasi tipe *impeller* yang

digunakan [22]. Berbagai studi juga telah menyoroti dinamika kinerja sistem *waterjet*, di mana optimalisasi parameter geometris, seperti konfigurasi saluran masuk (*inlet*) dan bentuk *nozzle* terbukti memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan gaya dorong dan efisiensi sistem [23,24].

Hingga usulan penelitian ini disusun, belum ditemukan kajian yang membahas penerapan material *Ethylene Propylene Acrylate Polylactic Acid Carbon Fibre* (EPA PLA CF) pada sistem *waterjet propulsion*. Material EPA PLA CF memiliki sifat unggul, antara lain tahan panas, tahan benturan, fleksibel, dan tahan aus. Keunggulan tersebut menjadikannya material yang potensial untuk digunakan dalam pembuatan komponen *waterjet propulsion* yang menuntut kekuatan mekanik tinggi serta ketahanan terhadap kondisi operasi ekstrem. Lebih lanjut, penerapan teknologi pencetakan tiga dimensi (*3D Printing*) dalam proses manufaktur *waterjet propulsion* memberikan berbagai keuntungan, seperti pengurangan limbah material, waktu produksi yang lebih singkat, serta kemudahan dalam proses perbaikan dan reproduksi komponen secara lokal. Teknologi ini juga meningkatkan efisiensi biaya dan mempercepat proses pembuatan purwarupa atau model, sehingga membuka peluang bagi produsen skala kecil maupun peneliti untuk mengembangkan dan menguji konsep baru tanpa memerlukan sumber daya besar sebagaimana pada metode pemesinan konvensional. Integrasi antara material EPA PLA CF dan teknologi *3D Printing* pada sistem *waterjet propulsion* merepresentasikan arah yang menjanjikan bagi penelitian dan pengembangan di masa depan. Seiring dengan kemajuan ilmu material dan pemodelan komputasi, potensi untuk menghasilkan sistem propulsi yang lebih efisien, tahan lama, dan ekonomis semakin terbuka luas, memperkuat posisi *waterjet propulsion* sebagai salah satu teknologi propulsi yang kompetitif dalam aplikasi maritim modern. Selain itu, simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) memiliki peran penting dalam mengevaluasi dan mengoptimalkan kinerja pendorong bawah air yang difabrikasi menggunakan teknologi *3D Printing*. Melalui simulasi aliran fluida di sekitar berbagai bentuk dan konfigurasi bilah, peneliti dapat memprediksi parameter kinerja utama, seperti gaya dorong dan efisiensi hidrodinamika, sehingga memungkinkan pemilihan desain yang optimal sebelum dilakukan pembuatan *prototype* fisik. Simulasi ini tidak hanya berperan dalam mempercepat proses inovasi desain, tetapi juga menegaskan pentingnya pemilihan material yang tepat guna menghasilkan komponen yang mampu menahan tekanan dan beban operasional pada lingkungan laut [25].

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem *waterjet propulsion* berbasis material EPA PLA CF yang diproduksi menggunakan teknologi *3D Printing* dan menentukan *thrust* yang maksimum menggunakan *waterjet propulsion* produk *3D Printing* dengan *inlet* dan *outlet* yang paling optimal menggunakan material EPA *Polylactic Acid Carbon Fibre* (EPA PLA CF). *Waterjet propulsion* terdiri dari tiga komponen utama yakni *inlet*, *outlet* dan *impeller* yang merupakan inovasi terbaru.

