Analisis Kegagalan Operasional Diesel Generator No. 2 sebagai Penyebab Blackout di MV Lumoso Bahagia

Firnanda Faviyan Fedora Illahi*[1], Maxima Ari Saktiono[2], Daryanto[2]
Universitas Hang Tuah[1,2]
*e-mail: firnandafaviyan86@gmail.com

ABSTRAK

Kegagalan sistem kelistrikan kapal dapat mengganggu keselamatan pelayaran karena peralatan kemudi, navigasi, komunikasi, penerangan, dan mesin bantu bergantung pada kontinuitas suplai daya. Penelitian ini bertujuan menganalisis penyebab kegagalan operasional Diesel Generator No. 2 sebagai pemicu blackout di MV Lumoso Bahagia serta menyusun rekomendasi pencegahan berdasarkan kondisi aktual kapal. Penelitian menggunakan metode campuran dengan pendekatan sequential explanatory. Data kuantitatif diperoleh dari logbook, parameter temperatur, tekanan pompa, dan putaran RPM, sedangkan data kualitatif diperoleh melalui observasi, dokumentasi komponen, wawancara kru mesin, dan telaah Planned Maintenance System. Hasil penelitian menunjukkan bahwa blackout tidak disebabkan oleh satu faktor tunggal, tetapi oleh akumulasi gangguan pada sistem pendingin dan bahan bakar. Sistem pendingin mengalami penurunan kinerja akibat shaft fresh water pump aus, filter sea chest kotor, dan fresh water cooler tersumbat, sehingga temperatur FW cooler out meningkat hingga 89°C sebelum mesin berhenti. Pada sistem bahan bakar, filter yang kotor menghambat suplai solar dan menyebabkan putaran turun dari 1523 rpm menjadi 1345 rpm. Pelaksanaan PMS yang belum disiplin memperbesar keterlambatan deteksi kerusakan. Pencegahan blackout perlu dilakukan melalui pembersihan cooler dan sea chest filter, penggantian filter bahan bakar, pemantauan tren temperatur dan RPM, serta penguatan inspeksi PMS berbasis komponen kritis.

Kata kunci : Blackout; Diesel Generator; Kegagalan Operasional; Planned Maintenance System; Sistem Pendingin

ABSTRACT

Ship electrical power failures may threaten navigational safety because steering, navigation, communication, lighting, and auxiliary machinery depend on a continuous power supply. This study analyzes the operational failure of Diesel Generator No. 2 as the cause of blackout on MV Lumoso Bahagia and proposes preventive actions based on actual onboard conditions. A mixed-method sequential explanatory approach was applied. Quantitative data were obtained from logbooks, temperature records, pump pressure, and engine speed, while qualitative data were gathered through observation, component documentation, engine crew interviews, and Planned Maintenance System review. The findings show that the blackout was not caused by a single failure, but by accumulated disturbances in the cooling and fuel systems. Cooling system performance decreased due to wear on the fresh water pump shaft, a dirty sea chest filter, and clogged fresh water cooler tubes, causing FW cooler outlet temperature to rise to 89°C before the generator stopped. In the fuel system, a dirty fuel filter restricted diesel supply and reduced engine speed from 1523 rpm to 1345 rpm. Inconsistent PMS implementation delayed early fault detection. Blackout prevention requires regular cleaning of cooler and sea chest filters, periodic replacement of fuel filters, continuous monitoring of temperature and RPM trends, and strengthening PMS inspection for critical components.

***Keywords** : Blackout; Cooling System; Diesel Generator; Operational Failure; Planned Maintenance System*

PENDAHULUAN

Sistem kelistrikan kapal merupakan elemen utama yang menentukan kelancaran operasi, keselamatan pelayaran, dan kesiapan peralatan penting di atas kapal. Dalam operasi normal, diesel generator menyediakan energi listrik untuk sistem navigasi, komunikasi, pompa, penerangan, sistem kontrol, dan peralatan bantu mesin. Standar keselamatan pelayaran menempatkan keandalan konstruksi, perlengkapan, dan operasi kapal sebagai bagian dari persyaratan minimum keselamatan, sehingga gangguan kelistrikan harus dipandang sebagai risiko operasional yang perlu dikendalikan secara sistematis (Indarti et al., 2023; Marine Accident Investigation Branch, 2021). Blackout merupakan kondisi kehilangan suplai daya listrik secara mendadak yang dapat mematikan beban-beban vital. Risiko ini menjadi lebih besar ketika kapal sedang melakukan manuver di perairan sempit, alur sungai, atau area pelabuhan karena hilangnya daya dapat mengganggu sistem

kemudi dan kendali mesin. Kajian kecelakaan dan studi keselamatan menunjukkan bahwa gangguan daya kapal dapat berkembang menjadi situasi berbahaya apabila sistem darurat, prosedur pemulihan, dan kesiapan kru tidak bekerja secara efektif (Gard, 2026; International Association of Classification Societies, 2026; Jasmine & Utomo, 2024; Marine Accident Investigation Branch, 2021).

Secara teknis, kinerja diesel generator dipengaruhi oleh proses pembakaran, kecukupan suplai bahan bakar, stabilitas putaran, sistem pendingin, sistem pelumasan, dan proteksi otomatis. Pembakaran yang tidak stabil, penurunan tekanan bahan bakar, atau kenaikan temperatur pendingin dapat menurunkan daya keluaran dan memicu trip generator (Heywood, 2018; Im et al., 2024). Oleh karena itu, analisis blackout tidak cukup hanya melihat gejala akhir berupa mesin berhenti, tetapi harus menelusuri penyimpangan parameter sebelum kejadian.

