

PENGARUH VARIASI JUMLAH BLADE INLET TURBO PADA WATERJET THRUSTER TERHADAP GAYA DORONG

Hasdiansah¹, Marcellino Stevanus Seva¹, Wassi Ahadiatullah¹, Mario Oktavianto¹,
M. Ahlan Maulidiansyah¹, Thala Viniolita*

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
Kawasan Industri Air Kantung Sungailiat, Bangka 33211

*Email: thlaviniolita@gmail.com

Abstrak

Sistem propulsi waterjet sering dipilih dalam menggantikan baling-baling konvensional untuk kapal yang membutuhkan kecepatan tinggi, draf dangkal, daya propulsi terlindungi, kemampuan manuver tinggi di semua kecepatan, kebisingan rendah dalam aplikasi militer, dan getaran rendah. Cara kerja dari waterjet thruster ialah menggerakkan kapal dengan mengeluarkan tekanan pada fluida yang dihasilkan dari bantuan propeller sehingga kapal dapat bergerak, dan arah aliran air akan menuju ke belakang namun pergerakan kapal menuju ke depan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil yang paling berpengaruh dari variasi jumlah blade inlet turbo yaitu 11, 12, 13, 14, dan 15 blade inlet turbo terhadap gaya dorong tertinggi pada sebuah prototype waterjet thruster. Penelitian ini menggunakan filament ST PLA (Super Tough Poly Lactic Acid) sebagai material part 3D printing pada komponen waterjet thruster. Metode penelitian yang digunakan adalah rancangan waterjet thruster menggunakan konsep mesin tempel. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa gaya dorong terendah mencapai 0.71 N pada variasi jumlah blade inlet turbo 11, sedangkan untuk gaya dorong tertinggi mencapai 1.79 N pada variasi jumlah blade inlet turbo 14.

Kata kunci: blade inlet, filament, propeller, waterjet

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara maritim yang mayoritas wilayahnya dikelilingi oleh lautan yang cukup luas. Hal tersebut juga menjadi penunjang pertumbuhan ekonomi di sektor perairan Indonesia (Zain dkk., 2018). Provinsi Kepulauan Bangka Belitung mengalami peningkatan jumlah kapal penangkap ikan, yang disebabkan melonjaknya jumlah nelayan dan peningkatan hasil tangkapan nelayan. Serta kebutuhan nelayan memiliki mesin modifikasi dalam menjalankan kapal (Harun dkk., 2019).

Setiap transportasi laut berupa kapal membutuhkan suatu sistem penggerak. Sistem penggerak biasanya dikenal dengan istilah *propeller*. *Propeller* merupakan salah satu elemen yang perlu diperhatikan dalam pembuatannya mencakup seperti pada fungsi, dimensi, ukuran, jumlah daun, serta strukturnya yaitu kekuatan dan kelehannya (Abidin dkk., 2012). Salah satu bagian yang terpenting pada sebuah kapal ialah *propeller*, oleh karenanya *propeller* mesti kuat menahan gaya-gaya yang bergerak pada daunnya (*blade*) (Ridho dkk., 2015).

Pada umumnya *propeller* terletak pada komponen terendah pada bagian di sisi kapal.

Suatu *propeller* mesti mempunyai penampang yang sedemikian rupa sehingga pada saat kapal dalam kondisi terisi penuh, *propeller* mampu tenggelam dengan memadai sehingga dapat terhindarnya gejala terikutnya udara (*air drawing*) dan pemacuan *propeller* ketika kapal mengalami gerakan *pitching* (mengangguk) (Arief dkk., 2014).

Pada *propeller* sering terjadinya kerusakan di bagian daun *blade propeller* yang mana *blade propeller* menjadi penghubung antara kapal dan air maka dari itu kapal dapat bergerak maju. Salah satu contoh dari kerusakan *blade propeller* ialah mengalami pengikisan akibat daripada kavitasi, terjadinya *fouling* pada *blade*, adanya keretakan dan kebengkokan (*bending*) yang diakibatkan oleh benturan dan hal lainnya. Dari kerusakan *propeller* inilah yang mempengaruhi kinerja *propeller* menjadi tidak optimal dan mengalami penurunan performa pada sistem propulsinya (Wilastari dan Santoso, 2022).

