

Aktifitas Perawatan Dan Perbaikan Daun Baling- Baling Pada Kapal

Salim¹, Waris Wibowo², Prasetya Sigit Santosa³, Lukas Kristianto⁴, Benny Hartanto⁵, Yudhanita Pertiwi⁶

^{1,2,3,4} Prodi Permesinan Kapal Sekolah Tinggi Maritim Yogyakarta, Jl. Magelang KM 4.4, Yogyakarta 55284, Indonesia

^{5,6} Prodi Nautika Sekolah Tinggi Maritim Yogyakarta, Jl. Magelang KM 4.4, Yogyakarta 55284, Indonesia

* Corresponding Author. E-mail : salimtawang@gmail.com. Telp : 0813-2954-4038

Abstrak

Kerusakan pada daun *propeller* (baling – baling) sangat berpengaruh terhadap *performa* dari kapal dikarenakan daya yang dipindahkan dari mesin induk tidak dapat dipakai secara maksimal. Jenis kerusakan daun baling – baling kapal selama berlayar diantaranya kavitasi, *fouling*, bengkak, retak bahkan patah akibat benturan dengan benda asing. Untuk tetap mengoptimalkan daya dorong baling – baling maka diperlukan proses perawatan dan perbaikan baling-baling diantaranya adalah dengan pembersihan, penambalan, pelurusan serta pemotongan bagian yang patah untuk kemudian disambung dengan material baru dengan cara pengelasan (penyambungan). Setelah perawatan dan perbaikan proses selanjutnya adalah dilakukan pengetesan dengan metode *liquid penetrant test* serta *balancing*. Hasil *balancing* akan menunjukkan bahwa daun baling-baling sudah memenuhi standar atau belum untuk digunakan berlayar. Metode penelitian dalam penelitian ini menggunakan metode studi kasus dan deskriptif dengan penekanan pada faktor kavitasi dan *fouling* yang sering menyebabkan kerusakan. Hasil penelitian menegaskan pentingnya perawatan rutin dan penggunaan metode yang tepat dalam pemeliharaan baling-baling kapal. Proses perawatan dan perbaikan baling-baling meliputi penambalan, pelurusan, pemotongan dilanjutkan penyambungan dengan pengelasan serta pengerendaan (penghalusan) serta uji penetrasi (*colour test*).

Kata Kunci: Perawatan dan perbaikan, daun baling- baling, liquid penetrant test, *balancing*.

Abstract

Damage to the propeller blades significantly affects the performance of the ship, as the power transferred from the main engine cannot be utilized optimally. Types of damage to ship propeller blades during sailing include cavitation, fouling, bending, cracking, and even breaking due to collisions with foreign objects. To optimize the thrust of the propeller, maintenance and repair processes are necessary, including cleaning, patching, straightening, and cutting broken parts to be welded with new material. After maintenance and repairs, the next step is testing using the liquid penetrant test method and balancing. The balancing results will indicate whether the propeller blades meet the standards for sailing. The research method used in this study is a case study method, focusing on cavitation and fouling

factors that often cause damage. The research results emphasize the importance of routine maintenance and the use of appropriate methods in the maintenance of ship propellers. The maintenance and repair processes of the propeller include patching, straightening, cutting, welding, grinding, and penetration testing (colour test).

Keywords: *Maintenance And Repair, Propeller Blades, Liquid Penetrant Test, Balancing.*

PENDAHULUAN

Dalam mengoperasikan sebuah kapal diperlukan daya dorong untuk menghasilkan tenaga optimal agar kapal dapat bergerak sesuai dengan tempat tujuan (Wibowo & Astriawati, 2021). Jenis propulsi yang saat ini paling sering digunakan yaitu sistem propulsi dengan sumber tenaga penggerak dari mesin diesel (Subekti et al., 2022). Prinsip kerja penggerak diesel yaitu mengubah energi mekanik dari mesin yang diteruskan ke baling-baling sehingga berputar dan dapat menggerakkan kapal (Astriawati & Wibowo, 2020). Komponen utama sistem propulsi dengan penggerak mesin diesel terbagi menjadi 3 (tiga), diantaranya yaitu mesin induk (*main engine*), system penyalur tenaga (poros dan perlengkapannya) serta baling-baling (Prasetya & Koenhardono, 2016).