2. METODE PENELITIAN

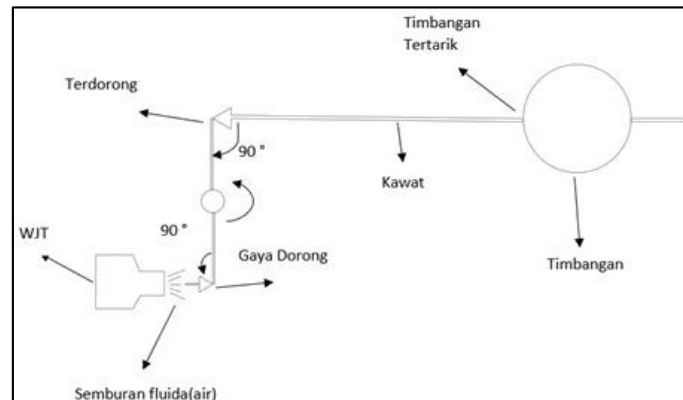
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, dengan pengujian dilakukan dengan menggunakan tiga variasi *kecepatan putar* motor pada desain *waterjet propulsion* yang sama. Kombinasi *kecepatan putar* motor listrik arus bolak-balik (AC) yang digunakan meliputi 2000 rpm, 3000 rpm, dan 4500 rpm. Setelah pengujian, selanjutnya dilakukan pengukuran terhadap *thrust* yang dihasilkan oleh *waterjet propulsion* pada setiap variasi *kecepatan putar* untuk menganalisis pengaruh *kecepatan* terhadap kinerja sistem propulsi.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan rangka uji statis, dimana *waterjet propulsion* dipasang secara horizontal dan dihubungkan dengan motor penggerak menggunakan kopling fleksibel untuk meminimalkan getaran. Sistem pengujian dilengkapi dengan neraca pegas yang berfungsi mengukur gaya dorong secara langsung. Data hasil pengukuran neraca pegas dicatat kemudian data diolah untuk mendapatkan nilai *thrust* secara *real-time*.

Selain itu, alat ukur putaran (*tachometer*) digunakan untuk memastikan *kecepatan aktual* motor sesuai dengan variasi yang direncanakan, sedangkan alat ukur arus dan tegangan digunakan untuk memantau konsumsi daya listrik selama pengujian. Pengujian dilakukan di dalam bak berisi air dengan kedalaman dan volume yang cukup untuk memastikan aliran fluida tidak terhambat oleh batas bak air.

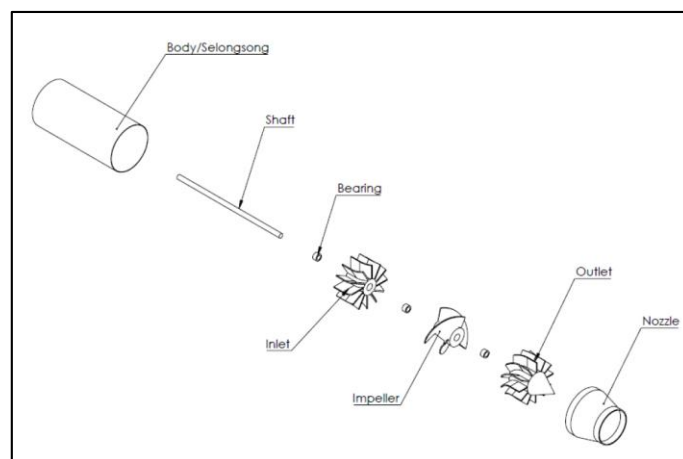
Setiap pengujian dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk setiap variasi *kecepatan* guna memperoleh hasil yang konsisten dan mengurangi kesalahan eksperimental. Nilai rata-rata hasil pengukuran kemudian digunakan dalam analisis kinerja *waterjet propulsion*, khususnya dalam menilai hubungan antara *kecepatan putar* dan *thrust* yang dihasilkan. Skema pengujian *thrust* yang dihasilkan oleh *waterjet propulsion* ditunjukkan pada Gambar 1. yang menggambarkan konfigurasi sistem uji

meliputi motor penggerak, *waterjet propulsion*, neraca pegas, serta alat ukur putaran (*tachometer*) yang digunakan dalam eksperimen.



Gambar 1. Skema Pengujian *Thrust Waterjet Propulsion* (Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar 1. memperlihatkan skema pengujian *Waterjet Propulsion* yang digunakan untuk memperoleh *thrust* maksimum, dimana pengukuran dilakukan menggunakan timbangan digital yang dihubungkan ke alat uji melalui kawat penghubung. Sementara itu, Gambar 2. menampilkan susunan dan detail komponen utama dari *waterjet Propulsion*, yang meliputi bagian *inlet*, *outlet*, *impeller*, *nozzle*, dan *selongsong* utama sebagai elemen penyusun sistem propulsi dirakit.



