Didaktik : Jurnal Ilmiah FKIP Universitas Mandiri,
ISSN Cetak : 2477-5673 ISSN Online : 2614-722X
Volume 12 Nomor 03, September 2026

ANALISA PENTINGNYA PERAWATAN INJEKTOR DALAM RANGKA PENINGKATAN KINERJA GENERATOR DI KAPAL GAS AURORA

Nando Pearl Patasik[1], Sarifuddin[2], Rahmat Hidayat[3]
[1,2,3] Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
[1]nandopearl12@gmail.com, [2] sarifuddin.kemenhub@gmail.com,
Batejolloro@gmail.com

ABSTRACT

This study was conducted to examine the factors that cause injector leaks and their impact on the performance of generators powered by Yanmar S165L 6-cylinder auxiliary engines on the Gas Aurora vessel. The research approach used was a descriptive qualitative and ex post facto method, with information collected through field observations, engine operating parameter measurements, injector physical condition inspections, testing using test bench equipment, and interviews with engine personnel. The research findings indicate that injector leaks are triggered by a combination of mechanical, operational, and maintenance factors. The dominant triggers include nozzle and needle wear, sealing component failure, and carbon deposits due to prolonged low-load engine operation. Furthermore, the suboptimal implementation of the Planned Maintenance System (PMS) increases the risk of these problems. This situation results in an exhaust gas temperature (EGT) difference between cylinders of 20–40°C, increased fuel consumption, the appearance of exhaust smoke, and reduced generator performance stability during operation.

Keywords: *Injector, Generator, Auxiliary Engine, Injector Leak, Yanmar S1651.*

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji faktor- faktor yang menimbulkan terbentuknya kebocoran pada injektor dan pengaruhnya terhadap performa generator yang digerakkan oleh auxiliary engine Yanmar S165L 6 silinder di kapal Gas Aurora. Pendekatan penelitian yang diterapkan berbentuk tata cara deskriptif kualitatif serta ex post facto, dengan metode pengumpulan informasi lewat observasi lapangan, pengukuran parameter kerja mesin, inspeksi keadaan raga injektor, pengujian memakai perlengkapan test bench, dan wawancara dengan personel bagian mesin. Penemuan penelitian mengindikasikan kalau kebocoran injektor dipicu oleh campuran aspek mekanis, operasional, serta aspek pemeliharaan. Pemicu dominan mencakup keausan pada nozzle serta needle, kehancuran komponen perapat(sealing), dan terjadinya endapan karbon akibat pengoperasian mesin pada beban rendah dalam jangka waktu tertentu. Di samping itu, implementasi Planned Maintenance System(PMS) yang belum berjalan secara optimal ikut memperbesar resiko terbentuknya kendala tersebut. Keadaan ini berakibat pada perbandingan temperatur gas buang(EGT) antar silinder sebesar 20–40°C, meningkatnya konsumsi bahan bakar, munculnya asap pada gas buang, dan berkurangnya kestabilan kinerja generator sepanjang beroperasi.

Kata Kunci: Injektor, Generator, Auxiliary Engine, Kebocoran Injektor, Yanmar S1651

A. Pendahuluan

Kinerja optimal generator sangat dipengaruhi oleh efisiensi proses pembakaran di ruang bakar, yang bergantung pada tiga faktor utama: kualitas suplai bahan bakar, kompresi udara yang memadai, dan kinerja sistem injeksi bahan bakar. Di antara ketiganya, injektor merupakan komponen yang paling kritis karena bertanggung jawab mengatomisasi bahan bakar menjadi partikel mikron dan menyemprotkannya pada tekanan, waktu, dan pola yang tepat (Heywood, 2018).