Jumlah daun baling-baling pada suatu kapal, harus disesuaikan dengan perencanaan dan kebutuhan (Utomo & Khristyson, 2019). Kerusakan pada baling-baling dapat terjadi karena berbagai faktor. Penyebab kerusakan yang biasa terjadi yaitu terjadinya kavitasi, *fouling*, yang menyebabkan daun baling-baling terkikis, selanjutnya akan membuat getaran yang berlebihan sehingga berpengaruh pada *effective horse power* (EHP) yang dihasilkan mesin induk. Menurut Azizah et al., (2022) kerusakan yang bisa terjadi karena benturan dengan benda keras atau batu karang yang menyebabkan bengkokkan atau bahkan patahan pada bagian daun baling-baling. Berdasarkan klasifikasinya, tipe daun baling-baling dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu berdasarkan jumlah daun dan berdasarkan putaran daun baling-balingnya yaitu diantaranya *fixed pitch propeller* (FPP), *kort nozzle*, *contra-rotating propeller*, *overlapping propeller*, *controllable pitch propeller* (CPP), *waterjet propulsion system*, *cycloidal propeller*, *paddle wheels*, dan *azimuththruster* (Azizah et al., 2022).

Penyebab kerusakan juga karena terjadi benturan dengan benda keras, atau batu karang yang menyebabkan, retak, bengkok atau bahkan patah pada bagian daun baling-baling. Apabila hal tersebut terus menerus terjadi tanpa adanya perawatan dan perbaikan, maka kerusakan pada daun baling-baling akan semakin parah sehingga membuat kerja mesin semakin berat karena daya yang dihasilkan kurang maksimal, dan pemindahan daya tersebut tidak tersalurkan dengan baik oleh daun baling-baling karena mengalami kerusakan. Usia daun baling-baling yang sudah terbilang cukup lama juga dapat menjadi pemicu rusaknya daun baling-baling, karena lebih rentan mengalami kerusakan seperti lebih rapuh dan mudah patah. Faktor material juga dapat berpengaruh terhadap rusaknya baling-baling (Meliala, 2024). Setiap material memiliki karakteristik masing-masing dimana saat diberi beban yang dilakukan berulang-ulang dapat mengakibatkan kerusakan salah

satunya yaitu *fatigue* (Wibowo, 2017). Pelaksanaan perawatan dan perbaikan daun baling-baling biasanya dilakukan di atas *dock*. Perawatan atau perbaikan yang dilakukan pada daun baling-baling dilakukan sesuai dengan jenis kerusakan dan tingkat kerusakannya. Apabila terjadi retak, patah pada daun baling-baling maka dilakukan penambalan dan pengelasan dengan bahan yang sesuai pada area yang retak atau patah tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui proses perawatan dan perbaikan baling-baling pada kapal.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode studi kasus dan deskriptif untuk mengkaji dampak kegagalan propeler pada kapal. Menurut Iswadi et al., (2023), metode penelitian studi kasus merupakan strategi yang tepat untuk digunakan dalam penelitian yang menggunakan pokok pertanyaan penelitian *how* atau *why*, sedikit waktu yang dimiliki peneliti untuk mengontrol peristiwa yang diteliti, dan fokus penelitiannya adalah fenomena kontemporer, untuk melacak peristiwa kontemporer. Pada metode studi kasus, peneliti fokus kepada desain dan pelaksanaan penelitian. Desain penelitian deskriptif adalah jenis desain penelitian yang bertujuan untuk menggambarkan atau menjelaskan karakteristik suatu fenomena atau populasi dengan cara yang sistematis dan obyektif (Ramdhan, 2021).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Propeller adalah sebuah komponen yang di gunakan pada sebuah kapal dan berada pada bagian bawah belakang sebuah kapal serta terbenam di dalam air. Sistem pengoperasiannya seperti perputaran sebuah skrup yang terdiri dari beberapa *blade*. (Na'maikalatif, 2022). Diameter sebuah *propeller* sudah di rancang sedemikian rupa sehingga pada saat kapal bermuatan dan beroperasi, *propeller* tersebut harus terbenam dalam air secara sempurna serta tidak mengalami terikutnya udara atau biasa di sebut (*airdrawing*) dan terpacunya baling-baling (*racing*) saat kapal bergerak mengganggu. Kerusakan pada *propeller* khususnya pada daun *propeller* berpengaruh terhadap performa dari kapal dimana daya yang disalurkan dari mesin tidak dapat di serap secara maksimal. (Manik, 2009).