Pada umumnya sistem propulsi *waterjet* memiliki dua sistem yaitu sistem saluran dan sistem pompa. Sistem saluran berfungsi untuk mengontrol kecepatan fluida yang datang dari lingkungan/luar saluran ke pompa yang kemudian dikeluarkan kembali ke keluar

saluran. Sistem pompa berfungsi untuk mengalihkan energi mekanik menjadi energi hidrolik (Alfrendy *dkk.*, 2018). Sistem propulsi pada *waterjet* adalah suatu sistem propulsi yang menggunakan gaya dorong fluida untuk menggerakkan laju kapal pada kecepatan operasi yang sudah ditentukan. Motor utama kapal menggerakkan pompa untuk menghasilkan gaya dorong fluida dalam sistem propulsi pada *waterjet*. Tahap awal dari sistem ini ialah air akan masuk ke sisi hisap pompa yang terletak di bagian sisi bawah kapal. Air yang mengalami tekanan akan mengalir ke sisi bagian luar pada kapal. Pada bagian terluar, *nozzle* berfungsi sebagai alat untuk meningkatkan tekanan air yang akan keluar. Air yang bertekanan tinggi menghasilkan gaya dorong kapal yang arahnya berlawanan dengan arah gaya dorong air (Maulana, 2017).

Sistem propulsi pada *waterjet* yang baik memiliki efisiensinya tinggi setara dengan tenaga yang dihasilkannya. Pernyataan pada hukum III Newton menyatakan “*Setiap ada gaya aksi, maka akan selalu ada gaya reaksi yang besarnya sama tetapi arahnya berlawanan*”. Hal inilah yang berhubungan dengan sistem pada propulsi *waterjet*, gaya aksi yang diciptakan oleh *propeller* terhadap fluida menciptakan gaya reaksi dari fluida tersebut berupa arus fluida (Munawir *dkk.*, 2017).

Gaya dorong (*thrust*) adalah suatu aspek yang sangat penting dalam mengatasi tahanan (*resistance*) atau gaya hambat pada kapal. Idealnya, besar pada gaya dorong yang dibutuhkan sama dengan hambatan yang ada (Astamar, 2004). Pada kenyataannya yang terjadi tidaklah realistis karena terjadi fenomena hidrodinamika di bagian lambung kapal sehingga hasil dari nilai gaya dorong kapal akan menurun (Molland *dkk.*, 2011). Gaya dorong ialah suatu gaya yang dihasilkan dari gaya *pitching* pada bagian belakang *propeller* yang memiliki gerakan searah dengan gerakan kapal. Beberapa kualifikasi yang harus dicermati dalam mendesain *propeller* guna mendapatkan hasil yang maksimal yaitu dengan memperhatikan diameter, jumlah pada daun (*blade*), dan sudut *rake propeller*. Untuk mendapatkan nilai *thrust* yang berbeda maka saat melakukan pendesainan harus mampu mengikuti kualifikasi mendesain *propeller* dalam pengujiannya (Simbolon *dkk.*, 2015).

Gaya dorong yang dihasilkan pada suatu sistem propulsi tertentu harus mampu

menghilangkan beban tahanan yang dibawa fluida agar kecepatan yang telah dicapai dapat dipertahankan dengan hasil maksimal (Koenhardono *dkk.*, 2010).

Nori (2021) telah melakukan penelitian terhadap pengaruh variasi *stator turbo* pada *turbojet drive* dengan variasi *stator turbo 8, 6, dan 4 blade* menggunakan *filament ST PLA*. Dan berhasil membuktikan bahwa pada *stator turbo 8 blade* memiliki kecepatan tertinggi dibandingkan dengan kecepatan pada variasi lainnya dengan nilai tertinggi sebesar 44,145 N (Farandi *dkk.*, 2021).

Platform desain yang mendukung kumpulan dari berbagai *platform* lain melalui *cloud* yang menggabungkan desain dan manufaktur salah satunya ialah *software Autodesk fusion 360*. *Fusion 360* ini adalah suatu inovasi perangkat lunak yang dikenalkan oleh *software Autodesk* yang mana mampu menggabungkan desain pada industri, simulasi, serta pada sistem CAD/CAM. *Fusion 360* saat ini populer digunakan oleh para pendesain dikarenakan memiliki tingkat presisi desain yang mana dapat digunakan secara praktis dan efisien untuk diimplementasikan bagi pemula, serta desain yang dibuat dapat untuk diproduksi oleh pendesain (Arto *dkk.*, 2019).