Gambar 2. Susunan dan Detail Komponen Utama *Waterjet Propulsion* (Sumber: Dokumen Pribadi)

Waterjet Propulsion yang digunakan dalam penelitian ini dirakit berdasarkan konfigurasi yang ditunjukkan pada Gambar 2. Komponen utama, yaitu *inlet*, *impeller*, dan *outlet*, diproduksi menggunakan teknologi *3D Printing* dengan material *EPA Poly lactic Acid Carbon Fibre* (*EPA PLA CF*) karena sifatnya yang elastis, tahan aus, dan mampu menyerap getaran. Sementara itu, bagian selongsong, *nozzle*, dan poros (*shaft*) dibuat dari *stainless steel* untuk memastikan kekuatan struktural dan ketahanan terhadap korosi selama pengujian di lingkungan perairan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian karakteristik fisik dan mekanik material *Ethylene Propylene Acrylate Poly lactic Acid Carbon Fibre* (*EPA PLA CF*) dilakukan dengan mencetak spesimen uji tarik sesuai standar ASTM D638 Tipe IV, kemudian dilakukan pengujian tarik untuk memperoleh data performa material. Hasil pengujian menunjukkan bahwa material ini memiliki kekuatan tarik maksimum sebesar 27,4 MPa. Nilai tersebut memberikan gambaran komprehensif mengenai kekuatan, serta kinerja material untuk diaplikasikan pada sistem *Twin Waterjet Propulsion*. Hasil spesimen yang telah dilakukan uji tarik dengan standar ASTM D638 ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Uji Tarik Spesimen Material EPA PLA CF Standar ASTM D638 Tipe IV

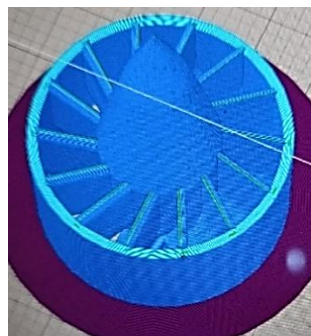
Perangkat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin 3D *Printer* tipe *Fused Deposition Modeling* (FDM) merk BIQU, dengan volume cetak (*printing volume*) sebesar 220 mm × 220 mm × 250 mm pada sumbu XYZ. Mesin 3D *Printer* ini digunakan untuk mencetak seluruh komponen utama *waterjet propulsion*, yang terdiri atas *inlet*, *impeller*, dan *outlet* yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Mesin 3D *Printer* Merk BIQU (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

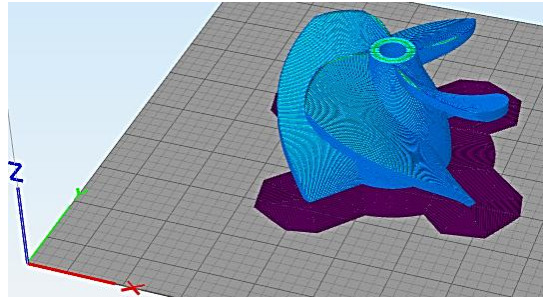
Mesin 3D *Printer* digunakan untuk mencetak komponen utama *waterjet propulsion*, yaitu *inlet*, *impeller*, dan *outlet*. Desain awal komponen dibuat menggunakan perangkat lunak *SolidWorks* (lisensi 2019), kemudian diekspor ke perangkat lunak *CURA Ultimaker* (*open-source slicing software*) untuk proses *slicing* dan pembuatan kode G (*G-code*) sebagai instruksi pencetakan.

Komponen utama *waterjet propulsion* berbahan EPA *Polylactic Acid Carbon Fibre* (EPA PLA CF) berhasil dicetak menggunakan teknologi *Fused Deposition Modeling* (FDM) dengan hasil sesuai desain CAD. Hasil verifikasi dimensi dan keakuratan hasil cetak seluruh komponen utama *waterjet propulsion* menunjukkan hasil yang memenuhi toleransi perancangan, yaitu $\pm 0,2$ mm. Proses pembuatan *G-code* untuk pencetakan material (EPA PLA CF) menggunakan mesin 3D *Printer* ditunjukkan pada Gambar 5.