Proses perawatan dan perbaikan *propeller* kapal dilakukan ketika kapal berada di atas dok (*proses docking*), umumnya kerusakan pada *propeller* terjadi pada bagian daunnya (*blade*) dimana daun *propeller* inilah yang menjadi penghubung antara kapal dan air sehingga kapal dapat berjalan (Ramadani & Sakti, 2017). Material daun baling – baling. Material yang digunakan untuk membuat material baling- baling pada kapal dirancang agar tahan korosi karena penggunaannya paling banyak di air laut. Selain tahan korosi, baling – baling harus memenuhi syarat dari segi kekuatan. Saat ini, material yang banyak digunakan dalam pembuatan baling- baling adalah paduan *bronze*, karena 10 s/d 15% lebih ringan dari bahan lain. *Bronze* tersebut terdiri dari campuran tembaga dengan timah (*bronze alloy*) atau yang sering disebut kuningan. Kuningan adalah logam paduan tembaga sebagai unsur utama. Sedangkan unsur pepadu pada paduan utama antara lain mangan (Mn), silikon (Si), magnesium (Mg). Bahan- bahan tersebut dipilih

karena memiliki ketahanan yang baik terhadap korosi air laut. (Aminuddin et al., 2020). Selain *Bronze* bahan baling - baling juga dibuat dari paduan stainless steel. Karena *Bronze* dan stainless steel memiliki kekuatan yang lebih tinggi.

Pertimbangan yang dibutuhkan dari sifat material baling- baling antara lain : a) Memiliki tingkat ketahanan yang tinggi terhadap kelelahan yang diakibatkan oleh korosi air laut. b) Ketahanan terhadap erosi akibat kavitasi yang tinggi. Mempunyai kekuatan yang tinggi terhadap rasio beban. (Carlton, 2007). Beberapa jenis - jenis kerusakan daun baling – baling. Kerusakan yang terjadi pada daun baling - baling biasanya berupa kavitasi, *fouling*, daun baling- baling yang retak, bengkok (Gambar. 3) ataupun patah (Gambar. 4) karena benturan dengan benda-benda di laut, faktor usia, material yang tidak memenuhi standart ataupun kesalahan dalam proses pembuatan.

Jenis – jenis kerusakan daun baling – baling diantaranya : a) kavitasi *propeller* (pengikisan daun baling baling). Secara teori kavitasi yang terjadi pada *propeller* disebabkan oleh naiknya kecepatan yang menyebabkan penurunan tekanan. Kavitasi merupakan fenomena yang dapat terjadi bila baling -baling bekerja dengan beban yang relative tinggi. Jenis-Jenis kavitasi baling – baling tidak ada standar nyata yang dapat dipakai untuk menerangkan jenis kavitasi, tetapi tidak dapat dikatakan bahwa penjelasan mengenai bentuk kavitasi harus mencakup keterangan baik mengenai letak, ukuran, struktur, dan dinamika kavitasi maupun dinamika aliran yang diacu secara teratur.



Gambar 1. Kavitasi daun baling-baling



Gambar 2. Daun baling-baling retak

Jenis - jenis kavitasi : a). *Sheet Cavitation*. Lapisan uap tipis yang menempel pada daun baling – baling. Jika sudut daun baling – baling tidak berubah maka kavitasi jenis ini tidak akan menimbulkan kerusakan parah. b) *Bubble Cavitation*.