MV Lumoso Bahagia mengalami blackout pada 19 Maret 2025 saat jam jaga 12.00-16.00 ketika kapal akan melakukan manuver di perairan Banjarmasin. Diesel Generator No. 2 yang menjadi sumber utama listrik mengalami gangguan yang ditandai dengan kenaikan temperatur pendingin, turunnya tekanan pompa, dan penurunan RPM. Gejala tersebut mengindikasikan keterlibatan sistem pendingin dan sistem bahan bakar, dua sistem yang secara langsung mempengaruhi kestabilan operasi generator kapal.

Penelitian terdahulu mengenai blackout diesel generator banyak menemukan bahwa penyebab gangguan biasanya berasal dari kombinasi masalah teknis dan perawatan, seperti fuel rack malfunction, incomplete combustion, sumbatan sea chest filter, cooler yang kotor, atau pelaksanaan PMS yang belum konsisten (Mangengke & Marsudi, 2024; Ratnawati et al., 2024; Suharso, 2026). Namun, setiap kapal memiliki konfigurasi, pola operasi, riwayat perawatan, dan respons kru yang berbeda. Hal tersebut sejalan dengan prinsip ISM Code bahwa risiko keselamatan perlu diidentifikasi dan dikendalikan sesuai kondisi operasi masing-masing kapal (International Maritime Organization, 2018).

Berdasarkan latar tersebut, penelitian ini difokuskan untuk mengidentifikasi penyebab teknis dan operasional kegagalan Diesel Generator No. 2 sebagai pemicu blackout di MV Lumoso Bahagia. Penelitian juga bertujuan menyusun rekomendasi pencegahan yang aplikatif melalui pemantauan sistem pendingin, sistem bahan bakar, dan penerapan Planned Maintenance System berbasis komponen kritis.

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan metode campuran dengan pendekatan sequential explanatory. Tahap pertama dilakukan melalui analisis kuantitatif terhadap parameter operasional mesin, meliputi temperatur cooler, tekanan pompa, dan putaran RPM. Tahap kedua dilakukan melalui analisis kualitatif berdasarkan observasi, dokumentasi visual, wawancara kru mesin, dan telaah dokumen PMS. Pendekatan ini dipilih karena data angka menjelaskan pola penyimpangan, sedangkan data kualitatif memperkuat interpretasi penyebab gangguan di lapangan (Creswell & Creswell, 2023; Sugiyono, 2018).

Penelitian dilaksanakan selama praktik laut di MV Lumoso Bahagia milik PT Tanto Intim Lines, yaitu sejak Juli 2024 sampai 21 Juli 2025. Objek penelitian ini adalah *Diesel Generator* No. 2 HENNAN DIESEL TBD604BL6 dengan daya 450 kW dan putaran nominal 1500 rpm. Pemilihan objek tersebut didasarkan pada kejadian *blackout* yang berkaitan langsung dengan gangguan operasional generator, khususnya pada sistem pendingin dan sistem bahan bakar. Kedua sistem tersebut memiliki peran penting dalam menjaga kestabilan kerja mesin, karena gangguan pada salah satu komponen dapat memengaruhi proses pembakaran, temperatur operasi, putaran mesin, serta kontinuitas suplai listrik kapal.

Data primer diperoleh melalui pengamatan langsung di kamar mesin, pencatatan parameter operasi, dokumentasi kerusakan komponen, serta wawancara dengan masinis dan *oiler* yang terlibat dalam pengoperasian maupun perawatan mesin. Parameter yang diamati mencakup perubahan temperatur, tekanan pompa, kondisi filter, aliran pendingin, serta putaran RPM sebelum dan saat gangguan terjadi. Pengamatan tersebut dilakukan untuk mengetahui tanda-tanda awal yang muncul sebelum *diesel generator* mengalami penurunan kinerja dan berhenti beroperasi. Selain itu, dokumentasi visual terhadap komponen yang rusak atau kotor digunakan sebagai bukti pendukung dalam menjelaskan penyebab teknis terjadinya gangguan.

Sementara itu, data sekunder diperoleh dari *ship particular*, spesifikasi mesin, *logbook*, dan dokumen *Planned Maintenance System* (PMS). Data tersebut digunakan untuk membandingkan kondisi aktual mesin dengan standar operasi dan riwayat perawatan yang seharusnya dilakukan. Penggunaan data primer dan