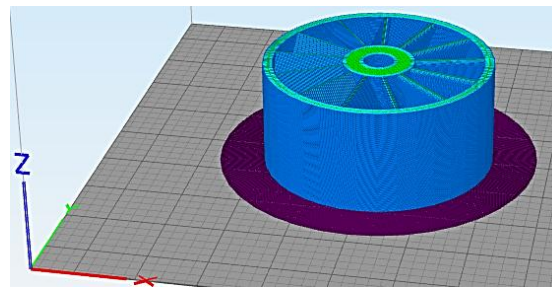
Gambar 5. Hasil *Slicing Software* Menjadi *G.code* pada Mesin 3D *Printer* (*Outlet*) (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Proses pencetakan *impeller* dilakukan menggunakan mesin 3D Printer dengan teknologi *Fused Deposition Modelling* (FDM) dan memerlukan waktu total 22 jam 30 menit. Parameter proses pencetakan yang digunakan meliputi temperatur *nozzle* sebesar 235°C, temperatur *bed* 70°C, kecepatan pencetakan (*printing speed*) 15 mm/s, serta pola isian (*infill pattern*) *rectilinear* sebesar 100%. Hasil proses pencetakan *impeller* tersebut ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil *Slicing Software* Menjadi G.code pada Mesin 3D Printer (*Impeller*) (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Proses pencetakan komponen *inlet* menggunakan teknologi 3D Printing dengan metode *Fused Deposition Modelling* (FDM) memerlukan waktu selama 36 jam. Hasil pencetakan komponen *inlet* ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil *Slicing Software* Menjadi G.code pada Mesin 3D Printer (*Inlet*) (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Hasil pencetakan seluruh komponen utama *Waterjet Propulsion* yang telah selesai diproduksi dan siap untuk proses perakitan ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil Cetak Komponen Utama *Waterjet Propulsion* material EPA *Polylactic Acid Carbon Fibre* (EPA PLA CF) siap rakit (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Tahapan pelaksanaan penelitian ini dilakukan secara berurutan, dimulai dari persiapan mesin 3D Printer, filamen EPA PLA CF, perangkat lunak *slicing Ultimaker CURA* (*open source*), serta seluruh alat dan bahan pendukung yang diperlukan dalam proses pencetakan. Setelah tahap persiapan selesai, langkah

berikutnya adalah perakitan komponen utama *Waterjet Propulsion* yang telah dicetak. Proses perakitan tersebut ditunjukkan pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 9. Proses Perakitan Rangka dan Sistem Transmisi *Waterjet Propulsion* (Sumber: Dokumentasi Pribadi)



Gambar 10. Proses *Alignment* Sistem penggerak *Waterjet Propulsion* (Sumber: Dokumentasi Pribadi).

Langkah terakhir melakukan proses pengecatan *waterjet Propulsion* yang telah dirakit ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Pengecatan Seluruh Bagian Sistem *Waterjet Propulsion* yang Telah Dirakit (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

3.1. Sub Bab Hasil dan Pembahasan

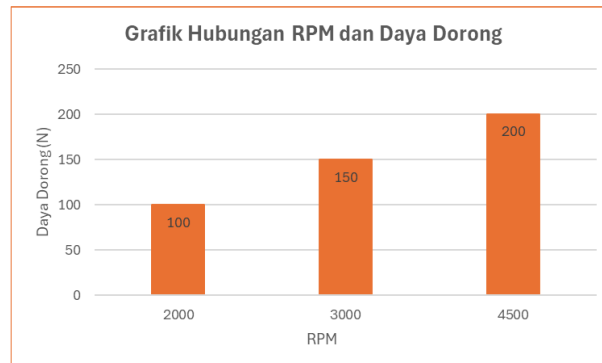
Pengujian *waterjet propulsion* dilaksanakan di dalam bak uji statis untuk mengukur *thrust* yang dihasilkan. Pengujian dilakukan menggunakan motor listrik AC dengan tiga variasi kecepatan putar, yaitu 2000 rpm, 3000 rpm, dan 4500 rpm, untuk menganalisis pengaruh kecepatan putar performa sistem propulsi terhadap *thrust*.