Produk material PLA merupakan salah satu jenis *thermoplastic polymer* yang sering digunakan para peneliti untuk membuat objek tiga dimensi. Material jenis PLA memiliki dimensi paling baik dalam mengorientasi posisi objek horizontal yang memiliki jumlah akurasi materialnya tidak melebihi 1 mm pada setiap layernya (Suzen *dkk.*, 2020). ST PLA ialah suatu inovasi dari *filament PLA* yang mana sudah dikomposkan dengan gabungan suatu aditif spesial. Dalam pengembangannya *filament* ini tidak berpengaruh terhadap biodegradasi, memiliki kelebihan yaitu produk lebih keras daripada PLA normal sebelumnya, maka dari itu hal tersebut menciptakan kekuatan maksimal. ST PLA juga memiliki ikatan yang lebih kuat dan memiliki ketahanan terhadap benturan (Subakti dan Hasdiansah, 2021).

Penelitian yang dilakukan dalam melakukan pengujian kekuatan terhadap lentur dan deformasi menggunakan *filament ST PLA* menyatakan bahwa bentuk geometri *infill* mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan terhadap lentur dan deformasi pada produk 3D *printing*. Oleh karenanya dengan memilih bentuk pada geometri *infill* yang tepat

dan memperhatikan dapat berpengaruh terhadap hasil dari produk 3D printing dengan kekuatan lentur yang maksimum (Hasdiansah dkk., 2022). Penelitian ini pun menggunakan material jenis ST PLA (*Super Tough Poly Lactic Acid*) sebagai material part pada 3D printing untuk komponen *waterjet thruster*.

Teknologi yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengerjakan objek 3D printing adalah menggunakan teknologi FDM (*Fused Deposition Modelling*). Teknologi FDM adalah salah satu jenis 3D printing yang paling sering digunakan karena teknologi ini lebih murah secara ekonomi, mudah dalam penggunaannya, dan *filament* atau material produk komersial tersedia secara luas di pasaran (Hasdiansah dkk., 2023). Prinsip pengoperasian FDM adalah mengekstrusi *thermoplastic* dengan *nozzle* panas *melting temperature*, yang kemudian dilapis per lapis pada produk (Pristiansyah dkk., 2019).

Tujuan penelitian ini ialah untuk mendapatkan hasil variasi jumlah *blade inlet turbo* terhadap gaya dorong tertinggi pada *prototype waterjet thruster*. Kemudian akan dilakukan pengambilan data dan dianalisis setelah dilakukan pengujian gaya dorong.

METODE PENELITIAN

Dalam menunjang proses pelaksanaan penelitian, pada objek penelitian yang akan dilakukan pada mesin 3D printer FDM *Ender 3 Pro* menggunakan suhu *nozzle* 200-300°C, *bed temperature* 60-70°C, dan *printing speed* 50 mm/s. material yang digunakan ialah filamen ST PLA merk CCTree. Desain objek dibuat dengan menggunakan *software Autodesk Fusion 360*, timbangan untuk mengukur berat tarikan yang dihasilkan dari kekuatan tarik *waterjet*.

Penelitian ini diawali dengan pengidentifikasi permasalahan yang terjadi pada sistem perkapalan nelayan. Diawali dari studi literatur yang didapatkan dari jurnal-jurnal terkait gaya dorong pada *waterjet*. Bentuk dan dimensi objek cetak di desain menggunakan *software Autodesk fusion 360* dengan ukuran *waterjet thruster* 1 inci. Desain untuk *inlet turbo* memiliki diameter sebesar 38,5 mm yang ditunjukkan pada Gambar 1. Ukuran yang digunakan untuk part *Outlet turbo* sama dengan ukuran pada *inlet turbo*. Adapun untuk desain *impeller* memiliki panjang total yaitu 34 mm dengan variasi jumlah 3 blade. Dan

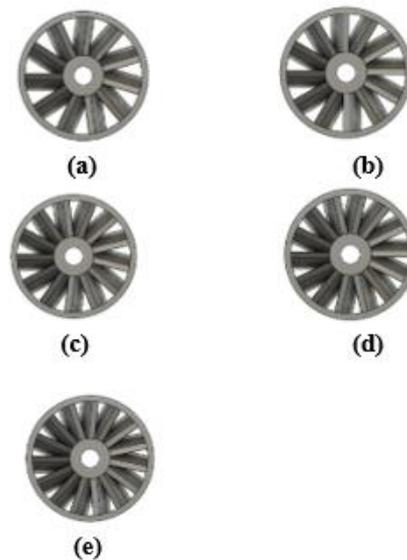
menggunakan variasi jumlah *outlet turbo* yaitu 12 blade.

Pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan gaya dorong terhadap 3 variasi *blade inlet turbo* yaitu berjumlah 11, 12, 13, 14 dan 15 *blade inlet turbo* dengan menggunakan perahu uji dengan berat 8,030 kg, menggunakan timbangan digital dan menggunakan putaran mesin sebesar 4600 RPM berupa bor tangan.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Prototype	Blade Inlet	Blade Outlet	Blade Impeller
I	11	12	3
II	12	12	3
III	13	12	3
IV	14	12	3
V	15	12	3

Tahapan-tahapan dari pembuatan dan perakitan *waterjet thruster* ialah setelah dilakukan penggambaran pada *software fusion 360* maka desain *blade inlet* dibuat dalam format *file STL*. Format *file STL* kemudian dimasukkan pada *software Ultimaker Cura* untuk parameter proses dan level yang telah ditentukan untuk menerima G-code. Setelah itu, dalam proses pencetakan part dengan mesin 3D printing digunakan filamen ST PLA.



Gambar 1. 3 Variasi Jumlah Blade Inlet Turbo

(a) 11 blade (b) 12 blade (c) 13 blade (d) 14 blade (e) 15 blade

Setelah semua part dicetak, dilakukan perakitan pada *waterjet thruster*. Pada engine

akan dilakukan beberapa proses manufaktur yang bertahap. Dan proses perakitan terakhir pada *waterjet thruster* dengan memasang satu persatu tiap bagian komponen yang tersambung dengan *engine*.



(a)



(b)



(c)

Gambar 2. Proses Uji Waterjet Thruster
 (a) Kapal Uji Prototype Waterjet Thruster
 (b) Komponen Waterjet Thruster
 (c) Waterjet Thruster

Pada tahapan selanjutnya dilakukan proses pengujian pada lima variasi jumlah *blade inlet turbo*. Proses pengujian ini dilakukan dengan meletakkan komponen *waterjet thruster* ke dalam sebuah kolam dan beserta *engine*. Proses pengujian ini akan dibantu oleh timbangan yang akan mengukur berat tarikan yang dapat didorong oleh *waterjet*. Kapal akan

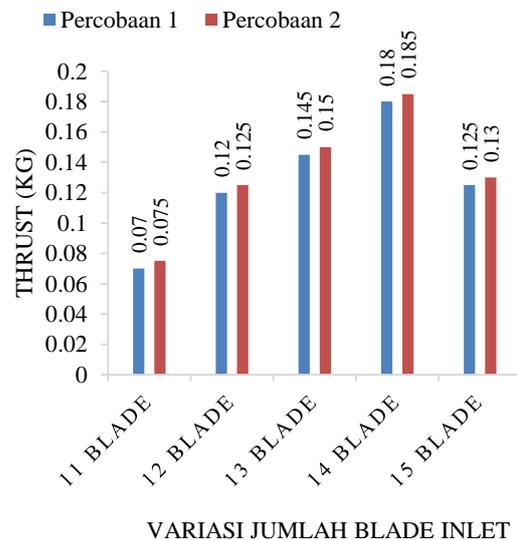
melaju dengan adanya kekuatan dari mesin induk kapal berupa bor tangan yang disambungkan ke listrik. Lalu nilai akan didapat dari hasil tarikannya. Nilai tersebutlah yang nantinya akan digunakan untuk mengetahui nilai gaya dorong pada setiap *part inlet turbo* yang telah diuji. Proses pengujian gaya dorong pada *waterjet thruster* dapat dilihat di bawah pada Gambar 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah lima buah variasi *part inlet turbo* melalui proses pengujian gaya dorong menggunakan *waterjet thruster*, maka didapatkan hasil pengujian yang beragam dari setiap *part inlet turbo*. Adapun 5 hasil nilai rata-rata dari hasil pengujian dengan dua kali percobaan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian

Blade Inlet	Percobaan n 1	Percobaan n 2	Rata-rata
11	0.070 kg	0.075 kg	0.0725 kg
12	0.120 kg	0.125 kg	0.1225 kg
13	0.145 kg	0.150 kg	0.1475 kg
14	0.180 kg	0.185 kg	0.1825 kg
15	0.125 kg	0.130 kg	0.1275 kg



