



Analisis Penyebab Terjadinya Overheat pada Main Engine di Kapal Self Propelled Oil Barge Tirta Samudra XVIII

Pandu Prasetyo¹, Nazarwin², Abdi Seno³

^{1,2,3} Politeknik Pelayaran Sumatera Barat

¹Panduprasetyo180@gmail.com, ²poltekpelu02@gmail.com, ³abdisen21@gmail.com

Article Info

Article history:

Received Jun 12th, 2022

Revised Aug 20th, 2022

Accepted Dec 31th, 2022

Keyword:

Mesin Induk *Main Engine*
Main Engine Cooling
System
Overheat
Sea Water Pump

ABSTRAK

Mesin induk (*main engine*) merupakan penggerak utama kapal yang berperan penting dalam proses kelancaran pelayaran. Salah satu masalah yang sering terjadi pada saat mesin induk (*main engine*) beroperasi secara maksimum adalah *overheat*. Oleh karena itu, operasi sistem pendinginan mesin induk (*main engine cooling system*) sangat penting untuk meminimalisir terjadinya *overheat* pada mesin induk (*main engine*) agar tidak mengakibatkan terjadinya kerusakan fatal pada mesin. Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini ialah penelitian kualitatif yang bersifat deskriptif yang bertujuan untuk mendapatkan informasi, data dan fakta-fakta nyata mengenai penyebab terjadinya *overheat* pada *main engine* di kapal SPOB. Tirta Samudra XVIII. Pengumpulan data dilakukan dengan observasi, wawancara dan studi dokumentasi. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pentingnya pelaksanaan perawatan berkala pada mesin induk (*main engine*), Sistem pendingin mesin induk (*main engine cooling system*) seperti *fresh water cooler* dan *sea water pump*. Agar pendinginan pada mesin induk (*main engine*) berjalan secara maksimal dan main induk (*main engine*) beroperasi secara optimal.

ABSTRACT

The ship's main engine plays a vital role in the smooth sailing. Overheating is one of the problems that often occurs when the main engine is operating at maximum capacity. Therefore, the operation of the central engine cooling system is essential to minimize overheating of the main engine so as not to cause fatal damage to the engine. This type of descriptive qualitative research aims to obtain information, data and facts regarding the causes of overheating the main engine on SPOB ships. Tirta Samudra XVIII. Observation, interviews and documentation studies carried out data collection. This research shows that maintaining the primary and central engine cooling systems, such as the freshwater cooler and seawater pump, is essential. So that the cooling of the main engine runs optimally and the main engine operates optimally.



© 2022 The Authors. Published by Politeknik Pelayaran Sumatera Barat. This is an open-access article under the CC BY-NC-SA license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>)

Corresponding Author :

Author Name, Pandu Prasetyo, Nazarwin, Abdi Seno

Affiliation Politeknik Pelayaran Sumatera Barat

Email : Panduprasetyo180@gmail.com, poltekpelu02@gmail.com, abdisen21@gmail.com

Introduction

Indonesia merupakan negara maritime (Negara kepulauan). Memiliki ribuan pulau yang terhubung dengan lautan. Transportasi laut memegang peranan yang sangat penting dalam perekonomian Indonesia dan dunia (Cheong and Suthiwartnarueput, 2015; Gao and Erokhin, 2020). Kapal merupakan salah satu alat transportasi yang memiliki daya angkut yang paling besar dan murah dibandingkan dengan alat transportasi lainnya (Suparman and Aritonang, 2021; Lilis and Umri Rizki, 2022; Maritim *et al.*, 2022).

Peran mesin induk (*main engine*) sebagai mesin penggerak utama kapal sangat penting untuk kelancaran pelayaran (Pil, 2018; Sarialioğlu *et al.*, 2020). Pengoperasian mesin induk (*main engine*) peran sistem pendingin sangat penting, dimana pada saat mesin digunakan secara maksimum oleh operator untuk melakukan aktifitas kerjanya tidak menutup kemungkinan terjadi suatu masalah seperti mesin induk (*main engine*) sering mengalami *overheat*. (Zhu, Zhang and Deng, 2020).