Data hasil pengujian *thrust* pada 3 variasi kecepatan putar (rpm) ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian <i>Thrust</i>		
Percobaan ke-	Kecepatan putar (rpm)	<i>Thrust</i> (N)
1	2000	100
2	3000	150
3	4500	200

3.2. Sub Bab Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan data pada Tabel 1, dibuat grafik hubungan antara kecepatan putar (rpm) dan *Thrust*, seperti ditunjukkan pada Gambar 12, untuk mempermudah analisis kecenderungan peningkatan *Thrust* terhadap perubahan kecepatan putar motor.



Gambar 12. Grafik Hubungan rpm dan *Thrust* (N).

Hasil grafik pada Gambar 12 menunjukkan hubungan antara *kecepatan putar* (rpm) dan *Thrust* (N) dimana interpretasi hubungan terlihat adanya hubungan *linear* positif antara rpm dan *thrust*, semakin tinggi rpm, semakin besar *thrust* yang dihasilkan. Kenaikan dari 2000 rpm ke 3000 rpm menyebabkan peningkatan *thrust* sebesar 50 N, sedangkan dari 3000 rpm ke 4500 rpm juga meningkat 50 N, menunjukkan *trend* yang relatif konsisten dan proporsional. Grafik ini memperlihatkan bahwa peningkatan kecepatan putar sistem (rpm) akan secara langsung meningkatkan *thrust* sehingga performa sistem pendorong bekerja dengan efektif dalam rentang rpm yang diuji.

4. SIMPULAN

Berdasarkan data hasil penelitian, penggunaan produk 3D *Printing* menggunakan filamen EPA PLA CF untuk komponen *waterjet propulsion*, maka didapatkan *thrust* sebesar 100 N pada kecepatan putar motor listrik pada 2000 rpm, 150 N pada kecepatan putar motor listrik pada 3000 rpm dan 200 N pada kecepatan putar motor listrik pada 4500 rpm. *Thrust* tersebut meningkat secara *linear* terhadap kecepatan putar motor listrik yang digunakan pada pengujian. Dengan demikian komponen utama *waterjet propulsion* menggunakan material EPA PLA CF dapat digunakan sebagai penggerak pada alat kendaraan air untuk menggantikan peran material logam yang sering digunakan pada *waterjet propulsion* umumnya. Berdasarkan data hasil pengujian *Thrust* menunjukkan bahwa material EPA PLA CF memiliki potensi sebagai komponen *waterjet propulsion*, terutama dari ketahanan terhadap air serta tekanan air. Namun, perlu dilakukan pengujian performa lebih lanjut untuk memastikan bahwa material EPA PLA CF mampu menggantikan material konvensional tanpa mengurangi efisiensi dan daya tahan sistem *waterjet propulsion*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Nori NF, Ramdhani Harahap D, Hasdiansah H. Pengaruh Variasi Stator Turbo Blade Terhadap Kekuatan Dorong Turbojet Drive Produk 3d Printing Material ST-PLA. SNITT [Internet]. 2021 Aug. 2 [cited 2025 Mar. 19];1(01):189-95. Available from: <http://snitt.polman-babel.ac.id/index.php/snitt/article/view/68>
- [2]. Hasdiansah H, Pristiansyah P, Feriadi I. IPTEK Bagi Masyarakat Pemanfaatan Turbojet Drive Produk 3d Printing Untuk Perahu Nelayan Sungai Desa Sempan-Bangka. Jurnal Dulang [Internet]. 2021Mar.18 [cited 2025Mar.19];1(01):14-20. Available from: <https://www.ejournal.polman-babel.ac.id/index.php/dulang/article/view/157>
- [3]. Maulidiansyah MA, Rollastin B, Hasdiansah H. Optimasi Variasi Jumlah Blade Inlet, Tipe Impeller, Dan Jumlah Blade Outlet Turbo Pada Waterjet Thruster Terhadap Gaya Dorong Menggunakan Metode Taguchi. DINAMIKA: Jurnal Teknik Mesin. 2023 Nov 22;8(1):1-6. <https://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/Dinamik/article/view/6851>