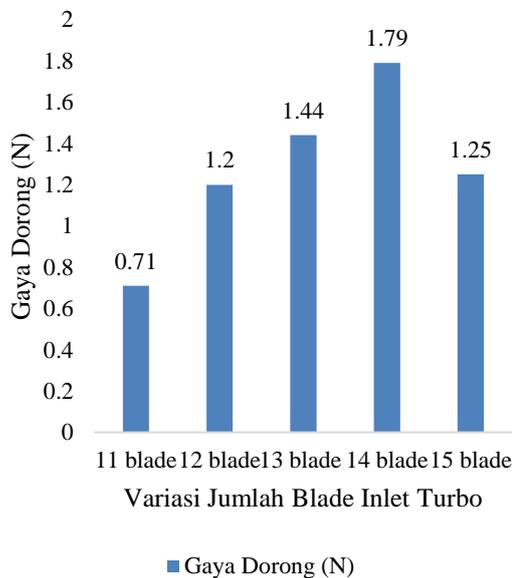
Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian

Dari hasil pengujiannya dengan dua kali percobaan untuk satu *waterjet thruster* maka didapatkan hasil yang bervariasi. Dimana nilai tertinggi dari hasil pengujian kelima variasi *blade inlet turbo* pada *waterjet thruster* yaitu

pada *blade inlet turbo* 14 dengan hasil rata-rata sebesar 0,1825 kg. Jika ditampilkan dalam bentuk grafik, data hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 3. Dengan persamaan Hukum Newton sebagai seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Gaya Dorong

Blade Inlet	$F = m \cdot g$	Gaya Dorong
11	$0.0725 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2$	0,71 N
12	$0.1225 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2$	1.20 N
13	$0.1475 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2$	1.44 N
14	$0.1825 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2$	1.79 N
15	$0.1275 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2$	1.25 N



Gambar 4. Grafik Gaya Dorong

Dari hasil pengujian didapatkan nilai gaya dorong yang bervariasi yaitu nilai yang tertinggi hingga yang terendah. Pada Tabel 3 disajikan kelima hasil dari gaya dorong yang sudah dilakukan pengujian. Didapatlah nilai tertinggi pada variasi jumlah *blade inlet turbo* yaitu pada *blade inlet turbo* 14 dengan gaya dorong sebesar 1.79 Newton.

Hal ini terjadi dikarenakan penggunaan *inlet turbo* yang bervariasi. Penggunaan *inlet turbo* yang bervariasi pada proses pengujian sangat mempengaruhi hasil dari gaya dorong pada setiap variasi. Pada variasi *inlet turbo* yang digunakan tidak mempengaruhi gaya dorong tertinggi dan begitu juga sebaliknya. Hal ini dikarenakan semakin banyak *blade inlet turbo* luas input fluida juga ikut berkurang sehingga

aliran yang masuk ke dalam sistem juga ikut berkurang atau sempit. Dan pengaruh keseluruhan pada variasi jumlah *blade inlet turbo* dapat dilihat pada Gambar 4.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari Hasil pengujian pada penelitian variasi jumlah *blade inlet turbo* maka disimpulkan bahwa pada pengujian *waterjet thruster* berdiameter 1 inch dengan *impeller* 4 *blade* dan *outlet turbo* 12 *blade*, didapatkan hasil gaya dorong yang berbeda pada setiap pengujian. Variasi jumlah *blade inlet turbo* dengan gaya dorong tertinggi dicapai oleh *blade inlet turbo* 14 dengan gaya dorong sebesar 1.79 N. Semakin banyak variasi jumlah *blade inlet turbo* yang digunakan, tidak mempengaruhi gaya dorong tertinggi, dan sebaliknya. Hal ini dikarenakan semakin banyak *blade inlet turbo* luas input fluida juga ikut berkurang. Sehingga aliran fluida yang masuk ke dalam sistem semakin sedikit. Semakin luas input fluida juga tidak membuat gaya dorong bertambah. Hal ini dikarenakan *blade inlet turbo* yang sedikit tidak mampu mengarahkan fluida yang masuk ke dalam sistem *waterjet thruster*.

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, M.Z. dkk. (2012) “Analisa Performance Propeller B-series dengan pendekatan structure dan unstructure meshing,” *Jurnal Teknik ITS*, 1(1), hal. G241–G246.