Dalam praktik operasional, performa injektor secara bertahap mengalami degradasi. Faktor-faktor seperti kualitas bahan bakar yang tidak ideal, kontaminasi, jam operasi tinggi, serta ketidaksempurnaan proses pembakaran mempercepat kerusakan komponen internal injektor (Ma et al., 2019). Kerusakan tersebut meliputi pembentukan kerak karbon pada nozzle, keausan jarum injektor akibat gesekan, munculnya cavitation erosion, serta pelemahan spring penekan. Kondisi ini memicu beberapa gangguan seperti penyumbatan (clogging), kebocoran (leakage), pola semprotan tidak merata, hingga deviasi tekanan pembukaan dari spesifikasi pabrikan (Kegl & Kegl, 2020).

Dampaknya bersifat multifaset dan sangat memengaruhi kinerja generator. Secara operasional, masalah pada injektor menyebabkan penurunan daya keluaran generator, fluktuasi tegangan dan frekuensi listrik, peningkatan konsumsi bahan bakar spesifik (SFC), serta munculnya asap hitam yang menjadi indikator pembakaran tidak sempurna (Sarvi & Zevenhoven, 2021). Secara mekanis, injektor yang rusak menghasilkan getaran mesin, knocking, dan menyebabkan keausan sekunder seperti kerusakan ring piston, liner, exhaust valve, hingga turbocharger akibat kenaikan temperatur gas buang (Wärtsilä, 2022).

Melihat kompleksitas dampak tersebut, program perawatan injektor tidak lagi dapat dipandang sebagai rutinitas biasa. Perawatan injektor telah berkembang menjadi strategi pemeliharaan proaktif dan investasi jangka panjang, mencakup inspeksi visual, pengujian performa pada nozzle test bench, pembersihan menggunakan metode tepat, serta kalibrasi ulang atau penggantian komponen (MAN Energy Solutions, 2021). Pendekatan perawatan

berbasis kondisi (condition-based maintenance/CBM) juga terbukti mampu menekan biaya operasional dan meningkatkan reliabilitas mesin (Tsoutsanis et al., 2017).

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan deskriptif kualitatif yang dipadukan dengan metode ex post facto dan Root Cause Analysis (RCA) untuk mengkaji perawatan injektor serta pengaruhnya terhadap kinerja generator pada auxiliary engine kapal Gas Aurora. Penelitian dilaksanakan selama 12 bulan dengan fokus pada kondisi injektor, pola pemeliharaan, dan dampaknya terhadap efisiensi operasi mesin.

Data diperoleh melalui wawancara mendalam, observasi langsung, dokumentasi teknis, dan studi literatur. Sumber data terdiri atas data primer dan sekunder yang dianalisis melalui tahapan reduksi, penyajian, serta interpretasi data guna mengidentifikasi akar penyebab permasalahan dan menghasilkan pemahaman yang komprehensif berdasarkan kondisi operasional aktual.

C.Hasil Penelitian dan Pembahasan

Objek penelitian ini adalah kapal Gas Aurora, yang beroperasi sebagai kapal pengangkut gas (LPG/Gas Carrier). Kapal ini dilengkapi dengan sistem pembangkitan listrik yang bergantung pada generator diesel sebagai sumber utama daya listrik kapal, baik saat berlayar maupun ketika sandar di pelabuhan.

Generator pada kapal Gas Aurora memiliki peran krusial dalam menunjang operasional sistem navigasi, komunikasi, cargo handling, sistem keselamatan, serta kebutuhan akomodasi. Oleh karena itu, keandalan generator menjadi aspek vital yang harus dijaga melalui perawatan sistem bahan bakar, khususnya injektor.

Generator ini menggunakan sistem injeksi mekanis yang sangat bergantung pada kondisi fisik Injektor, sehingga keausan atau kebocoran Injektor akan berdampak langsung terhadap kualitas pembakaran dan stabilitas kinerja generator.

