

Analisis Kegagalan Fungsi Kerja Bowl Disc System terhadap Tindakan Flushing Purifier pada Proses Pembersihan Bahan Bakar MFO di Kapal MV. Hammada

Firyal Fariz¹, Ali Khamdilah^{2*}, Eko Nur Hidayat³, M Aji Luhur Pambudi⁴, Tuswan⁵

^{1,2,3} Program Studi Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal, Politeknik Bumi Akpelni Semarang

⁴ Program Studi Transportasi Laut, Politeknik Bumi Akpelni Semarang

⁵ Program Studi Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro

*e-mail korespondensi: alikhamdilah@akpelni.ac.id

Abstract

The quality of Marine Fuel Oil (MFO) free from water and impurities is one of the primary factors in maintaining combustion efficiency and the reliability of the main engine's performance on board ships. One of the equipment playing an important role in maintaining this quality is the purifier, particularly through the flushing process utilizing the bowl disc component. However, functional failure of the bowl disc frequently causes a decline in the effectiveness of the flushing process, thereby risking a reduction in fuel quality and disrupting engine performance. This problem is commonly encountered on merchant vessels, including MV. Hammada, where suboptimal purifier maintenance directly affects the smoothness of ship operations. Based on this background, this study aims to analyze the functional failure of the Bowl Disc System on the effectiveness of the flushing purifier action in the MFO fuel cleaning process on board MV. Hammada. This research employs a descriptive qualitative method through direct observation, technical measurements (dial shaft and RPM), and interviews with the Engine Room Chief and Fourth Engineer. The results indicate that stable RPM (7,300–7,425 rpm) and appropriate sealing water pressure significantly influence the success of the separation process. It was also found that variations in purifier operating temperature (76–92°C) affect the resulting fuel quality, with the ideal temperature range being 85–95°C. Factors causing bowl disc functional failure include insufficient routine maintenance, poor fuel quality, and blockage in the sealing water line. Based on these findings, this study recommends increasing the frequency of visual inspections, conducting periodic shaft alignment measurements, and consistently controlling purifier operating parameters to keep the MFO separation process optimal and support the overall reliability of shipboard engine operations.

Keywords: Bowl Disc System, Purifier Flushing, Marine Fuel Oil, Purifier, MV. Hammada.

Abstrak

Kualitas bahan bakar Marine Fuel Oil (MFO) yang bersih dari air dan kotoran menjadi salah satu faktor utama dalam menjaga efisiensi pembakaran dan keandalan kerja mesin induk di atas kapal. Salah satu peralatan yang berperan penting dalam menjaga kualitas tersebut adalah purifier, khususnya melalui proses flushing yang memanfaatkan komponen bowl disc. Namun, kegagalan fungsi bowl disc kerap menjadi penyebab menurunnya efektivitas proses flushing, sehingga berisiko menurunkan kualitas bahan bakar dan mengganggu kinerja mesin. Permasalahan ini banyak dijumpai pada kapal-kapal niaga, termasuk MV. Hammada, di mana perawatan purifier yang kurang optimal berdampak langsung terhadap kelancaran operasional kapal. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kegagalan fungsi kerja Bowl Disc System terhadap efektivitas tindakan flushing purifier pada proses pembersihan bahan bakar MFO di kapal MV. Hammada. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif melalui observasi langsung, pengukuran teknis (dial shaft dan RPM), serta wawancara dengan Kepala Kamar Mesin dan Fourth Engineer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kestabilan RPM (7.300–7.425 rpm) dan tekanan sealing water yang sesuai sangat memengaruhi keberhasilan proses pemisahan. Ditemukan pula bahwa variasi suhu kerja purifier (76–92°C) berpengaruh terhadap kualitas bahan bakar yang dihasilkan, dengan suhu ideal berada pada

kisaran 85–95°C. Faktor penyebab kegagalan fungsi bowl disc meliputi kurangnya perawatan rutin, kualitas bahan bakar yang rendah, serta penyumbatan pada saluran sealing water. Berdasarkan temuan tersebut, penelitian ini merekomendasikan peningkatan frekuensi inspeksi visual, pengukuran kesejajaran poros secara berkala, serta pengendalian parameter operasi purifier secara konsisten agar proses pemisahan MFO tetap berjalan optimal dan mendukung keandalan operasional mesin kapal secara keseluruhan.

