

**IDENTIFIKASI FAKTOR PENYEBAB TERJADINYA CLOGGING PADA
EDUCTOR PUMP KETIKA PELAKSANAAN DEBALLASTING DI ATAS KAPAL
MV. HL DANGJIN**

Moch Alif Ashami¹, Moh. Zaenal Arifin², Pranyoto³
¹²³Nautika, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang
Alamat e-mail : ¹mochalifashami6@gmail.com

ABSTRACT

On May 15, 2024, MV. HL DANGJIN experienced deballasting issues during coal loading at Puerto Drummond Port, Colombia, due to blockage in eductor pump no.2. This condition disrupted cargo operations and posed potential cargo loss. This study aims to analyze the causes of eductor pump clogging and propose solutions. Data were collected through interviews, observations, and documentation. Fishbone diagram analysis revealed mud sediment and cargo residue buildup due to insufficient maintenance, particularly on eductor components. Corrective actions included cleaning the ballast line and eductor pump, repairing the suction gauge, and re-sounding ballast water volume. To prevent recurrence, routine maintenance and inspection of ballast components and tank conditions are recommended to ensure operational reliability and avoid delays or losses.

Keywords: Deballasting, Eductor Pump, Clogging

ABSTRAK

Pada tanggal 15 Mei 2024, kapal MV. HL DANGJIN mengalami kendala ketika melakukan *deballasting* saat pelaksanaan proses muat batu bara di Pelabuhan Puerto Drummond Colombia. Permasalahan ini terjadi ketika tersumbatnya salah satu komponen *ballast* yaitu *eductor pump* no.2 yang menyebabkan proses *loading* muatan terganggu dan berpotensi terjadinya kerugian muatan. Penelitian ini menganalisis faktor penyebab tersumbatnya *eductor pump* beserta upaya penanganan dan pencegahan masalah yang terjadi. Data hasil temuan penelitian diperoleh dari pelaksanaan wawancara, observasi, dan dokumentasi. Hasil analisis data menggunakan diagram *fishbone* menunjukkan adanya endapan sedimen lumpur dan *cargo residue* akibat kurang diperhatikannya perawatan sistem *ballast* terutama pada komponen *eductor pump*. Upaya penanganannya meliputi pembersihan lokal pada instalasi *ballast* dan pompa *eductor*, perbaikan *suction rate gauge* pada *eductor*, dan mengukur ulang volume air *ballast* dengan *sounding*. Rekomendasi pencegahan masalah dapat disarankan untuk rutin melakukan perawatan dan inspeksi komponen *ballast* dan *ballast tank*.

Kata Kunci: Deballasting, Eductor Pump, Clogging

A. Pendahuluan

Di dunia maritim terdapat banyak jenis kapal laut yang beroperasi untuk menunjang kelancaran rantai pasokan *global*, salah satunya adalah kapal *bulk carrier*. Kapal *cargo* jenis *bulk carrier* mampu melaksanakan bongkar muat dengan cepat dan efisien, didukung oleh kelancaran sistem *ballast* sebagai penunjang kestabilan kapal *bulk carrier* ketika melaksanakan bongkar muat. *Ballast* berfungsi untuk menjaga kestabilan kapal laut dan membantu kapal agar dapat beroperasi dengan baik (Basuki & Margareta Zau Beu., 2019). Adanya permasalahan pada salah satu komponen *ballast* seperti *eductor pump* dapat menyebabkan terkendalanya operasional kapal laut.

Fenomena yang terjadi pada tanggal 15 Mei 2025, pada *voyage* 035J dimana kapal MV. HL DANGJIN mengalami permasalahan tersumbatnya *eductor pump* pada sistem *ballast* kapal yang mengakibatkan terkendalanya proses *deballasting* ketika pelaksanaan *loading* muatan di Pelabuhan Puerto Drummond, Colombia. Dampak yang ditimbulkan dari terkendalanya proses *deballasting* adalah terganggunya

