Terjadinya *Black Out* pada *Diesel Generator* di KM. Logistik Nusantara 1

Mustholiq[1], Safi'i, I[2], Maulana, L. A[3]

[1,2]Dosen Program Studi Teknika Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang

[3]Taruna Program Studi Teknika Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang

***Abstrak* - *Auxiliary engine* atau *diesel generator* merupakan mesin pendukung yang menyediakan pasokan listrik di kapal untuk memenuhi berbagai kebutuhan, seperti penerangan, pompa, sistem kemudi, navigasi, dan peralatan lainnya. Sebagian besar kapal niaga modern mengandalkan *diesel generator* sebagai sumber utama energi listrik, yang beroperasi dengan mengubah energi mekanik dari proses pembakaran internal menjadi energi listrik. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi faktor penyebab, dampak dari terjadinya *black out* pada *diesel generator* di KM. Logistik Nusantara 1, serta langkah-langkah untuk mengatasi masalahnya. Metode penelitiannya adalah deskriptif kualitatif dengan teknik analisis data RCA *(Root Cause Analysis)* 5 *why*. Hasil penelitian menyatakan bahwa penyebab *blackout* pada *diesel generator* KM. Logistik Nusantara 1, yaitu kotoran pada *nozzle injector* dan kerusakan pada *gasket cylinder head*, yang berdampak pada gangguan operasional mesin dan risiko kerusakan lebih lanjut. Solusi yang disarankan meliputi perawatan rutin, pembersihan dan penggantian *nozzle injector*, pemeriksaan kualitas bahan bakar, serta penggantian *gasket cylinder head*.**

Kata kunci: black out, diesel generator, gasket cylinder head, nozzle injector

A. PENDAHULUAN

Untuk mendukung kebutuhan manusia, sumber daya listrik kini telah menjadi aspek penting dalam menunjang berbagai aktivitas sehari-hari. Oleh karena itu, perawatan rutin terhadap peralatan bantu di atas kapal sangatlah penting untuk menjaga performa optimalnya. Salah satu elemen vital dalam memastikan kelancaran operasional kapal adalah memastikan ketersediaan listrik melalui mesin bantu *diesel generator*.

Saat ini, banyak kapal modern memiliki ukuran yang besar, namun perhatian terhadap mesin kapal tetap menjadi hal yang krusial. Di dalam sebuah kapal, diperlukan sistem permesinan yang memadai untuk mendukung kelancaran operasional. Salah satu komponen vital, selain mesin diesel utama sebagai penggerak, adalah diesel generator (DG). *Diesel generator* berperan utama sebagai sumber tenaga listrik yang dihasilkan melalui *rotor alternator*. *Alternator* berfungsi mengubah energi kinetik menjadi energi listrik. Proses ini menciptakan tegangan listrik sebagai hasil dari induksi elektromagnetik.

Pada *generator, stator* berfungsi untuk mengumpulkan dan mengalirkan energi listrik yang dihasilkan oleh *rotor* yang berputar. Dalam sistem elektromagnetik, stator sangat penting karena memberikan stabilitas dan efisiensi pada keseluruhan kinerja mesin.

Khan, H. U. R., Awan, U., Zaman, K., & Nassani, dalam publikasi mereka, Awan dan Khan menjelaskan bahwa *stator* adalah bagian utama dari motor dan *generator* yang berfungsi untuk menghasilkan medan magnet [1]. Mereka menyoroti pentingnya desain dan material *stator* dalam meminimalkan rugi-rugi energi dan meningkatkan efisiensi operasi mesin listrik. Mereka juga menjelaskan bahwa tumpukan laminasi inti *stator* berperan penting dalam mengurangi kerugian akibat arus eddy. Dale R. Patrick dan Stephen F. Davis, dalam buku "Electrical Machines, Drives and Power Systems", mereka menyatakan bahwa *stator* adalah komponen tetap dalam mesin listrik yang berfungsi untuk menciptakan medan magnet statis [2]. Mereka juga menyoroti pentingnya desain dan material pada stator untuk mencapai efisiensi maksimum. Penjelasan tersebut menunjukkan bahwa *stator* adalah elemen yang krusial dalam mesin listrik, seperti pada mesin *diesel generator*. Pemilihan material yang tepat dan desain yang baik berperan signifikan dalam meningkatkan efisiensi serta kinerja keseluruhan dari mesin *diesel generator* itu sendiri.

Salah satu bagian utama dari konstruksi motor induksi adalah *rotor*. *Rotor* adalah bagian yang berputar dalam mesin atau perangkat elektromekanis, seperti motor listrik dan *generator*. Fungsi utama *rotor* adalah mengubah energi listrik menjadi energi mekanis (dalam motor) atau sebaliknya (dalam *generator*). *Rotor* berputar di dalam medan magnet yang dihasilkan oleh *stator*, menghasilkan gaya gerak yang digunakan untuk menggerakkan beban tertentu. Menurut para ahli, *rotor* adalah komponen yang berputar dan berfungsi menghasilkan gerakan mekanis melalui interaksi dengan medan magnet *stator*.

Terdapat beberapa jenis *rotor*, seperti *rotor* sangkar tupai dan *rotor* belitan**,** yang umum digunakan dalam motor induksi. Pada rotor sangkar tupai, konduktor yang terletak di permukaan *rotor* menciptakan arus induksi saat berinteraksi dengan medan magnet *stator*, menghasilkan torsi yang memutar *rotor*. Sementara itu, pada *rotor* belitan, kawat yang dibelitkan pada *rotor* memberikan kontrol yang lebih baik terhadap kecepatan dan torsi motor.

