

ANALISIS TERJADINYA KERETAKAN CYLINDER HEAD MESIN PENGGERAK UTAMA DI KAPAL MT GIAT ARMADA 01

Trisya Ristanto, Suhendra Afriandi, Yeyen Herlina

Akademi Maritim Suaka Bahari

Email: trisya.akmi@gmail.com

Abstrak

Cylinder head merupakan komponen vital pada mesin penggerak utama kapal yang berfungsi menutup blok silinder dan membentuk ruang pembakaran. Keretakan pada cylinder head dapat menyebabkan gangguan operasional kapal yang fatal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab terjadinya keretakan cylinder head mesin penggerak utama di Kapal MT Giat Armada 01 dan menentukan upaya pencegahannya. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kualitatif berdasarkan observasi langsung, wawancara, dan studi kepustakaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keretakan cylinder head disebabkan oleh tiga faktor utama: (1) kelelahan bahan akibat melebihi batas jam kerja (running hours) yang ditentukan pabrik yaitu 6.000 jam, (2) kurangnya pendinginan pada cylinder head yang mengakibatkan overheated, dan (3) terjadinya pembakaran susulan (detonasi) yang menimbulkan penumpukan karbon deposit. Upaya pencegahan yang direkomendasikan meliputi penggantian cylinder head sesuai jadwal pemeliharaan, pemeriksaan rutin sistem pendingin, dan perawatan berkala sistem bahan bakar dan injektor.

Kata Kunci: *Cylinder Head, Keretakan, Mesin Penggerak Utama, Kapal, Perawatan, Overheated*

Abstract

The cylinder head is a vital component of the ship's main propulsion engine, functioning to close the cylinder block and form the combustion chamber. Cracking in the cylinder head can cause fatal ship operational disruptions. This study aims to analyze the causes of cylinder head cracking in the main propulsion engine on MT Giat Armada 01 and determine preventive measures. The research method used is qualitative descriptive based on direct observation, interviews, and literature review. The results show that cylinder head cracking is caused by three main factors: (1) material fatigue due to exceeding the factory-specified working hours limit of 6,000 hours, (2) insufficient cooling of the cylinder head causing overheating, and (3) secondary combustion (detonation) causing carbon deposit accumulation. Recommended preventive measures include replacing the cylinder head according to the maintenance schedule, routine cooling system inspections, and periodic maintenance of the fuel system and injectors.

Keywords: *Cylinder Head, Cracking, Main Propulsion Engine, Ship, Maintenance, Overheated.*

1. PENDAHULUAN

Kapal sebagai sarana transportasi laut memerlukan mesin penggerak utama (main engine) dalam kondisi prima untuk menjamin kelancaran operasional. Mesin penggerak utama merupakan jantung dari sistem propulsi kapal yang mengubah energi kimia bahan bakar menjadi energi mekanik untuk menggerakkan propeller kapal. Salah satu komponen terpenting dari mesin induk adalah

cylinder head yang berfungsi sebagai penutup ruang silinder sekaligus tempat berlangsungnya proses pembakaran.

Cylinder head merupakan komponen yang paling rentan mengalami kerusakan akibat beban termal dan mekanik yang sangat tinggi selama proses pembakaran berlangsung. Keretakan pada cylinder head dapat mengakibatkan menurunnya performa mesin, kebocoran gas pembakaran, bahkan kegagalan total sistem propulsi kapal. Menurut Sulfikar (2024), cylinder head berfungsi sebagai penutup silinder dan tempat injektor mengabutkan bahan bakar, sehingga kerusakannya berdampak langsung terhadap efisiensi pembakaran.