Kata kunci: Bowl Disc System, Flushing Purifier, Marine Fuel Oil, Purifier

PENDAHULUAN

Purifier merupakan peralatan bantu vital di atas kapal yang berfungsi memisahkan bahan bakar *Marine Fuel Oil* (MFO) dari air dan kotoran melalui prinsip gaya sentrifugal, sehingga kualitas bahan bakar yang masuk ke mesin induk tetap terjaga (Marsudi & Palippui, 2020). Di antara komponen penyusunnya, *bowl disc* memegang peran krusial karena menentukan efektivitas pemisahan berdasarkan perbedaan densitas antara bahan bakar, air, dan lumpur (Khamdilah & Wilastari, 2019). Ketika fungsi kerja *bowl disc* menurun akibat penumpukan residu, keausan, atau ketidaksesuaian pengaturan celah tindakan *flushing purifier* yang seharusnya membuang *sludge* secara optimal menjadi kurang efektif, sehingga kotoran tidak terbuang tuntas dan kualitas bahan bakar hasil pemisahan menurun. Kondisi ini berpotensi mengganggu kinerja mesin induk dan meningkatkan risiko gangguan operasional kapal. Permasalahan tersebut teramati secara nyata di kapal MV. Hammada, tempat variasi putaran *bowl disc* dan tekanan *sealing water* yang tidak konsisten selama masa pengamatan berdampak langsung pada kejernihan bahan bakar hasil purifikasi.

Berbagai penelitian terdahulu telah mengkaji permasalahan kinerja *purifier* di kapal, namun dengan fokus yang berbeda-beda. Pertiwangiwo dkk. (2020) meneliti ketidaknormalan putaran *bowl F.O purifier* yang mengganggu proses pemurnian bahan bakar di kapal MT. Cipta Anyer, sementara Yunaristu (2020) menyoroti gangguan *sludge discharge* pada *L.O purifier* di MV. Kartini Samudra. Marsudi dan Palippui (2020) berfokus pada pola perawatan *purifier* pada sistem bahan bakar *main engine*, dan Safi'i dkk. (2022) mengulas penerapan teknologi *purifier* secara umum dalam pemisahan bahan bakar dan kotoran. Studi-studi tersebut secara konsisten menegaskan bahwa gaya sentrifugal, kestabilan putaran, dan tekanan operasional merupakan variabel penentu keberhasilan pemisahan, tetapi umumnya membahas gangguan pada level sistem *purifier* secara keseluruhan tanpa mengaitkan secara spesifik kegagalan komponen *bowl disc* dengan efektivitas tindakan *flushing*, dan jarang disertai data ambang batas RPM, tekanan, serta suhu operasional yang terukur langsung di lapangan.

Kesenjangan tersebut menunjukkan perlunya kajian yang secara khusus menempatkan *bowl disc* sebagai unit analisis utama dan menghubungkan kondisi teknisnya dengan efektivitas *flushing purifier* secara terukur, bukan sekadar deskriptif. Penelitian ini berargumen bahwa kegagalan fungsi *bowl disc* bukan semata persoalan komponen tunggal, melainkan simpul yang menghubungkan tiga parameter operasional putaran (RPM), tekanan *sealing water*, dan suhu kerja *purifier* yang secara bersama-sama menentukan keberhasilan proses *flushing* dalam membersihkan bahan bakar MFO. Argumen ini diuji melalui pendekatan kualitatif deskriptif yang memadukan observasi langsung, pengukuran teknis (*dial shaft* dan RPM), serta wawancara terstruktur dengan Kepala Kamar Mesin dan *Fourth Engineer* di kapal MV. Hammada, sehingga temuan yang dihasilkan tidak hanya bersifat naratif tetapi juga didukung data teknis terukur.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis proses pemisahan kotoran bahan bakar MFO oleh *purifier* beserta mekanisme dan efektivitasnya; (2) mengidentifikasi faktor-faktor teknis dan operasional yang memengaruhi kinerja *bowl disc*

pada *purifier* bahan bakar MFO; dan (3) menganalisis dampak kegagalan fungsi *bowl disc system* terhadap efektivitas tindakan *flushing purifier* selama proses pembersihan bahan bakar di kapal MV. Hammada. Melalui tujuan tersebut, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi *novelty* berupa keterkaitan empiris antara parameter RPM, tekanan, dan suhu operasional *purifier* dengan efektivitas *flushing*, sebagai dasar rekomendasi teknis bagi perawatan sistem *purifier* di lingkungan pelayaran.

METODE

Penelitian ini menggunakan desain kualitatif deskriptif dengan pendekatan studi kasus (*case study*), sebagaimana lazim diterapkan dalam penelitian kualitatif (Safrudin, 2023), untuk mengkaji secara mendalam kegagalan fungsi kerja *bowl disc system* terhadap efektivitas tindakan *flushing purifier* pada proses pembersihan bahan bakar MFO. Pendekatan studi kasus dipilih karena permasalahan yang diteliti bersifat kontekstual dan spesifik pada satu objek operasional, yaitu sistem *purifier* bahan bakar di kapal MV. Hammada, sehingga memungkinkan peneliti menggali secara rinci "apa", "mengapa", dan "bagaimana" fenomena kegagalan tersebut berlangsung dalam konteks operasional yang sebenarnya. Peneliti bertindak sebagai instrumen utama, yakni terlibat langsung sebagai taruna yang menjalani praktik laut selama 12 bulan di atas kapal, sehingga dapat mengamati kondisi teknis, mencatat parameter operasional, dan berinteraksi langsung dengan personel kamar mesin tanpa perantara.