Plan Maintenance System (PMS) adalah sistem perawatan kapal yang berkelanjutan untuk menjaga peralatan dan perlengkapan kapal tetap dalam kondisi baik dan layak beroperasi. *Plan Maintenance System* memiliki peran krusial dalam memastikan *diesel generator* tetap berfungsi optimal. Melalui perawatan berkala, potensi kerusakan mesin dapat dicegah, termasuk masalah ekspansi berlebihan, panas yang ekstrem, serta risiko *overheating* akibat gesekan dan proses pembakaran.

Diesel generator yang berfungsi dengan baik seharusnya menghasilkan suara mesin yang halus. Dengan pelumasan yang tepat, mesin dapat beroperasi secara optimal dengan tingkat kebisingan yang minimal, yang biasanya berasal dari ruang bakar, bukan dari komponen mekanis. Namun, suara bising yang berlebihan dapat terjadi apabila salah satu bagian mekanis mengalami kerusakan atau keausan [3].

Auxiliary engine atau *diesel generator* adalah permesinan bantu yang berfungsi sebagai penyuplai energi listrik di atas [4]. Energi listrik tersebut dimanfaatkan untuk mengoperasikan berbagai peralatan di atas kapal, seperti lampu penerangan, pompa, sistem kemudi, navigasi, sanitasi, alarm kebakaran, peralatan dapur *(galley)*, dan lainnya. Mayoritas kapal niaga saat ini mengandalkan mesin *diesel generator* sebagai sumber utama penyedia listrik. *Diesel generator* berfungsi mengonversi energi mekanik hasil dari proses pembakaran internal menjadi energi listrik.

Salah satu faktor kunci untuk memastikan kelancaran operasi kapal adalah menjaga pasokan listrik yang stabil melalui mesin diesel generator. Kinerja mesin *diesel generator* yang optimal sangat dipengaruhi oleh perawatan, perbaikan, serta ketersediaan suku cadang di kapal, guna menghindari gangguan, seperti keterlambatan yang disebabkan oleh pemadaman listrik. Mengingat betapa pentingnya peran mesin *diesel generator* di kapal, hal ini sangat perlu diperhatikan, peneliti menyusun penelitian ini dengan judul "Terjadinya *Black Out* pada *Diesel Generator* di KM. Logistik Nusantara 1".

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah faktor yang menyebabkan terjadinya *black out* pada *diesel generator* di KM. Logistik Nusantara 1?
2. Apakah dampak yang ditimbulkan dari terjadinya *black out* pada *diesel generator* di KM. Logistik Nusantara 1?
3. Apakah upaya yang dilakukan untuk mencegah terjadinya *black out* pada *diesel generator* di KM. Logistik Nusantara 1?

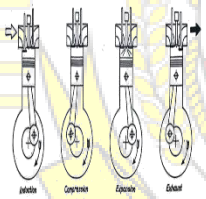
B. KAJIAN PUSTAKA

1. *Generator*

Mesin diesel merupakan jenis mesin pembakaran dalam, di mana bahan bakar disemprotkan ke udara yang terkompresi dan memiliki suhu tinggi untuk proses penyalaan. Beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja mesin *diesel* meliputi perbandingan kompresi, tingkat homogenitas campuran bahan bakar dan udara, serta karakteristik bahan bakar itu sendiri, termasuk *cetane number*, yang menunjukkan sejauh mana bahan bakar tersebut dapat menyala dengan baik [5].

Mesin *diesel* merupakan tipe khusus dari mesin pembakaran dalam, dengan ciri khas utama yang membedakannya dari jenis mesin pembakaran lainnya, yaitu pada cara pembakaran bahan bakarnya [6]. Mesin *diesel* terbagi menjadi dua jenis, yaitu mesin dua langkah dan mesin empat langkah. Mesin dua langkah menyelesaikan satu siklus kerja dengan dua gerakan *piston* dalam satu putaran poros engkol. Sebaliknya, mesin empat langkah menyelesaikan siklus kerja dengan empat gerakan *piston* dalam dua putaran poros engkol, yang mencakup langkah isap, kompresi, pembakaran (usaha), dan pembuangan.

a. Mesin *diesel* empat langkah

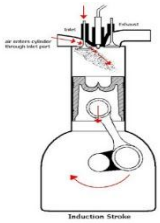


Gambar 1. Siklus Kerja Mesin *Diesel* Empat Langkah

Komponen mesin *diesel* 4-tak yaitu *piston, kepala cylinder, block cylinder, katup, intake manifold,* katup buang, *exhaust manifold,* dan *injector.*

Pada mesin *diesel* 4-tak terdapat empat tahapan utama yang terjadi, yaitu sebagai berikut:

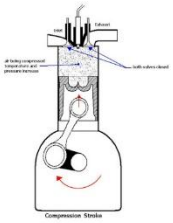
1) Langkah hisap



Gambar 2. Siklus Kerja Mesin Diesel 4-Tak Langkah Hisap

Langkah hisap terjadi ketika *piston* bergerak dari Titik Mati Atas (TMA) ke Titik Mati Bawah (TMB), yang mengakibatkan peningkatan volume. Selama langkah ini, katup hisap terbuka, sehingga peningkatan volume ruang bakar akan menarik udara bersih dari *intake manifold.*

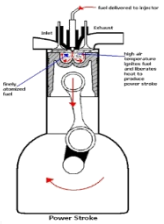
2) Langkah Kompresi



Gambar 3. Siklus Kerja Mesin *Diesel* 4-Langkah Kompresi

Setelah langkah hisap, langkah kompresi dimulai, di mana piston bergerak dari TMB ke TMA untuk mengurangi volume ruang bakar. Pada saat ini, kedua kutup (baik katup hisap maupun katup buang) tertutup rapat. Penyempitan ruang bakar ini menyebabkan peningkatan suhu dan tekanan udara di dalam ruang bakar.