Kelancaran jalannya sebuah mesin induk (*main engine*) yang digunakan sebagai tenaga penggerak kapal maka membutuhkan pendinginan yang sempurna. Karena dalam ruang pembakaran sebuah mesin induk akan menghasilkan suhu yang sangat panas tinggi pada waktu pembakaran yang berkisar 550°C. sehingga bagian-bagian motor menjadi panas karena proses pembakaran tersebut. Pada sebuah kapal lancarnya kinerja dari mesin induk tidak lepas dari peran serta faktor sistem pendingin mesin. Pada sistem pendingin air tawar mesin penggerak utama tergantung pada dua faktor yaitu kualitas air pendingin dan faktor komponen sistem pendinginnya. Perawatan adalah suatu fungsi dari kerusakan dimana hal tersebut diartikan bahwa apabila terjadi kerusakan maka dibutuhkan perawatan. (Pil, 2018; Polemis, Boviatsis and Chatzinikolaou, 2023)

Berdasarkan hasil penelusuran di lapangan, diketahui bahwa pada 28 Maret 2017 di MT. GAS MALUKU, saat kapal akan berangkat dari Cilacap (Indonesia) menuju Kaoshiung (Taiwan) temperatur air pendingin meningkat. Temperatur air pendingin yang normalnya adalah 60° - 70°C, sedangkan pada saat itu temperatur air pendingin mesin induk *cylinder* no.2 diatas rata-rata mencapai 90°C, (Eno, 2019). Memperhatikan sistem pendingin air tawar pada mesin induk yang ada di atas kapal, kapal dapat beroperasi dengan baik meskipun kapal berlayar dalam jangka waktu yang lama. Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penanganan terhadap gangguan-gangguan yang timbul pada sistem pendingin mesin pada saat kapal beroperasi. Oleh karena itu *crew* yang berkerja di atas kapal harus mengerti sebab-sebab timbulnya gangguan tersebut dan cara mengatasinya. Dengan demikian para *crew* kapal dapat mengerti apabila dalam pengoperasian kapal terjadi permasalahan *overheat* pada *main engine* yang menyebabkan temperatur mesin induk terlalu panas dari standar operasinya. (Grussa *et al.*, 2019; Zhu, Zhang and Deng, 2020)

Overheat juga bisa muncul karena kurangnya perhatian pada sistem pendingin mesin di samping sebab-sebab lainnya yang menstimulasinya. Sistem pendingin yang tidak terkontrol dengan baik dapat mengganggu kelancaran operasi mesin, menurunkan performa dan bisa membuat kerusakan fatal pada mesin. Perawatan tidak dapat dianggap hal yang dapat dikesampingkan karena apabila dalam proses kerja suatu mesin induk, jika tidak dilakukan perawatan maka akan mengalami turunya kinerja mesin secara bertahap (Yuristiawan, Aminputranto and Budiyanto, 2018). Salah satu sistem yang kritis dari sistem pendukung mesin induk (*main engine*) adalah sistem pendingin (Ziliwu and Tumpu, 2020). Apabila sistem pendingin mengalami kerusakan maka akan mengurangi kinerja mesin induk (*main engine*). Sehingga hal tersebut akan mengakibatkan kerugian yang dialami pihak pemilik kapal dari segi teknis maupun ekonomis. Sepanjang operasinya, kapal tersebut tak terhindar dari kerusakan. (Wisely Ziliwu, Situmorang and Rambung, 2021; Klara, Hariyanto, *et al.*, 2022; Klara, Mahmuddin, *et al.*, 2022).

Prinsip kerja dari sistem pendingin adalah mensirkulasi cairan pendingin keseluruh bagian *engine* untuk menyerap panas yang dihasilkan oleh pembakaran dan gesekan dengan memanfaatkan perpindahan panas. Jika mesin mengalami *overheat* (terlalu panas), maka kinerjanya pun akan terganggu dan akan mengakibatkan ausnya bagian mesin yang bergerak, mesin tersebut akan *low power*, usia mesin kan lebih pendek, mesin akan lebih cepat rusak dan konsumsi air tawar pendingin mesin makin banyak atau boros. (Klara, Hariyanto, *et al.*, 2022). Pada tanggal 29 Agustus 2023 di SPOB. TIRTA SAMUDRA XVII, saat kapal melakukan pelayaran dari Jambi menuju Dumai, Suhu temperatur pendingin air tawar *main engine* meningkat yang normalnya 50-

60°C menjadi 80°C. menyebabkan mesin mengalami *overheat* (terlalu panas) dan dapat menimbulkan kerusakan mesin yang fatal, sehingga hal tersebut mendorong penulis untuk mengangkat judul karya ilmiah terapan sebagai berikut : “Analisis Penyebab Terjadinya *Overheat* pada *Main Engine* di kapal SPOB Tirta Samudra XVIII”