Fenomena keretakan cylinder head pada mesin penggerak utama kapal merupakan permasalahan teknis yang sering dijumpai di lapangan. Kondisi ini dipicu oleh berbagai faktor seperti kelelahan material akibat siklus termal berulang, sistem pendinginan yang tidak optimal, serta ketidaksempurnaan proses pembakaran. Penelitian ini dilakukan berdasarkan kejadian nyata di atas Kapal MT Giat Armada 01 di mana cylinder head nomor 6 mengalami keretakan yang berdampak pada kinerja mesin induk secara keseluruhan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini merumuskan dua permasalahan utama: (1) Apa yang menyebabkan terjadinya keretakan cylinder head mesin penggerak utama di kapal? dan (2) Upaya apa yang dilakukan untuk mencegah terjadinya keretakan cylinder head mesin penggerak utama? Tujuan penelitian ini adalah menganalisis penyebab keretakan cylinder head dan menentukan upaya pencegahannya agar operasional kapal dapat berlangsung optimal dan aman.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian dan Fungsi Cylinder Head

Cylinder head adalah komponen mesin diesel yang berfungsi menutup ujung kerja silinder dan mengakomodasi ruang pembakaran, percikan api, serta katup-katup mesin. Cylinder head menjadi salah satu bagian paling kompleks dari mesin pembakaran internal karena secara langsung terekspos pada tekanan dan suhu tinggi selama siklus pembakaran berlangsung (Nagrik, 2017).

Menurut Zayadi et al. (2023) dalam jurnal Teknologi Kedirgantaraan, cylinder head merupakan komponen yang menempatkan katup dan mantel pendingin (cooling mantle) mesin. Kerusakan pada cylinder head akan mengganggu sistem kerja mesin untuk jangka waktu yang lama dan memerlukan proses perbaikan yang kompleks. Pada mesin kapal, cylinder head dilengkapi dengan berbagai komponen seperti injektor bahan bakar, katup isap, katup buang, katup udara start, dan sistem saluran pendingin yang saling berkaitan satu sama lain.

Komponen-komponen yang terdapat pada cylinder head antara lain: lubang-lubang jalur air pendingin mesin, rongga ruang pembakaran, lubang tempat nozzle pengabut, lubang tempat katup masuk dan katup buang beserta mekanis katupnya, serta lubang tempat baut pengikat mesin. Struktur yang kompleks ini menjadikan cylinder head rentan terhadap berbagai moda kerusakan, terutama yang berkaitan dengan beban termal dan mekanik yang bekerja secara siklik.

2.2 Material Penyusun Cylinder Head

Cylinder head tersusun dari baja tuang (cast iron) hasil perpaduan antara besi murni dan karbon melalui teknik tuang. Material ini dipilih karena kemampuannya menahan suhu dan tekanan tinggi yang terjadi pada waktu mesin beroperasi. Dalam perkembangan teknologi mesin modern, banyak cylinder head yang kini dibuat dari paduan aluminium yang memiliki kemampuan konduksi panas lebih baik dibandingkan besi tuang.

Penelitian Zeng et al. (2023) yang dipublikasikan dalam *International Journal of Automotive Manufacturing and Materials* menyoroti pentingnya sistem penilaian keandalan untuk komponen powertrain kritis melalui desain, simulasi, dan eksperimen. Temuan ini relevan dengan peningkatan kualitas material cylinder head modern yang harus mampu bertahan terhadap beban termal siklik. Sementara itu, penelitian analisis kegagalan cylinder head berbahan paduan aluminium (2022) mengidentifikasi bahwa cacat permukaan berupa micro-pores dan micro-shrinkage porosity pada proses pengecoran menjadi titik awal inisiasi retak.

2.3 Kelelahan Bahan (Material Fatigue)

Kelelahan bahan (fatigue) adalah fenomena kegagalan struktur yang diakibatkan oleh beban dinamik yang berulang dalam jangka waktu yang lama meskipun tegangan yang bekerja masih di bawah yield strength material. Fatigue merupakan penyebab utama sekitar 90% kegagalan dalam pemakaian komponen mesin (Amirrudin, 2018). Proses kelelahan bahan berlangsung melalui tiga fase: permulaan retak (crack initiation), penyebaran retak (crack propagation), dan patah final (fracture).