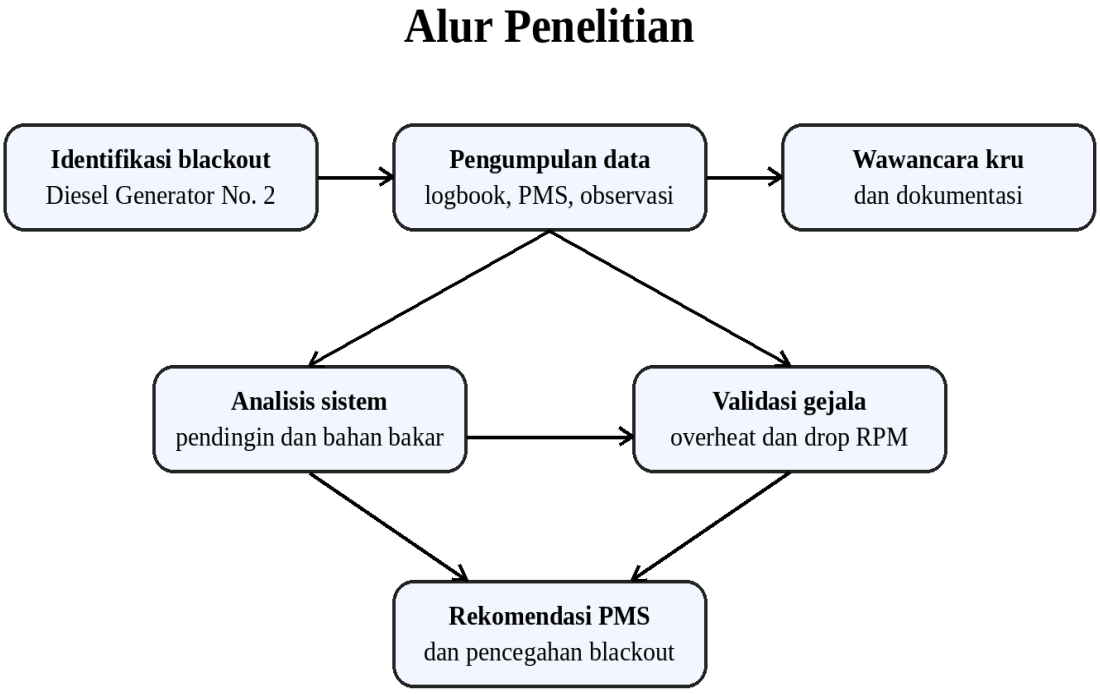
sekunder dilakukan agar analisis lebih menyeluruh, tidak hanya berdasarkan data teknis, tetapi juga mempertimbangkan kondisi aktual, riwayat perawatan, pola pengawasan, serta keterangan kru mesin di lapangan. Dengan demikian, penyebab *blackout* dapat dianalisis secara lebih objektif dan tidak hanya dilihat dari gejala akhir berupa berhentinya generator. Karakteristik kapal dan spesifikasi *Diesel Generator* No. 2 yang menjadi objek penelitian dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Kapal dan Diesel Generator No. 2

Kelompok	Parameter	Keterangan
Kapal	Nama kapal	MV Lumoso Bahagia
Kapal	Call sign / IMO	PNBI / 9491642
Kapal	Pemilik / bendera	PT Tanto / Indonesia
Kapal	Tipe / GT	Geared container deck / 3668 tons
Kapal	LOA / beam	106 m / 20 m
Generator	Model	HENNAN DIESEL TBD604BL6
Generator	Daya / tegangan	450 kW / 380 V
Generator	Putaran nominal	1500 r/min
Generator	Tekanan jacket cooling	0,40 MPa

Analisis dilakukan dengan membandingkan parameter aktual terhadap kondisi normal operasi. Penyebab blackout dikelompokkan ke dalam sistem pendingin, sistem bahan bakar, dan penerapan PMS. Alur penelitian disusun mulai dari identifikasi kejadian, pengumpulan data teknis, wawancara kru, analisis penyebab, validasi gejala overheat dan drop RPM, hingga penyusunan rekomendasi pencegahan.

Alur penelitian disusun untuk menunjukkan tahapan analisis dari identifikasi kejadian hingga penyusunan rekomendasi, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur penelitian

Gambar 1 memperlihatkan bahwa analisis dilakukan secara bertahap melalui pengumpulan data teknis, observasi, wawancara, interpretasi penyebab, dan penyusunan rekomendasi pencegahan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa blackout di MV Lumoso Bahagia terjadi melalui rangkaian gangguan yang saling berkaitan. Diesel generator tidak langsung berhenti tanpa gejala, tetapi diawali oleh penurunan kemampuan sistem pendingin, kenaikan temperatur, tekanan pompa yang menurun, dan penurunan

putaran mesin. Pola ini sesuai dengan konsep keandalan diesel generator, yaitu gangguan pada subsistem pendukung akan mengurangi kemampuan mesin mempertahankan daya listrik yang stabil (American Bureau of Shipping, 2023; DNV, 2022; Woodyard, 2009).
Ringkasan penyebab utama blackout yang ditemukan dari data teknis dan observasi lapangan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Penyebab Utama Blackout pada Diesel Generator No. 2

No	Temuan	Sistem	Dampak operasional
1	Filter bahan bakar tersumbat	Sistem bahan bakar	Aliran solar terhambat, tekanan suplai turun, dan mesin gagal mempertahankan RPM.
2	Shaft fresh water pump aus	Sistem pendingin	Sirkulasi coolant menurun sehingga panas tidak terbuang secara optimal.
3	Fresh water cooler kotor/tersumbat	Sistem pendingin	Perpindahan panas melemah dan temperatur pendingin meningkat.
4	Filter sea chest kotor	Sistem pendingin	Aliran air laut menuju cooler berkurang akibat sampah dan biota laut.
5	PMS belum konsisten	Manajemen perawatan	Inspeksi komponen kritis terlambat dan gejala awal tidak segera ditindaklanjuti.

Tabel 2 menunjukkan bahwa gangguan blackout terbentuk dari kombinasi masalah pada sistem pendingin, suplai bahan bakar, dan penerapan perawatan.
Dokumentasi visual komponen yang berkaitan dengan kejadian blackout ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Dokumentasi kapal, diesel generator, dan komponen penyebab gangguan

Gambar 2 memperjelas objek penelitian dan komponen kritis yang menjadi dasar pembahasan gangguan operasional generator.