Terbentuk karena hasil ketidak stabilan dari sheet cavitation atau dari kuatnya aliran turbulen. Kavitasi ini dapat mengakibatkan kerusakan yang cukup besar, menyebabkan kebisikan dan erosi dari material daun baling baling. c) Tip -Vortex Cavitation. Di ujung dan pada hub baling-baling, ujung kavitasi terbentuk, sehingga dapat mengakibatkan banyak kerusakan dalam bentuk erosi pada daun baling baling.

Berdasarkan posisi kavitasi pada daun beling – baling : a) Ujung daun. b) Pangkal daun (*root fillet*). c) Celah antara daun dan tabung *propeller*. Pengaruh kavitasi pada baling-baling kapal mempunyai pengaruh merusak, antara lain : a) Berkurangnya gaya dorong kapal. b) Efisiensi baling-baling/propulsive efficiency akan berkurang, sehingga kecepatan kapal tidak sesuai yang diharapkan. Hal ini disebabkan oleh karena baling-baling tidak bekerja pada air yang homogen, tetapi didalamnya air tersebut tercampur dengan uap dan gas, sehingga menurunkan daya *propeller*. c) Kavitasi dapat menyebabkan erosi pada bahan baling-baling, baik keausan umum (pengasaran) yang meliputi daerah yang luas dan erosi cepat dan burik (pitting) pada luasan setempat. d) Terdengarnya suara berisik pada bagian buritan kapal. e) Kavitasi dapat menyebabkan getaran pada lambung dan bunyi, dan ini sering merupakan sumber masalah besar, misalnya pada kapal yang mempunyai daya mesin besar. f) Apa bila ini berlangsung terus menerus dapat mengakibatkan *propeller* retak dan akan mengakibatkan daun baling-baling patah. (Roberto Wonata, 2020).



Gambar 3. Daun baling-baling bengkok



Gambar 4. Daun baling-baling patah

Fouling. *Biofouling* memiliki dampak yang signifikan terhadap efisiensi propulsi semua kapal. Ini adalah mikroorganisme, tumbuhan, alga, atau hewan kecil di permukaan lambung kapal dan baling-baling. *Biofouling* meningkatkan kekasaran permukaan lambung dan baling-baling, yang menyebabkan peningkatan tahanan kapal. Akibatnya, peningkatan tahanan menyebabkan daya poros yang dibutuhkan meningkat untuk mempertahankan kecepatan kapal yang konstan, atau kecepatan diturunkan pada daya yang konstan. Faktor-faktor ini mempengaruhi konsumsi bahan bakar dan emisi.

Jenis Baling- Baling. Berdasarkan klasifikasinya, tipe daun baling – baling dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu berdasarkan jumlah daun dan berdasarkan putaran daun baling- balingnya yaitu diantaranya: *Fixed pitch propeller* (FPP), *Kart nozzle*, *Contra- rotating propeller*, *Overlapping propeller*, *Controllable pitch propeller* (CPP), *Waterjet propulsion system*, *Cyclodial propeller*, *Paddle wheels*, *Azimuth thruster*. Pelaksanaan Perawatan dan Perbaikan baling – baling. Agar dapat bergerak, daun baling- baling membutuhkan energi dari *main engine* yang nantinya energi yang dihasilkan diubah menjadi energi mekanis sehingga menghasilkan daya dorong yang membuat daun baling- baling berputar. Karena perbedaan pembagian tekanan dari bagian belakang daun baling- baling dan bagian depan daun baling – baling maka terjadilah gaya dorong pada baling - baling. Pembagian tekanan pada daerah bagian depan daun baling- baling relatif lebih besar dibanding dengan pembagian tekanan pada daerah bagian belakang daun baling- baling. Hal ini membuat terjadinya gaya angkat (*lift force*). Pada sumbu lateral kapal, proyeksi vektor gaya angkat yang dihasilkan disebut gaya dorong kapal (*thrust*).