Materials and Methods

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini ialah penelitian kualitatif yang bersifat deskriptif yang bertujuan untuk mendapatkan informasi, data dan fakta-fakta nyata mengenai penyebab terjadinya *overheat* pada *main engine* di kapal SPOB. Tirta Samudra XVIII. Definisi metode deskriptif kualitatif menurut adalah metode penelitian yang penting dan sangat cocok untuk menjawab pertanyaan siapa, apa, dan dimana peristiwa atau pengalaman terjadi dan mendapatkan data langsung dari informan mengenai fenomena yang kurang dipahami (Sugiyono, 2017). Hasil dari deskriptif kualitatif adalah informasi empiris dan faktual. Pengumpulan data penelitian deskriptif kualitatif berfokus pada penemuan sifat peristiwa tertentu yang diteliti. Dengan demikian, pengumpulan data melibatkan wawancara minimal atau sedang, terstruktur, terbuka, individu atau kelompok. (Jhon W. Cresswell, 2014)

Result and Discussion

Peneliti melakukan praktek laut di kapal SPOB. Tirta Samudra XVIII selama kurang lebih satu tahun. Setelah beberapa bulan peneliti melakukan dinas jaga di kamar mesin selama melaksanakan praktek laut di kapal SPOB. Tirta Samudra XVIII mengenai faktor yang menyebabkan terjadinya *overheat* pada *main engine*. Penelitian ini, melibatkan tiga informan yaitu, Sentot Riyadi sebagai *Chief Engineer (C/E)*, Seth Sumbang Mangadi sebagai *Second Engineer (2/E)* dan Rahmad Hidayat sebagai *Third Engineer (3/E)* di kapal SPOB. Tirta Samudra XVIII.

Wawancara Sentot Riyadi sebagai *Chief Engineer (C/E)*, pertanyaan yang diajukan tentang penyebab terjadinya *overheat* pada *main engine*. Senton menjawab bahwa penyebab terjadinya *overheat* adabeberapa faktor seperti, kotornya *cooler*, menurunnya tekanan pompa pendingin dan kurangnya air pendingin yang berfungsi untuk menyerap panas dari mesin agar temperatur kerja mesin normal. Kepada Seth Sumbang Mangadi (2/E) ditanyakan tentang cara mengatasi *overheat* pada *main engine*. Seth menjawab bahwa upaya mengatasi *overheat* pada *main engine* yaitu dengan melakukan pengecekan terhadap sistem pendingin, seperti pompa air laut, *inter cooler*, melakukan perawatan sesuai dengan prosedur, dan mengganti komponen yang sudah tidak layak dipakai dengan *spare part* yang baru.

Untuk mengetahui tentang permasalahan yang timbul akibat *overheat* pada *main engine*, ditanyakan kepada R.H (3/E). Jawaban yang disampaikan yaitu, kerusakan pada *bearing*. Itu terjadi karena *bearing* yang minyak pelumasan, karena bocor atau oli pelumas terkontaminasi benda asing dari bocoran *seal gland* yang mempengaruhi daya oli pelumas pada *bearing* tersebut. *Mechanical seal* sering mengalami kebocoran yang disebabkan oleh O-ring yang mengalami kemacetan ataupun kelonggaran. Karena kemungkinan besar adanya ukuran *shaft* yang terlalu besar atau bisa karena pemilihan ukuran *mechanical seal* yang tidak tepat. O- ring dapat menimbulkan panas jika terjadi *misalignment* antar *shaft* dan permukaan *stuffing box*, maka pergerakan elastomer yang cepat akan menimbulkan panas ditempat dan menjadi penyebab lebih cepat terjadinya beberapa masalah serius. Kemudian, Tekanan pompa air laut yang dibutuhkan untuk mendinginkan air tawar di dalam *cooler* sebesar 3 kg/cm². Karena adanya gangguan pada pompa air laut, sehingga menyebabkan tekanan pompa menurun menjadi 2 kg/cm². Faktor-faktor penyebab terjadinya *overheat* pada *main engine*, yaitu: 1) Tersumbatnya *Fresh Water Cooler Coolery* yang kotor mengakibatkan *cooler* menjadi tersumbat yang mana dapat menyebabkan *overheat* pada *main engine* dikarenakan gangguan pada sistem pendingin yang akan menghambat aliran air laut yang akan masuk kedalam *cooler* sebagai media pendingin untuk mendinginkan air tawar. Dalam hal ini tentunya akan mengakibatkan kurangnya penyerapan panas, sehingga temperatur *fresh water cooler* yang akan masuk ke mesin masih tinggi atau bisa mengalami peningkatan (*overheat*). 2) Menurunnya

