

ANALISIS KOROSI TERHADAP PERFORMA BUTTERFLY VALVE PADA SISTEM BONGKAR MUAT CARGO DI MT.ADRIA

Gema Fajrul Akbar¹, Bayu Yudho Baskoro², Rizal Rochmansyah³, Dody Efrianto⁴, Akhmad Gifari Multazam⁵

^{1,2,3,4}Politeknik Pelayaran Sumatera Barat, ⁵Politeknik Pelayaran Malahayati
gemafajrul@gmail.com

ABSTRACT

Corrosion is one of the primary causes of failure in ship piping systems, particularly on butterfly valves, which play a critical role in the loading and discharging operations of liquid cargo. This study aims to analyze the causes of corrosion on butterfly valves and its impact on the operational performance of the cargo discharge system aboard the MT.Adria. dopts a descriptive qualitative approach, with data collected through field observations, interviews with crew members, and documentation. The findings show that valve damage is caused by a combination of harsh marine environmental conditions, inappropriate material selection that leads to galvanic corrosion, and inadequate maintenance procedures. This corrosion results in valve malfunction, system leakage, and delays in cargo discharge operations. Using a fishbone diagram analysis, the study identifies three main contributing factors: valve material, operational environment, and inspection and maintenance practices. The findings highlight that a small component failure, such as a valve, can significantly affect the overall efficiency and safety of ship operations. The study recommends implementing risk-based preventive maintenance, selecting corrosion-resistant valve materials suitable for marine environments, and conducting routine inspections to enhance the reliability of the cargo discharge system on tankers.

Keywords: *corrosion, butterfly valve, cargo discharge system, tanker vessel MT.ADRIA*

ABSTRAK

Korosi merupakan salah satu penyebab kegagalan sistem kapal, khususnya pada butterfly valve yang memiliki peran dalam proses pemuatan dan pembongkaran muatan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab terjadinya korosi butterfly valve serta dampaknya terhadap performa sistem bongkar muat kargo di atas kapal MT.ADRIA. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan metode pengumpulan data melalui observasi lapangan, wawancara dan dokumentasi. Hasil penelitian menunjukkan kerusakan pada valve disebabkan oleh kondisi lingkungan laut yang ekstrem, pemilihan material yang tidak tepat sehingga menyebabkan korosi galvanik, serta prosedur perawatan yang kurang memadai. Korosi ini menyebabkan pada fungsi valve, kebocoran sistem, serta keterlambatan dalam proses bongkar muat kargo. Melalui analisis diagram fishbone, penelitian ini mengidentifikasi tiga faktor utama penyebab terjadinya korosi, yaitu material valve, lingkungan operasional, dan praktik inspeksi serta perawatan. Temuan ini menegaskan bahwa kegagalan pada komponen kecil seperti valve dapat berdampak besar terhadap efisiensi dan keselamatan operasi

kapal secara keseluruhan. Penelitian ini merekomendasikan pemeliharaan preventif berbasis risiko, pemilihan material valve yang tahan terhadap korosi laut, serta pelaksanaan inspeksi rutin guna meningkatkan keandalan sistem bongkar muat kargo pada kapal tanker.

Kata kunci: korosi, butterfly valve, sistem bongkar muat kargo, kapal tanker, MT. Adria.

A. Pendahuluan

Kargo merupakan bagian krusial dalam operasional kapal tanker karena berdampak langsung terhadap efektivitas waktu, efisiensi biaya, dan keselamatan kerja. Dalam praktiknya, kelancaran proses ini sangat dipengaruhi oleh kinerja sistem perpipaan, termasuk komponen penting seperti butterfly valve.

Berdasarkan pengalaman peneliti saat praktek laut di kapal MT. Adria, ditemukan gangguan operasional saat proses discharge muatan Vacuum Gas Oil di Chandra Asri Terminal. Salah satu butterfly valve mengalami kerusakan akibat korosi pada bagian poros, sehingga valve tidak dapat terbuka sepenuhnya. Akibatnya, aliran muatan terganggu, terjadi keterlambatan bongkar muat, dan pihak terminal memberikan peringatan kepada kapal. Kejadian ini menunjukkan bahwa kegagalan pada satu komponen kecil dapat

berdampak besar terhadap keseluruhan proses operasional.