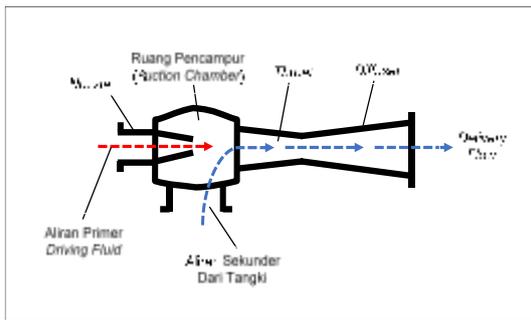
proses muat di pelabuhan hingga berpotensi terjadinya kerugian muatan akibat masih adanya volume air *ballast* pada tiap tangki *ballast* yang dihitung sebagai muatan ketika pelaksanaan *draft survey*.

Masalah tersumbatnya *eductor pump* menjadi sebuah kasus yang belum pernah diteliti sebelumnya di atas kapal MV. HL DANGJIN. *Eductor pump* atau pompa *jet eductor* adalah sebuah alat yang mampu menciptakan *suction* dengan memberikan perbedaan tekanan *fluida* menggunakan air (*liquid*) sebagai motif mediumnya (Sugati, 2008). Pompa *eductor* ini tergolong kategori *special pump* yang terpasang di dalam sistem *ballast* kapal sebagai alat yang mampu melaksanakan *suction* terhadap air *ballast* ketika pelaksanaan *deballasting*. *Deballasting operation* adalah kegiatan mengeluarkan air *ballast* dari tiap-tiap tangki *ballast* kapal melalui saluran pipa *ballast* menuju *overboard* (Budi, P & Ratna, D.K., 2020). Pelaksanaan *deballasting* dinilai lancar apabila intensitas air *ballast* pada tangki *ballast* mampu berkurang ketika pengukuran volume air dengan cara *sounding* dan pengukuran

tekanan *suction eductor pump* pada *indicator suction gauge*. Tekanan yang tidak normal pada *suction gauge eductor pump* mengidentifikasi adanya masalah pada kinerja pompa baik secara teknis maupun faktor manusia sebagai *operator ballast*.

Eductor pump bekerja dengan prinsip "*Bernoulli*" dimana tekanan statis pada saluran masuk nosel dikonversi menjadi energi kinetik dengan mebiarkan cairan mengalir secara bebas melalui sebuah nosel, kemudian terjadi pengurangan tekanan secara bersamaan dengan peningkatan kecepatan sirkulasi *fluida*, aliran berkecepatan tinggi ini mengangkut *fluida* dari tangki melalui pipa *ballast* kemudian bercampur dengan *motive fluid* pada ruang pencampuran, kemudian *diffuser* mengkonversi *head* dinamik kembali menjadi tekanan statis pada ujung *eductor pump*, kemudian air *ballast* dialirkan keluar *overboard* dengan kecepatan menengah (Sugati, 2008). Berdasarkan teori prinsip kerja *eductor pump* maka tidak optimalnya pembuangan air *ballast* dapat diindikasikan berasal dari adanya masalah pada *eductor pump* bersamaan dengan *suction rate gauge eductor* yang menunjukkan

tekanan tidak dalam kondisi normal dan pengukuran *sounding air ballast* yang menunjukkan tidak adanya penurunan volume air. Pada dasarnya *eductor pump* mampu melaksanakan *suction* bertekanan 1 bar dengan kapasitas *suction* sebesar 150 m³/hr pada kondisi normal, apabila dalam pelaksanaan *deballasting* terjadi sangat lambat dan *eductor pump* bekerja tidak sesuai dengan tekanan normal maka *operator ballast* wajib melakukan pengecekan kondisi sistem *eductor* dan instalasi *ballast*. Penurunan kecepatan *suction* menjadi dugaan awal adanya sumbatan dari dalam *eductor pump*. Pompa *eductor* sebagai salah satu jenis *special pump* yang mempunyai karakteristik daya hisap dengan kecepatan tinggi, sebagai penunjang kelancaran daya hisap tersebut dipengaruhi oleh tiga bagian atau komponen utama pada *eductor pump*, yaitu diantaranya: *nozzle*, ruang pencampur, dan *diffuser* (WA Putranto et al., 2022).