Tekanan Pompa Air Laut Menurunnya tekanan pada pompa disebabkan beberapa faktor antara lain :korosi pada *impeller*, kerusakan pada *packing*, kerusakan pada *bearing* dan *mechanical seal*. 3) Adanya kebocoran Pipa Pendingin Air Tawar. Kebocoran pada pipa pendingin akan mempengaruhi tekanan isap ataupun tekanan pompa sirkulasi air pendingin. Dengan terjadinya kebocoran pipa air tawar akan terbuka keluar sehingga dapat menyebabkan air tawar pendingin didalam sistem, juga kebocoran pipa memungkinkan udara masuk ke dalam sistem dan bercampur dengan air pendingin sehinggamenyebabkan turunnya tekanan air pendingin.

Langkah-langkah penyelesaian dilakukan untuk perawatan atau mencegah terjadinya *overheat* pada *main engine* di kapal SPOB. Tirta Samudra XVIII adalah membersihkan *Fresh Water Cooler*. Membersihkan *fresh water cooler* sangat penting karena proses pemindahan panas yang terjadi sangat berpengaruh pada sistem pendingin *main engine*. Langkah-langkah membersihkan *cooler* yaitu menyiapkan peralatan untuk membuka baut pengikat *cover cooler*, Lepaskan semua baut pengikat *cover cooler* dan setelah di lepas, bersihkan kotoran atau karang yang menempel di dalam *cover cooler* dengan menggunakan skarap ataupun obeng minus; Bersihkan dalam *shell and tube fresh water cooler* dengan cara di sogok dengan menggunakan alat khusus pembersih *cooler*; Setelah di gosok, bersihkan lagi dengan menggunakan air bertekanan, semprot lubang-lubang *cooler* satu persatu; Setelah itu pastikan *cooler* dalam keadaan bersih, dan siap di pasang kembali *covernya*; Berikan gasket ke *cover cooler*, agar tertutup dengan rapat dan tidak ada kebocoran; Pasang *cover cooler* dan kunci kembali baut-baut *cover*; Pastikan semua baut *cover* terikat dengan kuat. (Mustain, Hidayat and Abdurrohman, 2019; Klara *et al.*, 2023)

Langkah-langkah mengganti *mechanical seal* yaitu lepaskan semua baut-baut pengikat *coupling* dan lepaskan *spacer coupling* dari tempatnya. Kemudian, lepaskan baut *casing* dan *flange* pipa; lepaskan mur *impeller*, lepaskan *impeller* dengan *tool* khusus/ *tracker*; Lepaskan *cover casing* setelah mengendurkan mur-mur *gland / gland plate*; Kendurkan dan lepaskan *setscrew* pada *mechanical seal* dengan kunci *allen*; Keluarkan *mechanical seal* dan *shaft (sleeve)* dengan hati-hati jangan sampai rusak *v-ring* dan *O-ring* yang ada; Kemudian ganti *mechanical seal* yang rusak dengan yang baru, masukan pada *shaft (sleeve)* dengan hati-hati; Pasang *cover* kembali ke *stuffing box* sehingga ulir-ulirnya menerobos *gland plate*. Pasang mur pada ulir-ulir tersebut kemudia kencangkan; Kencangkan *setscrew*; Pasang kembali *impeller* kemudian kencangkan murnya dengan kunci *ring*; Pasang kembali *stuffing box* pada *shell* pompa. Pasang kembali baut *casing set* dengan kencang; Hubungkan kembali *stuffing box* dan motor dengan *spacer*. (Mustain, Hidayat and Abdurrohman, 2019; Wisely Ziliwu, Situmorang and Rambung, 2021)

Langkah-langkah mengganti *Bearing* yaitu, langkah pertama bersihkan dulu kotoran-kotoran yang ada pada *as* bagian depan; Jika sudah bersih, maka selanjutnya bongkar dan ambil *asnya*, kemudian lepaskan *bearing* yang rusak menggunakan *tracker*; Jika sudah terlepas *bearingnya*, maka langsung siapkan *bearing* baru untuk di pasang nanti; Sebelum pemasangan *bearing* dilakukan, terlebih dahulu leyakkan *mika seal* ke dalam lubang tempat *bearing*, letakkan tempat di tengah dan jangan sampai miring; Jika sudah, maka sekarang mulai lakukan proses memasang *bearingnya*. Pukul *asnya* dengan palu secara berlahan saat memulai menyerahkan ke titik sentralnya atau titik tengah. Apabila sudah pas di tengah maka lanjutkan dengan pukul yang agak keras sampai *bearing* menyentuh *snap ring*. (Yuristiawan, Arninputranto and Budiyanto, 2018; Ziliwu and Tumpu, 2020; Wisely Ziliwu, Situmorang and Rambung, 2021; Ziliwu *et al.*, 2021)