mendeskripsikan fenomena permasalahan yang diamati, kondisi nyata yang diperoleh yang dapat ditunjang dengan beberapa teori. Bagian selanjutnya dapat dipaparkan Permasalahan ini memiliki implikasi langsung terhadap standar keselamatan kerja dan ketentuan internasional, seperti: International Safety Management (ISM) Code dari IMO, yang menekankan pentingnya sistem pengoperasian dan pemeliharaan peralatan kapal secara sistematis untuk mencegah kecelakaan dan pencemaran lingkungan. IMO Resolution .673(16) tentang pedoman untuk pengangkutan dan penanganan sejumlah terbatas zat cair berbahaya dan beracun, yang mensyaratkan sistem kontrol cairan yang ada dan tahan terhadap kebocoran. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No. PM

29 Tahun 2014 tentang Pencegahan Pencemaran Lingkungan Maritim, yang mewajibkan setiap kapal untuk memiliki sistem pencegahan kebocoran dan korosi.

Kapal tanker seperti MT Adria memiliki peranan penting dalam pengangkutan muatan cair, terutama minyak dan bahan kimia. Dalam operasionalnya, kapal sangat bergantung pada kondisi peralatan, salah satunya adalah valve (katup) yang berfungsi untuk mengatur aliran fluida di dalam sistem pipa. Valve yang bekerja dengan baik akan menjamin kelancaran proses bongkar muat serta menjaga keselamatan kapal.

Namun, dalam praktiknya sering terjadi kerusakan pada valve yang disebabkan oleh korosi. Korosi merupakan proses alami akibat reaksi kimia antara logam dengan lingkungan sekitarnya, seperti air laut, udara lembab, maupun zat kimia dari muatan. Jika tidak ditangani dengan baik, korosi dapat menyebabkan kebocoran, penurunan kinerja valve, bahkan kegagalan sistem yang berisiko tinggi terhadap keselamatan kapal.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif dengan pendekatan deskriptif. Penelitian kualitatif deskriptif bertujuan untuk menggambarkan secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai fenomena yang terjadi di lapangan, khususnya terkait korosi pada butterfly valve serta pengaruhnya terhadap performa sistem bongkar muat cargo di kapal MT Adria.

Penelitian ini dilakukan dengan cara

1. Melakukan observasi langsung terhadap kondisi butterfly valve pada sistem bongkar muat kargo di kapal MT Adria, khususnya pada bagian valve yang mengalami korosi.

2. Mengamati jenis dan tingkat korosi yang terjadi pada butterfly valve, seperti korosi pada body valve, disc, shaft, dan sealing, serta dampaknya terhadap mekanisme buka dan tutup valve.

3. Melakukan wawancara dengan crew kapal yang terlibat langsung dalam pengoperasian dan perawatan sistem bongkar muat kargo untuk memperoleh informasi mengenai penyebab korosi dan penurunan performa butterfly valve.

4. Mengambil dokumentasi yang berkaitan dengan terjadinya korosi di butterfly valve berupa document kapal yang berkaitan dan dokumentasi di lapangan

5. Peneliti mencocokkan document kapal, SOP Perusahaan dan mencocokkan kejadian yang di lapangan

6. Menyusun kesimpulan dan saran dari hasil yang diperoleh oleh peneliti.

Penelitian ini dilaksanakan di atas kapal MT Adria, khususnya pada sistem bongkar muat cargo yang meliputi jalur pipa cargo dan butterfly valve. Waktu penelitian dilakukan di atas kapal ketika penulis melaksanakan Praktek Layar (Prala) di semester IV dan V selama lebih kurang 12 bulan yaitu bulan 20 Desember 2025- 20 Desember 2026.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Penulis melakukan penelitian selama 12 bulan di kapal MT. Adria dimulai pada tanggal 20 Desember 2024 sampai 20 Desember 2025. Berikut ini adalah hasil penelitian yang penulis dapatkan ketika melaksanakan kegiatan praktek laut (PRALA) di kapal MT. Adria khususnya mengenai judul penelitian

yang diambil penulis yaitu "ANALISIS KOROSI TERHADAP PERFORMA BUTTERFLY VALVE PADA SISTEM BONGKAR MUAT CARGO DI MT. ADRIA. Dalam hasil penelitian ini penulis menggunakan penyajian data dan analisis data sesuai dengan teknik pengumpulan data yang digunakan penulis dalam penelitian yang dilaksanakan di MT. ADRIA.

