



ANALISIS PENURUNAN KINERJA POMPA HYDRANT DAN STRATEGI PEMELIHARAAN SISTEM PEMADAM KEBAKARAN DI MV SJW TRANS

Oleh

Videl Penaonde¹, Carles Yerid Absalom Nalle², Ahmad Hamir³

*Politeknik Pelayaran Sorong¹, Politeknik Pelayaran Sorong²,
Politeknik Pelayaran Sorong³*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab penurunan kinerja sistem pompa *hydrant* di atas kapal MV SJW TRANS serta merumuskan strategi perbaikan berbasis data. Metode yang digunakan adalah pendekatan deskriptif kualitatif melalui observasi, wawancara dengan Kepala Kamar Mesin (KKM) dan teknisi kapal, serta analisis dokumentasi perawatan. Hasil menunjukkan bahwa penurunan performa pompa *hydrant* disebabkan oleh kerusakan *impeller*, kesalahan pemasangan, penyumbatan pipa, serta lemahnya implementasi perawatan dan pengujian rutin. Kurangnya pelatihan teknis dan rendahnya kesadaran kru terhadap sistem pemadam turut memperparah kondisi sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penguatan prosedur pemeliharaan, dokumentasi inspeksi, dan peningkatan kompetensi sumber daya manusia sangat diperlukan untuk menjamin keandalan sistem pemadam kebakaran di kapal. Temuan ini diharapkan menjadi dasar bagi manajemen kapal dalam merancang strategi keselamatan yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Kata kunci: Pompa *Hydrant*, Keselamatan Pelayaran, *Firefighting System*, Kapal

1. PENDAHULUAN

Keselamatan pelayaran merupakan aspek fundamental dalam operasional kapal, terutama dalam hal pencegahan dan penanggulangan kebakaran. Kebakaran merupakan salah satu ancaman terbesar bagi keselamatan kapal dan awaknya, sehingga sistem pemadam kebakaran di atas kapal harus memiliki performa yang andal agar tetap dapat berfungsi saat keadaan darurat (Syarief et al., 2022). Pencegahan kebakaran menjadi tanggung jawab bersama antara individu, institusi, dan organisasi yang terlibat dalam operasional kapal dan pelabuhan (Nam, 2023; Pohler et al., 1978).

Regulasi internasional seperti SOLAS (Safety of Life at Sea) Chapter II-2 secara khusus mengatur konstruksi kapal untuk proteksi kebakaran, sistem deteksi dini, serta sistem pemadaman api (Dodman, 2011; Putra, 2009). Dalam kerangka ini, sistem pemadam kebakaran di kapal, terutama sistem *hydrant* dan pompa pendukungnya, memainkan peran strategis. Sistem *hydrant* dirancang untuk mendistribusikan air bertekanan tinggi ke seluruh bagian kapal, dan sangat bergantung pada keandalan pompa sebagai pusat tekanan (Auf et al., 2023; Suyuthi et al., 2022). Fungsi

utama pompa adalah meningkatkan tekanan air untuk memenuhi kebutuhan aliran dalam pemadaman api (Blossom, 2005; Corron, 2021), dengan standar operasional yang mengharuskan sistem bekerja pada tekanan tinggi sekitar 8 bar (Aatif & Gopalakrishnan, 2011).

Pompa darurat pun wajib mempertahankan tekanan minimum 3,5 bar di titik hydrant terjauh sebagaimana diatur dalam SOLAS Regulation II-2/10. Studi pada bulk carrier menunjukkan bahwa pompa mampu memulai aliran air dalam waktu 45 detik setelah aktivasi (Akbar et al., 2024; Liu et al., 2023). Oleh karena itu, setiap gangguan pada sistem ini, seperti kerusakan pompa atau terperangkapnya udara dalam sistem, dapat berdampak serius terhadap efektivitas pemadaman api (Rizal, 2018).

Namun, kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa tidak semua kapal memiliki sistem hydrant yang berfungsi optimal. Berbagai faktor seperti kerusakan teknis, kelemahan dalam perawatan, dan kurangnya pengawasan saat proses docking menjadi penyebab utama penurunan performa (Aydin, 2023). Kegagalan pada komponen seperti impeller atau pompa, serta kurangnya penggantian suku cadang, menyebabkan sistem tidak bekerja sesuai standar. Di sisi lain, pemeliharaan yang tidak terjadwal dan inspeksi yang jarang dilakukan membuat masalah semakin kompleks (Aydin, 2023).