Penelitian terbaru yang dilakukan oleh Ghasemi et al. (2024) dan dipublikasikan dalam *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part D: Journal of Automobile Engineering* menganalisis umur fatigue siklus rendah (Low Cycle Fatigue/LCF) pada cylinder head diesel dengan mempertimbangkan gradien tegangan dan pelelehan lokal menggunakan metode elemen hingga (FEM) dan perangkat lunak ANSYS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur dan tegangan maksimum terjadi di daerah valve bridge antara katup buang, dengan nilai temperatur maksimum 220,29°C dan tegangan 89,868 MPa. Area ini merupakan titik paling rawan terjadinya inisiasi retak fatigue.

Titik mula retak pada komponen logam yang menerima beban dinamis adalah titik yang memiliki ketahanan kecil atau mengalami tegangan besar. Oleh karena itu, memperkirakan umur pemakaian suatu komponen merupakan hal yang sangat penting namun kompleks, mengingat banyaknya faktor yang mempengaruhi umur material logam dalam kondisi operasional kapal.

2.4 Sistem Pendinginan Mesin Induk

Sistem pendinginan merupakan salah satu sistem paling kritis pada mesin diesel kapal. Cylinder head selalu terekspos panas dari proses pembakaran sehingga memerlukan pendinginan yang memadai untuk mencegah overheated. Klara et al. (2023) dalam jurnal *Riset Teknologi Perkapalan* menganalisis kerusakan sistem pendingin mesin utama kapal TB. Semarang 26 menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Urgency, Seriousness, Growth (USG), menyimpulkan bahwa kerusakan sistem pendingin berdampak langsung pada penurunan performa dan umur komponen mesin induk.

Pada mesin diesel kapal, sistem pendinginan menggunakan dua jenis media pendingin: air laut dan air tawar. Sistem pendinginan tertutup menggunakan air tawar yang bersirkulasi melalui water jacket di dalam mesin, sementara air laut berfungsi mendinginkan air tawar melalui fresh water cooler. Air tawar lebih diutamakan sebagai media pendingin karena tidak menimbulkan kerak dan lebih sedikit menyebabkan korosi dibandingkan air laut. Dalam pengoperasian di kapal MT Giat Armada 01, suhu air tawar pendingin yang normal berkisar antara 70-80°C, sedangkan tekanan normal pompa pendingin air tawar adalah 1,5-2,5 kg/cm².

Studi terbaru mengenai sistem pendinginan mesin kapal yang diterbitkan dalam *Marine Science and Technology Journal* (2025) menegaskan bahwa selama observasi di mesin induk kapal, sistem pendingin ditunjang oleh banyak komponen dengan cara mendinginkan bagian-bagian tertentu

dari mesin seperti ruang bakar, minyak lumas, dan blok mesin melalui celah-celah jaket mesin. Kegagalan salah satu komponen dalam sistem pendinginan dapat memicu reaksi berantai yang berujung pada kerusakan komponen mesin yang lebih serius.

2.5 Proses Pembakaran dan Detonasi

Proses pembakaran yang sempurna dalam mesin diesel memerlukan keseimbangan tiga komponen: bahan bakar, oksigen, dan panas. Ketidakeimbangan salah satu komponen tersebut akan mengakibatkan pembakaran tidak sempurna yang berpotensi menimbulkan detonasi atau pembakaran susulan. Detonasi terjadi ketika campuran bahan bakar-udara menyala secara spontan sebelum gelombang api normal mencapainya, menghasilkan tekanan impulsif yang tinggi dan merusak komponen mesin.