Gangguan Sistem Pendingin dan Overheat

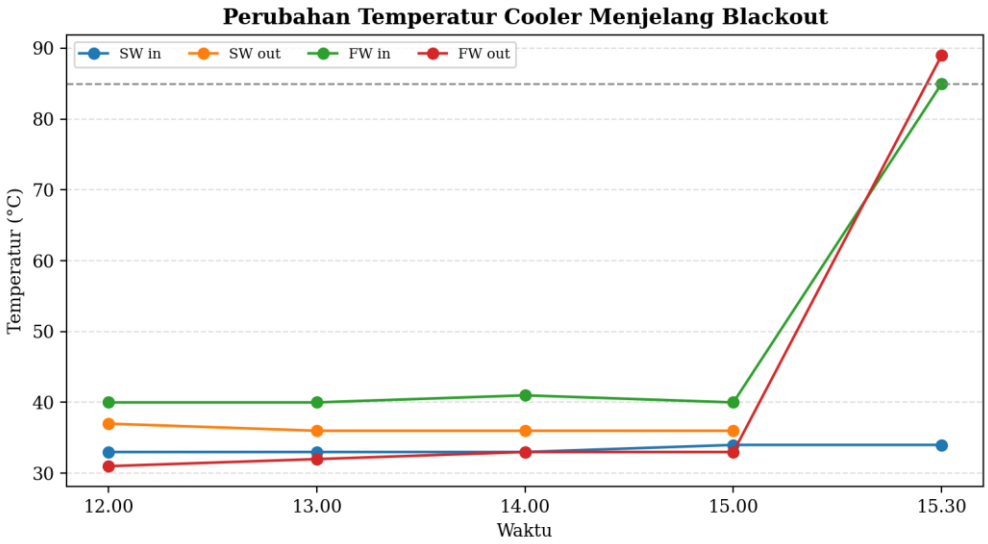
Sistem pendingin menjadi temuan dominan karena beberapa komponen tidak bekerja optimal. Sumbatan pada filter sea chest mengurangi aliran air laut sebagai media pendingin, sedangkan cooler yang kotor menghambat perpindahan panas antara air tawar dan air laut. Kerusakan pada shaft fresh water pump memperlemah sirkulasi coolant. Kombinasi tersebut menyebabkan panas hasil pembakaran tidak dilepaskan

secara efektif sehingga temperatur mesin meningkat. Temuan ini sejalan dengan penelitian Mangengke dan (Mangengke & Marsudi, 2024) yang menunjukkan bahwa sumbatan sea chest filter dan fresh water cooler tube dapat menaikkan temperatur coolant dan oli diesel generator(Fathallah et al., 2017) juga menegaskan bahwa aliran pendingin berperan penting dalam menjaga kestabilan temperatur marine diesel engine. Perubahan temperatur cooler antara kondisi normal dan awal blackout ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Temperatur Cooler pada Kondisi Normal dan Awal Blackout

Kondisi	Waktu	SW in (°C)	SW out (°C)	FW in (°C)	FW out (°C)	Keterangan
Kondisi normal	00.00-04.00	33	37	40	31	Normal
Kondisi normal	04.00-08.00	34	36	42	32	Normal
Kondisi normal	08.00-12.00	33	36	43	33	Normal
Awal kejadian	15.00	34	36	40	33	Normal
Awal kejadian	15.30	34	-	85	89	Overheat
Awal kejadian	16.00	-	-	-	-	Mesin mati

Data pada Tabel 3 digunakan untuk menilai kecenderungan overheat, kemudian divisualisasikan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Perubahan temperatur cooler menjelang blackout

Gambar 3 menunjukkan perubahan temperatur yang tajam pada pukul 15.30. FW cooler out mencapai 89°C, sedangkan FW in meningkat hingga 85°C. Kenaikan cepat ini menunjukkan bahwa sistem pendingin kehilangan kemampuan membuang panas. Pada batas ini, proteksi temperatur tinggi dapat memicu alarm atau penghentian generator untuk mencegah kerusakan komponen. (Woodyard, 2009) menjelaskan bahwa sistem proteksi generator memantau parameter kritis seperti tekanan oli dan temperatur, kemudian memberikan alarm atau automatic shutdown ketika nilai melewati batas aman.

Gangguan Sistem Bahan Bakar dan Drop RPM

Selain *overheat*, penelitian ini juga menemukan adanya penurunan RPM yang berkaitan dengan gangguan pada suplai bahan bakar. Filter bahan bakar yang kotor dapat menghambat aliran solar menuju pompa injeksi dan *injector*, sehingga jumlah bahan bakar yang masuk ke ruang bakar menjadi tidak stabil. Kondisi ini menyebabkan proses pengabutan dan pembakaran tidak berlangsung optimal. Akibatnya, tenaga

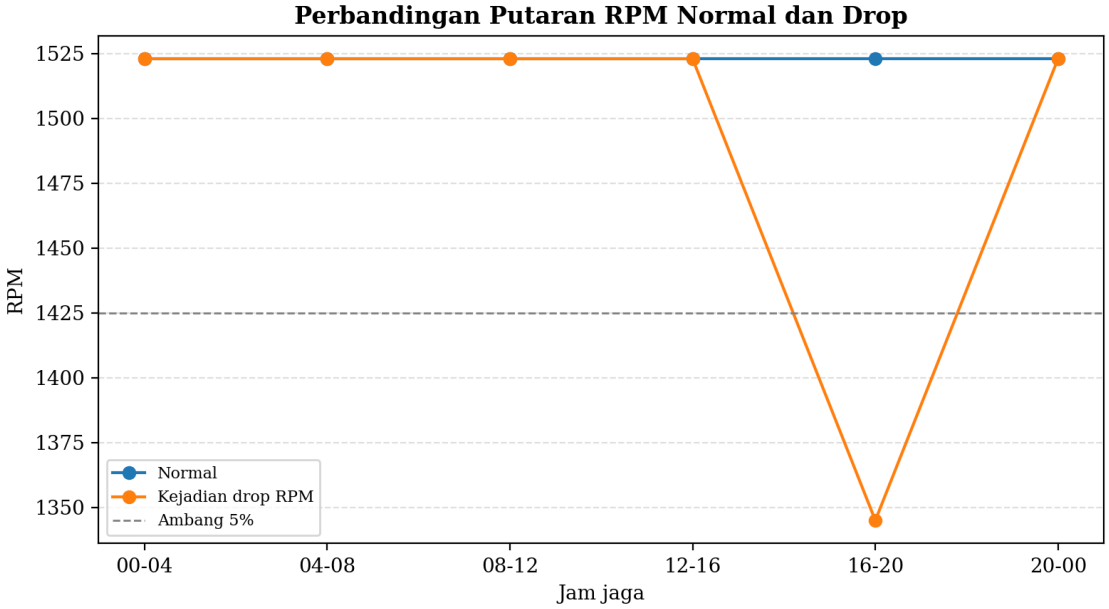
yang dihasilkan mesin menurun, putaran generator menjadi tidak stabil, dan diesel generator tidak mampu mempertahankan putaran nominal yang dibutuhkan untuk menghasilkan suplai listrik secara normal. Penurunan RPM tersebut menjadi indikasi bahwa sistem bahan bakar memiliki peran penting dalam menjaga kestabilan kerja diesel generator.