Perawatan dan Perbaikan Daun Baling - Baling. Untuk meminimalisir terjadinya kerusakan, baling- baling harus selalu diperiksa saat melakukan survei tahunan, survei pertengahan ataupun saat *special survey* guna mengetahui apakah performa baling- baling masih bekerja dengan baik atau tidak. Apabila baling- baling mengalami kerusakan maka kerja mesin semakin berat karena daya yang dihasilkan sudah maksimal, namun transfer daya tersebut tidak terserap dengan baik oleh daun baling - baling karena mengalami kerusakan.

Langkah - langkah perawatan dan perbaikan baling - baling : 1) Membersihkan daun baling - baling 2) Tahap awal dari perawatan baling-baling yaitu membersihkan daun baling- baling saat baling - baling masih terpasang pada poros. 3) Untuk menghilangkan kotoran - kotoran yang menempel pada baling- baling seperti binatang laut ataupun tumbuhan. Lebih baik menggunakan pengikis plastik untuk menghilangkan teritip dari pada pengikis logam agar permukaan pisau tidak tergores. 4) Memeriksa permukaan mata pisau apakah ada penyok, goresan atau goresan, berikan perhatian khusus pada ujung mata pisau.

Proses melepas baling- baling. Pada proses ini, baling- baling dilepas dari porosnya untuk dilakukan pengecekan pada shaft maupun perbaikan pada baling - baling apabila terjadi patahan atau bengkokan sehingga mengharuskan daun baling- baling dilepas untuk melakukan perbaikan. *Cleaning* daun baling- baling. Proses ini yaitu pembersihan daun baling- baling. Proses *cleaning* daun baling – baling dilakukan untuk melihat lebih detail kondisi permukaan daun baling - baling apakah terjadi kerusakan seperti kavitas, keretakan atau bengkok. Pada tahap ini, apabila

ditemukan patahan, maka dilakukan pemeriksaan kelengkungan pada patahan. Sedangkan pada keretakan, maka diukur seberapa besar keretakannya.

Perbaikan daun baling- baling. Meluruskan Daun Baling-baling yang bengkok. Meluruskan daun baling-baling yang bengkok, dilaksanakan dengan bantuan pemanasan. Apabila bengkoknya tidak terlalu besar, maka meluruskannya cukup dengan menggunakan palu dengan penahan dibaliknya berupa kayu. Bila bengkoknya cukup luas maka cara pelurusannya dengan menggunakan mesin *press*, setelah pelurusan daun baling – baling harus diadakan *annealing* sampai 850 - 950°C. Pemanasan ini dilakukan agar tidak timbul keretakan yang baru. Pada daun baling - baling kapal yang terkikis, perbaikan dapat dilakukan dengan melakukan penambahan bahan yang sesuai dengan material baling - baling dengan las pada bagian - bagian yang mengalami pengikisan, lalu permukaan yang sudah dilas dihaluskan kembali hingga seperti kondisi awal. Pada daun baling- baling yang mengalami *crack* (retak), perbaikan yang dilakukan juga dengan penambahan material yang sesuai dengan baling - baling dengan cara di las. Apabila kerusakan akibat karat serta keausan cukup dalam serta daerahnya cukup luas (lebih dari 1/3 panjang daun *propeller*) maka bagian ini harus dipotong, dengan terlebih dahulu ditandai dan dipasang dengan bahan *bronze* yang baru dengan proses pengelasan. Khusus untuk baling-baling dari *bronze*, sebelum pengelasan harus dipanaskan sampai $\pm 700\text{ }^{\circ}\text{C}$

Pada bengkokan yang tidak terlalu parah, perbaikan daun baling- baling yaitu cukup dengan diluruskan kembali dengan cara memanaskan area yang bengkok lalu dipres hingga permukaan rata. Sedangkan pada bengkokan yang parah, bagian daun baling - baling harus dipotong dan diganti dengan bahan serta ketebalan yang sesuai. Bentuk potongan pada ujung daun baling – baling dengan ekor burung dengan tujuan agar cengkeram lebih kuat. Daun yang dapat diperbaiki adalah sekitar 20% dari pusat hub. Pada patahan yang terdapat di daun baling- baling sebelum dipotong, dibuat mal terlebih dahulu yang telah disesuaikan dengan bentuk dan ukuran yang diinginkan untuk dijadikan alas saat penambahan bahan. Setelah itu, dapat dilakukan penambahan bahan diatas mal yang sudah dibuat tanpa memperhatikan ketebalannya. Setelah itu permukaan yang tidak rata di gerinda hingga kembali ke bentuk semula serta memperhatikan ketebalannya. Hal yang harus diperhatikan untuk melakukan pengelasan adalah tempat kerja untuk pengelasan perbaikan. Tempat kerja harus bersih dan bebas dari debu, kotoran, ataupun serbuk logam dan kelembaban yang berlebihan.