Data Port State Control (PSC) menyebutkan bahwa 23% kapal kargo global memiliki kekurangan pada sistem pemadam kebakaran, dan 15% di antaranya terkait langsung dengan kinerja pompa dan distribusi air (Biočić et al., 2023; SEVGİLİ & TÖZ, 2022). Ini mengindikasikan bahwa regulasi yang ketat belum sepenuhnya diimplementasikan di lapangan (Ergasheva et al., 2024; Sakurahara et al., 2019). Kegagalan sistem distribusi tekanan akibat pompa yang rusak dapat secara langsung menghambat aliran air dan menurunkan efektivitas pemadaman (Farrell et al., 2023; Gomulka, 2023).

Selain itu, kurangnya inspeksi teknis saat docking juga menjadi penyebab serius. Proses docking seharusnya menjadi momen kritis untuk memeriksa ulang sistem pemadam, tetapi kerap kali diabaikan atau dilakukan

secara terburu-buru (Alutaibi et al., 2015; Moinuddin et al., 2024). Minimnya komunikasi antara teknisi dan kru menyebabkan potensi masalah tidak terdeteksi, yang memperbesar risiko kebakaran (Alutaibi et al., 2015).

Kelemahan lainnya adalah ketidakterlibatan teknisi dalam pemasangan atau inspeksi ulang sistem. Pemasangan yang tidak sesuai prosedur sering menyebabkan sistem tidak mencapai tekanan standar (Gallagher, 1958; Jalilian et al., 2019). Dalam hal ini, peran teknisi sangat penting untuk memastikan semua instalasi berjalan sesuai spesifikasi dan setiap penyimpangan segera diperbaiki (Barkey, 2023; Thieme et al., 2020).

Masalah juga muncul dari sisi sumber daya manusia. Minimnya pelatihan teknis dan rendahnya kesadaran terhadap pentingnya pengujian sistem secara berkala menjadi penyebab utama gagalnya kapal memenuhi standar keselamatan minimum (Fent et al., 2015; Hsu et al., 2021). Tanpa pelatihan yang memadai, awak kapal tidak mampu menjalankan inspeksi dan prosedur operasional sesuai ketentuan.

Kondisi ini berdampak serius, mulai dari risiko keselamatan, sanksi hukum, hingga gangguan operasional. Kapal dapat mengalami penundaan pelayaran, gangguan rantai pasok, serta denda administratif akibat ketidakpatuhan terhadap peraturan sistem pemadam kebakaran (Choi et al., 2022; Elidolu et al., 2024; Lutfi Tunçel et al., 2023; Poroshin et al., 2022; Yazir, 2022). Kegagalan sistem juga berpotensi menyebabkan kerusakan besar dan memperlambat aktivitas logistik akibat kebutuhan investigasi dan pemulihan (Ahlers & Schier, 2014; Leach, 2008).

Keandalan sistem pemadam kebakaran sangat krusial, bukan hanya untuk memenuhi regulasi, tetapi juga untuk melindungi keselamatan kru dan fungsi kapal itu sendiri. Kebakaran di ruang mesin, misalnya, dapat menyebabkan kegagalan sistem propulsi yang mengancam keseluruhan pelayaran (Kim et al., 2014). Oleh karena itu, penting dilakukan kajian menyeluruh terhadap penyebab kegagalan sistem hydrant di kapal, dengan meninjau aspek teknis, manajerial, dan sumber daya manusia.

Berangkat dari urgensi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis secara

menyeluruh penyebab utama kegagalan sistem hydrant kapal. Fokus utama diarahkan pada komponen teknis, implementasi prosedur, dan kompetensi sumber daya manusia. Penelitian ini juga bertujuan merumuskan strategi perawatan, inspeksi berkala, serta pelatihan teknis sebagai upaya konkret dalam meningkatkan keandalan sistem pemadam kebakaran di atas kapal guna menjamin keselamatan pelayaran secara menyeluruh.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif yang bertujuan untuk mengeksplorasi permasalahan yang terjadi pada sistem pompa hydrant di atas kapal MV SJW TRANS. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung terhadap kondisi fisik sistem pompa hydrant, termasuk pengecekan komponen seperti pompa, impeller, suction valve, dan discharge valve. Selain itu, dilakukan wawancara dengan Kepala Kamar Mesin (KKM) dan teknisi kapal untuk memperoleh informasi mengenai riwayat pemeliharaan, prosedur pemasangan pompa, serta kendala teknis yang dihadapi.