Apabila hambatan pada filter tidak segera ditangani, tekanan bahan bakar dapat menurun dan respons mesin terhadap beban menjadi lebih lambat. Dalam kondisi beban listrik kapal meningkat, terutama saat manuver, gangguan ini dapat memperbesar risiko trip atau berhentinya generator secara otomatis. Prinsip ini sejalan dengan teori mesin diesel bahwa kestabilan suplai bahan bakar sangat menentukan kualitas pembakaran, kestabilan putaran, serta daya keluaran mesin (Heywood, 2018; Stone, 2016).

Tabel 4. Perbandingan Putaran RPM Normal dan Kondisi Drop

Jam jaga	RPM normal	RPM saat gangguan	Keterangan
00.00-04.00	1523	1523	Normal
04.00-08.00	1523	1523	Normal
08.00-12.00	1523	1523	Normal
12.00-16.00	1523	1523	Normal
16.00-20.00	1523	1345	Drop RPM
20.00-00.00	1523	1523	Normal kembali

Tabel 4 menjadi dasar visualisasi penurunan RPM pada Gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan RPM normal dan kondisi drop

Penurunan RPM dari 1523 menjadi 1345 menunjukkan penurunan lebih dari 5% dari putaran normal. Kondisi ini tidak dapat dianggap sebagai variasi operasi biasa, karena pada generator 50 Hz kestabilan RPM berhubungan langsung dengan kestabilan frekuensi dan kualitas daya listrik yang dihasilkan. Ketika putaran mesin menurun, frekuensi listrik dapat ikut turun sehingga suplai daya ke peralatan kapal menjadi tidak stabil. Dampaknya dapat terlihat pada terganggunya kerja sistem bantu, panel distribusi, pompa, maupun peralatan navigasi yang membutuhkan pasokan listrik konstan.

American Bureau of (American Bureau of Shipping, 2023) dan (DNV, 2022) menekankan pentingnya keandalan peralatan listrik serta sistem proteksi kapal agar gangguan mekanis tidak berkembang menjadi gangguan distribusi daya. Dalam konteks penelitian ini, *drop RPM* menjadi indikator awal bahwa *diesel generator* tidak mampu mempertahankan beban kerja secara normal. Penurunan putaran dapat dipicu oleh

hambatan suplai bahan bakar, pembakaran yang tidak stabil, atau peningkatan beban yang tidak diimbangi kemampuan mesin. Apabila kondisi tersebut terjadi bersamaan dengan *overheat*, maka tekanan kerja mesin semakin berat dan peluang sistem proteksi melakukan *trip* otomatis menjadi lebih besar. Oleh karena itu, pemantauan RPM perlu dilakukan secara konsisten pada setiap jam jaga sebagai bagian dari deteksi dini untuk mencegah *trip generator* dan *blackout*.

Temuan Wawancara Kru Mesin

Hasil wawancara kru mesin diringkas pada Tabel 5 untuk melengkapi data teknis dengan keterangan operasional di lapangan.

Tabel 5. Ringkasan Hasil Wawancara Kru Mesin

Sumber	Temuan utama
Masinis 1	Temperatur Diesel Generator No. 2 meningkat bertahap dan RPM turun sebelum blackout.
Masinis 2	Aliran pendingin menuju cooler tidak maksimal karena kotoran dan endapan pada cooler.
Oiler	Tekanan sistem pendingin turun dan temperatur fresh water cooler melewati batas normal.
KKM	PMS telah dijalankan, tetapi beberapa perawatan belum maksimal karena kendala operasional.
Masinis 3	Setelah blackout dilakukan pemeriksaan sistem pendingin dan ditemukan penumpukan kotoran.

Wawancara kru mesin memperkuat data teknis bahwa gejala awal blackout sudah tampak sebelum generator berhenti. Peningkatan temperatur, penurunan tekanan pendingin, dan drop RPM merupakan indikator yang perlu direspons lebih cepat pada jam jaga. Dalam konteks ISM Code, pelaporan ketidaksesuaian, investigasi kondisi berbahaya, dan tindakan korektif harus diarahkan untuk mencegah kejadian berulang (Zerwas, 2019).