Penelitian dilaksanakan di atas kapal MV. Hammada, sebuah kapal *bulk carrier* buatan Mitsui Engineering & Shipbuilding, Jepang (tahun pembuatan 2003, IMO Number 9267625, panjang keseluruhan 234,9 m, lebar 43,0 m), yang dioperasikan oleh PT. Gurita Lintas Samudera. Objek penelitian adalah *purifier* bahan bakar merek Mitsubishi Selfjector tipe SJ40F dengan spesifikasi motor penggerak AC 440 V, 60 Hz, 7,5 kW, dan putaran nominal 7.300 min⁻¹, sebagai bagian dari sistem pembersihan bahan bakar MFO di kamar mesin. Pengamatan intensif terhadap parameter putaran (RPM), tekanan *sealing water*, dan kondisi bahan bakar hasil pemisahan dilakukan selama 14 hari berturut-turut (11–24 April 2024), sementara wawancara dengan informan kunci dilaksanakan pada pertengahan periode observasi tersebut (15–16 April 2024).

Subjek dalam penelitian ini adalah sistem kerja *bowl disc* pada *purifier fuel oil* di kapal MV. Hammada, sedangkan informan yang dilibatkan untuk memperoleh data primer terdiri atas Kepala Kamar Mesin (KKM), sebagai penanggung jawab tertinggi operasional kamar mesin, dan *Fourth Engineer*, sebagai personel yang secara langsung menangani sistem *bowl disc purifier fuel oil*. Pemilihan kedua informan dilakukan secara purposif dengan pertimbangan bahwa keduanya memiliki pengetahuan dan pengalaman langsung terhadap kondisi teknis dan riwayat penanganan *purifier* di kapal tersebut, sehingga mampu memberikan informasi yang relevan dan mendalam terkait fokus penelitian.

Data dikumpulkan melalui tiga teknik utama, yaitu observasi langsung, pengukuran teknis, dan wawancara terstruktur, yang saling melengkapi untuk memperoleh gambaran komprehensif, sejalan dengan alternatif teknik pengumpulan data kualitatif yang diuraikan oleh Hasanah (2017). Observasi dilakukan terhadap kondisi fisik *bowl disc*, proses *flushing*, serta pencatatan harian RPM dan arus (ampere) *purifier* menggunakan lembar catatan pengamatan. Pengukuran teknis difokuskan pada kesejajaran dan presisi putaran (*run-out*) *shaft purifier* menggunakan *dial indicator* yang dipasang pada *magnetic base*, dengan *shaft* diputar secara manual untuk mencatat deviasi jarum indikator dalam satuan milimeter, yang kemudian dibandingkan terhadap batas toleransi teknis *purifier*. Wawancara terstruktur dikembangkan berdasarkan pedoman wawancara yang disusun mengacu pada lima aspek pokok, yaitu kendala umum pada *purifier*, pengaruh tekanan *sealing water*, faktor yang memengaruhi kinerja *bowl disc*, potensi sumbatan pada *orifice*, dan metode pengecekan kesejajaran *shaft*, dengan

instrumen pendukung berupa alat tulis, buku catatan, *logbook* mesin, dan *smartphone* untuk dokumentasi. Data sekunder diperoleh dari *manual book engine*, laporan kerja mingguan, serta artikel dan jurnal terkait sebagai bahan pembandingan dan penguat interpretasi data primer.

Analisis data dilakukan secara deskriptif analitis mengacu pada teknik analisis data yang dikemukakan oleh Jogiyanto Hartono (2018), yaitu memadukan penggambaran rinci terhadap kondisi fisik dan prosedur operasional *bowl disc purifier* dengan interpretasi terhadap pola hubungan antara parameter RPM, tekanan, dan suhu operasional terhadap kualitas bahan bakar hasil pemisahan. Data primer dan data sekunder dibandingkan secara sistematis untuk mengidentifikasi kesenjangan antara praktik operasional aktual di kapal dan standar atau rekomendasi teknis yang berlaku, sekaligus untuk mengungkap adaptasi prosedur yang dilakukan operator berdasarkan pengalaman lapangan. Hasil perbandingan tersebut kemudian disintesis untuk menghasilkan interpretasi yang tidak hanya deskriptif, tetapi juga menjelaskan hubungan sebab-akibat antara kegagalan fungsi *bowl disc* dan efektivitas tindakan *flushing purifier*.