Gambar 1 Komponen *Eductor Pump*

Perlu diketahui sebuah *eductor* mempunyai beberapa komponen di dalamnya, maka untuk memastikan lebih lanjut adanya sumbatan perlu diketahui dari mana asal material penyumbat tersebut. Untuk memecahkan masalah ini maka peneliti melaksanakan penelitian lebih lanjut terhadap *eductor pump* pada MV. HL DANGJIN guna menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan tersumbatnya *eductor pump*. Harapan peneliti setelah ditemukan faktor penyebab terjadinya *clogging* pada *eductor pump* maka dapat ditemukan sebuah langkah atau solusi penanganan dari permasalahan tersebut sekaligus pencegahannya, dengan tujuan agar penelitian ini bermanfaat dan mampu diterapkan bagi seluruh *operator ballast* di atas kapal.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dimana peneliti

melakukan pendekatan deskriptif dengan berfokus pada deskripsi mendalam terhadap sebuah objek yang diteliti. Di dalam pelaksanaannya peneliti mengambil sampel penelitian di lapangan secara langsung ketika observasi dengan melaksanakan wawancara kepada narasumber utama sebagai *key informant*. Sebagai data pendukung peneliti melaksanakan studi dokumentasi terkait penelitian terdahulu yang mempunyai hubungan atau relation terkait dengan penelitian ini. Penelitian dilaksanakan di atas kapal MV. HL DANGJIN yang merupakan armada kapal *bulk carrier* dengan kepemilikan *ownership* dari Korea Selatan, yaitu H-Line Shipping Co.ltd. Penelitian berlangsung selama peneliti melaksanakan *onboard training* selama satu tahun di atas kapal terutama ketika kapal melaksanakan muat di pelabuhan. Proses pengamatan dalam penelitian ini memiliki fokus terhadap kinerja *suction* dari *eductor pump* ketika pelaksanaan *deballasting* pada pelabuhan muat.

Penelitian tidak bisa dilakukan tanpa adanya data yang diperoleh, maka untuk memperoleh data diperlukan sebuah teknik untuk

mengumpulkan informasi berupa temuan yang dibutuhkan sebagai sumber data dalam penelitian. Teknik pengumpulan data yang digunakan oleh peneliti adalah dengan menggabungkan pelaksanaan observasi, wawancara, dokumentasi atau ketiganya (Sugiyono, 2022). Pelaksanaan wawancara bertujuan memperoleh data dari ketiga narasumber diantaranya adalah *Bosun, First Engineer, dan Chief Officer* sebagai *key informant*. Data-data lain dikumpulkan selama pelaksanaan observasi ketika permasalahan muncul hingga ditemukan beberapa faktor penyebab tersumbatnya *eductor pump*, didukung dengan dokumentasi berupa pengambilan gambar dan video terhadap peristiwa yang terjadi sebagai bukti tambahan beserta dokumen kapal berupa *drawing file* dan dokumen *report* sebagai penguat agar sebuah data penelitian menjadi kredibel.

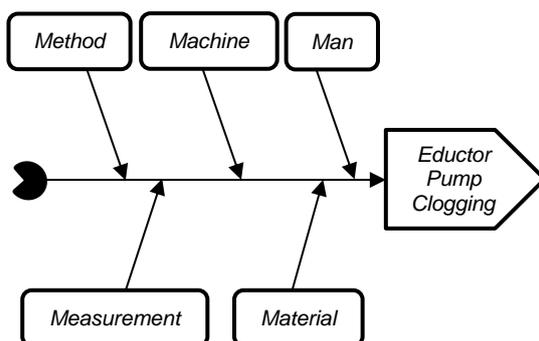
Pengujian keabsahan dilaksanakan dengan uji kredibilitas menggunakan teknik triangulasi, dimana sumber data penelitian berasal dari hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi yang kemudian akan digabungkan menjadi