Analisis Keterkaitan Sistem Pendingin, Bahan Bakar, dan PMS

Kegagalan operasional Diesel Generator No. 2 tidak dapat dipisahkan dari hubungan antar subsistem. Sumbatan pada jalur pendingin membuat temperatur meningkat, sedangkan hambatan pada filter bahan bakar menurunkan kemampuan mesin mempertahankan RPM. Saat kedua gejala ini terjadi berdekatan, generator berada dalam kondisi tidak stabil dan rentan berhenti otomatis melalui sistem proteksi. Studi (Im et al., 2024) mengenai blackout akibat gangguan pembakaran dan blow-by menunjukkan bahwa gangguan mekanis pada generator dapat berujung pada trip dan kehilangan daya kapal. (Suharso, 2026) juga menemukan bahwa blackout diesel generator dapat dipicu oleh malfungsi fuel rack yang mengganggu proses pembakaran.

PMS merupakan pengendali penting agar sumbatan, keausan, dan penurunan performa dapat ditemukan sebelum menyebabkan kegagalan. Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa PMS belum sepenuhnya efektif pada komponen kritis seperti filter bahan bakar, sea chest filter, cooler, dan pompa pendingin. (Nugroho & Hanif, 2024) menjelaskan bahwa PMS perlu dilakukan secara berkelanjutan dan terjadwal agar kapal tetap laik operasi. Rekomendasi serupa juga disampaikan oleh (Jasmine & Utomo, 2024), yaitu emergency generator dan komponen pendukung perlu diperiksa secara rutin melalui pengujian berkala, pemeriksaan baterai, pelumasan, pendinginan, dan bahan bakar.

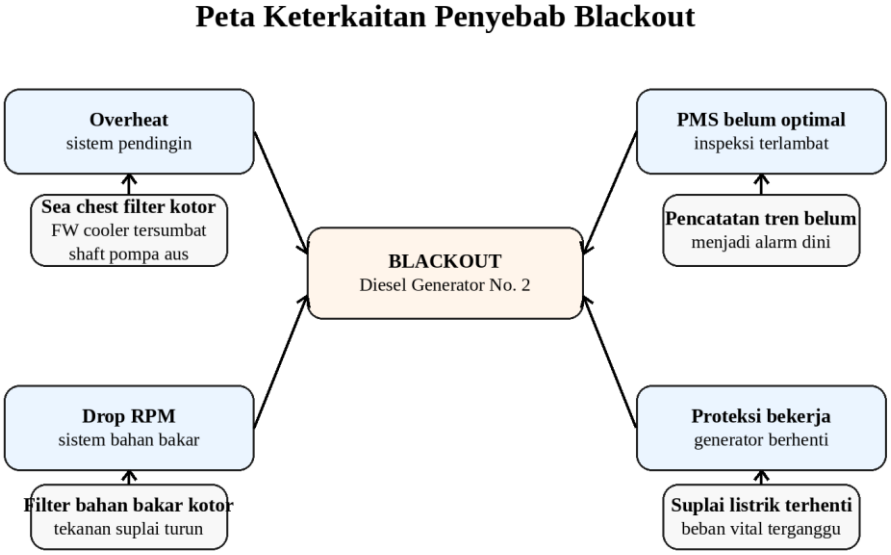
Kondisi blackout pada saat manuver memiliki risiko tinggi karena kapal membutuhkan respons kemudi, navigasi, dan komunikasi yang cepat. Studi keselamatan power failure menyatakan bahwa kebutuhan daya darurat harus mendukung sistem kritis kapal, dan emergency power source harus siap menggantikan fungsi vital dalam waktu yang ditentukan (Marine Accident Investigation Branch, 2021; Gard, 2026). (Gard, 2026) menegaskan bahwa pengujian emergency power system perlu realistis, tidak hanya memastikan generator menyala, tetapi juga mampu membawa beban dalam durasi memadai. (International Association of Classification Societies, 2026) bahkan menyoroti pentingnya prosedur uji blackout yang terkontrol dalam Safety Management System.

Dengan demikian, pencegahan blackout pada MV Lumoso Bahagia harus diarahkan pada kombinasi tindakan teknis dan manajerial. Tindakan teknis meliputi pembersihan fresh water cooler, pembersihan sea chest filter, penggantian filter bahan bakar, inspeksi shaft pompa, kalibrasi alarm, dan pemantauan tren

temperatur serta RPM. Tindakan manajerial mencakup penegasan jadwal PMS, pencatatan parameter pada setiap jam jaga, pembuatan daftar komponen kritis, serta evaluasi pascakejadian agar penyebab yang sama tidak berulang. Pendekatan ini sesuai dengan konsep maintenance berbasis risiko, yaitu memprioritaskan komponen yang dampak kegagalannya paling besar terhadap keselamatan operasi (Marqusee et al., 2020; Moubray, 1997; Taylor, 1996)

Rekomendasi Pencegahan Blackout

Berdasarkan hubungan antara overheat, drop RPM, dan kelemahan deteksi dini, tindakan pencegahan perlu disusun dalam bentuk prioritas. Peta keterkaitan pada Gambar 5 menunjukkan bahwa gangguan pendingin dan bahan bakar bertemu pada titik yang sama, yaitu ketidakmampuan generator mempertahankan operasi stabil. Oleh karena itu, perawatan tidak cukup dilakukan setelah alarm muncul, tetapi harus berbasis tren parameter dan inspeksi komponen kritis.



Gambar 5. Peta keterkaitan penyebab blackout Diesel Generator No. 2

Gambar 5 menegaskan bahwa jalur *overheat* dan *drop RPM* sama-sama berakhir pada risiko *blackout*, meskipun sumber gangguannya berbeda. *Overheat* umumnya dipicu oleh penurunan kinerja sistem pendingin, seperti *sea chest filter* yang kotor, *fresh water cooler* tersumbat, atau sirkulasi pendingin yang tidak optimal. Sementara itu, *drop RPM* lebih berkaitan dengan gangguan sistem bahan bakar, terutama ketika filter bahan bakar kotor sehingga suplai solar menuju pompa injeksi dan *injector* menjadi terhambat.