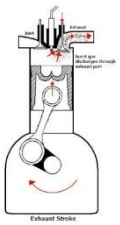
3) Langkah Usaha



Gambar 4. Siklus Kerja Mesin *Diesel* 4-Tak Langkah Usaha

Langkah usaha dimulai di akhir langkah kompresi, saat piston mencapai TMA, di mana volume ruang bakar sangat kecil. Pada titik ini, suhu dan tekanan udara mencapai tingkat tertinggi. Pada saat yang sama, *injector* menyemprotkan sejumlah bahan bakar ke dalam ruang bakar yang penuh dengan udara bertekanan dan suhu tinggi. Akibatnya, bahan bakar terbakar secara langsung karena suhu udara melebihi titik nyala bahan bakar tersebut. Proses pembakaran ini menghasilkan *ekspansi* yang mendorong *piston* bergerak menuju TMB.

4) Langkah Buang



Gambar 5. Siklus Kerja Mesin *Diesel* 4-Tak Langkah Buang

Langkah buang dimulai setelah *piston* menerima dampak dari ekspansi pembakaran (*piston* mencapai TMB). Mesin dengan kecepatan tinggi umumnya dibagi dalam dua kategori desain: tipe performa tinggi atau tipe tugas berat. Model performa tinggi awalnya dirancang untuk sektor militer, dan desain yang rumit sering kali meningkatkan biaya produksi serta pemeliharaan. Ketika diterapkan di sektor komersial, mesin jenis ini seringkali mengecewakan operator karena membutuhkan overhaul yang sering serta penggantian komponen utama [7].

b. Medin *diesel* dua langkah

Gambar 6. Siklus Kerja Mesin *Diesel* Dua Langkah

Komponen mesin *diesel* 2-tak yaitu *piston, block cylinder, intake manifold, blower* atau *turbocharger, injector, exhaust valve,* dan *exhaust manifold.*

Pada mesin *diesel* 2-tak terdapat dua tahapan utama yang terjadi, yaitu sebagai berikut:

1) Langkah hisap dan kompresi

Langkah hisap merupakan proses memasukkan udara ke dalam *cylinder* mesin, sedangkan langkah kompresi adalah proses memampatkan udara sehingga volumenya mengecil dan suhu udara meningkat. Pada mesin diesel empat langkah, kedua proses ini terjadi pada langkah yang terpisah. Sementara itu, pada mesin *diesel* dua langkah, kedua proses tersebut berlangsung secara bergantian dalam satu langkah.

2) Langkah usaha dan buang

Langkah usaha merupakan tahap terjadinya pembakaran, sedangkan langkah buang adalah proses pembuangan gas sisa pembakaran ke knalpot. Langkah usaha dimulai saat *piston* mencapai TMA di akhir langkah kompresi, pada saat ini *injector* akan menyemprotkan sejumlah solar ke dalam udara bertekanan tinggi. Akibatnya, solar terbakar secara otomatis karena suhu udara yang terkompresi sudah melampaui titik nyala solar. Dengan demikian, solar akan terbakar begitu terkena udara bersuhu tinggi tersebut.

2. Bagian-Bagian Utama dan Fungsi Motor *Diesel*

Menurut Brown, Mesin Penggerak Utama bagian-bagian utama pada motor *diesel* yaitu [8]:

a. *Cylinder liner*

Cylinder liner berperan sebagai wadah bagi *piston* untuk bergerak naik turun, yang menghasilkan tenaga atau usaha dalam mesin.

b. *Cylinder head*

Berperan sebagai penutup pada *cylinder liner*, untuk memastikan ruang dalam *cylinder* tetap kedap, di mana *piston* dan *cylinder liner* membentuk ruang bakar, menahan tekanan pembakaran yang tinggi, serta mengalirkan panas ke sistem pendingin.

c. *Cylinder block*

Berfungsi sebagai tempat pemasangan dua komponen tersebut agar dapat menggerakkan *piston* ke atas.

d. Torak atau *piston*

Piston berfungsi untuk menerima tekanan dari hasil pembakaran dan mengubahnya menjadi gerakan *linier.*

e. Batang engkol *(Connecting rod*)

Secara umum, fungsi dari *connecting rod* adalah untuk menghubungkan piston ke poros engkol dan mengubah gerakan linier menjadi gerakan rotasi.

f. Poros engkol *(Crank shaft)*

Poros engkol berperan sebagai penerima dan pengubah gerakan lurus dari torak menjadi gerakan berputar, yang berfungsi sebagai output untuk berbagai aplikasi, seperti penggerak baling-baling kapal atau *generator* listrik.

g. Roda gila *(flywheel)*

Roda gila berfungsi untuk menyimpan energi ketika tenaga yang dihasilkan oleh gas di dalam mesin melebihi beban mesin, seperti pada langkah tenaga.