sebuah data yang valid dan kredibel. Triangulasi adalah sebuah cara untuk melakukan pengecekan data dengan menggabungkan beberapa sumber data penelitian yang telah dikumpulkan dengan berbagai cara dan waktu yang dilakukan oleh peneliti (Sugiyono, 2022). Teknik triangulasi terbagi menjadi beberapa metode untuk menggabungkan data, diantaranya adalah triangulasi teknik dan triangulasi sumber. Penggunaan triangulasi teknik oleh peneliti dilakukan sebuah perbandingan data dari hasil wawancara, observasi, dan dokumentasi sebelum akhirnya direduksi dan digabungkan menjadi sebuah data-data utama. Data-data yang terkumpul dari hasil wawancara dengan narasumber juga dilakukan sebuah perbandingan hingga selanjutnya digabungkan menjadi sebuah kesimpulan. Triangulasi sumber menjadi peran penting dalam menggabungkan data hasil wawancara oleh peneliti dari ketiga narasumber utama yaitu *Chief Officer, Bosun, dan First Engineer*.

Hasil data yang diperoleh kemudian akan diolah dan dianalisis lebih lanjut untuk menghasilkan sebuah solusi pemecahan masalah dalam penelitian terhadap

tersumbatnya *eductor pump*. Penelitian ini akan diuraikan ke dalam sebuah diagram *fishbone* untuk mengetahui lebih dalam faktor-faktor penyebab tersumbatnya *eductor pump* pada kapal MV. HL DANGJIN. Metode analisis data dengan diagram *fishbone* bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengorganisir penyebab dari suatu masalah dengan diagram tulang ikan dimana faktor penyebab masalah diuraikan dalam percabangan tulang dan masalah utama pada kepala ikan (Asmoko, 2004). Beberapa kategori faktor penyebab utama yang digunakan peneliti dalam diagram *fishbone* ini adalah faktor *man*, *machine*, *method*, *material*, dan *measurement*.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan



Gambar 2 *Fishbone Analyze*

Hasil penelitian disajikan dengan menggunakan *diagram fishbone* untuk menguraikan hasil analisa dari faktor-

faktor penyebab tersumbatnya *eductor pump* di atas kapal MV. HL DANGJIN. Analisis menggunakan diagram *fishbone* ini adalah hasil pengolahan data dari temuan penelitian yang kemudian disusun oleh peneliti dengan membandingkan hasil data secara triangulasi untuk memperoleh data yang valid dan kredibel.

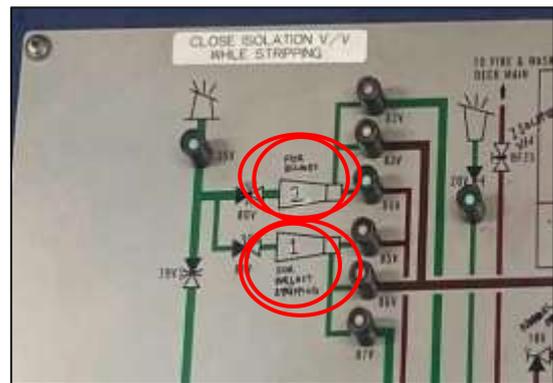
Seluruh data yang terkumpul selama pengamatan direduksi oleh peneliti untuk memfokuskan data temuan yang menjadi inti penyebab masalah utama tersebut. Beberapa temuan hasil wawancara, observasi, dan dokumentasi selama penelitian bermula dengan ditemukannya sumbatan pada *eductor pump* ketika pelaksanaan *deballasting* oleh *Chief Officer* sebagai *operator ballast* yang memilih menggunakan jalur *line up* ke arah pompa *eductor no.2* sebelum menuju keluar *overboard*. Ketika pelaksanaan *deballasting*, volume air *ballast* tidak mengalami penurunan setelah dilakukan pengukuran level air dengan melaksanakan *sounding* pada tangki *ballast* oleh AB jaga dan *deck cadet*. Permasalahan ini menjadi semakin jelas dari adanya dugaan masalah pada salah satu komponen *ballast* hingga ditemukannya *suction*

gauge yang tidak menunjukkan adanya daya hisap pada *eductor pump* no.2, dengan jarum yang menunjukkan nilai positif 0,2 *bar*, seharusnya ketika dalam kondisi *suction* normal, jarum menunjukkan nilai -1 *bar*. Hal ini menjadi tolak ukur bahwa adanya masalah teknis pada *eductor pump* yang menghambat kinerjanya untuk melakukan *suction*.