Penelitian yang dipublikasikan dalam Jurnal Patria Bahari (2025) mengidentifikasi bahwa kebocoran atau kerusakan pada injektor dapat memicu variasi exhaust gas temperature (EGT) antar silinder. Fenomena ini merupakan indikator awal terjadinya pembakaran tidak sempurna yang berpotensi menyebabkan kerusakan pada cylinder head. Pemantauan suhu gas buang secara kontinu menjadi salah satu metode deteksi dini yang penting dalam mencegah kerusakan lebih lanjut.

Riset yang dilakukan Hakim (2023) mengenai kebocoran exhaust valve pada cylinder head mesin induk kapal KM. Permata Putra mengungkapkan bahwa peningkatan suhu gas buang dari 320°C menjadi 400°C dan suhu pendinginan cylinder head dari 75°C menjadi 100°C merupakan tanda-tanda awal gangguan serius pada sistem pembakaran. Kondisi ini menunjukkan adanya gangguan pada proses pendinginan yang apabila tidak segera ditangani akan berujung pada keretakan cylinder head.

2.6 Deteksi Kerusakan Cylinder Head

Berbagai metode non-destructive testing (NDT) digunakan untuk mendeteksi keretakan pada cylinder head. Dye penetrant test merupakan salah satu metode NDT yang paling umum digunakan di atas kapal untuk mendeteksi retak permukaan pada cylinder head. Metode ini bekerja dengan prinsip kapilerisasi di mana cairan penetran masuk ke dalam celah retak dan kemudian divisualisasikan dengan developer.

Penelitian terkini oleh Lazakis et al. (2023) dalam jurnal Applied Sciences Vol. 13 mempresentasikan penggunaan sinyal getaran dan tekanan dalam silinder untuk mendiagnosis perkembangan kerusakan pada komponen mesin diesel kapal. Penelitian ini menggunakan machine learning dan artificial neural networks untuk mengklasifikasikan kondisi komponen mesin berdasarkan parameter diagnostik yang diukur dari enam silinder mesin. Pendekatan ini mewakili tren terkini dalam pemantauan kondisi mesin kapal secara real-time yang dapat mendeteksi kerusakan lebih awal sebelum menyebabkan kegagalan total.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif yang bertujuan untuk menganalisis dan mendeskripsikan fenomena keretakan cylinder head berdasarkan data dan fakta di lapangan. Metode deskriptif kualitatif dipilih karena sesuai dengan sifat penelitian yang lebih menekankan pada pemahaman mendalam terhadap suatu fenomena teknis tertentu.

Pengumpulan data dilakukan melalui tiga cara: (1) Observasi langsung di atas Kapal MT Giat Armada 01 selama pelaksanaan praktik laut, dengan mengamati kondisi cylinder head mesin induk, parameter operasional mesin, dan sistem pemeliharaan yang diterapkan; (2) Wawancara mendalam dengan perwira mesin dan teknisi berpengalaman untuk mendapatkan informasi teknis yang

komprehensif; dan (3) Studi kepustakaan dengan mengkaji instruction manual book mesin, literatur teknis, dan jurnal ilmiah yang relevan.

Analisis data dilakukan secara kualitatif dengan membandingkan kondisi aktual di lapangan dengan standar operasional yang tertuang dalam instruction manual book mesin induk. Hasil analisis kemudian dikaitkan dengan teori-teori yang ada dalam literatur ilmiah untuk mengidentifikasi akar penyebab (root cause) keretakan cylinder head dan merumuskan rekomendasi pencegahan yang tepat dan aplikatif.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penyebab Terjadinya Keretakan Cylinder Head

Berdasarkan analisis terhadap data dan bukti yang dikumpulkan selama penelitian di atas Kapal MT Giat Armada 01, ditemukan tiga faktor utama yang menyebabkan terjadinya keretakan pada cylinder head mesin penggerak utama. Ketiga faktor ini saling berkaitan dan secara sinergis memperparah kondisi cylinder head hingga terjadi keretakan.