Data juga diperoleh melalui analisis dokumen seperti jadwal perawatan, laporan docking terakhir, dan logbook pemadam kebakaran. Seluruh data kemudian dianalisis secara tematik untuk mengidentifikasi akar permasalahan dan keterkaitannya dengan aspek teknis, manajerial, dan sumber daya manusia. Temuan yang diperoleh menjadi dasar untuk merumuskan rekomendasi strategi perawatan yang lebih efektif dalam menjamin kinerja sistem pemadam kebakaran di atas kapal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian di atas kapal MV SJW TRANS menunjukkan bahwa sistem pompa hydrant tidak berfungsi optimal akibat kombinasi faktor teknis, manajerial, dan sumber daya manusia yang tidak saling terintegrasi. Secara teknis, kerusakan utama ditemukan pada bagian *impeller* pompa yang mengalami keausan dan korosi berat, yang berdampak langsung pada penurunan efisiensi dalam membangkitkan tekanan air. Temuan ini sejalan dengan laporan sebelumnya yang menunjukkan bahwa kerusakan komponen seperti impeller atau pompa merupakan

penyebab utama kegagalan sistem pemadam kebakaran kapal, terutama akibat usia pakai, korosi, dan kurangnya penggantian suku cadang (Aydin, 2023).

Masalah teknis lainnya mencakup penyumbatan pada jalur pipa distribusi hydrant akibat kerak dan endapan garam. Hal ini menghambat distribusi air bertekanan tinggi ke titik hydrant terjauh, yang menjadi syarat minimal menurut SOLAS Regulation II-2/10, yaitu tekanan 3,5 bar (Akbar et al., 2024; Liu et al., 2023). Gangguan tersebut semakin diperparah oleh fakta bahwa sistem hydrant di kapal ini beroperasi di bawah tekanan tinggi (sekitar 8 bar), sebagaimana disebutkan dalam studi Aatif dan Gopalakrishnan (Aatif & Gopalakrishnan, 2011), yang mana kegagalan kecil dalam komponen atau distribusi dapat berdampak besar pada keefektifan sistem secara keseluruhan.

Faktor kesalahan pemasangan pompa saat docking juga ditemukan sebagai penyebab krusial. Pompa diketahui tidak melalui proses *alignment* yang tepat, sehingga menimbulkan getaran berlebih saat operasi dan mempercepat kerusakan bagian dalam. Ketidakterlibatan teknisi ahli serta kurangnya pemahaman terhadap prosedur instalasi pompa yang benar berdampak pada penurunan performa sistem, seperti yang telah dijelaskan oleh Jalilian et al. dan Gallagher (Gallagher, 1958; Jalilian et al., 2019), yang menekankan pentingnya keterlibatan teknisi dalam instalasi dan inspeksi ulang sistem pemadam kebakaran untuk menjamin tekanan dan aliran air yang optimal.

Dari sisi manajerial, terdapat kelemahan serius dalam pengawasan pemeliharaan sistem pemadam. Selama pengamatan dan wawancara, ditemukan bahwa sistem hydrant tidak pernah diuji secara berkala dan tidak ada dokumentasi inspeksi rutin. Hal ini berbanding lurus dengan temuan Biocic et al. dan Sevgili et al. yang mencatat bahwa 23% kapal kargo global memiliki defisiensi pada sistem pemadam, dengan 15% berkaitan langsung dengan performa pompa (Biočić et al., 2023; SEVGİLİ & TÖZ, 2022). Tidak adanya logbook pemeliharaan juga menyulitkan upaya pelacakan kerusakan atau kebutuhan penggantian suku cadang.

Sumber daya manusia menjadi faktor yang tidak dapat diabaikan. Kurangnya pelatihan

teknis, rendahnya kesadaran awak kapal terhadap pentingnya sistem keselamatan, serta minimnya komunikasi antara kru mesin dan kru dek menyebabkan sistem hydrant tidak mendapatkan perhatian semestinya. Hal ini diperkuat oleh pernyataan Hsu et al. dan Fent et al. yang menyebutkan bahwa kru yang tidak dilatih secara memadai cenderung tidak menjalankan prosedur inspeksi atau pengoperasian sistem sesuai standar keselamatan (Fent et al., 2015; Hsu et al., 2021). Kesalahan seperti salah pengaturan *valve*, keterlambatan dalam menghidupkan pompa, serta pengabaian alarm sistem menjadi bukti kurangnya pemahaman kru terhadap sistem ini.