Tabel 1 Parameter Operasi Generator

Parameter	**Cyl 1**	**Cyl 2**	**Cyl 3**	**Cyl 4**	**Cyl 5**	**Cyl 6**	**Normal Limits**
EGT (°C)	395	**438**	392	398	400	397	380–420
Asap	Normal	Black	Normal	Normal	Normal	Normal	—
Bunyi abnormal	No	Ada	No	No	No	No	—
Beban generator	± 70 %	±70 %	± 70 %	± 70 %	± 70 %	± 70 %	—

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa Silinder 2 menunjukkan suhu Exhaust Gas Temperature (EGT) yang melebihi batas normal, disertai dengan asap hitam pekat dan suara ketukan (knocking) ringan. Kondisi ini merupakan indikasi awal adanya gangguan pada sistem injeksi bahan bakar, khususnya pada injektor Silinder 2. Setelah dilakukan pembongkaran dan pemeriksaan terhadap injektor, ditemukan adanya kebocoran internal maupun eksternal pada injektor Silinder 2.

Setelah dilakukan pembongkaran dan pemeriksaan Injektor, ditemukan adanya kebocoran internal dan eksternal pada Injektor silinder tersebut. Pemeriksaan fisik menunjukkan bahwa sebagian besar komponen Injektor tidak lagi memenuhi standar operasional, sehingga berpotensi menyebabkan kebocoran bahan bakar dan atomisasi yang tidak sempurna.

Hasil test bench memperkuat temuan bahwa Injektor mengalami kegagalan fungsi dan menjadi sumber utama gangguan pembakaran pada generator. Hasil pengujian menunjukkan bahwa jenis pengabutan yang dihasilkan injector silinder 2 tidak berupa fine atomization sebagaimana yang dipersyaratkan. Bahan bakar keluar dalam bentuk jet stream atau pancaran yang tidak teratomisasi sempurna serta terdapat tetesan bahan bakar pada ujung nozzle. Kondisi ini disebabkan oleh keausan nozzle tip, needle yang macet akibat deposit karbon, serta penurunan tekanan pembukaan injector.

Pengabutan yang tidak sempurna mengakibatkan pencampuran bahan bakar dan udara di dalam ruang bakar menjadi kurang homogen sehingga proses pembakaran berlangsung tidak sempurna. Dampaknya adalah meningkatnya temperatur gas buang (EGT/Engine Gas Temperature) hingga mencapai 438°C, timbulnya

asap hitam pada gas buang, munculnya bunyi knocking ringan, serta menurunnya efisiensi kerja generator. Temuan ini menunjukkan bahwa kerusakan injector merupakan penyebab utama gangguan pembakaran pada silinder 2 Generator Diesel di KM Gas Aurora.

Tabel 2 Jenis Pengabutan pada Injector Diesel

Types of fogging	Features	Conditions
Fine Atomization	Smooth, even, symmetrical cone-shaped fog	Normal
Coarse Atomization	Large and coarse fuel granules	Less good
Distorted Spray	Unsymmetrical spray shape	Damaged
Dribbling Spray	Drip after spraying is complete	Damaged
Jet Stream	Fuel emits like a straight stream without atomization	Heavily damaged

Kebocoran Injektor pada auxiliary engine Yanmar S1651 6 silinder merupakan permasalahan teknis yang berdampak langsung terhadap kualitas pembakaran dan kinerja generator. Berdasarkan hasil observasi lapangan, pemeriksaan fisik Injektor, pengujian menggunakan test bench, serta wawancara dengan awak mesin, dapat disimpulkan bahwa kebocoran Injektor disebabkan oleh kombinasi faktor mekanis, operasional, dan manajerial/perawatan.