4.1.1 Kelelahan Bahan Akibat Melebihi Batas Jam Kerja

Penyebab pertama dan utama keretakan cylinder head adalah kelelahan bahan akibat jam kerja yang melebihi batas yang ditetapkan pabrik. Sesuai instruction manual book mesin induk di Kapal MT Giat Armada 01, batas jam kerja maksimal cylinder head adalah 6.000 jam. Apabila batas ini terlampaui tanpa dilakukan penggantian atau top overhaul, maka kekuatan dan ketahanan material cylinder head akan menurun secara progresif akibat deformasi kumulatif yang ditimbulkan oleh paparan panas, tekanan, dan getaran yang terus-menerus.

Analisis kegagalan cylinder head pada mesin diesel kapal menunjukkan bahwa kelelahan termal-mekanik (thermo-mechanical fatigue) merupakan mekanisme kerusakan dominan. Berdasarkan studi analisis kegagalan cylinder head stud pada mesin diesel kapal empat langkah yang dilaporkan dalam International Journal of Fatigue (2023), kegagalan fatigue ditandai dengan morfologi patahan berupa permukaan retak halus dan kasar di mana permukaan fatigue mencakup sekitar 75% dari total bidang patahan dengan beachmarks yang terlihat jelas. Hal serupa juga diamati pada cylinder head yang mengalami keretakan di Kapal MT Giat Armada 01.

Kondisi di industri pelayaran Indonesia menunjukkan bahwa banyak pemilik kapal yang kurang memperhatikan ketentuan jam kerja komponen mesin. Kerusakan sering baru terdeteksi setelah komponen benar-benar rusak, bukan melalui pemeriksaan preventif yang terjadwal. Situasi ini diperparah dengan terbatasnya ketersediaan spare part di atas kapal, sehingga penggantian komponen sesuai jadwal tidak dapat dilaksanakan tepat waktu.

4.1.2 Kurangnya Pendinginan pada Cylinder Head

Penyebab kedua adalah sistem pendinginan cylinder head yang tidak bekerja secara optimal. Selama proses pembakaran di dalam silinder mesin diesel, suhu gas pembakaran dapat mencapai 1.200-1.600°C. Apabila sistem pendinginan tidak mampu menyerap dan membuang kalor secara efektif, maka cylinder head akan mengalami overheated yang memicu terjadinya keretakan.

Klara et al. (2023) menegaskan bahwa gangguan pada sistem pendinginan mesin utama kapal merupakan salah satu penyebab utama kerusakan komponen mesin yang serius. Di Kapal MT Giat Armada 01, ditemukan beberapa masalah pada sistem pendinginan antara lain: penurunan kapasitas pompa air tawar pendingin, kerak yang menumpuk pada saluran water jacket cylinder head, serta adanya pengkaraman air yang menimbulkan penumpukan deposit pada permukaan

pendinginan. Kerak memiliki sifat sebagai penghambat perpindahan kalor, sehingga dinding cylinder head yang tertutup kerak tidak dapat menyalurkan panas secara efektif kepada air pendingin.

Kondisi overheated ini secara langsung menyebabkan peningkatan tegangan termal (thermal stress) pada material cylinder head. Pemanasan yang berlebihan melemahkan kekuatan material sekaligus menciptakan tegangan tambahan, sehingga memicu terjadinya keretakan terutama di daerah yang paling banyak menerima beban termal seperti area antara lubang katup buang (valve bridge area). Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Ghasemi et al. (2024) yang menunjukkan bahwa area valve bridge antara katup buang merupakan lokasi dengan temperatur dan tegangan tertinggi pada cylinder head mesin diesel.

4.1.3 Pembakaran Susulan (Detonasi)

Penyebab ketiga adalah terjadinya pembakaran susulan atau detonasi di dalam silinder. Detonasi terjadi akibat proses pengabutan bahan bakar oleh injektor yang tidak sempurna, sehingga campuran bahan bakar dan udara tidak terbakar habis dalam satu langkah pembakaran normal. Sisa bahan bakar yang tidak terbakar akan mengalami pembakaran spontan pada saat yang tidak tepat, menghasilkan tekanan impulsif yang merusak.