Akibat dari kelalaian ini tidak hanya berdampak pada aspek teknis, tetapi juga pada aspek hukum dan operasional. Kapal dapat mengalami keterlambatan pelayaran karena tidak lolos inspeksi keselamatan, serta berisiko dikenakan sanksi administratif atau bahkan penahanan kapal oleh otoritas pelabuhan (Choi et al., 2022; Poroshin et al., 2022; Yazir, 2022). Di sisi lain, risiko terhadap keselamatan kru dan kerusakan kapal akibat kebakaran yang tidak tertanggulangi juga meningkat signifikan (Kim et al., 2014; Korman et al., 2015).

Oleh karena itu, penelitian ini menyimpulkan bahwa penurunan performa sistem hydrant bukan semata-mata persoalan teknis pada pompa atau *impeller*, tetapi merupakan hasil dari sistem pemeliharaan yang tidak berjalan, lemahnya pengawasan prosedural, serta rendahnya kapasitas teknis sumber daya manusia. Diperlukan pendekatan yang komprehensif melalui perbaikan sistem Planned Maintenance System (PMS), pelatihan teknis yang rutin, serta penegakan inspeksi dan dokumentasi agar keandalan sistem pemadam kebakaran di kapal dapat ditingkatkan secara signifikan.

4. KESIMPULAN

Penurunan performa pompa hydrant di kapal MV SJW TRANS disebabkan oleh kombinasi masalah teknis, lemahnya sistem perawatan, dan rendahnya kompetensi teknis kru. Komponen utama seperti *impeller* dan sistem pipa mengalami kerusakan atau penyumbatan, diperparah oleh kesalahan pemasangan pompa dan ketiadaan prosedur

perawatan yang jelas. Diperlukan strategi peningkatan keandalan sistem melalui pelaksanaan inspeksi berkala, pencatatan log perawatan, pelatihan teknis kru, serta keterlibatan teknisi profesional saat proses *docking*. Sinergi antara kru dek, mesin, dan manajemen kapal sangat diperlukan agar sistem pemadam kebakaran dapat berfungsi optimal dan mendukung keselamatan pelayaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Aatif, S. M. M., & Gopalakrishnan, P. (2011). Control of firemain system using scada onboard naval vessels. *Journal of the Institution of Engineers (India), Part MR: Marine Engineering Division*, 92(JULY), 18–21.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84859767954&partnerID=40&md5=5d6de7cb0a6df1f62abcfca256ec3226>
- Ahlers, K., & Schier, H. (2014). Effects of fire fighting water on vessel's floating condition and hull structure. *RINA, Royal Institution of Naval Architects - International Conference on Fire at Sea 2014*, 56–58.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84943420138&partnerID=40&md5=115ac959efc821bdea451d58c45bf048>
- Akbar, A., Mangka, A., & Andivas, M. (2024). Analisis Tingkat Resiko Kecelakaan Kerja pada Galangan Kapal Logistik di PT X dengan Metode HIRARC. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 7(2), 664–671.
<https://doi.org/10.31004/jutin.v7i2.23764>
- Alutaibi, K., Alsubaie, A., & Marti, J. (2015). Allocation and Scheduling of Firefighting Units in Large Petrochemical Complexes. In M. Rice & S. Sheno (Eds.), *9th International Conference on Critical Infrastructure Protection (ICCIP)* (pp. 263–279). Springer International Publishing.
- Auf, A., Biantoro, A. W., Romahadi, D., & Chaeroni, A. (2023). Analysis of Fire Fighting Pump Performance Using Sni 03-6570-2001 Standard on Self-Contained Hydrants. *International Journal of Innovation in Mechanical*