h. Poros nok *(camshaft)*

Poros nok berfungsi untuk menggerakkan pompa bahan bakar tekanan tinggi yang diperlukan untuk proses *starting* dan pembalikan.

i. Ruang bakar

Ruang bakar berada dibagian kepala *cylinder*, yang berfungsi sebagai tempat terjadinya pembakaran antara campuran bahan bakar dan udara yang sudah dikompresi oleh piston di dalam *cylinder.*

3. Pengertian *Black Out*

Black out (kegelapan total) merujuk pada kondisi di mana terjadi gangguan pada pasokan listrik, yang disebabkan oleh kelebihan atau ketidakmampuan suatu sistem dalam menangani tegangan listrik dan arus yang terlalu tinggi [9]. *Black out* dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu kelebihan tegangan dan kekurangan tegangan. Ketika terjadi kelebihan tegangan, akan timbul gangguan akibat ketidakmampuan kabel atau saluran listrik dalam menahan beban, yang biasanya disebut sebagai *black out.*

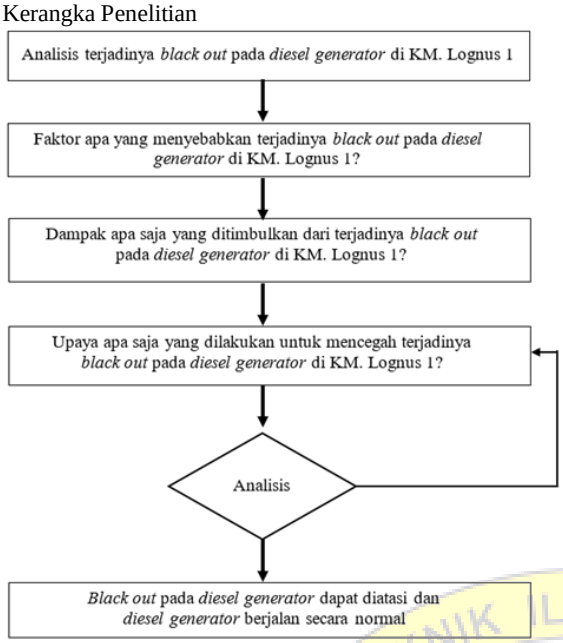
Dari kesimpulan di atas, dapat dijelaskan bahwa *black out* adalah keadaan di mana pasokan listrik hilang secara mendadak, yang dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti kerusakan peralatan, kelebihan beban, gangguan lingkungan, atau kesalahan operasional. Dampak dari *black out* sangat besar, termasuk gangguan dalam aktivitas di kapal dan kemungkinan kerusakan pada peralatan listrik. Penting untuk melakukan analisis setelah terjadinya *black out* pada *diesel generator* untuk mengidentifikasi penyebabnya dan mengambil langkah-langkah perbaikan agar kejadian serupa tidak terulang di masa depan.

4. Pengertian *Injector*

Injector pada *generator diesel* berfungsi untuk menyemprotkan bahan bakar ke ruang bakar dalam bentuk kabut halus, yang mendukung proses pembakaran. Komponen ini sangat penting karena penyemprotan bahan bakar yang akurat dapat menghasilkan pembakaran yang efisien, yang pada gilirannya menghasilkan tenaga yang dibutuhkan untuk mengoperasikan mesin diesel generator. Menurut Menke dan rekan-rekannya, *injector* pada *diesel generator* berfungsi untuk mengatomisasi bahan bakar, yaitu memecahnya menjadi partikel-partikel kecil sebelum memasuki ruang bakar mesin [10]. Atomisasi ini dianggap penting untuk memastikan pembakaran yang lebih efisien dan menghasilkan energi yang optimal, serta meminimalkan emisi gas buang. Sharma menjelaskan bahwa *injector* pada mesin *diesel*, termasuk *diesel generator*, berperan dalam mengatur waktu dan volume bahan bakar yang disuntikkan ke dalam ruang bakar. Menurutnya, *injector* yang bekerja dengan presisi tinggi dapat meningkatkan performa mesin dan menurunkan konsumsi bahan bakar [11].

Secara umum, cara kerja *injector* sangat tergantung pada tingkat presisi dan kontrol, sehingga penyemprotan bahan bakar dapat dilakukan secara optimal untuk meningkatkan efisiensi dan performa mesin *diesel generator*. Dengan kata lain, presisi dan kontrol dalam pengoperasian *injector a*dalah faktor krusial untuk memastikan mesin *diesel* beroperasi pada efisiensi dan performa terbaik, yang pada akhirnya berkontribusi pada keberlanjutan operasional dan pengurangan dampak lingkungan.

5. Kerangka Penelitian



Gambar 7. Kerangka Penelitian

C. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan oleh peneliti adalah deskriptif kualitatif, karena dalam penelitian ini, peneliti akan menemukan dan mengembangkan teori berdasarkan data yang diperoleh dari lapangan. Data yang terkumpul berupa kata-kata atau gambar, yang kemudian akan dipastikan kebenarannya.

Penelitian ini dilakukan pada saat peneliti melaksanakan praktek laut selama 12 bulan. Mulai dari tanggal 18 Nvember 2021 di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya hingga tanggal 21 November 2022. Tempat penelitian ini yaitu di KM. Logistik Nusantara 1.