Keabsahan data dalam penelitian ini diperoleh melalui triangulasi sumber, yaitu dengan membandingkan dan mengonfirmasi silang hasil observasi lapangan, pengukuran teknis, hasil wawancara dengan KKM dan *Fourth Engineer*, serta dokumen pendukung seperti manual operasional dan laporan perawatan. Konsistensi temuan antar-sumber data tersebut digunakan sebagai dasar untuk memastikan bahwa interpretasi yang dihasilkan benar-benar mencerminkan kondisi nyata di lapangan dan bukan sekadar persepsi tunggal dari satu sumber data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data penelitian dikumpulkan melalui observasi langsung, pengukuran teknis, dan wawancara selama periode 11–24 April 2024 di atas kapal MV. Hammada, dengan fokus pada kondisi komponen *bowl disc* dan efektivitas tindakan *flushing purifier* bahan bakar MFO. Sebagai langkah awal, dilakukan pemeriksaan visual terhadap seluruh komponen *purifier* (Gambar 1 dan Gambar 2) untuk memastikan bahwa data lapangan yang dikumpulkan tidak dipengaruhi oleh kerusakan fisik yang tampak secara kasat mata. Hasil pemeriksaan awal disajikan pada Tabel 1.



Gambar 1. Purifier Fuel Oil
Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 2. Kondisi Bowl Disc
 Sumber : Dokumentasi Pribadi

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Visual Komponen Purifier

No	Komponen yang Diperiksa	Hasil Pemeriksaan Visual	Keterangan
1	Body Purifier	Tidak ditemukan retakan/kebocoran	Dalam kondisi baik
2	Sambungan Pipa Inlet/Outlet	Tidak terdapat kebocoran	Clamp pipa terpasang dengan baik
3	Bowl Disc (luar)	Bersih, tidak ada kerak	Layak digunakan
4	Valve dan Seal	Tidak aus, tidak ada kebocoran	Masih berfungsi optimal
5	Area sekitar casing	Bersih, tidak ada oli tumpah	Area kerja aman dan rapi

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Tabel 1 menunjukkan bahwa seluruh komponen utama *purifier*, termasuk *body*, sambungan pipa, *bowl disc* bagian luar, serta *valve* dan *seal*, berada dalam kondisi baik dan layak digunakan tanpa ditemukan retakan, kebocoran, atau keausan yang signifikan secara visual. Temuan ini penting karena mengeliminasi kemungkinan bahwa gangguan pemisahan yang teramati selama masa observasi disebabkan oleh kerusakan fisik yang kasat mata, sehingga penyebab kegagalan fungsi perlu ditelusuri lebih lanjut pada level parameter operasional.

Selama 14 hari pengamatan, rata-rata putaran *bowl disc* (RPM), arus motor penggerak, tekanan, suhu, kondisi bahan bakar, dan kondisi *sludge* akhir dicatat setiap hari pada tanggal yang sama, sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Operasional Harian Purifier Selama Periode Pengamatan (11–24 April 2024)

No	Tanggal	RPM	Arus (A)	Tekanan (bar)	Suhu (°C)	Kondisi Bahan Bakar	Kondisi Sludge
1	11-Apr-24	7350	20.1	1.3	90	Jernih, normal	Bersih
2	12-Apr-24	7375	19.8	1.4	91	Jernih	Bersih
3	13-Apr-24	7300	21.2	1.1	83	Terdapat sludge ringan	Agak tinggi

No	Tanggal	RPM	Arus (A)	Tekanan (bar)	Suhu (°C)	Kondisi Bahan Bakar	Kondisi Sludge
4	14-Apr-24	7400	19.5	1.5	79	Sangat jernih	Tinggi
5	15-Apr-24	7300	21.6	1	89	Agak keruh	Bersih
6	16-Apr-24	7350	20.3	1.2	77	Jernih	Tinggi
7	17-Apr-24	7350	20	1.3	92	Jernih	Bersih
8	18-Apr-24	7350	20.2	1.4	91	Sedikit berminyak	Bersih
9	19-Apr-24	7300	21.4	1.1	76	Keruh	Tinggi
10	20-Apr-24	7400	19.4	1.5	90	Jernih	Bersih
11	21-Apr-24	7425	19.1	1.6	90	Jernih	Bersih
12	22-Apr-24	7375	20.7	1.3	91	Agak keruh	Bersih
13	23-Apr-24	7350	21.1	1.1	75	Mengandung sludge berat	Tinggi
14	24-Apr-24	7350	20.4	1.2	89	Jernih	Bersih