Alfrendy, A. dkk. (2018) “Analisa Penerapan Diesel Waterjet Propulsion (Dwp) Dan Electrical Waterjet Propulsion (Ewp) Ditinjau Dari Konsumsi Bbm Pada Kapal Patroli Imigrasi 14 Meter,” *Jurnal Teknik Perkapalan*, 6(1), hal. 168–177.

Arief, I.S. dkk. (2014) “Perancangan Program Pemilihan Propeller Jenis Wageningen B Series Berbasis Efisiensi.”

Arto, B. dkk. (2019) “Rancang Bangun Smart Plug Untuk Sistem Monitoring Dan Proteksi Hubungsingkat Listrik,” *Jurnal ELTIKOM: Jurnal Teknik Elektro, Teknologi Informasi Dan Komputer*, 3(2), hal. 77–84.

Astamar, Z. (2004) *mekanika teknik*.

Farandi, N. dkk. (2021) “Pengaruh Variasi Stator Turbo Blade Terhadap Kekuatan Dorong Turbojet Drive Produk 3D Printing Material ST-PLA.”

Harun dkk. (2019) *Kelautan Dan Perikanan*

- Dalam Angka Bangka Belitung 2018.* Diedit oleh Y. Ristianty. Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Kepulauan Bangka Belitung.
- Hasdiansah dkk. (2022) “Pengaruh bentuk infill terhadap kekuatan lentur produk 3D printing menggunakan filamen super tough PLA,” *Jurnal Ilmiah MOMENTUM*, 33(1), hal. 1–12.
- Hasdiansah, H. dkk. (2023) “FDM-3D printing parameter optimization using taguchi approach on surface roughness of thermoplastic polyurethane parts,” *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, hal. 1–14.
- Koenhardono, E.S. dkk. (2010) “Aplikasi Sistem Propulsi Hybrid Shaft Generator (Propeller Dan Waterjet) Pada Kapal Patroli Trimaran.”
- Maulana, A. (2017) *Kajian Teknis Perancangan Sistem Propulsi Waterjet Pada Patrol Boat 10,3 M.*
- Molland, A.F. dkk. (2011) “Ship Resistance and Propulsion,” *Ship Resistance and Propulsion* [Preprint]. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1017/cbo9780511974113>.
- Munawir, A. dkk. (2017) “Studi Prototipe Pengaruh Sudut Kemiringan Poros Baling-Baling Terhadap Daya Dorong Kapal Laut,” 2, hal. 18–24.
- Pristiansyah dkk. (2019) “Optimasi Parameter Proses 3D Printing FDM Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Filament Eflex,” *Manutech: Jurnal Teknologi Manufaktur*, 11(01), hal. 33–40. Tersedia pada: <https://doi.org/10.33504/manutech.v11i01.98>.
- Ridho, M. dkk. (2015) “Analisa Fatiguepropeller Tugboat Ari 400Hp Dengan Metode Elemen Hingga,” *Jurnal Teknik Perkapalan*, 3(1), hal. 110–117.
- Simbolon, H. dkk. (2015) “Analisa Nilai Maximum Thrust Propeller B-Series Dan Kaplan Series Pada Kapal Tugboat Ari 400 Hp Dengan Variasi Diameter, Jumlah Daun, Sudut Rake Menggunakan Cfd,” *Jurnal Teknik Perkapalan*, 3(4), hal. 394–404.
- Subakti, Y. dan Hasdiansah (2021) “Pengaruh Parameter Proses Terhadap Kekuatan Tarik Filamen St-Pla Menggunakan Metode Taguchi.” Tersedia pada: www.primes3d.com.
- Suzen, Z.S. dkk. (2020) “Pengaruh Tipe Infill dan Temperatur Nozzle terhadap Kekuatan Tarik Produk 3D Printing Filamen Pla+ Esun,” *Manutech: Jurnal Teknologi Manufaktur*, 12(02), hal. 73–80.
- Wilastari, S. dan Santoso, B. (2022) “Studi Kasus Perbaikan Daun Baling-Baling Kapal Tug Boat Akibat Patah dan Fouling,” *Jurnal Ilmiah MOMENTUM*, 18(1), hal. 24. Tersedia pada: <https://doi.org/10.36499/jim.v18i1.6436>.
- Zain, A.Z. dkk. (2018) “Analisa Perbandingan Propeller Berdaun 4 Pada Kapal Trimaran Untuk Mengoptimalkan Kinerja Kapal Menggunakan Metode Cfd,” *Jurnal Teknik Perkapalan*, 6(1), hal. 178–188.