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Bougie mendefinisikan data primer sebagai data yang diperoleh secara langsung oleh peneliti dari partisipan atau subjek penelitian dengan tujuan menjawab pertanyaan penelitian yang spesifik [12]. Dalam konteks ini, peneliti memperoleh data primer secara langsung melalui wawancara dengan individu-individu yang memiliki pemahaman mengenai masalah yang akan diteliti. Data tersebut dikumpulkan melalui wawancara dan diskusi dengan *3rd Engineer* yang bertanggung jawab atas diesel generator di KM. Logistik Nusantara 1. Sementara data sekunder adalah data yang diperoleh dari sumber yang sudah ada sebelumnya dan tidak langsung dikumpulkan oleh peneliti [13]. Creswell menyatakan bahwa data sekunder adalah informasi yang telah dikumpulkan dan dianalisis oleh peneliti lain untuk keperluan yang berbeda [14]. Dalam penelitian ini, peneliti memanfaatkan berbagai jenis data sekunder yang terkait, yaitu *Manual book* serta referensi dari buku-buku dan berbagai literatur ilmiah yang mendukung penyusunan penelitian ini. Dalam penelitian ini, peneliti mengumpulkan data dengan cara menelaah laporan dan penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan sistem operasi *diesel generator*, serta melakukan kajian terhadap buku-buku yang ada di perpustakaan Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang yang berfokus pada *diesel generator*.

Teknik pengumpulan datanya berupa observasi, wawancara, dan dokumentasi. Dalam konteks ini, peneliti melakukan observasi di KM. Logistik Nusantara 1 dari tanggal 18 November 2021 hingga 21 November 2022. Wawancara dilakukan dengan *3rd engineer* yang bertanggung jawab pada mesin *diesel generator* di KM. Logistik Nusantara 1. Dokumentasi dilakukan berbentuk gambar untuk memperkuat data dari hasil penelitian di KM. Logistik Nusantara 1.

Metode analisis data yang digunakan adalah metode RCA *(Root Cause Analysis)* dengan pendekatan 5 *why*. Metode RCA bekerja dengan menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan kegagalan dalam pengoperasian sistem pengolahan *ballast water*, dimulai dari penyebab utama dan kemudian mengelompokkan setiap penyebab untuk mempermudah identifikasi akar masalahnya. Terdapat beberapa tahapan dalam penelitian yang menggunakan *metode Root Cause Analysis* (RCA), yaitu mendefinisikan masalah, mengumpulkan data, menganalisis data, mendefinisikan akar penyebab, dan mengidentifikasi tindakan perbaikan.

Uji kredibilitas data yang dilakukan melalui triangulasi teknik pengumpulan data. Tringulasi teknik adalah metode untuk menguji kredibilitas data dengan cara memverifikasi informasi yang diperoleh dari sumber yang sama menggunakan teknik yang berbeda [15]. Dalam penelitian ini, peneliti mengumpulkan data melalui wawancara, yang kemudian dibandingkan dengan hasil observasi dan dokumentasi untuk memastikan keakuratan data yang diperoleh.

D. HASIL & DISKUSI

Dalam pelaksanaan observasi dan wawancara yang dilakukan oleh peneliti selama penelitian, ditemukan faktor-faktor penyebab dan dampak dari terjadinya *black out* pada *diesel generator* di KM. Logistik Nusantara 1.

Dari hasil observasi, peneliti berhasil mengumpulkan data-data yang menjadi penyebab terjadinya *black out* ter. Kegagalan tersebut ditandai dengan *alarm* pada *high temperature*, berarti tandanya sistem pada *diesel generator* berhenti dan terjadinya *black out* pada *diesel generator* di KM. Logistik Nusantara 1. Berikut adalah faktor-faktor yang menyebabkan kegagalan antara lain:

1. *Nozzle injector* kotor

Gambar 8. Dokumentasi *Nozzle Injector*

Dari gambar 8 terlihat bahwa penggantian injector yang tidak sesuai dengan *Planned Maintenance System* (PMS) serta adanya *nozzle injector* yang kotor dapat mengganggu kinerja mesin. Kondisi ini dapat menyebabkan penyemprotan bahan bakar menjadi kurang optimal, sehingga proses atomisasi tidak berlangsung dengan baik. Akibatnya, efisiensi pembakaran berkurang, konsumsi bahan bakar meningkat, dan suhu operasi mesin menjadi tidak stabil, yang pada akhirnya mempercepat kerusakan komponen lainnya. Oleh karena itu, perawatan *injector* yang teratur sesuai jadwal PMS sangat penting untuk menjaga kinerja mesin dan memperpanjang umur komponen.Selain itu, bahan bakar yang diterima dari proses *bunkering* tidak pernah diperiksa kualitasnya oleh *3rd engineer*, sehingga kandungan bahan bakar tidak dapat dipantau dengan baik. Hal ini menyebabkan bahan bakar yang masuk ke *injector* kotor dan mengakibatkan penyumbatan pada *nozzle injector*.

Nozzle injector merupakan komponen krusial dalam sistem *injeksi* bahan bakar pada mesin *diesel generator*. Komponen ini berfungsi untuk mengatomisasi atau memecah bahan bakar menjadi partikel-partikel halus

sehingga dapat bercampur secara optimal dengan udara di ruang bakar. Pencampuran yang baik memungkinkan proses pembakaran berlangsung lebih efisien, menghasilkan tenaga maksimal, dan mengurangi emisi gas buang.