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2024

Data pada Tabel 2 menunjukkan RPM *purifier* berkisar antara 7.300 hingga 7.425 rpm, yang secara umum masih berada dalam rentang kerja ideal 7.000–9.000 rpm sebagaimana disyaratkan oleh Pertiwangjiwo dkk. (2020). Pada tanggal 13, 15, dan 19 April tercatat RPM berada pada titik terendah (7.300 rpm) yang bersamaan dengan lonjakan arus motor hingga 21,2–21,6 Ampere, mengindikasikan peningkatan beban kerja motor ketika gaya sentrifugal yang dihasilkan tidak cukup kuat untuk melempar *sludge* secara tuntas ke dinding *bowl*, sehingga massa yang berputar dalam sistem bertambah dan motor bekerja lebih berat untuk mempertahankan kecepatan putar. Menariknya, pada tanggal 23 April RPM tercatat pada level moderat (7.350 rpm), namun arus tetap tinggi (21,1 A) bersamaan dengan tekanan dan suhu yang rendah, menunjukkan bahwa peningkatan beban motor tidak selalu berbanding lurus dengan penurunan RPM semata, melainkan juga dipengaruhi kombinasi tekanan dan suhu. Temuan ini memperkuat hasil Pertiwangjiwo dkk. (2020) yang juga mendapati ketidaknormalan putaran *bowl* F.O *purifier* mengganggu proses pemurnian bahan bakar di kapal MT. Cipta Anyer, namun penelitian ini melangkah lebih jauh dengan mengaitkan penurunan RPM secara langsung terhadap kenaikan arus listrik terukur, sehingga memberikan indikator dini yang dapat dipantau tanpa perlu membongkar unit *purifier*.

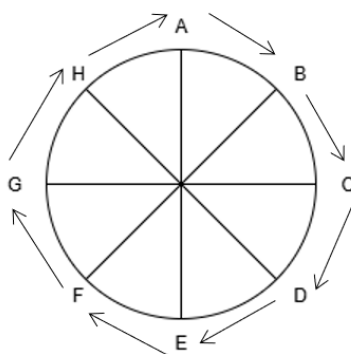
Keterkaitan antara RPM, tekanan sistem, dan kualitas bahan bakar yang dihasilkan terlihat jelas pada hari-hari dengan tekanan di bawah 1,2 bar. Pada tanggal 15 April, tekanan tercatat hanya 1,0 bar bersamaan dengan RPM 7.300 rpm, menghasilkan bahan bakar dengan kondisi agak keruh; sementara pada tanggal 19 April, tekanan 1,1 bar dan RPM 7.300 rpm menghasilkan bahan bakar keruh dengan catatan *purifier* perlu pemantauan. Sebaliknya, ketika tekanan berada di atas 1,3 bar seperti pada tanggal 14, 20, dan 21 April, bahan bakar yang dihasilkan konsisten jernih hingga sangat jernih. Pola ini menunjukkan bahwa RPM rendah dan tekanan rendah bekerja secara kumulatif, bukan berdiri sendiri, dalam menurunkan efektivitas pemisahan. Marsudi dan Palippui (2020) serta Safi'i dkk. (2022) telah menegaskan pentingnya kestabilan tekanan dan gaya sentrifugal terhadap kinerja *purifier*, tetapi kedua penelitian tersebut membahasnya secara terpisah dan deskriptif. Penelitian ini memberikan pembeda dengan menunjukkan ambang kombinasi terukur, yaitu RPM di bawah 7.300 rpm yang berimpit dengan tekanan di bawah 1,2 bar, sebagai titik kritis yang secara konsisten menurunkan kejernihan bahan bakar hasil purifikasi.

Aspek suhu operasional *purifier* turut memberikan gambaran penting mengenai efektivitas *flushing*, sebagaimana ditunjukkan pada kolom suhu dan kondisi *sludge* pada Tabel 2. Suhu ideal yang disyaratkan untuk menjaga viskositas bahan bakar tetap sesuai berada pada kisaran 85–95°C (Adolph, 2016). Namun, pada tanggal 13, 14, 16, 19, dan 23 April suhu *purifier* tercatat turun di bawah ambang tersebut, yaitu antara 75–83°C, dan seluruh hari tersebut bersamaan dengan kondisi *sludge* akhir yang tinggi. Penurunan suhu menyebabkan viskositas bahan bakar meningkat, sehingga proses pemisahan berbasis densitas menjadi kurang optimal dan *sludge* tidak terbuang tuntas selama proses *flushing*. Temuan ini sejalan dengan Yunaristu (2020) yang mendapati gangguan *sludge discharge* pada L.O *purifier* di MV. Kartini Samudra, namun penelitian ini memperjelas mekanismenya dengan menghubungkan secara langsung penurunan suhu terhadap kegagalan pembuangan *sludge*, bukan sekadar melaporkan gejala gangguan pembuangan itu sendiri.