Kedua kondisi tersebut dapat menurunkan kestabilan kerja *diesel generator* dan memicu sistem proteksi untuk menghentikan mesin secara otomatis. Oleh karena itu, pencegahan *blackout* perlu dilakukan secara menyeluruh, tidak hanya pada satu komponen tertentu. Sistem pendingin harus dijaga melalui pembersihan *cooler*, pemeriksaan pompa, dan perawatan *sea chest filter*. Sistem bahan bakar perlu dipantau melalui penggantian filter, pemeriksaan tekanan suplai, serta pengecekan kualitas bahan bakar. Selain itu, penerapan *Planned Maintenance System* (PMS) harus dilakukan secara disiplin agar gejala awal seperti kenaikan temperatur, penurunan tekanan, dan ketidakstabilan RPM dapat terdeteksi sebelum berkembang menjadi gangguan besar.

Tabel 6. Rekomendasi Perawatan dan Pemantauan Komponen Kritis

Sistem	Komponen	Tindakan pencegahan	Frekuensi prioritas
Sistem pendingin	Sea chest filter dan FW cooler	Bersihkan filter, sogok tube cooler, periksa endapan dan biota laut.	Mingguan atau setelah indikasi kenaikan temperatur
Sistem pendingin	Fresh water pump	Periksa shaft, seal, bearing, dan tekanan pompa; ganti komponen aus.	Sesuai running hours dan saat tekanan turun
Sistem bahan bakar	Fuel filter dan jalur suplai	Ganti filter, drain air/kotoran, periksa tekanan suplai dan kualitas bahan bakar.	Sesuai running hours atau saat RPM tidak stabil

Sistem proteksi	Alarm temperatur dan shutdown	Uji alarm, kalibrasi sensor, dan verifikasi respon automatic shutdown.	Bulanan dan setelah perbaikan
Manajemen PMS	Logbook dan daftar komponen kritis	Catat tren temperatur, tekanan, RPM, dan tindak lanjut perawatan.	Setiap jam jaga dan saat audit PMS

Rekomendasi tersebut menempatkan crew mesin sebagai aktor utama dalam deteksi dini. Peningkatan temperatur atau penurunan RPM kecil tidak boleh dianggap sebagai variasi normal apabila terjadi berulang atau muncul bersama penurunan tekanan. Pencatatan tren akan membantu masinis membedakan perubahan sementara dengan tanda awal kegagalan sistem. Pada sisi perusahaan, audit PMS perlu memastikan bahwa item yang berhubungan dengan keselamatan kelistrikan kapal benar-benar dilaksanakan, terdokumentasi, dan dievaluasi setelah kejadian.

Penerapan rekomendasi juga perlu disertai latihan pemulihan blackout. Simulasi harus mencakup komunikasi antarbagian, pembagian tugas saat generator trip, pengoperasian generator cadangan, dan pemeriksaan beban vital. Latihan semacam ini penting karena blackout saat manuver menuntut keputusan cepat. Dengan kombinasi perawatan teknis dan kesiapan prosedural, risiko kehilangan daya dapat ditekan tanpa menunggu kerusakan berkembang menjadi kondisi darurat.

Agar rekomendasi tidak berhenti pada daftar tindakan umum, pengawasan harian perlu dibuat dalam bentuk matriks gejala awal. Matriks ini membantu kru mesin menentukan respon ketika satu parameter mulai menyimpang. Parameter yang dipilih harus mudah dipantau pada jam jaga dan berhubungan langsung dengan penyebab blackout, yaitu temperatur pendingin, tekanan pompa, kondisi filter, dan putaran generator. Dengan cara ini, PMS dapat menjadi sistem pencegahan aktif, bukan hanya dokumen administrasi.Rincian matriks gejala awal dan tindakan korektif yang dapat digunakan saat jam jaga disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Matriks Gejala Awal dan Tindakan Korektif

Gejala awal	Kemungkinan penyebab	Tindakan korektif
FW cooler out naik bertahap	Cooler kotor atau aliran air laut berkurang	Periksa sea chest filter, bersihkan cooler, catat kenaikan temperatur.
Tekanan pompa pendingin turun	Keausan shaft, kebocoran, atau pompa tidak optimal	Periksa pompa, seal, shaft, dan jalur pipa pendingin.
SW out tidak terbaca atau aliran lemah	Sumbatan sea chest filter atau hambatan jalur air laut	Bersihkan filter, periksa valve, dan pastikan sirkulasi air laut lancar.
RPM turun di bawah batas normal	Filter bahan bakar kotor atau suplai bahan bakar tidak stabil	Ganti fuel filter, cek tekanan bahan bakar, dan lakukan purging bila diperlukan.
Alarm temperatur tinggi aktif	Mesin mendekati batas proteksi	Kurangi beban bila memungkinkan, siapkan generator cadangan, dan lakukan shutdown terkendali.
Parameter berulang abnormal	PMS tidak cukup responsif terhadap tren kerusakan	Laporkan ke KKM, buat tindakan korektif, dan revisi frekuensi inspeksi komponen kritis.

Matriks tersebut juga bermanfaat untuk meningkatkan komunikasi antaranggota engine crew. Pada saat jam jaga, masinis dan oiler perlu menggunakan bahasa operasional yang sama ketika melaporkan kondisi abnormal, misalnya menyebutkan nilai temperatur, tekanan, dan RPM secara spesifik, bukan hanya menyatakan mesin panas atau mesin tidak normal. Informasi yang terukur mempercepat keputusan, terutama ketika kapal sedang manuver dan ruang koreksi sangat terbatas.