Conclusion

Faktor penyebab penyebab terjadinya *overheat* pada *main engine* di kapal SPOB Tirta Samudra XVIII adalah tersumbatnya *cooler*, karena adanya penyumbatan pada lubang- lubang *freshwater cooler* sehingga air laut yang digunakan untuk menyerap panas dari air tawar menjadi kurang maksimal; menurunnya tekanan pompa, pompa yang berfungsi untuk menghisap menyalurkan media pendingin ke *main engine*. Ada beberapa faktor menurunnya tekanan pompa yaitu korosi pada *impeller*, kerusakan *packing*, kerusakan pada *bearing* dan *mechanical seal*; kebocoran pipa pendingin, kerusakan pada bagian ini karena terjadinya kebocoran pada pipa akibat faktor usia pipa yang sudah tua yang menyebabkan pipa mejadi korosi dan bocor.

Dampak terjadinya *overheat* pada *main engine* di kapal SPOB Tirta Samudra XVIII adalah kenaikan temperatur *main engine* yang sedang beroperasi mengakibatkan kelebihan panas (*overheating*) pada *main engine*; Saat terjadinya *overheat* maka putaran mesin diturunkan sehingga kecepatan berkurang, hal ini menyebabkan jadwal tiba dipelabuhan terlambat mendapat *complain* dari pihak pencarter karena muatan tidak dapat di bongkar sesuai jadwal; Terjadinya *overheat* juga bisa berdampak kepada mesin dan komponen mesin, yang akan mengakibatkan kurangnya performam mesin dan membuat mesin cepat rusak.

Upaya yang dilakukan untuk mengatasi terjadinya *overheat* pada *main engine* dikapal SPOB Tirta Samudra XVIII adalah membersihkan *cooler* secara berkala guna mencegah mengendapnya kotoran dalam jumlah banyak yang mengakibatkan *cooler* tersumbat; mengganti *packing*, *mechanical seal* dan *bearing* yang sudah rusak dengan *spare part* yang baru; melakukan pengecekan terhadap pipa-pipa pendingin mesin pada saat mesin beroperasi supaya tidak terjadi kebocoran, jika terjadi kebocoran pipa di tumpul menggunakan *devcon* atau menggunakan las listrik; penggunaan *spare part* yang sesuai standar harus dilakukan agar kerusakan yang terjadi pada *spare part* akibat material bahan dapat dihindari.