Pengujian *colour check* atau *dye penetrant test*. Setelah perbaikan yang sudah dilakukan selesai, maka tahap selanjutnya yaitu pengujian *colour check* dengan menggunakan *dye penetrant test*. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa tidak ada cacat atau retakan yang tersisa pada bagian yang sudah diperbaiki. Pada *dye penentran test*, keretakan visual dapat terlihat namun keretakan yang terjadi dalam ketebalan tertentu tidak dapat terdeteksi sehingga diperlukan *infrared test*. *Balancing* baling- baling. *Balancing* baling-baling ada dua macam yaitu *balancing statis* dan *balancing dinamis*. *Balancing statis* berfungsi untuk melenyapkan gaya sentrifugal yang tidak balance, sedangkan *balancing dinamis* bertujuan untuk melenyapkan kopel yang tidak balance dan juga gaya sentrifugal yang tidak balance. Proses ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah setiap daun

baling – baling memiliki berat yang sama atau tidak. Apabila timbangan pada daun baling- baling mengalami perbedaan di setiap daun, maka dilakukan perbaikan ulang hingga tiap daun baling- baling memiliki berat yang sama.

Tahapan dalam *balancing* baling- baling dapat dilakukan secara manual dengan cara seperti berikut : 1) Menyiapkan sebuah poros dengan diameter yang sesuai dengan diameter boss *propeller*. 2) Memasukkan poros tersebut kedalam hub *propeller* dan berikan sedikit pelumas agar putaran lancar. 3) Memberikan pengunci pada kedua sisi poros agar *propeller* tidak terlepas ketika diputar. 4) Daun baling- baling diputar dengan kecepatan tertentu hingga *propeller* berhenti dengan sendirinya akibat massa *propeller* dan gaya gravitasi. 5) Apabila *propeller* berhenti pada satu sisi daun setelah dilakukan beberapa kali putaran dan letak daun tersebut selalu dibawah, maka dapat dipastikan daun tersebut memiliki massa yang lebih banyak. Apabila hal tersebut terjadi, maka daun baling- baling tersebut digerinda hingga massanya berkurang. Setelah daun baling- baling sudah sesuai beratnya, maka baling- baling dipasang kembali. Tujuan dari *balancing* ini adalah agar tidak terjadi torsi yang tidak seimbang pada saat *propeller* berputar yang mana jika dibiarkan terus dapat mengakibatkan deformasi atau lenturan pada poros *propeller* dan getaran yang sifatnya flukutatif dan merusak, sehingga dapat membahayakan.

SIMPULAN

Baling-baling sebagai komponen penggerak kapal dalam pemakaiannya mengalami kerusakan diantaranya adalah: korosi kavitasi, *fouling*, retak, bengkok, bahkan patah. Proses perawatan dan perbaikan baling-baling meliputi penambalan, pelurusan, pemotongan dilanjutkan penyambungan dengan pengelasan serta pengerendaan (penghalusan) serta uji penetrasi (*colour test*). Proses untuk menjaga keseimbangan pada masing – masing daun *propeller* dilakukan *balancing test*. Tujuan dari *balancing* ini adalah agar tidak terjadi torsi yang tidak seimbang pada saat *propeller* berputar yang mana jika dibiarkan terus dapat mengakibatkan deformasi atau lenturan pada poros *propeller* dan getaran yang sifatnya flukutatif dan merusak, sehingga dapat membahayakan