Pada penyajian data penulis akan menguraikan data dan hasil penelitian mengenai permasalahan yang telah dirumuskan pada rumusan masalah. Pada tahapan ini peneliti menyusun data yang relevan sehingga menjadi informasi yang dapat di simpulkan dan memiliki makna tertentu.

Proses bongkar muat kargo pada kapal MT. ADRIA dikendalikan dari Cargo Control Room (CCR). Sistem yang digunakan dalam kegiatan ini adalah pompa hidrolik Framo yang terpasang di dalam tangki kargo dan pengoperasiannya dipantau serta dikendalikan dari CCR dengan dukungan petugas yang berada di deck. Dalam pelaksanaannya, Chief Officer atau perwira jaga di CCR memberikan perintah kepada petugas deck

melalui radio komunikasi untuk membuka jalur pipa kargo tertentu sesuai dengan rencana line-up bongkar muat yang telah ditentukan sebelumnya.

Setelah menerima perintah tersebut, petugas deck menuju area manifold dan jalur pipa kargo untuk melakukan persiapan jalur aliran muatan. Pada tahap ini petugas harus memutar butterfly valve agar jalur dari tangki kargo menuju pipa kargo dan selanjutnya ke manifold dapat terbuka. Namun dalam beberapa kondisi ditemukan bahwa butterfly valve sulit atau keras untuk diputar. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya korosi, kurangnya pelumasan, atau perawatan yang tidak optimal pada komponen valve. Kondisi tersebut menyebabkan petugas membutuhkan tenaga yang lebih besar serta waktu yang lebih lama untuk membuka atau menutup valve.

Ketika butterfly valve mengalami kesulitan saat diputar, proses persiapan jalur kargo menjadi terhambat sehingga dapat mengganggu kelancaran operasi bongkar muat. Keterlambatan dalam membuka jalur pipa kargo dapat menyebabkan koordinasi antara

petugas deck dan operator di CCR menjadi kurang efektif. Selain itu, kondisi valve yang keras diputar juga berpotensi menimbulkan kelalaian dalam pengoperasian, seperti keterlambatan membuka jalur yang seharusnya sudah siap digunakan atau kesalahan dalam memastikan valve telah terbuka atau tertutup dengan sempurna.

Apabila jalur pipa telah dibuka, operator di CCR kemudian mengaktifkan pompa Framo pada tangki kargo yang akan dibongkar. Pompa tersebut bekerja dengan menghisap muatan dari dalam tangki kargo dan mendorongnya melalui sistem pipa menuju manifold untuk kemudian dialirkan ke fasilitas darat melalui hose atau loading arm terminal. Selama proses ini berlangsung, operator CCR melakukan pemantauan terhadap tekanan pompa, laju aliran muatan (flow rate), level muatan dalam tangki, serta kondisi peralatan termasuk valve yang digunakan dalam sistem pipa kargo.

Dengan adanya butterfly valve yang keras diputar akibat korosi atau kurangnya perawatan, kinerja sistem bongkar muat kargo dapat mengalami penurunan. Hal ini dapat

menyebabkan proses bongkar muat menjadi kurang efisien, meningkatkan risiko gangguan operasional, serta berpotensi menimbulkan masalah keselamatan apabila valve tidak dapat berfungsi secara optimal dalam mengatur aliran muatan selama proses bongkar muat berlangsung

Berdasarkan tabel 4.1 observasi visual yang dilakukan pada butterfly valve di jalur cargo line kapal MT.ADRIA ,ditemukan indikasi adanya korosi pada beberapa bagian valve seperti body, valve dan flange

Tabel 1.1 kondisi body butterfly valve

N o	Lokasi valve	Kondisi permukaan	ketebalan	Indikasi korosi
1	Main Cargo Line Port	Cat mengelupas	Terlihat penipisan ringan	Korosi merata (uniform corrosion)
2	Main Cargo Line Starboard	Berkarat pada flange	Penipisan sedang	Korosi lokal (medium)
3	Stripping Line	Cat rusak total	Penipisan signifikan	Korosi berat