Penelitian yang dipublikasikan dalam Jurnal Patria Bahari (2025) menunjukkan bahwa kerusakan atau keausan pada injektor merupakan salah satu penyebab utama variasi suhu gas buang antar silinder, yang merupakan indikator terjadinya pembakaran tidak sempurna. Pemeriksaan injektor secara berkala setiap 500-1.000 jam kerja merupakan tindakan preventif yang sangat penting untuk mencegah detonasi.

Akibat detonasi yang berlangsung secara terus-menerus, terjadi penumpukan karbon deposit (carbon deposit) di dalam cylinder head. Deposit ini bertindak sebagai insulator yang menghambat perpindahan panas dari dinding cylinder head ke air pendingin, sehingga suhu lokal di area tersebut meningkat di luar batas normal. Kombinasi antara tekanan impulsif dari detonasi dan peningkatan suhu lokal ini memperparah tegangan yang bekerja pada cylinder head dan mempercepat inisiasi serta propagasi retak.

4.2 Upaya Pencegahan Keretakan Cylinder Head

4.2.1 Penggantian Cylinder Head Sesuai Jadwal

Upaya pencegahan pertama adalah melaksanakan penggantian cylinder head sesuai jadwal yang tertuang dalam instruction manual book mesin induk. Penggantian atau top overhaul harus dilakukan setiap 6.000-8.000 jam kerja mesin. Pelaksanaan top overhaul mencakup pemeriksaan dan perawatan terhadap seluruh komponen cylinder head meliputi: kepala silinder itu sendiri, permukaan bawah silinder, ruang pendingin silinder, pengecekan keretakan silinder, baut dan mur pengikat, O-ring air pendingin, injektor bahan bakar, katup gas buang dan masuk, beserta komponen pendukung lainnya.

Penelitian Sulfikar (2024) di Kapal KM. Binaiya yang melaksanakan praktik laut selama kurang lebih 12 bulan mengkonfirmasi bahwa pelaksanaan perawatan cylinder head yang konsisten sesuai jadwal Planned Maintenance System (PMS) terbukti efektif dalam mencegah kerusakan prematur. Pengecekan keretakan menggunakan metode dye penetrant merupakan prosedur standar yang harus dilaksanakan setiap kali cylinder head dibuka untuk pemeriksaan, mengingat metode ini mampu mendeteksi retak permukaan yang sangat halus sekalipun.

4.2.2 Pemeriksaan Rutin Sistem Pendingin

Upaya pencegahan kedua adalah melaksanakan pemeriksaan dan perawatan sistem pendinginan secara berkala. Pemeriksaan sistem pendingin mencakup: verifikasi tekanan kerja pompa

air tawar (normal: 1,5-2,5 kg/cm²), pemeriksaan kondisi dan kebersihan filter air tawar, pemeriksaan kondisi gland packing pompa, pengecekan kemungkinan kebocoran pada pipa dan sambungan, serta overhaul pompa air laut apabila kapasitasnya menurun.

Aspek penting lain dalam perawatan sistem pendinginan adalah pengelolaan kualitas air tawar pendingin. Air tawar yang digunakan sebagai media pendingin harus dijaga kualitasnya untuk mencegah terbentuknya kerak dan korosi pada saluran water jacket. Penambahan inhibitor korosi (corrosion inhibitor) pada air tawar pendingin merupakan praktik yang direkomendasikan oleh banyak produsen mesin kapal untuk memperpanjang umur komponen sistem pendinginan.