Untuk memastikan bahwa gangguan yang teramati bukan disebabkan oleh ketidaksejajaran mekanis pada *shaft purifier*, dilakukan pengukuran *dial shaft* pada delapan titik di sekeliling poros (Gambar 3 dan Gambar 4), dengan hasil disajikan pada Tabel 3.



Gambar 3. Pengukuran Dial Shaft Purifier
Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 4. Diagram Titik Pengukuran Dial Shaft
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Tabel 3. Hasil Pengukuran Dial Shaft Purifier pada Delapan Titik Ukur

No	Posisi	Hasil Ukur (mm)
1	A	0.00
2	B	0.03
3	C	0.04

No	Posisi	Hasil Ukur (mm)
4	D	0.05
5	E	0.04
6	F	0.03
7	G	0.04
8	H	0.05

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2024

Hasil pengukuran menunjukkan deviasi yang sangat kecil, berkisar antara 0,03 hingga 0,05 mm pada seluruh titik ukur, dan seluruhnya masih berada dalam batas toleransi teknis yang diizinkan, Standar yg direkomendasi antara minimal 0,025 s/ 0,07. Konsistensi nilai antar titik menandakan *shaft purifier* dalam kondisi seimbang tanpa indikasi *run-out* atau *misalignment* yang signifikan. Temuan ini memberikan konfirmasi penting bahwa penyebab utama penurunan efektivitas *flushing* bukan berasal dari ketidaksejajaran poros atau kerusakan mekanis pada *bowl disc* itu sendiri, melainkan lebih dominan dipengaruhi oleh fluktuasi parameter operasional seperti tekanan dan suhu sebagaimana dibahas sebelumnya. Hal ini memperkuat posisi penelitian ini dibandingkan Khamdilah dan Wilastari (2019) yang menyoroti pengaturan celah *gravity disc* sebagai penentu utama kinerja *purifier*; pada kasus MV. Hammada, aspek mekanis geometris justru berada dalam kondisi baik, sehingga variabel penentu bergeser ke arah kestabilan fluida pendukung dan suhu operasional.

Aspek fluida pendukung sistem, yaitu *sealing water*, *operating water*, dan *disludge water*, dievaluasi untuk memahami mekanisme di balik pola RPM, tekanan, dan suhu yang telah dibahas. Ringkasan kondisi ketiga fluida tersebut disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kondisi Fluida Pendukung Sistem Purifier

No	Komponen	Hasil Evaluasi
1	Sealing Water	Tekanan stabil 1,2–1,4 bar; waktu pembentukan seal 6–8 detik; proses pemisahan awal berjalan normal.
2	Operating Water	Tekanan turun mendadak hingga di bawah 1,0 bar saat eject bowl; waktu kerja memanjang hingga 12 detik; bowl tidak menutup sempurna dan sludge tertahan.
3	Disludge Water	Warna jernih, aliran lancar, tekanan stabil $\pm 1,3$ bar; waktu pembuangan sludge ± 4 –5 detik; tidak ditemukan sumbatan.

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2024

Data menunjukkan bahwa *sealing water* relatif stabil dan mendukung proses pemisahan awal berjalan normal, sementara *operating water* mengalami gangguan berupa penurunan tekanan mendadak pada saat proses *eject bowl* berlangsung, yang menyebabkan *bowl* tidak menutup sempurna dan *sludge* tertahan di dalamnya. *Disludge water* pada sisi lain menunjukkan kondisi baik dengan waktu pembuangan *sludge* yang singkat ketika tekanan stabil. Pola ini mengungkap bahwa titik kritis kegagalan fungsi *bowl disc* terhadap efektivitas *flushing* terletak pada mekanisme *ejector* yang dikendalikan oleh *operating water*, bukan pada *sealing water* maupun *disludge water*. Temuan ini memberi kontribusi baru dibandingkan Safi'i dkk. (2022) yang membahas sistem *purifier* secara umum tanpa memisahkan peran ketiga jenis fluida pendukung tersebut secara individual terhadap efektivitas *flushing*.