Berdasarkan hasil observasi visual yang dilakukan pada beberapa butterfly valve di jalur cargo line kapal MT. ADRIA, ditemukan indikasi adanya korosi pada beberapa bagian valve, seperti body valve, flange, dan baut pengikat. Dalam penelitian ini

digunakan analisis Fishbone Diagram (diagram tulang ikan) untuk mengidentifikasi berbagai faktor yang menjadi penyebab terjadinya korosi pada butterfly valve yang berpengaruh terhadap kelancaran proses bongkar muat cargo di kapal MT Adria. Analisis fishbone digunakan untuk menggambarkan hubungan sebab-akibat dari berbagai faktor yang dapat menimbulkan permasalahan pada sistem peralatan cargo, khususnya pada butterfly valve.

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan tujuan memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai kondisi nyata yang terjadi di lapangan. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui wawancara dengan kru kapal yang terlibat dalam operasional cargo, observasi langsung terhadap kondisi peralatan, serta dokumentasi yang berkaitan dengan kegiatan perawatan dan pengoperasian peralatan cargo system.

Data yang diperoleh dari berbagai sumber tersebut kemudian dianalisis secara sistematis untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya korosi pada butterfly valve. Selain itu, analisis

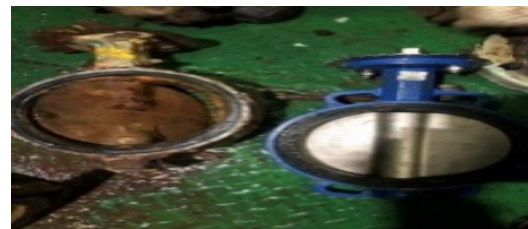
juga dilakukan untuk mengetahui bagaimana korosi tersebut dapat mempengaruhi kinerja butterfly valve dalam proses pengaturan aliran cargo selama kegiatan bongkar muat. Dengan menggunakan pendekatan ini, diharapkan penelitian dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai penyebab permasalahan serta dampaknya terhadap efisiensi operasional bongkar muat cargo di kapal.

Sebelum memulai pekerjaan perawatan, penting untuk terlebih dahulu mengidentifikasi bagian-bagian butterfly valve yang rentan terhadap korosi serta menentukan tindakan teknis yang tepat agar hasil kerja lebih efektif dan efisien. Pemahaman ini menjadi bagian krusial dalam menjaga fungsi sistem bongkar muat tetap optimal, sejalan dengan rumusan masalah pertama, yaitu: bagaimana pengaruh korosi terhadap performa butterfly valve pada sistem bongkar muat.



Sumber Dokumentasi Pribadi

dalam mengawasi serta mengecek pelaksanaan pekerjaan kru, khususnya dalam area-area kritis seperti ruang pompa dan manifold valve. Pengawasan ini selaras dengan rumusan masalah kedua, yang menyangkut upaya teknis dan manajerial dalam perawatan butterfly valve yang mengalami korosi. Prosedur yang dilakukan untuk perawatan Valve di kapal MT.Adria untuk mengatasi potensi korosi pada butterfly valve, yaitu:



Gambar Pengecekan Valve Yang Mengalami korosi

Ditemukan kenaikan pressure gauge pada saat bongkar muat cargo di mt adria



Gambar pengecekan pressure gauge di MT.ADRIA

Faktor pertama adalah lingkungan operasional. Observasi menunjukkan bahwa *valve* terletak pada ruang pompa yang cenderung lembap, minim ventilasi, dan sering tergenang cairan. Informan juga menyatakan bahwa ventilasi di ruang tersebut buruk dan *valve* sering terkena cipratan atau uap chemical cargo saat proses *discharge*. Situasi ini mempercepat terjadinya korosi baik secara *uniform corrosion* maupun *galvanic corrosion* akibat perbedaan potensial antar logam.

Faktor kedua adalah kurangnya sistem perawatan dan inspeksi rutin. Tidak ditemukan adanya SOP perawatan spesifik untuk *butterfly valve*. Dari wawancara diketahui bahwa perawatan hanya dilakukan jika kerusakan sudah parah. Observasi mendukung pernyataan ini melalui temuan *coating* yang mengelupas, seal mengeras dan retak, serta minimnya dokumentasi atau logbook pemeliharaan.