4.2.3 Perawatan Sistem Bahan Bakar dan Injektor

Upaya pencegahan ketiga adalah melaksanakan perawatan sistem bahan bakar dan injektor secara teratur. Pengujian dan penyetelan injektor harus dilakukan setiap 500-1.000 jam kerja sesuai instruction manual book mesin. Pemeriksaan injektor mencakup: pengujian tekanan penyemprotan (standar: 300 kg/cm²), pemeriksaan pola semprotan nozzle, pengecekan kebocoran bahan bakar, dan pembersihan nozzle dari kerak yang menghambat penyemprotan.

Penelitian yang dipublikasikan dalam *Impression: Jurnal Teknologi dan Informasi* (2025) menekankan pentingnya pemeriksaan injektor sebelum dan sesudah pelayaran jarak jauh untuk mendeteksi kerusakan lebih awal. Penggunaan bahan bakar yang telah melalui proses pemurnian yang baik untuk menghindari kontaminan seperti air dan lumpur juga sangat direkomendasikan. Selain itu, pencatatan hasil perawatan secara disiplin agar kondisi injektor dapat dipantau dan menjadi acuan untuk pemeriksaan selanjutnya merupakan praktik tata kelola pemeliharaan yang baik (good maintenance governance).

4.3 Hasil Perbaikan di Kapal MT Giat Armada 01

Setelah dilakukan serangkaian tindakan perbaikan yang meliputi: (1) penggantian cylinder head nomor 6 yang mengalami keretakan, (2) top overhaul lengkap pada cylinder head yang baru, (3) pemeriksaan dan perbaikan sistem pendinginan, serta (4) penyetelan ulang injektor bahan bakar, data suhu gas buang cylinder head nomor 6 kembali ke rentang normal. Hal ini membuktikan bahwa tindakan perbaikan yang dilakukan telah berhasil mengatasi masalah keretakan dan mengembalikan performa mesin induk ke kondisi optimal.

Pengalaman perbaikan di Kapal MT Giat Armada 01 ini memperkuat pentingnya implementasi Planned Maintenance System (PMS) yang konsisten dan terdokumentasi dengan baik. Deteksi dini kerusakan melalui pemantauan parameter operasional mesin secara kontinyu, seperti suhu gas buang, suhu air pendingin, dan tekanan minyak pelumas, merupakan kunci dalam mencegah kerusakan yang lebih serius dan biaya perbaikan yang jauh lebih besar.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Keretakan cylinder head mesin penggerak utama di Kapal MT Giat Armada 01 disebabkan oleh tiga faktor utama yang saling berkaitan: kelelahan bahan akibat melebihi batas jam kerja (running hours) 6.000 jam yang ditetapkan pabrik, pendinginan cylinder head yang tidak optimal sehingga terjadi overheated dan kerak pada saluran water jacket, serta pembakaran susulan (detonasi) akibat injektor yang tidak berfungsi dengan baik yang menimbulkan penumpukan karbon deposit.
2. Upaya pencegahan keretakan cylinder head dapat dilakukan melalui: pelaksanaan penggantian dan top overhaul cylinder head sesuai jadwal Planned Maintenance System (PMS)

setiap 6.000-8.000 jam kerja, pemeriksaan dan perawatan rutin sistem pendinginan termasuk pemantauan tekanan pompa dan kualitas air pendingin, serta perawatan berkala sistem bahan bakar dan injektor setiap 500-1.000 jam kerja.