Kebocoran Injektor pada auxiliary engine Yanmar S1651 6 silinder memberikan dampak signifikan terhadap proses pembakaran, parameter kerja mesin, serta kinerja generator secara keseluruhan. Injektor yang tidak mampu menyemprotkan bahan bakar secara presisi menyebabkan ketidakseimbangan pembakaran antar silinder, yang pada akhirnya menurunkan efisiensi dan keandalan sistem pembangkitan listrik di kapal.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, kerusakan pada sistem injektor memberikan dampak yang signifikan terhadap proses pembakaran di dalam mesin diesel serta kinerja keseluruhan mesin. Dampak tersebut tidak hanya mempengaruhi efisiensi pembakaran, tetapi juga berpengaruh terhadap parameter performa lain seperti daya mesin, konsumsi bahan bakar, temperatur gas buang, serta keandalan komponen mesin dalam jangka panjang.

konsumsi bahan bakar meningkat Penurunan efisiensi pembakaran yang disertai dengan meningkatnya konsumsi bahan bakar merupakan salah satu dampak utama dari gangguan pada sistem injektor mesin diesel. Kondisi ini terjadi ketika proses pengabutan bahan bakar tidak berlangsung secara optimal, sehingga bahan bakar tidak tercampur sempurna dengan udara di dalam ruang bakar.

Kerusakan pada sistem injektor juga dapat menimbulkan beberapa gejala lanjutan yang berdampak langsung pada proses pembakaran, yaitu kebocoran bahan bakar, pola semprotan yang tidak merata, dan terjadinya knocking pada mesin. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, upaya perbaikan terhadap permasalahan injektor difokuskan pada penanganan penumpukan deposit karbon serta keausan komponen internal.

Penumpukan deposit karbon pada nozzle injektor dapat diatasi melalui proses pembersihan secara berkala menggunakan metode chemical cleaning maupun ultrasonic cleaning. Metode chemical cleaning bekerja dengan melarutkan kerak karbon yang menempel pada permukaan nozzle, sedangkan ultrasonic cleaning mampu membersihkan hingga ke bagian-bagian kecil nozzle yang sulit dijangkau secara manual.

Pelaksanaan pembersihan ini perlu disesuaikan dengan jam kerja mesin atau running hours agar efektivitas pengabutan bahan bakar tetap terjaga. Dengan dilakukannya pembersihan secara rutin, pola penyemprotan bahan bakar dapat kembali normal sehingga distribusi bahan bakar di dalam ruang bakar menjadi lebih merata dan proses pembakaran berlangsung lebih efisien.

Selain itu, keausan komponen internal injektor seperti nozzle needle memerlukan tindakan perbaikan berupa penggantian komponen sesuai dengan rekomendasi pabrikan. Keausan yang terjadi akibat gesekan terus-menerus maupun kontaminasi bahan bakar menyebabkan celah antara komponen meningkat dan menimbulkan kebocoran bahan bakar (dribbling).

Oleh karena itu, penggantian komponen yang telah aus sangat penting untuk mengembalikan kondisi injektor agar dapat bekerja secara optimal. Dengan komponen yang

masih dalam kondisi baik, tekanan pembukaan (opening pressure) dapat kembali sesuai standar sehingga waktu dan pola injeksi menjadi lebih tepat.

Di samping tindakan perbaikan, upaya pencegahan juga perlu dilakukan untuk meminimalisir terjadinya kerusakan yang sama di kemudian hari. Hal ini dapat dilakukan dengan melaksanakan perawatan preventif secara rutin, seperti pengujian tekanan pembukaan injektor, menjaga kebersihan sistem bahan bakar, serta menggunakan bahan bakar yang berkualitas dan bebas dari kontaminasi.

Dengan penerapan perawatan yang baik dan sesuai prosedur, kinerja injektor dapat dipertahankan dalam kondisi optimal. Secara keseluruhan, penerapan metode pembersihan yang tepat dan penggantian komponen yang aus terbukti mampu mengembalikan performa injektor.

Dampaknya dapat dilihat dari membaiknya proses pengabutan bahan bakar, meningkatnya efisiensi pembakaran, stabilnya temperatur gas buang, serta menurunnya konsumsi bahan bakar. Hal ini menunjukkan bahwa perawatan yang tepat memiliki peran penting dalam menjaga keandalan dan efisiensi mesin diesel.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai kebocoran injektor pada generator di kapal Gas Aurora, maka dapat disimpulkan Kerusakan pada sistem injektor memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap kinerja mesin diesel generator, khususnya dalam proses pembakaran di dalam silinder. Gangguan pada injektor seperti keausan nozzle, kebocoran needle valve, dan penyumbatan akibat deposit karbon menyebabkan pengabutan bahan bakar menjadi tidak sempurna.