References

- Cheong, I. and Suthiwartnarueput, K. (2015) 'ASEAN's initiatives for regional economic integration and the implications for maritime logistics reforms', *International Journal of Logistics Management*, 26(3), pp. 479–493. doi:10.1108/IJLM-08-2013-0092.
- Eno, F. (2019) 'Analisis Meningkatnya Temperatur Air Pendingin Mesin Induk di MT. Gas Maluku. Diss. Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang', 03(November). Available at: http://repository.pip-semarang.ac.id/id/eprint/1768%0Ahttp://repository.pip-semarang.ac.id/1768/2/51145315T_OPEN_ACCESS%281%29.pdf.
- Gao, T. and Erokhin, V. (2020) 'China-Russia collaboration in arctic shipping and maritime engineering', *Polar Journal*, 10(2), pp. 353–374. doi:10.1080/2154896X.2020.1799612.
- Grussa, Z. De *et al.* (2019) 'A London residential retrofit case study: Evaluating passive mitigation methods of reducing risk to overheating through the use of solar shading combined with night-time ventilation', *Building Services Engineering Research and Technology*, 40(4), pp. 389–408. doi:10.1177/0143624419840768.
- Jhon W. Cresswell (2014) *Research Design Qualitative, Quantitative and Mixed Methodes Approaches*, SAGE Publication, Inc.
- Klara, S., Mahmuddin, F., *et al.* (2022) 'Penyuluhan dan Bimbingan Metode Perbaikan dan Perawatan Mesin Outboard pada Kapal Nelayan di Desa Pa'benteng Kabupaten Maros', *JURNAL TEPAT: Teknologi Terapan untuk Pengabdian Masyarakat*, 5(1), pp. 109–117.
- Klara, S., Hariyanto, S., *et al.* (2022) 'Strategi Penjadwalan Perawatan Permesinan Kapal KMP. Kormomolin dengan Penerapan Dinamika Sistem', 1(1), pp. 58–62. doi:10.25042/jrt2k.062022.09.
- Klara, S. *et al.* (2023) 'Analisis Kerusakan Sistem Pendingin Mesin Utama Kapal TB. Semar 26 dengan Metode FTA dan USG', *Jurnal Riset Teknologi Perkapalan*, 1(1), pp. 64–69.
- Lilis, L. and Umri Rizki, M. (2022) 'Aktivitas Pelayanan Penumpang Kapal Km. Wira Ono Niho Di Dermaga Pelabuhan Pada Kantor Kesyahbandaran Dan Otoritas Pelabuhan Kelas Iv Sibolga', *Journal of Maritime and Education (JME)*, 4(2), pp. 394–399. doi:10.54196/jme.v4i2.84.
- Maritim, P. *et al.* (2022) 'SEIKO: Journal of Management & Business Manajemen Pelayanan Kedatangan Dan Keberangkatan Kapal Dalam Menunjang Kelancaran Angkutan Laut', 6(1), pp. 66–75.
- Mustain, I., Hidayat, T. and Abdurrohman (2019) 'Metode Perawatan Sistem Pelumasan Untuk Menunjang Kinerja Motor Induk Di Atas Kapal KM. DJO Pada PT. DHARMA BAHARI RIAU', *Jurnal Sains Teknologi Transportasi Maritim*, 1(1), pp. 19–26. doi:10.51578/j.sitektransmar.v1i1.9.
- Pil, I. (2018) *Causes of Dynamic Positioning System Failures and Their Effect on DP Vessel Station Keeping*.

-
- Polemis, D., Boviatsis, M. and Chatzinikolaou, S. (2023) 'Assessing the Sustainability of the Most Prominent Type of Marine Diesel Engines under the Implementation of the EEXI and CII Regulations', *Clean Technologies*, 5(3), pp. 1044–1066. doi:10.3390/cleantechnol5030053.
- Sarıalioğlu, S. *et al.* (2020) 'A hybrid model for human-factor analysis of engine-room fires on ships: HFACS-PV&FFTA', *Ocean Engineering*, 217(September). doi:10.1016/j.oceaneng.2020.107992.
- Sugiyono (2017) 'Metode Penelitian kuantitatif, kualitatif, dan kombinasi', *Metode Penelitian Kualitatif*, p. 43.
- Suparman, S. and Aritonang, R.S. (2021) 'Proses Bongkar Muatan Curah Cair Dari Kapal Mt.Sunrise Hope Di Pelabuhan Kabil Pada Pt.Pasada Artha Cargo Batam', *Journal of Maritime and Education (JME)*, 3(2), pp. 278–283. doi:10.54196/jme.v3i2.52.
- Wisely Ziliwu, B., Situmorang, A.J. and Rambung, R.A. (2021) 'Perawatan dan Perbaikan Sistem Pendingin Mesin Induk pada Kapal Perikanan Repair and Maintenance of Main Engine Cooling System on Fishing Vessels', *February*, 26(1), pp. 1–6.
- Yuristiawan, A., Arninputranto, W. and Budiyanto, E.N. (2018) 'Penjadwalan Kegiatan Perawatan Mesin Induk Kapal Tunda KM Bima Dengan Menggunakan Metode RCM II', *Seminar K3*, (2581), pp. 314–318. Available at: <https://core.ac.uk/download/pdf/236670333.pdf>.
- Zhu, S., Zhang, K. and Deng, K. (2020) 'A review of waste heat recovery from the marine engine with highly efficient bottoming power cycles', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 120(x), p. 109611. doi:10.1016/j.rser.2019.109611.
- Ziliwu, B.W. *et al.* (2021) 'Pengoperasian Dan Perawatan Sistem Pendingin Pada Mesin Induk Operation and Maintenance of Cooling System on Main Engine Km. Sido Mulyo Santoso Di PPN Siboga', *Aurelia Journal*, 2(April), pp. 93–100.
- Ziliwu, B.W. and Tumpu, M. (2020) 'Perawatan Sistem Pendingin', *Akselerator: Jurnal Sains Terapan dan Teknologi*, 1(1), pp. 11–19.