Tabel 5. Status Verifikasi Sistem Ejector Purifier

No	Tanggal	Status Ejector	Indikasi Beban Motor
1	11-Apr-24	Berhasil	Normal
2	12-Apr-24	Berhasil	Normal
3	13-Apr-24	Eject kurang	Mulai berat
4	14-Apr-24	Berhasil	Ringan
5	15-Apr-24	Berhasil	Ringan
6	16-Apr-24	Berhasil	Normal
7	17-Apr-24	Berhasil	Normal
8	18-Apr-24	Berhasil	Sedang
9	19-Apr-24	Eject gagal	Beban tinggi (flushing)
10	20-Apr-24	Berhasil	Normal
11	21-Apr-24	Berhasil	Normal
12	22-Apr-24	Berhasil	Sedikit berat
13	23-Apr-24	Eject gagal	Beban tinggi (flushing)
14	24-Apr-24	Berhasil	Normal

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2024

Hasil wawancara dengan Kepala Kamar Mesin dan *Fourth Engineer* MV. Hammada menguatkan temuan kuantitatif di atas. Kedua informan menyatakan bahwa kendala utama yang dihadapi adalah penurunan tekanan *operating water* saat proses *eject bowl* dan fluktuasi suhu yang memengaruhi viskositas bahan bakar, dengan upaya perawatan berupa pembersihan rutin *bowl disc*, pengecekan *orifice*, pengaturan tekanan *sealing* dan *operating water*, serta pemantauan harian RPM, suhu, dan tekanan. Pernyataan ini konsisten dengan hasil pengujian sistem pada Tabel 5 yang menunjukkan bahwa proses *eject* mengalami kegagalan pada tanggal 19 dan 23 April, bertepatan dengan hari-hari yang juga menunjukkan tekanan rendah, suhu rendah, dan *sludge* tinggi pada Tabel 2. Konvergensi antara data observasi, pengukuran teknis, hasil wawancara, dan pengujian sistem ini memperkuat keabsahan temuan melalui triangulasi sumber data.

Secara keseluruhan, temuan penelitian ini menunjukkan bahwa kegagalan fungsi *bowl disc system* terhadap efektivitas tindakan *flushing purifier* bukan disebabkan oleh kerusakan komponen tunggal atau ketidaksejajaran mekanis, melainkan oleh interaksi tiga parameter operasional yang saling terkait, yaitu penurunan RPM di bawah 7.300 rpm, penurunan tekanan *operating water* hingga di bawah 1,0 bar saat proses *eject*, dan penurunan suhu *purifier* di bawah 85°C. Ketiga kondisi ini secara konsisten muncul bersamaan pada tanggal-tanggal dengan *sludge* akhir tinggi dan kegagalan *eject* (19 dan 23 April), membentuk pola ambang gabungan yang belum diungkap secara eksplisit oleh penelitian-penelitian terdahulu seperti Pertiwangjiwo dkk. (2020), Yunaristu (2020), Marsudi dan Palippui (2020), maupun Safi'i dkk. (2022), yang cenderung membahas gangguan *purifier* dari satu aspek teknis saja. Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada pengintegrasian data kuantitatif terukur (RPM, tekanan, suhu) dengan data kualitatif dari observasi, pengukuran presisi *shaft*, dan wawancara terstruktur, sehingga menghasilkan model ambang gabungan yang dapat dijadikan acuan praktis bagi kru kapal dalam memantau dan mencegah kegagalan fungsi *bowl disc* secara dini, sebelum berdampak pada penurunan kualitas bahan bakar dan kinerja mesin induk kapal.

SIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa proses pemisahan kotoran bahan bakar MFO oleh *purifier* berlangsung melalui prinsip gaya sentrifugal, dengan *bowl disc* sebagai komponen utama yang memanfaatkan perbedaan densitas untuk memisahkan bahan bakar dari air dan *sludge*. Kinerja *bowl disc* pada kapal MV. Hammada terbukti dipengaruhi oleh interaksi tiga parameter operasional utama, yaitu putaran (RPM), tekanan fluida pendukung terutama *operating water* pada saat proses *eject* dan suhu kerja *purifier*. Pengukuran presisi *dial shaft* menunjukkan bahwa kondisi mekanis poros dan kesejajaran komponen berada dalam batas toleransi normal, sehingga penurunan efektivitas *flushing* yang teramati selama periode pengamatan bukan disebabkan oleh kerusakan fisik atau ketidaksejajaran *bowl disc*, melainkan oleh fluktuasi RPM di bawah 7.300 rpm, penurunan tekanan *operating water* hingga di bawah 1,0 bar, dan suhu *purifier* yang turun di bawah 85°C secara bersamaan. Ketiga kondisi tersebut konsisten muncul berimpitan pada hari-hari dengan kegagalan proses *eject* dan *sludge* akhir yang tinggi, sehingga menegaskan bahwa kegagalan fungsi *bowl disc system* terhadap efektivitas tindakan *flushing purifier* bersifat multifaktor dan saling terkait, bukan akibat dari satu variabel tunggal. Temuan ini memperkuat sekaligus memperluas penelitian-penelitian terdahulu dengan menghadirkan ambang gabungan yang terukur secara empiris sebagai kontribusi kebaruan dalam kajian sistem *purifier* bahan bakar di kapal.