Faktor penyebab utama kerusakan injektor tidak hanya berasal dari aspek teknis, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor manusia dan sistem perawatan. Kurangnya disiplin dalam pelaksanaan maintenance, tidak diterapkannya jadwal overhaul berbasis jam operasi, serta tidak dilakukannya pengujian Injektor menggunakan test bench setelah perawatan menjadi penyebab utama menurunnya performa injektor.

Upaya perbaikan yang dilakukan menunjukkan hasil yang efektif dalam

mengembalikan performa mesin. Penggantian injektor yang bermasalah dengan unit yang telah diuji mampu menormalkan proses pembakaran, ditandai dengan stabilnya EGT, hilangnya asap hitam, serta berkurangnya knocking. Untuk menjaga kondisi tersebut secara berkelanjutan, diperlukan penerapan sistem perawatan yang terencana dan berkelanjutan, seperti overhaul berkala, pengujian Injektor, peningkatan kualitas bahan bakar, serta pengelolaan operasional mesin yang tepat.

DAFTAR PUSTAKA

Jurnal :

Cullinane, K. (2020). *International handbook of* maritime *economics*. Routledge.

Denso Corporation. (2023). *Overview of precision components in modern fuel injectors*. Denso Technical *Bulletin*.

Kegl, B., & Kegl, M. (2020). Fuel spray, combustion, and emission formation in marine diesel engines. *Energy Conversion and Management, 203*, 112–245.

Kegl, B., et al. (2020). Fuel injector influence on combustion and emissions in diesel engines. *Energies, 13*(10), 2479. https://www.mdpi.com/1996-1073/13/10/2479/pdf

Ma, Y., Wang, X., & Zhang, L. (2019). Failure mechanisms of diesel injector nozzles under long-term operation. *Journal of Marine Science and Engineering, 7*(6), 180.

Martínez-Martínez, S., et al. (2021). Hydraulic interactions between injection events using multiple injection strategies in common-rail diesel systems. *Energies, 14*(11), 3087. https://www.mdpi.com/1996-1073/14/11/3087/pdf

MDPI. (2025). The impact of the common rail fuel injection system on performance and emissions. https://www.mdpi.com/1996-1073/18/19/5259

Payri, R., Viera, G., & Martí-*Aldaraví*, P. (2022). Experimental analysis of injector energizing time and needle dynamics in high-pressure diesel *injection* systems. *Energies, 15*(9), 3305. https://www.mdpi.com/1996-1073/15/9/3305/pdf

Qiao, S., Yue, D., & Li, J. (2025). Energy consumption optimization for ship diesel engines: A big-data-driven approach. *Frontiers in* Marine *Science, 12*, 1551192. https://www.frontiersin.org/journals/marine-science/articles/10.3389/fmars.2025.1551192/pdf

Scania. (2023). *Injector operation cycle and phases in modern diesel engines*. Scania Technical *Publications*.

Sugiyono. (2018). *Metode penelitian kualitatif, kuantitatif, dan R&D*. Alfabeta. https://alfabeta.co.id/

Yuan, W., Zhang, Y., Fang, J., & Wang, T. (2021). Investigation of needle closing dynamics and cavitation *effects* in diesel injectors. *Fuel Communications, 7*, 100046. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666386421000465

Zhang, Q., Li, H., Sun, Z., & Chen, X. (2023). Effects of needle lift and injection pressure on diesel spray morphology *in* modern common-rail systems. *Energies, 16*(4), 1663. https://www.mdpi.com/1996-1073/16/4/1663/pdf