3. Implementasi Planned Maintenance System yang konsisten, terdokumentasi dengan baik, dan disertai pemantauan parameter operasional mesin secara berkelanjutan merupakan kunci utama dalam mencegah kerusakan prematur pada cylinder head dan menjaga keandalan operasional mesin penggerak utama kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- Amirrudin, A. (2018). Analisa Pengujian Lelah Material Tembaga Dengan Menggunakan Rotary Bending Fatigue Machine. Medan: Teknik Mesin ITM. <https://jurnal.mesin.itm.ac.id/index.php/jm/article/view/79/68>
- Ghasemi, M. R., et al. (2024). Low Cycle Fatigue Life Analysis of Cylinder Heads Considering Stress Gradient and Local Yielding. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part D: Journal of Automobile Engineering. <https://doi.org/10.1177/09544070231219>
- Hakim, L. (2023). Analisis Perawatan Kebocoran Exhaust Valve Cylinder Head Pada Mesin Induk Tipe HANSHIN 6LU35 RG di Kapal KM. Permata Putra. Politeknik Pelayaran Surabaya. <http://repository.polteknip-sby.ac.id/id/eprint/789>
- Impression: Jurnal Teknologi dan Informasi. (2025). Analisis Perawatan Injektor Bahan Bakar Mesin Induk Kapal. Vol. 4(2). <https://jurnal.risetilmiah.ac.id/index.php/jti>
- Karyanto. (2000). Panduan Reparasi Mesin Diesel. Jakarta: Pedoman Ilmu Jaya.
- Klara, S., Husni Sitepu, A., Rivai, H., & Idham Satyaguna, M. (2023). Analisis Kerusakan Sistem Pendingin Mesin Utama Kapal TB. Semarang dengan Metode FTA dan USG. Jurnal Riset Teknologi Perkapalan, 1(1), 64–69.
- Lazakis, I., et al. (2023). Diagnosing Cracks in the Injector Nozzles of Marine Internal Combustion Engines during Operation Using Vibration Symptoms. Applied Sciences, 13(17), 9599. <https://doi.org/10.3390/app13179599>
- Marine Science and Technology Journal. (2025). Analisis Masuknya Air Pendingin ke dalam Cylinder Main Engine Kapal. Vol. 2(1). <https://e-journal.ivet.ac.id/index.php/maristec>
- Nagrik, K.S. (2017). Design, Analysis and Comparing for a Different Cylinder Head of C.I. Engine. International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology (IJARIIT), 3(2), 1080–1086. ISSN: 2454-132X. <https://www.ijariit.com/manuscripts/v3i2/V3I2-1539.pdf>
- Pongkessu, P. (2018). Analisa Pengaruh Perubahan Temperatur Air Pendingin Terhadap Kinerja Fresh Water Cooler Pada Mesin Induk di Kapal MV Kalla Lines XV. Makassar: Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar. <http://jurnal.pipmakassar.ac.id/index.php/ejurnal-pip-mks/article/view/77>
- Jurnal Patria Bahari. (2025). Analisis Kenaikan Temperatur Gas Buang Mesin Induk Kapal MT Mutiara Global. Vol. 5(2), 374-378. <https://ejournal.polteknip-sorong.ac.id/index.php/jpb>
- R. Sugeng Mulyono. (2016). Rancang Bangun Alat Penekan Pegas Katup Sistem Pneumatik Dan Penopang Cylinder Head. DOI: 10.32722/pt.v15i3.860
- Sapkal, V., & Ukey, K. (2017). Design and Analysis of Cylinder Head of an IC Engine. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 5(5), 74–75. <https://www.irjet.net/archives/V5/i5/IRJET-V5I514.pdf>
- Sulfikar, K. (2024). Analisis Kerusakan Cylinder Head Mesin Induk Kapal di KM. Binaiya. Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar. <http://eprints.pipmakassar.ac.id/1193>
- Zayadi, A., Sungkono, & Masyhudi. (2023). Analisis Kerusakan Kepala Silinder Blok Mesin Pada Kendaraan Jenis Minibus Kapasitas 1500 CC. Jurnal Teknologi Kedirgantaraan, 8(2), 1–10. <https://doi.org/10.35894/jtk.v8i2.79>

Zeng, X., Wang, G., Liu, Y., Liu, J., Feng, Y., Shi, X., Lou, D., Zhang, L., Wei, T., & Li, Z. (2023). Enhancing the Reliability Assessment System for Crucial Powertrain Components through Design, Simulation, and Experiment. *International Journal of Automotive Manufacturing and Materials*, 2, 4. <https://doi.org/10.53941/ijamm.2023.100010>