Hasil penelitian menyatakan bahwa efektivitas penanganan darurat sangat bergantung pada kesiapan sumber daya manusia dan keterpaduan prosedur tertulis dengan praktik di lapangan. Kurangnya

pelatihan dan kesadaran terhadap perawatan dan pengecekan pada *Butterfly Valve*.

Di sisi lain, penelitian ini juga menunjukkan bahwa masih terdapat potensi perbaikan yang dapat dilakukan, seperti peningkatan intensitas pengecekan dan perawatan secara berkala pada *Butterfly Valve* untuk mencegah terjadinya korosi yang menghambat proses kargo operasi .

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kesiapan kru di kapal MT Adria belum tercapai. Hal ini sesuai dengan teori Nawawi, karena tidak adanya pelatihan rutin, kurangnya pengetahuan terhadap perawatan *valve* , dan ketergantungan pada perintah atasan mencerminkan kondisi individu dan kelompok yang belum siap secara operasional

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan melalui pendekatan deskriptif kualitatif dengan metode wawancara, observasi langsung, dan dokumentasi terhadap kondisi *butterfly valve* di kapal MT. ADRIA, dapat disimpulkan bahwa hasil penelitian dan pembahasan mengenai analisis korosi terhadap

butterfly valve pada sistem bongkar muat kargo di kapal MT. ADRIA, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

Penyebab korosi pada *butterfly valve* Korosi pada butterfly valve di kapal MT. ADRIA disebabkan oleh beberapa faktor utama yang saling berkaitan, yaitu faktor material, lingkungan operasional, serta sistem perawatan. Material valve seperti stainless steel dan NAB tetap mengalami korosi akibat paparan lingkungan laut yang mengandung ion klorida serta uap chemical cargo (VGO). Selain itu, kondisi ruang pompa yang lembap, ventilasi yang kurang baik, serta seringnya terkena cipratan air laut mempercepat proses korosi. Faktor lain yang sangat berpengaruh adalah tidak adanya SOP khusus, kurangnya inspeksi rutin, pelumasan, serta minimnya sistem dokumentasi perawatan, sehingga kerusakan tidak terdeteksi sejak dini.

Pengaruh korosi terhadap kinerja *butterfly valve*

Korosi yang terjadi berdampak langsung terhadap penurunan kinerja butterfly valve dalam operasional bongkar muat. Valve menjadi lebih berat saat dioperasikan,

membutuhkan torsi yang lebih besar, serta mengalami keterlambatan dalam proses buka-tutup. Selain itu, korosi juga menyebabkan kebocoran pada valve akibat kerusakan seal, sehingga aliran muatan menjadi tidak optimal. Dampak lebih lanjut adalah terganggunya kelancaran proses bongkar muat, terjadinya keterlambatan (*delay discharge*), serta meningkatnya risiko gangguan operasional dan keselamatan kapal.

Upaya pencegahan dan perawatan yang dapat dilakukan meliputi penerapan *Planned Maintenance System (PMS)*, inspeksi rutin, pelapisan anti-korosi, pemilihan material yang lebih tahan terhadap lingkungan laut, serta peningkatan pemahaman kru terhadap perawatan valve. Dengan langkah tersebut, keandalan sistem bongkar muat dapat ditingkatkan dan risiko kerusakan dapat diminimalkan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM International. (2020). *Standard Guide for Examination and Evaluation of Pitting Corrosion*. ASTM International.
- Callister, W. D. (2016). *Materials Science and Engineering: An Introduction*. New York: John Wiley & Sons.