- Engineering and Advanced Materials*, 5(2), 49.
<https://doi.org/10.22441/ijimeam.v5i2.20898>
- Aydin, M. (2023). An analysis of human error and reliability in the operation of fixed CO₂ systems on cargo ships using HEART Dempster-Shafer evidence theory approach. *Ocean Engineering*, 286, 115686.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.115686>
- Barkey, J. (2023). Pump Restoration Depends on Proper Maintenance. *Opflow*, 49(8), 10–14.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/opfl.1869>
- Biočić, T., Frančić, V., Hasanspahić, N., & Maglić, L. (2023). The Analysis of the Deficiencies Resulting from Paris MoU PSC Inspections. *Nase More*, 70(4), 228–238.
<https://doi.org/10.17818/NM/2023/4.5>
- Blossom, D. R. (2005). Fire pumps: The invisible firefighter. *Fire Engineering*, 158(8), 79–88.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-24644522721&partnerID=40&md5=0f976d18d5804a32c05464146aca7344>
- Choi, J., Lim, S., Park, S., Roh, H., Jin, H., & Lee, C. (2022). The Serious Accidents Punishment Act of South Korea and Its Impact on the Shipping Industry: Toward Sustainability. *Sustainability (Switzerland)*, 14(14).
<https://doi.org/10.3390/su14148936>
- Corron, J. (2021). Fire pump systems design and coordination. *Consulting-Specifying Engineer*, 58(9), 18–22.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85189919200&partnerID=40&md5=e95a2fa4b6c303b73f42d327d8a5d24d>
- Dodman, J. (2011). SOLAS 2009 Stability requirements: Implementation. *Transactions of the Royal Institution of Naval Architects Part A: International Journal of Maritime Engineering*, 153(1), 1–8.
<https://doi.org/10.5750/ijme.v153ia1.843>
- Elidolu, G., Teixeira, Â. P., & Arslanoğlu, Y. (2024). A risk assessment of inhibited cargo operations in maritime transportation: a case of handling styrene monomer. *Ocean Engineering*, 312, 119049.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.119049>
- Ergasheva, A., Akhmedov, F., Abdusalomov, A., & Kim, W. (2024). Advancing Maritime Safety: Early Detection of Ship Fires Through Computer Vision, Deep Learning Approaches, and Histogram Equalization Techniques. *Fire*, 7(3), 84.
<https://doi.org/10.3390/fire7030084>
- Farrell, K., Hassan, M. K., Hossain, M. D., Ahmed, B., Rahnamayiezekavat, P., Douglas, G., & Saha, S. (2023). Water Mist Fire Suppression Systems for Building and Industrial Applications: Issues and Challenges. *Fire*, 6(2), 40.
<https://doi.org/10.3390/fire6020040>
- Fent, K. W., Douglas E., E., Donald, B., Joachim D., P., Matthew A., S., Gavin P., H., & Dalton, J. (2015). Volatile Organic Compounds Off-gassing from Firefighters' Personal Protective Equipment Ensembles after Use. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 12(6), 404–414.
<https://doi.org/10.1080/15459624.2015.1025135>
- Gallagher, D. L. (1958). Installation, Operation, and Maintenance of Water Pumps. *Journal AWWA*, 50(3), 441–448.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/j.1551-8833.1958.tb16188.x>
- Gomułka, P. (2023). Computer-Aided System for Layout of Fire Hydrants on Boards Designed Vessel Using the Particle Swarm Optimization Algorithm. *Polish Maritime Research*, 30(4), 4–16.
<https://doi.org/10.2478/pomr-2023-0053>
- Hsu, W. C., Wang, C. H., Chang, K. M., & Chou, L. W. (2021). Shifted firefighter health investigation by personal health insurance record in Taiwan. *Risk Management and Healthcare Policy*, 14, 665–673.
<https://doi.org/10.2147/RMHP.S285729>
- Jalilian, H., Ziaei, M., Weiderpass, E., Rueegg, C. S., Khosravi, Y., & Kjaerheim, K. (2019). Cancer incidence and mortality among firefighters. *International Journal of Cancer*, 145(10), 2639–2646.