- [4]. Seva MS, Kurniawan Z, Hasdiansah H. Optimasi Variasi Jumlah Blade Inlet, Tipe Impeller, dan Jumlah Blade Outlet Turbo terhadap Gaya Dorong menggunakan Metode Taguchi. DINAMIKA: Jurnal Teknik Mesin. 2023 Dec 24;8(2):59-64.
<https://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/Dinamik/article/view/6849>
- [5]. Ahadiatullah W, Suzen ZS, Hasdiansah H. Optimasi Variasi Jumlah Blade Inlet Turbo, Impeller Dan Outlet Turbo Waterjet Thruster Mini Terhadap Gaya Dorong Menggunakan Metode Taguchi. DINAMIKA: Jurnal Teknik Mesin. 2023 Nov 22;8(1):7-12.
<https://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/Dinamik/article/view/6854/4397>
- [6]. Hasdiansah H, Seva MS, Oktavianto M, Ahadiatullah W, Maulidiansyah MA, Viniolita T. Analisis Variasi Type Blade Impeller Produk 3d Printing Dengan Filamen St-Pla Pada Waterjet Thruster Mini Terhadap Performa Thrust Dengan Metode Taguchi. Jurnal Inovasi Teknologi Terapan. 2024 Aug 26;2(2):505-11.
<https://doi.org/10.33504/jitt.v2i2.229>
- [7]. Oktavianto M, Rollastin B, Hasdiansah H. Optimasi Variasi Jumlah Blade Inlet Turbo dan Outlet Turbo Terhadap Gaya Dorong Pada Prototype Waterjet Thruster Produk 3D Printing Menggunakan Metode Taguchi. Jurnal Inovasi Teknologi Terapan. 2024 Feb 28;2(1):24-30.
<https://doi.org/10.33504/jitt.v2i1.146>
- [8]. Viniolita T, Hasdiansah H, Suzen ZS. 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. 2024 Feb 28;2(1):15-23.
<https://doi.org/10.33504/jitt.v2i1.139>
- [9]. Viniolita T, Suzen ZS, Hasdiansah H. Optimasi Variasi Jumlah Blade Inlet Turbo Pada Waterjet Thruster Mini Terhadap Gaya Dorong Menggunakan Metode Taguchi. DINAMIKA: Jurnal Teknik Mesin. 2023 Nov 2;8(1):34-41.
<https://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/Dinamik/article/view/6844>
- [10]. Seva MS, Hasdiansah H. Uji Performa Waterjet Thruster Produk 3D Printing Material Super Tough Polylactic Acid Terhadap Gaya Dorong. JQT [Internet]. 2024Apr.30 [cited 2025Mar.19];5(2):43-8. Available from:
<https://journal.umy.ac.id/index.php/qt/article/view/20629>
- [11]. Viniolita T. PENGARUH VARIASI JUMLAH BLADE INLET TURBO PADA WATERJET THRUSTER TERHADAP GAYA DORONG (Doctoral dissertation, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung).
<http://repository.polman-babel.ac.id/id/eprint/964/1/Laporan%20Proyek%20Akhir%20Thala%20Viniolita.pdf>
- [12]. Ahadiatullah W, Suzen ZS, Hasdiansah H. Aplikasi Produk 3D Printing Menggunakan Material PLA Pada Sistem Waterjet Thruster Mini Dengan Variasi Type Impeller 3 Blade Terhadap Thrust Menggunakan Metode Taguchi. JITT [Internet]. 2024 Feb. 28 [cited 2025 Mar. 19];2(1):123-9. Available from: <https://jitt.polman-babel.ac.id/index.php/jitt/article/view/144>
- [13]. Oktavianto M, Rollastin B, Hasdiansah H. Optimasi Variasi Panjang Blade Inlet Turbo, Impeller Type, Dan Panjang Outlet Turbo Terhadap Gaya Dorong Menggunakan Metode Taguchi. DINAMIKA: Jurnal Teknik Mesin. 2023 Nov 22;8(1):13-9.
<https://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/Dinamik/article/view/6853/4396>
- [14]. Redy R, Hasdiansah H, Sirwansyah Suzen Z. Optimasi Parameter Produk 3D Printing Terhadap Kuat Tarik Menggunakan Filamen TPU (Thermoplastic Polyurethane). JITT [Internet]. 2023 Aug. 25 [cited 2025 Mar. 19];1(2):312-7. Available from: <https://jitt.polman-babel.ac.id/index.php/jitt/article/view/19>
- [15]. Armannia, V. O., Masdani, M., & Husman, H. (2025). Pengaruh Susunan Dan Fraksi Volume Serat Pandan Duri Terhadap Kekuatan Tarik Sebagai Bahan Dasar Dashboard Mobil. Jurnal Inovasi Teknologi Terapan, 3(1), 220–225. <https://doi.org/10.33504/jitt.v3i1.311>
- [16]. Rizki, M., Masdani, M., & Sugiyarto, S. (2025). Pengaruh Komposit Hibrid Serat Batang Pisang Dan Serat Bambu Dengan Perlakuan Asap Cair Untuk Mengetahui Nilai Impak. Jurnal Inovasi Teknologi Terapan, 3(1), 168–173. <https://doi.org/10.33504/jitt.v3i1.290>
- [17]. Dwi Yulian, N., Masdani, M., & Pranandita, N. (2023). Analisis Beda Rata-Rata Pengaruh Fraksi Volume Komposit Pada Pengujian Impact Berpenguat Serat Resam Dan Serat Pinang. Jurnal Inovasi Teknologi Terapan, 1(2), 422–427. <https://doi.org/10.33504/jitt.v1i2.98>