- Feng, D. C., Hou, W., Lu, L., Xu, Z. Y., Yang, Z. Z., Fu, A. Q., Xu, X. Q., & Wang, C. M. (2025). *Comprehensive failure analysis of butterfly and gate valves in erosion-corrosion coupling conditions*. *Journal of Failure Analysis and Prevention*.
- Fuadah, L. (2021). *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Bandung: Alfabeta.
- Hidayat, R. (2021). Studi kasus korosi internal pada sistem pipa di kapal tanker. *Jurnal Teknik Maritim*, 8(2), 55–62.
- Holmes, A. (2019). *Marine Systems and Equipment Maintenance*. Oxford: Maritime Institute Press.
- Hosseini, R. K., & Yareiee, S. (2021). Failure analysis of a nickel aluminium bronze butterfly valve in a seawater line due to galvanic and erosion–corrosion mechanisms. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 129, 105686.
- Kusnadi, H. (2020). *Analisis Keausan dan Korosi pada Katup Industri*. Bandung: Teknik Publishing.
- Lestari, A., & Rahmat, M. (2023). Penerapan FMEA dalam perawatan sistem valve di kapal niaga. *Jurnal Teknologi Maritim*, 11(1), 101–112.
- Li, S., Zhang, B., Yang, L., Zhang, J., Wang, Y., & Kang, W. (2023). Study on wear properties of the graphite-sealing surfaces in a triple eccentric butterfly valve. *Machines*, 11(4), 463.
- Lin, Z., Yin, D., Tao, J., Li, Y., Sun, J., & Zhu, Z. (2020). Effect of shaft diameter on the hydrodynamic torque of butterfly valve disk. *Journal of Fluids Engineering*, 142(11), 111202.
- Lipták, B. G. (2019). *Instrument Engineers' Handbook: Process Control and Optimization*. CRC Press.
- Liu, Q., Xie, C., & Cheng, B. (2024). Butterfly valve erosion prediction based on LSTM network. *Flow Measurement and Instrumentation*.
- Nejneru, C., Savin, C., Perju, M. C., Burduhos-Nergis, D. D., Costea, M., & Bejinariu, C. (2019). Studies on galvanic corrosion of metallic materials in marine medium. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 572, 012106.
- Nurhasanah, T., & Joko, P. (2020). Pengaruh lingkungan laut terhadap umur komponen valve. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 7(1), 33–40.
- Permana, A. (2021). Analisis kerusakan akibat korosi pada sistem valve di kapal tanker. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan*, 9(1), 15–24.
- PolICASTRO, S. A., Anderson, R. M., & Hangarter, C. M. (2021). Analysis of galvanic corrosion current between an aluminum

- alloy and stainless steel. *Journal of The Electrochemical Society*, 168(4), 041507.
- Putra, W. (2022). Evaluasi kinerja butterfly valve setelah penggunaan jangka panjang. *Jurnal Teknologi Maritim*, 10(2), 67–74.
- Rao, R. (2023). Erosion–corrosion of materials in industrial equipment: A review. *ChemElectroChem*.
- Sandu, S., & Riyanto, Y. (2015). *Dasar-dasar Metodologi Penelitian*. Yogyakarta: Literasi Nusantara.
- Setiawan, A. (2022). Studi kerusakan komponen valve pada kapal tanker. *Jurnal Teknik Kelautan*, 12(2), 78–85.
- Singh, R. (2018). *Introduction to Valve Engineering*. New Delhi: Technical Publishing House.
- Siregar, H. (2021). Strategi inspeksi valve berdasarkan risiko. *Jurnal Teknologi Transportasi Laut*, 5(1), 23–32.
- Su, G., Li, Y., & Zhang, J. (2024). Flow accelerated corrosion and thinning mechanism of the pipeline after the butterfly valve. *Engineering Failure Analysis*, 107844.
- Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian Kombinasi (Mix Methods)*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- Sujarweni, V. W. (2022). *Metode Penelitian: Teori dan Praktik*. Yogyakarta: Pustaka Baru Press.
- Tjahjono, B. (2017). *Pengantar Sistem Pipa di Kapal*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Widiatmaja, T., Firmansyah, R., & Nugroho, D. A. (2024). Analisis kerusakan utterfly valve pada sistem pompa muatan di kapal MT. Bull Damai 1. *Jurnal Dinamika Bahari*, 15(1), 45–54.
- Widoyoko, E. P. (2019). *Teknik Evaluasi Program*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Wijaya, D. P. (2023). Karakteristik korosi pada valve dalam lingkungan laut tropis. *Jurnal Maritim Nusantara*, 6(1), 12–20.
- Yunus, H., & Santoso, B. (2023). Evaluasi kerusakan pada sistem valve kapal MT. Pancaran Prosperity. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Maritim*, 11(2), 78–86.
- Yusof, M. (2018). *Marine Valve Maintenance Techniques*. Singapore: Maritime Engineering Press.
- Zulkarnain, A. (2024). Pengaruh suhu dan abrasi terhadap korosi katup di kapal tanker. *Jurnal Teknik dan Rekayasa*, 7(3), 88–95.