2. Masuknya *fresh water cooling* ke dalam *cylinder head*

Gambar 9. Dokumentasi *Gasket Cylinder Head*

Gasket cylinder head pada mesin *diesel generator* adalah komponen penting yang terletak di antara blok mesin dan kepala *cylinder*. Fungsinya adalah memastikan segel yang rapat di area pembakaran, sehingga tekanan dari proses pembakaran dan cairan pendingin tetap terkendali tanpa kebocoran, mendukung kinerja piston secara optimal. Selain itu, *gasket cylinder head* juga memiliki peran utama dalam menyegel ruang pembakaran dan saluran cairan (seperti air tawar dan oli) antara *cylinder head* dan *cylinder block.* Apabila *gasket* mengalami kerusakan, aliran air tawar menuju *cylinder head* dapat terganggu, yang dapat menyebabkan kebocoran pada sistem. Dalam temuan ini, peneliti menemukan kerusakan pada *gasket cylinder head* yang disebabkan oleh kebocoran *fresh water cooling* ke dalam *cylinder head.* Kebocoran air pendingin ke dalam *cylinder head* dapat mengganggu proses pembakaran dan menyebabkan tekanan yang tidak normal di sekitar *gasket.* Tekanan tersebut merusak *gasket*, sehingga tidak lagi mampu menahan sambungan antara *cylinder head* dan blok mesin. Akibatnya, mesin dapat kehilangan kompresi, mengalami *overheating*, dan mengalami penurunan performa. Untuk mencegah kerusakan lebih lanjut, perbaikan segera diperlukan, seperti penggantian *gasket* dan memastikan tidak ada kebocoran pada sistem pendinginan.

Selanjutnya berdasarkan wawancara peneliti dengan *3rd engineer*, peneliti bertanya "Apa yang menyebabkan terjadinya *black out* pada *diesel generator* di KM. Logistik Nusantara 1?" sehingga informan menyimpulkan bahwa terdapat faktor yang menyebabkan terjadinya *black out* pada *diesel generator*, salah satunya adalah ditandai dengan *alarm* pada *high temperature*. Terjadinya *black out* pada *diesel generator* dapat terungkap saat melakukan pemeriksaan dan pembongkaran pada saat kejadian, di mana ditemukan bahwa *nozzle* pada *cylinder head* kotor, dan *gasket cylinder head* mengalami kerusakan, hal ini yang mengakibatkan proses pelayaran dan bongkar muat *container* menjadi terhambat. Selanjutnya peneliti memberikan pertanyaan lagi kepada informan. "Tindakan apa yang harus dilakukan ketika *nozzle injector* kotor dan *gasket cylinder head* mengalami kerusakan?". Informan menjelaskan bahwa untuk mengatasi *nozzle injector* kotor yaitu dengan membersihkannya, selanjutnya cara untuk mengatasi *gasket cylinder head* yang mengalami kerusakan yaitu dengan mengganti yang baru dengan *spare part* yang tersedia di kapal.

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara yang dilakukan oleh peneliti, ditemukan faktor yang menyebabkan terjadinya *black out* pada *diesel generator* di KM. Logistik Nusantara 1 yaitu pada *nozzle injector* dan *gasket cylinder head*.. Sementara dampak dari *nozzle injector* kotor dan *gasket cylinder head* rusak yang dapat menyebabkan terjadinya *black out* pada *diesel generator*.

1. Faktor penyebab terjadinya *black out* pada *diesel generator* di KM. Logistik Nusantara 1

Nozzle injector berfungsi utama untuk menyemprotkan bahan bakar ke dalam ruang pembakaran mesin dalam bentuk kabut halus, sehingga bahan bakar dapat tercampur secara merata dengan udara. Komponen ini memastikan distribusi bahan bakar yang optimal, mendukung proses pembakaran yang efisien, dan menghasilkan tenaga maksimal. Selain itu, *nozzle injector* juga mengatur jumlah bahan bakar yang disemprotkan, menciptakan pembakSaran yang lebih efisien, serta memastikan akurasi dalam penyemprotan.

Tabel 1. Analisis *Noozle Injector* Kotor

Mengapa terjadi *black out* pada *diesel generator?* Karena terjadi *alarm* pada "*high temperature*".
Mengapa terjadi *alarm* pada "*high temperature*" Karena pembakaran tidak sempurna dalam mesin.
Mengapa pembakaran tidak sempurna dalam mesin? Karena terdapat masalah pada sistem penyuplai bahan bakar.
Mengapa terjadi masalah pada sistem penyuplai bahan bakar? Karena terdapat *nozzle injector* kotor
Mengapa *nozzle injector* kotor? Karena terdapat endapan karbon dan kotoran yang menempel pada *nozzle.*

Berdasarkan Tabel 1, peneliti mengidentifikasi bahwa *black out* pada *diesel generator* terjadi akibat penumpukan karbon dan kotoran pada *nozzle injector*. Dalam sistem injeksi modern, *nozzle* injector berperan krusial dalam meningkatkan efisiensi bahan bakar, menjaga performa mesin, serta mengurangi emisi gas buang.Penumpukan kotoran pada *nozzle injector* dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti pembakaran yang tidak sempurna dan kurangnya perawatan pada sistem bahan bakar. Pembakaran yang kurang optimal sering kali disebabkan oleh kualitas bahan bakar yang buruk atau adanya kontaminasi, yang dapat memicu akumulasi karbon dan kotoran pada *nozzle.* Selain itu, filter bahan bakar yang tidak berfungsi dengan baik dapat memungkinkan kotoran masuk ke sistem, sehingga memperparah kondisi *injector*.