-
- [18]. Ridhoni, F., Ary Wahyudie, I., & Masdani, M. (2024). Pemanfaatan Limbah Elektronik Jenis Optik (Screenprotector Smartphone) Sebagai Filler pada Polyester Matrix Composites. *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, 2(2), 403–409. <https://doi.org/10.33504/jitt.v2i2.163>
 - [19]. Pristiansyah, P., Yuliyanto, Y., Masdani, M., Sirwansyah Suzen, Z., Kurniawan, Z., Sugianto, S., Hasdiansah, H., Feriadi, I., Pranata, Y., Napitupulu, R., & Harwadi, H. (2023). Pengaruh Sudut Part Build Orientation Z-Direction Terhadap Kuat Tarik Spesimen Uji Standar Astm D638 Type IV Menggunakan Filamen Pla+. *Manutech: Jurnal Teknologi Manufaktur*, 15(02), 174 - 182. <https://doi.org/10.33504/manutech.v15i02.279>
 - [20]. Xu Z, Galeazzi R, Yuan J. Fault-Tolerant Thrust Allocation with Thruster Dynamics for a Twin-Waterjet Propelled Vessel. *Journal of Marine Science and Engineering* [Internet]. 2022 Dec 13;10(12):1983. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/jmse10121983>
 - [21]. Kan KLJ, Fong YC, Chuen IS, Tsang HKT, Ho HF, Xue XD, et al. Electric Waterjet Thruster Vessel Development – Concept, Charger, and Battery Monitoring. 2020 8th International Conference on Power Electronics Systems and Applications (PESA) [Internet]. 2020 Dec 7;1–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1109/pesa50370.2020.9344015>
 - [22]. Zhang Y, Li Z, Yang A. Numerical analysis on self-propulsion of a waterjet-propelled ship with different propulsion models. *Applied Sciences*. 2022 Jul 15;12(14):7148. <https://doi.org/10.3390/app12147148>
 - [23]. Wei M. Numerical analysis of the effects of the nozzle shape and outlet area of a waterjet propulsion system on its efficiency. *Theoretical and Natural Science* [Internet]. 2023 Nov 17;11(1):47–59. Available from: <http://dx.doi.org/10.54254/2753-8818/11/20230380>
 - [24]. Huang CL, Dai R, Wang ZL. Effects of upstream vortex generators on the intake duct performance for a waterjet propulsion system. *Ocean Engineering* [Internet]. 2021 Nov;239:109838. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.109838>
 - [25]. Kiss-Nagy K, Simongáti G, Ficzer P. Investigation of 3D Printed Underwater Thruster Propellers Using CFD and Structural Simulations. *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering* [Internet]. 2024 Jan 25;68(1):70–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.3311/ppme.23795>