Gambar 3 *Suction Gauge Eductor*

Peneliti mengkaji studi dokumentasi terhadap komponen *eductor pump* dan juga beberapa hal terkait *ballast* yang ditemukan adanya kegagalan terhadap *ballast control panel* yang tertuliskan bahwa *eductor pump* no.1 hanya untuk *ballast stripping* sedangkan *eductor pump* no.2 untuk *bilges discharging*.



Gambar 4 Catatan Buatan Operator *Ballast* Terdahulu Pada *Ballast Control Panel*

Menurut hasil wawancara dengan *Chief Officer*, seharusnya pada kondisi normal kedua *eductor pump* mampu melaksanakan kedua fungsi operasional sesuai dengan *standart* spesifikasi pompa *eductor* pada *drawing file* dari komponen *ballast* pada kapal MV. HL DANGJIN. Hal ini disebabkan oleh faktor *man* yang menunjukkan kurangnya komunikasi antar *operator ballast* ketika pelaksanaan *handover* pergantian *crew* di atas kapal dengan tidak menjelaskan secara detail terhadap kesalahpahaman operasional pada *ballast control panel* ketika pelaksanaan *deballasting*. Proses pengamatan tidak cukup hanya dilakukan dengan pengecekan pada *pressure gauge* yang tidak menunjukkan adanya *suction*, namun juga pengecekan secara langsung

terhadap kondisi *eductor pump*, baik secara visual maupun secara lokal.



Gambar 5 Kondisi Visual Pompa *Eductor*

Pada saat proses pengecekan ditemukan *eductor pump* dalam kondisi yang kurang baik, penuh dengan korosi dan ditemukan banyaknya material penyumbat di dalam komponen *ballast* di sepanjang *nozzle*, *diffuser*, hingga ruang pencampur yang terhubung dengan *inlet* pipa saluran masuk air yang dihisap. Material penyumbat tersebut berupa sedimen lumpur, *cargo residue* berupa batu bara, dan karat yang ditemukan dari dalam komponen *eductor pump*.



Gambar 5 Kondisi Bagian Dalam Pompa *Eductor*



Gambar 6 Material Penyumbat *Eductor Pump*

Material-material tersebut diamati lebih lanjut darimana asal usulnya hingga menyebabkan penyumbatan pada *eductor pump*. *Chief Officer* dan peneliti melakukan *ballast inspeksi* untuk menemukan asal dari material penyumbat di dalam *eductor pump*. Di dalam tangki *ballast* ditemukan banyaknya sedimen lumpur dan kondisi *structural* tangki *ballast* yang berkarat menjadi bukti bahwa tidak dilakukannya perawatan dengan baik.



Gambar 7 Kondisi Lumpur Berlebih
Pada Tangki *Ballast*



Gambar 8 Kondisi Korosi Pada
Structural Tangki *Ballast*

Fenomena ini juga menghasilkan fakta bahwa pelaksanaan inspeksi *ballast* sebelumnya hanya dilakukan secara formalitas dan tidak aktual sehingga masih banyaknya sedimen lumpur yang menumpuk dan tidak adanya penanganan terhadap tangki *ballast* yang dipenuhi dengan korosi. Temuan tersebut menjadi salah satu kategori faktor penyebab permasalahan pada *fishbone* analisis yaitu *method*.

Perawatan yang tidak dilaksanakan dengan baik pada tangki

ballast dapat memperburuk kondisi tangki *ballast* beserta komponen-komponen *ballast* lainnya yang berpotensi menghambat kinerja operasional *ballast*, terutama ketika pelaksanaan *deballasting*. Selain itu material penyumbat berupa *cargo residue* juga termasuk faktor penyebab permasalahan dalam kategori metode. Pelaksanaan *bilges discharging* yang selalu menggunakan *eductor pump* no.2 menyebabkan *cargo residue* menumpuk sedikit demi sedikit melalui aliran sistem *ballast pipeline* menuju ke *eductor pump* no.2. Penyumbatan pada *eductor pump* mengakibatkan pompa mengalami penurunan kinerja *suction* dan menjadi faktor penyebab permasalahan dalam kategori *machine* dalam analisis *fishbone*. *Suction pressure gauge* yang tidak akurat pada *eductor pump* no.2 mempengaruhi pengukuran tekanan *suction* sehingga *operator ballast* dan peneliti kesulitan ketika melakukan pengecekan tekanan.