Dari sisi pembelajaran organisasi, setiap blackout harus diikuti dengan evaluasi pascakejadian. Evaluasi dapat mencakup kronologi, parameter sebelum kejadian, komponen yang ditemukan rusak, tindakan pemulihan, serta rencana pencegahan. Catatan ini dapat digunakan sebagai bahan toolbox meeting dan pembaruan PMS. Dengan demikian, kejadian blackout tidak hanya dipahami sebagai gangguan teknis, tetapi sebagai bahan perbaikan sistem manajemen keselamatan kapal secara berkelanjutan.

SIMPULAN

Kegagalan operasional Diesel Generator No. 2 sebagai penyebab blackout di MV Lumoso Bahagia dipicu oleh akumulasi gangguan pada sistem pendingin dan sistem bahan bakar. Pada sistem pendingin, sumbatan filter sea chest, cooler yang kotor, dan keausan shaft fresh water pump menurunkan sirkulasi pendingin

sehingga temperatur FW cooler out meningkat hingga 89°C. Pada sistem bahan bakar, filter yang kotor menghambat suplai solar dan menyebabkan penurunan RPM dari 1523 menjadi 1345. Kombinasi overheat dan drop RPM membuat generator tidak mampu mempertahankan operasi normal.

Pencegahan blackout perlu dilakukan melalui perawatan terjadwal yang lebih disiplin terhadap komponen kritis. Crew mesin perlu memperkuat pemantauan temperatur, tekanan pompa, dan RPM pada setiap jam jaga, melakukan pembersihan sea chest filter dan cooler secara berkala, mengganti filter bahan bakar sesuai jam kerja, serta mengevaluasi PMS berdasarkan risiko komponen. Perusahaan pelayaran disarankan melakukan audit PMS dan latihan penanganan blackout agar kesiapan sistem kelistrikan kapal tetap terjaga saat manuver maupun operasi normal.

DAFTAR PUSTAKA

American Bureau of Shipping. (2023). *Rules for Building and Classing Marine Vessels*. American Bureau of Shipping.

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2023). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (6th ed.). SAGE Publications.

DNV. (2022). *Rules for Classification: Ships*. DNV.

Fathallah, A. Z. M., Semin, & Wicaksono, A. (2017). Fluid Flow Analysis of Jacket Cooling System for Marine Diesel Engine 93 KW. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, *1*(2), 89–96.

Gard. (2026). *Emergency Power System: Will It Work in a Blackout?* Gard.

Heywood, J. B. (2018). *Internal Combustion Engine Fundamentals* (2nd ed.). McGraw-Hill Education.

Im, J.-H., Rho, B.-S., & Lee, S.-D. (2024). Empirical Case Study of Black-Out Incident Caused by Incomplete Combustion and Blow-By in Ship Generator Engines. *Journal of Advanced Marine Engineering and Technology*, *48*(4), 186–197. https://doi.org/10.5916/jamet.2024.48.4.186

Indarti, N., Mastiyah, I., & Sobakh, N. (2023). Analysis of the Effect Product Quality, Promotion and Price on Customer Satisfaction of {NNK 99} Herbal Drink East Java. *Proceeding Medan International Conference on Economic and Business*, *1*, 1963–1974. https://doi.org/10.30596/miceb.v1i0.309

International Association of Classification Societies. (2026). *IACS Publishes Results of Concentrated Inspection Campaign on Onboard Emergency Power Supply*. International Association of Classification Societies.

International Maritime Organization. (2018). *International Safety Management (ISM) Code*. IMO.

Jasmine, J. A., & Utomo, P. (2024). The Role of Transformational Leadership, Work-Life Balance, and Employee Engagement on Gen Z's Organizational Commitment in the Indonesian Creative Industry. *Problems and Perspectives in Management*, *22*(4), 576–587. https://doi.org/10.21511/ppm.22(4).2024.43

Mangengke, J. S., & Marsudi, S. (2024). Analysis of Cooling System Abnormalities in Diesel Generators at MV Meratus Kahayan. *Jurnal Aplikasi Pelayaran Dan Kepelabuhanan*, *14*(2). https://doi.org/10.30649/japk.v14i2.108

Marine Accident Investigation Branch. (2021). *Power Failures on Ships: Safety Study*.

Marqusee, J., Becker, W., & Ericson, S. (2020). *Emergency Diesel Generator Reliability and Installation Energy Security Considerations*.

Moubray, J. (1997). *Reliability-Centered Maintenance* (2nd ed.). Industrial Press.

Nugroho, S. S., & Hanif, M. (2024). Manajemen Kurikulum Terpadu untuk Meningkatkan Karakter Religius Siswa. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, *8*(2), 27064–27077.

Ratnawati, E., Nugroho, B. W. S., Firdaus, M. A., & Wardani, N. K. (2024). Sea Tolls as Indonesia's Blue Economy Strategy. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *1464*(1), 12001. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1464/1/012001

Stone, R. (2016). *Introduction to Internal Combustion Engines* (4th ed.). Palgrave Macmillan.

Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.

Suharso, D. D. (2026). Root Cause Analysis of Diesel Generator Blackout Due to Fuel Rack Malfunction on MV Sinar Sorong. *Jurnal Venus*, *14*(1), 1–12.

Taylor, D. A. (1996). *Introduction to Marine Engineering* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.

Woodyard, D. (Ed.). (2009). *Pounder's Marine Diesel Engines and Gas Turbines* (9th ed.). Elsevier.

Zerwas, C. S. (2019). *Work-Life Balance and Women's Entrepreneurship*. Springer International Publishing.