Mengingat penelitian ini terbatas pada satu unit *purifier* di satu kapal selama periode pengamatan 14 hari, hasil yang diperoleh belum tentu dapat digeneralisasi pada tipe *purifier* atau kondisi operasional kapal lain. Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan untuk memperluas objek kajian pada beberapa unit *purifier* dengan merek dan kapasitas berbeda serta periode observasi yang lebih panjang, guna menguji konsistensi ambang RPM, tekanan, dan suhu yang ditemukan dalam penelitian ini. Penelitian selanjutnya juga dapat mengembangkan pendekatan kuantitatif berbasis analisis statistik atau korelasi untuk mengukur kekuatan hubungan antar-parameter secara lebih presisi, sebagai pelengkap pendekatan kualitatif deskriptif yang digunakan dalam penelitian ini. Selain itu, penerapan sistem pemantauan berbasis sensor dan *data logger* otomatis untuk merekam RPM, tekanan, dan suhu *purifier* secara *real time* perlu dikaji lebih lanjut sebagai upaya pengembangan sistem peringatan dini (*early warning system*) terhadap potensi kegagalan fungsi *bowl disc*, sehingga tindakan pencegahan dapat dilakukan sebelum kualitas bahan bakar dan kinerja mesin induk kapal terganggu.

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Politeknik Bumi Akpelni Semarang, khususnya Program Studi Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal, atas dukungan akademik yang diberikan selama proses penelitian dan penulisan artikel ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada manajemen PT. Gurita Lintas Samudera beserta seluruh perwira dan kru kapal MV. Hammada, khususnya Kepala Kamar Mesin dan *Fourth Engineer*, atas kesediaan berbagi pengalaman teknis serta dukungan selama proses observasi dan pengukuran di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adolph, Ralph. 2016. (IMO), International Maritime Organization. 2018. Marine Fuel Oil Purification.
- Anderson, B. 2010. Evolution of Oil Refining Control Systems . *Journal of Petroleum Technology*. 34(6), 777-798
- Jogiyanto Hartono .2018. *Metoda Pengumpulan dan Teknik Analisis Data*. Yogyakarta: Andi (Anggota IKAPI).
- Hasanah, H. 2017. Sebuah Alternatif Metode Pengumpulan Data Kualitatif Ilmu-Ilmu Sosial *Jurnal At-Taqaddum* 8(1):21.

- Info, Marine, and Dave. 2023. "Fuel Oil Purifier System."
- International Maritime Organization (IMO). 2013. Guidelines for the Development of a Shipboard Oil Pollution Emergency Plan.
- Irwan, 2022. Performance Analysis Of Fuel Oil Purifier Filtration Process On Ships MV. TANTO LUAS. *Journal Inland Waterways*. 4(2):1–5.
- Johnson, L. 2021. "Optimizing Fuel Purification Processes Theory and Applications." *Journal of Mechanical Engineering*.
- Khamdilah, Ali, and Santhi Wilastari. 2019. Pengaruh Ukuran Diameter Gravity Disc Terhadap Overflow Pada Purifier. Gema Martime. Semarang .
- Laverga, Davide. 2020. "Working Principle of the Centrifugal Oil Purifier."
- Marsudi, Sugeng, and Habibi Palippui. 2020. Analisis Perawatan Purifier Pada Sistem Bahan Bakar Main Engine Kapal. *Journal Riset Sains Dan Teknologi Kelautan* 3(1):1–7
- Pertiwangjiwo, Dini, Program Studi, Teknik Diploma, and Politeknik Ilmu Pelayaran. 2020. "Tidak Normalnya Putaran Bowl FO Purifier Yang Mengganggu Proses Pemurnian Bahan Bakar Di Kapal MT. Cipta Anyer."
- Prasetyo, A., & Rahardjo, B. 2023. Inovasi Teknologi Dalam Sistem Pemisahan Cairan Dari Manual Ke Otomatis. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(1), 45-58).
- Safi'i, M., et al. 2022. Analisis Dan Penerapan Teknologi Purifier Dalam Pemisahan Bahan Bakar Dan Kotoran. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa*, 15(2), 123-135.
- Safrudin, R. 2023. Penelitian Kualitatif. *Journal Of Social Science Research* 3(2):1–15.
- Smith, J. 2020. "The Importance of Fuel Quality in Marine Applications." *Marine Engineering Review*.
- Su, A. 2018. Pengaruh Water Injector Pada Bowl Disc Di Dalam Purifier. *Journal of Chemical Information and Modeling* 53(9):8–24.
- Yunaristu, Mochamad Albi. 2020. "Analisa Terganggunya Sludge Discharge Pada l.o Purifier Di Mv. Kartini Samudra."