Faktor penyebab tersumbatnya *eductor pump* dari kategori *measurement* adalah ditemukannya jarum penunjuk pada *pressure gauge* yang bermasalah menjadi salah satu penyebab nilai *pressure* yang tidak

akurat, sehingga menyebabkan kesalahpahaman *operator ballast* yang berpikir bahwa *gauge* dalam kondisi *suction* yang baik, namun kenyataannya *gauge* tersebut rusak setelah dibuktikan ketika *eductor* sudah mampu melakukan *suction* jarum tersebut masih dalam posisi yang sama dengan kondisi ketika *eductor pump* mengalami *clogging*.

Ketika pelaksanaan penelitian, selain menganalisis faktor penyebab terjadinya masalah, peneliti juga menemukan dampak yang ditimbulkan dari *eductor pump* yang mengalami *clogging*, diantaranya adalah pelaksanaan *deballasting* atau pembuangan air *ballast* menjadi terganggu, yang mana seharusnya tangki *ballast* dikosongkan ketika proses muat namun menjadi terkendala karena *eductor pump* tidak mampu melakukan *suction*.

BALLAST SOUNDING				
HL. DANGJEN		DEPTH	F	A
			16,40	17,00
DEPTH (M)	DEPTH (M)	DEPTH (M)	DEPTH (M)	DEPTH (M)
0,14	0,14	0,14	1,000	1,0
0,25	0,25	0,25	1,000	91,8
0,38	0,38	0,38	1,000	100,8
0,26	0,26	0,26	1,000	107,4
0,25	0,25	0,25	1,000	102,9
0,37	0,37	0,37	1,000	179,2
0,25	0,25	0,25	1,000	149,0
0,26	0,26	0,26	1,000	239,9
0,30	0,30	0,30	1,000	240,3
0,40	0,40	0,40	1,000	348,2
0,38	0,38	0,38	1,000	328,4
0,45	0,45	0,45	1,000	317,4
0,43	0,43	0,43	1,000	205,0
0,11	0,11	0,11	1,000	0,0
0,00	0,00	0,00	1,000	0,0
0,00	0,00	0,00	1,000	0,0
0,00	0,00	0,00	1,000	0,0
		2333,1		2333,1

SYAHDIAN ARIZKI
C/O OF HL. DANGJEN

Gambar 9 Sisa Air *Ballast* Sebanyak 2.333,1 M/T Ketika Ditemukannya Penyumbatan Pada *Eductor Pump*

Proses *loading* muatan juga terganggu akibat masalah ini, namun pihak pelabuhan tetap melanjutkan pemuatan dan proses memuat terus berlangsung sesuai dengan jadwal. Apabila masalah penyumbatan pada *eductor pump* tidak segera diatasi maka akan menyebabkan kapal berpotensi mengalami kerugian muatan yang cukup besar. Untuk menghindari komplikasi permasalahan yang lebih besar maka diperlukan tindakan cepat dan tepat untuk menangani permasalahan tersebut.

Upaya penanganan yang dapat dilakukan adalah melaksanakan

pembersihan lokal pada *eductor pump* dengan melepas komponen *ballast* tersebut dari pipa-pipa penghubung. Dengan bantuan dari *First Engineer* dan Bosun, proses ini mampu berjalan dengan mudah.



Gambar 10 Proses Pelepasan *Eductor Pump* Dari Pipa Instalasi *Ballast*

Tahapan selanjutnya adalah pembersihan bagian *diffuser*, ruang pencampur dan *nozzle* dalam pompa dari material-material penyumbat.



Gambar 11 Proses Pembersihan Bagian Dalam Komponen *Eductor Pump*

Setelah proses pembersihan dilakukan secara tuntas selanjutnya adalah tahap pengukuran tekanan pompa *eductor* menggunakan *suction*

gauge yang baru, bersamaan dengan pelaksanaan *sounding* ulang terhadap air *ballast* untuk mendapatkan hasil *suction* yang maksimal sehingga masalah dapat teratasi.

E. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dari tersumbatnya *eductor pump* ditemukan faktor-faktor yang menyebabkan masalah ini timbul ketika pelaksanaan *deballasting* diantaranya adalah faktor *material* oleh sedimen, lumpur, dan *cargo residue* yang menumpuk di dalam pompa *eductor* akibat kurangnya perhatian terhadap sistem dan instalasi *ballast*. Faktor *machine* dari hasil analisis permasalahan ini adalah kerusakan *suction gauge* pada pompa *eductor* no.2 dan banyak ditemukannya karat pada *nozzle*, *diffuser*, dan ruang pencampur pada *eductor pump*, hal ini menunjukkan kondisi pompa yang dalam kondisi kurang baik. Kurangnya perawatan pada tangki *ballast* termasuk dalam kategori faktor metode yang kurang tepat dalam pelaksanaannya, dengan ditemukannya korosi di dalam *ballast tank* dan banyak ditemukannya sedimen lumpur karena tidak dilakukannya inspeksi secara

menyeluruh serta kelalaian petugas kapal yang tidak melaporkan masalah tersebut saat serah terima tugas menjadi faktor *man* yang sangat berpengaruh terhadap timbulnya penyumbatan pada *eductor pump*. Faktor *man* lainnya yaitu sebagai *operator ballast* yang kurang memperhatikan catatan buatan pada *ballast control panel* yang menyebabkan kesalahpahaman operasional yang berkepanjangan, sehingga menyebabkan *eductor pump* no.2 selalu digunakan untuk *bilges discharge* sehingga banyak ditemukannya *cargo residue* yang menumpuk di dalam pompa. Faktor pengukuran *measurement* tekanan pada pompa yang tidak diperhatikan dengan baik sehingga kesalahan pembacaan pada indikator *suction gauge* menyebabkan kebingungan terhadap *operator ballast* yang menyebabkan hasil pengukuran tekanan tidak terbaca dengan jelas karena jarum pada gauge yang tidak akurat terhadap kondisi *suction* sesungguhnya pada *eductor pump*.

Penyumbatan pada *eductor pump* mengakibatkan proses *deballasting* menjadi terhambat, yang berdampak pada gangguan proses pemuatan kargo dan potensi kerugian

muatan akibat air *ballast* yang tersisa. Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan pembersihan pompa *eductor* dan sistem perpipaan *ballast* dari material penyumbat, perbaikan *suction gauge*, serta pengukuran ulang volume air *ballast*. Pencegahan jangka panjang dapat dilakukan melalui inspeksi rutin pada *ballast tank* dan pemeliharaan sistem *ballast* secara berkala.

DAFTAR PUSTAKA

- Asmoko, H. & Ikan, D.T., 2004. *Teknik ilustrasi masalah – fishbone diagram.* , pp.1–8
- Basuki, M., Lukmandono, & Beu, M. M. Z. (2019). *Ballast Water Management at Inaport 4th Makassar Based on Environmental Risk Assessment.* International Conference on Science, Technology, and Environment, 1(1), 1–9.
- Budi, P., Ratna, D. K., & Nanang, J. S. (2020). *Ballast Water Treatment (BWT) Technology dan Implementasi Konvensi Internasional untuk Kapal Berbendera Indonesia.* Marine Science and Technology Journal, 1(1), 7–15.
- Putranto, W. A., Khaeroman, & Hamid, A. (2022). *Pengaruh Variasi Tekanan Primary Flow dan Diameter Exit Nozzle terhadap Secondary Flow pada Kinerja*

- Ejector Fresh Water Generator.*
Momentum, 18(1), 12–18.
- Sugati, D. (2008). *Jet Pump sebagai Pompa Hampa.* Media Mesin, 9(2), 56–62.
- Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian Kualitatif: Untuk Penelitian yang Bersifat Eksploratif, Enterpretif, Interaktif, dan Konstruktif.* Bandung: Alfabeta.