Tabel 2. Analisis Masuknya *Fresh Water Cooling* ke dalam *Cylinder Head*

Mengapa terjadi *black out* pada *diesel generator?* Karena terjadi *alarm* pada "*high temperature*".
Mengapa terjadi *alarm* pada "*high temperature*"? Karena terjadi kebocoran pada sistem pendingin
Mengapa terjadi kebocoran pada sistem pendingin? Karena terjadi penurunan perfoma pada *diesel generator.*
Mengapa terjadi penurunan perfoma pada *diesel generator?* Karena *fresh water cooling* masuk ke dalam *cylinder head.*
Mengapa *fresh water cooling* masuk ke dalam *cylinder head?* Karena terdapat kerusakan *pada gasket cylinder head.*

Dari Tabel 2 di atas, peneliti menemukan akar permasalahan penyebab terjadinya *black out* pada *diesel generator* yaitu rusaknya *gasket* pada *cylinder head. Gasket* memiliki peran penting dalam menyegel ruang antara kepala *cylinder (cylinder head)* dan blok mesin. Fungsinya termasuk mencegah kebocoran, mempertahankan kompresi, menghindari pencampuran oli dan cairan pendingin, mengatur suhu mesin, serta menjaga efisiensi mesin. Kebocoran air radiator ke dalam *cylinder head* disebabkan oleh keausan *gasket cylinder head* akibat suhu dan tekanan tinggi. Dengan memahami penyebab

utama ini, langkah perbaikan dapat diambil, seperti melakukan pemeliharaan rutin dan mengganti *gasket* yang sudah aus. Tindakan ini akan membantu mencegah terjadinya masalah serupa di masa depan dan menjaga performa mesin agar tetap optimal.

2. Dampak yang di timbulkan dari terjadinya *black out* pada *diesel generator* di KM. Logistik Nusantara 1

Berdasarkan uraian yang sudah dijelaskan oleh peneliti, dampak dari *nozzle injector* kotor adalah penurunan efisiensi pembakaran, kotoran pada *nozzle injector* menghambat aliran bahan bakar yang seharusnya halus dan merata. Berdasarkan penjelasan peneliti, dampak dari *gasket cylinder* yang rusak adalah panas berlebih *(overheating)*, karena *gask*et menjaga cairan pendingin tetap dalam jalurnya, *gasket* yang bocor atau rusak dapat menyebabkan cairan pendingin bocor ke ruang bakar, yang mengakibatkan suhu mesin meningkat drastis. Mesin yang *overheating* berisiko mengalami kerusakan parah dan bisa menyebabkan terjadinya *black out* pada *diesel generator*. Secara keseluruhan, *gasket cylinder head* yang rusak berdampak pada kinerja, keandalan, dan usia mesin. Kerusakan pada *gasket* ini harus segera ditangani untuk menghindari kerusakan lebih lanjut pada mesin.

3. Upaya untuk mencegah terjadinya *black out* pada *diesel generator* di KM. Logistik Nusantara 1

Upaya untuk mencegah *nozzle injector* kotor meliputi beberapa langkah perawatan rutin dan penggunaan bahan bakar berkualitas tinggi. Membersihkan *nozzle* secara teratur, terutama menggunakan kompresor udara, membantu menghilangkan kotoran atau debu yang dapat menyumbat aliran bahan bakar. Selain itu, filter bahan bakar perlu diperiksa dan diganti sesuai jadwal untuk mencegah partikel halus masuk ke dalam *injector*. Selain itu penggunaan bahan bakar berkualitas tinggi, pastikan menggunakan bahan bakar dengan kualitas tinggi dan minim kandungan kotoran untuk mencegah pembentukan endapan di *nozzle injector*. Disisi lain langkah yang diambil untuk mencegah hal tersebut adalah inspeksi berkala pada sistem injeksi dengan cara atur jadwal pemeriksaan rutin untuk mendeteksi tanda-tanda kotoran atau penyumbatan pada *nozzle injector*, langkah ini memungkinkan penanganan cepat sebelum kotoran mempengaruhi kinerja mesin.

Upaya untuk mencegah kerusakan pada *gasket cylinder head* yaitu dengan mengganti *gasket cylinder* dengan yang baru, penggantian ini harus dilakukan agar *diesel generator* dapat bekerja kembali dengan normal. Selain itu, lakukan perawatan secara berkala untuk memastikan kinerja mesin *diesel generator* tetap optimal, sehingga kejadian serupa tidak terulang lagi. Di sisi lain, pemeriksaan rutin pada sistem pendingin penting untuk menjaga kestabilan suhu mesin, mencegah masuknya air radiator ke dalam *cylinder head*, serta menghindari *overheating.* Sistem pendingin berfungsi mengatur suhu mesin dengan mengalirkan cairan pendingin melalui komponen-komponen utama mesin. Jika jumlah cairan pendingin berkurang atau kualitasnya menurun, sistem pendingin tidak akan bekerja optimal, sehingga suhu mesin bisa meningkat.