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar Iskandar, Andrew Ridow Johanis M, Mansyur, Rita Fitriani, Nur Ida, Putra Hendra S. Sitompul. (2023). *Dasar Metode Penelitian*. Yayasan Cendekiawan Inovasi Digital Indonesia.
- Aminuddin, R. R., Santosa, A. W. B., & Yudo, H. (2020). Analisa Kekuatan Tarik, Kekerasan Dan Kekuatan Puntir Baja St 37 Sebagai Bahan Poros Baling-Baling Kapal (Propeller Shaft) Setelah Proses Tempering. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 8(3), 368–374.
- Astriawati, N., & Wibowo, W. (2020). Perawatan Sistem Pendingin Mesin Diesel Pada Whell Loader Komatsu Wa120-3cs. *Jurnal Teknovasi: Jurnal Teknik Dan Inovasi*, 7(2), 76–85.
- Azizah, D. N., Marasabessy, A., & Hatuwe, M. R. (2022). *Analisis Kerusakan Daun Baling-Baling Dan Metode Perawatan Yang Tepat*. Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
- Carlton, J. S. (2007). *Marine Propellers And Propulsion* (Second). Elsevier Ltd.

- Iswadi, M. P., Karnati, N., Ahmad Andry, B., & Adab, P. (2023). *Studi Kasus Desain Dan Metode Robert K. Yin*. Penerbit Adab.
- Manik, P. (2009). Analisa Teknis Dan Ekonomis Sistem Perbaikan Daun Propeller Yang Patah Pada Km. Mandiri Dua Tanpa Docking. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Kelautan*, 6(2), 100–106.
- Meliala, R. A. S. (2024). *Analisa Sistem Bahan Bakar Guna Mempertahankan Performa Mesin Induk Di Km. Sabuk Nusantara 105*.
- Na'maikalatif, N. (2022). *Identifikasi Kegagalan Monitoring Dan Pengontrolan Controllable Pitch Propeller Pada Saat Manouvering Di Kapal Mt. Transko Aquila*. Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.
- Prasetya, H. K., & Koenhardono, E. S. (2016). Perencanaan Sistem Propulsi Hybrid Untuk Kapal Fast Patrol Boat 60 M. *Jurnal Teknik Its*, 5(2), B412–B418.
- Ramadani, A., & Sakti, A. M. (2017). Analisis Perbedaan Laju Korosi Material Jari-Jari Sepeda Motor (Spokes) Pada Berbagai Media Air Yang Berkonsentrasi Asam Di Daerah Perindustrian. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 6(1), 52–57.
- Ramadhan, M. (2021). *Metode Penelitian*. Cipta Media Nusantara.
- Roberto Wonata, J. (2020). *Desain Teknis Kapal Hybrid Listrik Bersumber Energi Angin Dan Gas Pada Rute Jakarta –Surabaya Dan Surabaya – Makassar*. Fakultas Teknologi Kelautan Universitas Darma Persada.
- Subekti, J., Wibowo, W., Astriawati, N., & Fadholi, M. H. (2022). Optimalisasi Perawatan Sistem Pendingin Mesin Utama Tipe Hansin Glu28ag Pada Kapal. *Dinamika Bahari*, 3(1), 60–68.
- Utomo, B., & Khristyson, S. F. (2019). Studi Perancangan Propulsi Kapal Peti Kemas 100 Teus. *Gema Teknologi*, 20(2), 46–50.
- Wibowo, W. (2017). Studi Eksperimental Pengendalian Laju Korosi Fatik Pada Aluminium 2024-T3 Di Lingkungan Air Laut Melalui Penambahan Inhibitor Kalium Kromat (K₂CrO₄). *Jurnal Sains Dan Teknologi Maritim*, 1, 19–27.
- Wibowo, W., & Astriawati, N. (2021). Sistem Pendingin Tertutup Pada Mesin Diesel Tipe Diesel Mak 8m32 Sebagai Penggerak Utama Kapal Motor Lit Enterprise. *Jurnal Polimesin*, 19(1), 28–34.
- Yin, R. K. (2009). *Case Study Research Design And Methods (4th Ed. Vo)*. Sage Publication.