- <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ijc.32199>
- Kim, H., Haugen, S., & Utne, I. B. (2014). Reliability analysis including external failures for low demand marine systems. *PSAM 2014 - Probabilistic Safety Assessment and Management*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85066661433&partnerID=40&md5=cf75f16a1359ff9630ceaf7deffb9fe0>
- Korman, T. M., Simonian, L., & Radle, L. (2015). Reliability-based decision making to ITM frequency for fire protection and detection systems. *AEI 2015: Birth and Life of the Integrated Building - Proceedings of the AEI Conference 2015*, 524–533. <https://doi.org/10.1061/9780784479070.046>
- Leach, D. H. (2008). Fire testing of anti-sweat pipe insulation for use on military and commercial ships. *American Society of Mechanical Engineers, Pressure Vessels and Piping Division (Publication) PVP*, 7, 211–215. <https://doi.org/10.1115/PVP2007-26140>
- Liu, C., He, W., Cai, X., Xie, Z., & Zhang, X. (2023). Laser slam-based autonomous navigation for fire patrol robots. *2023 IEEE 2nd International Conference on Electrical Engineering, Big Data and Algorithms (EEBDA)*, 742–746. <https://doi.org/10.1109/EEBDA56825.2023.10090785>
- Lutfi Tunçel, A., Bal Beşikçi, E., Akyuz, E., & Arslan, O. (2023). Safety analysis of fire and explosion (F&E) accidents risk in bulk carrier ships under fuzzy fault tree approach. *Safety Science*, 158, 105972. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105972>
- Moinuddin, K., Mahmud, H. M. I., Joseph, P., Gamble, G., Suendermann, B., Wilkinson, C., & Bossard, J. (2024). Experimental and Numerical Studies on the Efficacy of Water Mist to Suppress Hydrocarbon Fires in Enclosures. *Fire*, 7(3), 83. <https://doi.org/10.3390/fire7030083>
- Nam, N. Van. (2023). Section 2 . Technical sciences VIETNAM – THEORETICAL ISSUES AND EXPERIENCE. *European Journal of Technical and Natural Sciences*, 8–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.29013/EJTNS-23-1-8-16>
- Pohler, C. H., McVoy, J. L., Carhart, H. W., Leonard, J. T., & Pride, T. S. (1978). FIRE SAFETY OF NAVAL SHIPS—AN OPEN CHALLENGE. *Naval Engineers Journal*, 90(2), 21–30. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1559-3584.1978.tb04271.x>
- Poroshin, A. A., Zdor, V. L., Semenenko, N. V., & Volkov, I. V. (2022). Situation with Fires and the Effectiveness of Fire Alarm Systems at Shipping Facilities A. *Safety of Technogenic and Natural Systems*, 3, 37–47. <https://doi.org/https://doi.org/10.23947/2541-9129-2022-3-37-47> Situation
- Putra, A. D. (2009). *EFFECT OF MODIFICATION OF FERRY TIRTA KENCANA TO FIRE RISK POTENTIAL* [Sepuluh Nopember Institute of Technology]. <http://repository.its.ac.id/id/eprint/108045>
- Rizal, F. (2018). *IDENTIFIKASI GANGGUAN PADA POMPA PEMADAM KEBAKARAN DI MV. MERATUS MAMIRI* [Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang]. <http://repository.pip-semarang.ac.id/id/eprint/557>
- Sakurahara, T., Mohaghegh, Z., & Kee, E. (2019). Human Reliability Analysis-Based Method for Manual Fire Suppression Analysis in an Integrated Probabilistic Risk Assessment. *Asce-Asme Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems Part B Mechanical Engineering*, 6(1). <https://doi.org/10.1115/1.4044792>
- SEVGİLİ, C., & TÖZ, A. (2022). Comprehensive Analysis of Port State Control on Turkish Flagged Ships Through the Association Rule Mining. *Turkish Journal of Maritime and Marine Sciences*, 8(2), 104–114. <https://doi.org/10.52998/trjmms.1069268>
- Suyuthi, A. I., Sufiyanto, S., & Widada, B. T. (2022). Application of Hydrant Piping System Design in Boiler Plants for Fire Safety Systems in Paper Producing Companies. *Jurnal Penelitian*, 19(1), 59–66.

- <https://doi.org/10.26905/jp.v19i1.7942>
Syarief, A. F., Faturachman, D., Arifin, M. D., & Oloan, A. C. P. (2022). Analisa Resiko Kegagalan Sistem Pemadam Kebakaran (Fifi-System) Berdasarkan Criticality Analysis. *Jurnal Sains & Teknologi Fakultas Teknik Universitas Darma Persada*, 12(1), 120–127. <https://doi.org/10.70746/jstunsada.v12i1.180>
- Thieme, C., Mosleh, A., Utne, I. B., & Hegde, J. (2020). Incorporating Software Failure in Risk Analysis—Part 2: Risk Modeling Process and Case Study. *Reliability Engineering & System Safety*, 198, 106804. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2020.106804>
- Yazir, D. (2022). Application of IF-TOPSIS method on fixed fire fighting systems for cargo hold fires on the dry/bulk cargo ships. *Ocean Engineering*, 260, 111891. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.111891>