E. KESIMPULAN

Berdasarkan temuan dan diskusi yang telah dilakukan, peneliti dapat menyimpulkan bahwa:

1. Faktor yang menyebabkan terjadinya *black out* pada *diesel generator* yaitu a) penggantian *injector* tidak sesuai dengan PMS (*planned maintenance system*), terdapat temuan yang mengakibatkan *nozzle injector* kotor; dan b) Masuknya *fresh water cooling* ke dalam *cylinder head,* terdapat temuan yang mengakibatkan *gasket pada cylinder head* mengalami kerusakan.
2. Dampak dari *nozzle injector* yang kotor adalah penurunan performa mesin karena pasokan bahan bakar yang tidak optimal, yang dapat mengurangi daya mesin. Ketika *nozzle injector* tersumbat atau terkontaminasi, bahan bakar yang disalurkan ke ruang pembakaran tidak terdistribusi dengan merata, mengakibatkan pembakaran yang tidak sempurna. Hal ini mengurangi efisiensi pembakaran, meningkatkan emisi, dan menurunkan daya mesin. Akibatnya, kinerja mesin diesel generator dapat terganggu, terutama saat beroperasi di bawah beban berat atau pada kecepatan tinggi, yang dapat memengaruhi stabilitas operasional dan keandalan mesin secara keseluruhan. Selain itu, kerusakan pada gasket *cylinder head* dapat menyebabkan *overheating* pada mesin *diesel generator*. Ketika *fresh water cooling* masuk ke dalam *cylinder head*, *gasket cylinder head* tidak dapat menahan air tersebut, yang akhirnya merusak *gasket.* Kebocoran ini mengurangi efisiensi sistem pendingin dalam mengatur suhu mesin, yang dapat menyebabkan mesin mengalami panas berlebih dan berisiko merusak komponen lainnya seperti *piston*, katup, dan blok *cylinder*.
3. Upaya untuk mencegah terjadinya *black out* pada *diesel generator yaitu* pembersihan *nozzle injector* secara rutin dengan kompresor udara bertekanan tinggi sangat diperlukan untuk mencegah penyumbatan akibat kotoran. Selain itu, disarankan menggunakan bahan bakar berkualitas tinggi yang memiliki kadar kotoran rendah agar dapat mencegah penumpukan endapan pada *nozzle.* Melakukan pemeriksaan sistem injeksi secara berkala juga penting untuk mendeteksi potensi penyumbatan lebih awal dan segera menangani masalah sebelum memengaruhi kinerja mesin. Untuk mencegah kerusakan pada gasket *cylinder head*, pemeliharaan rutin harus dijadwalkan. Sangat penting untuk mengikuti jadwal perawatan dan penggantian *injector* sesuai dengan petunjuk dalam manual. Dengan mengikuti jadwal ini, *injector* dapat diperiksa atau diganti tepat waktu, sehingga risiko kerusakan akibat keterlambatan penggantian dapat dikurangi. Pemeriksaan dan pengujian *injector* secara berkala mencakup pemeriksaan kondisi *injector* dan *nozzle* untuk memastikan kinerjanya tetap optimal. Jika ditemukan kotoran atau kerusakan, pembersihan atau penggantian dapat dilakukan sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Khan, H. U. R., Awan, U., Zaman, K., & Nassani, A. A. (2021). Assessing Hybrid Solar-Wind Potential For Industrial Decarbonization Strategies: Global Shift To Green Development. *Energies*, *14*(22), 7620. https://doi.org/10.3390/en14227620

[2] Patrick, D. R., Fardo, S. W., & Fardo, B. W. (2022). *Electrical Power Systems Technology* (4th ed.). River Publishers.

[3] Wilarso, C. W., Mohd Noor, A. F., Ayob, M., & Wan Mansor, W. N. (2022). Investigation And Failure Analysis Of A Diesel Generator Connecting Rod. *Mechanical Engineering for Society and Industry*, *2*(2), 63–70. https://doi.org/10.31603/mesi.6624

[4] Budianto, N. Y., Hartaya, H., & Susanto, J. D. (2022). Menurunnya Performa Turbocharger Dalam Menerima Beban Untuk Operasional Pada Kapal MT. SC ALIA XVII. *Meteor STIP Marunda*, *15*(1), 165–173. https://doi.org/10.36101/msm.v15i1.228

[5] Boentarto. (2019). *Dasar-Dasar Otomotif Bagi Pemula*. CV Aneka.

[6] Arismunandar, W., & Tsuda, K. (2019). *Motor Diesel*

Putaran Tinggi. PT. Pradnya Paramita.
[7] Latarche, M. (2020). *Pounder's Marine Diesel Engines And Gas Turbines* (10th ed.).
[8] Brown, D. (2019). *Technical Engine Specification*.
[9] Trioktavianto. (2019). *Black Out Generator*.
[10] Menke, H. P., Maes, J., & Geiger, S. (2021). Upscaling The Porosity--Permeability Relationship Of A Microporous Carbonate For Darcy-Scale Flow With Machine Learning. *Scientific Reports*, *11*, 1–10. https://doi.org/10.1038/s41598-021-82029-2
[11] Sharma, N., & Agarwal, A. K. (2021). Macroscopic Spray Characteristics Of A Gasohol Fueled GDI Injector And Impact On Engine Combustion And Particulate Morphology. *Fuel*, *295*, 120461. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.120461
[12] Bougie, R., & Sekaran, U. (2020). *Research Methods For Business: A Skill-Building Approach* (9th ed.). Wiley.
[13] Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung : Alfabeta.
[14] Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2022). *Research Design: Qualitative, Quantitative, And Mixed Methods Approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
[15] Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian Kuantitatif Untuk Penelitian Yang Bersifat Eksploratif, Interpretif, Interaktif, Dan Konstruktif*. Alfabeta.