

Pengaruh Kekedapan Ruang Muat dan Overheat Bucket Elevator terhadap Proses Discharging Urea di MV. Mochtar Prabu Mangkunegara

Almer akbar Vayudha¹, Eni Tri Wahyuni^{2*}, Haryani³

^{1,2,3} Teknologi Rekayasa Operasi Kapal, Politeknik Bumi Akpelni

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

Abstract

This study aims to analyze the effect of cargo hold tightness and bucket elevator overheating on the urea discharging process aboard MV. Mochtar Prabu Mangkunegara. Maintaining cargo hold tightness and ensuring the optimal performance of the bucket elevator are essential to preserve cargo quality, improve operational efficiency, and prevent delays during unloading. This research employed a quantitative approach using a survey method. Primary data were collected through questionnaires distributed to 26 crew members involved in cargo handling operations, while secondary data were obtained from ship documents and relevant literature. The data were analyzed using validity and reliability tests, classical assumption tests, multiple linear regression, t-test, F-test, and the coefficient of determination (R^2) with SPSS software. The results indicate that cargo hold tightness has a positive and significant effect on the urea discharging process. Likewise, bucket elevator overheating has a significant positive effect on unloading performance. Simultaneously, both variables significantly influence the effectiveness of the urea discharging process with a coefficient of determination (R^2) of 67.7%, while the remaining 32.3% is explained by other factors outside the research model. These findings emphasize the importance of preventive maintenance and regular inspection to improve cargo handling performance and operational efficiency.

Keywords: cargo hold tightness, bucket elevator overheating, discharging process, urea cargo, ship operation

Abstrak

Kekedapan ruang muat dan kondisi bucket elevator yang beroperasi secara optimal merupakan faktor penting dalam menjaga kualitas muatan, memperlancar proses bongkar, serta meningkatkan efisiensi operasional kapal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kekedapan ruang muat dan overheat bucket elevator terhadap proses discharging urea di MV. Mochtar Prabu Mangkunegara. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan survei. Data primer diperoleh melalui penyebaran kuesioner kepada 26 awak kapal yang terlibat dalam kegiatan bongkar muat, sedangkan data sekunder diperoleh dari dokumen kapal dan studi pustaka. Analisis data dilakukan menggunakan uji validitas, uji reliabilitas, uji asumsi klasik, analisis regresi linier berganda, uji t, uji F, serta koefisien determinasi (R^2) dengan bantuan perangkat lunak SPSS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekedapan ruang muat berpengaruh positif dan signifikan terhadap kelancaran proses discharging urea, sedangkan overheat bucket elevator berpengaruh signifikan terhadap penurunan kinerja proses bongkar. Secara simultan kedua variabel berpengaruh signifikan terhadap proses discharging urea dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 67,7%, sedangkan 32,3% dipengaruhi oleh faktor lain di luar model penelitian. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa inspeksi dan perawatan berkala terhadap ruang muat dan bucket elevator sangat penting untuk meningkatkan efisiensi operasional bongkar muat di kapal.

Kata Kunci: kekedapan ruang muat, bucket elevator, discharging urea, bongkar muat, efisiensi operasional.

PENDAHULUAN

Transportasi laut memegang peranan penting dalam mendukung distribusi komoditas nasional maupun internasional, khususnya untuk pengangkutan muatan curah kering seperti pupuk urea. Kelancaran proses bongkar muat (*discharging*) merupakan salah satu indikator keberhasilan operasional kapal karena berpengaruh terhadap produktivitas pelabuhan, efisiensi waktu sandar (*port stay*), serta biaya operasional perusahaan pelayaran. Pada kapal curah, proses *discharging* tidak hanya dipengaruhi oleh kesiapan tenaga kerja, tetapi juga oleh kondisi teknis peralatan bongkar muat dan ruang muat kapal. Permasalahan yang sering terjadi di lapangan adalah menurunnya kinerja proses bongkar akibat ruang muat yang tidak kedap terhadap air maupun kelembapan, serta terjadinya *overheat* pada sistem bucket elevator. Kondisi tersebut dapat menyebabkan kerusakan kualitas pupuk urea, penghentian sementara kegiatan bongkar, meningkatnya *downtime* peralatan, hingga keterlambatan penyelesaian operasi bongkar muat yang berdampak pada kerugian operasional kapal. Berdasarkan hasil observasi awal yang didukung oleh data operasional kapal serta informasi yang diperoleh dari awak kapal yang terlibat dalam kegiatan bongkar muat di MV. Mochtar Prabu Mangkunegara, ditemukan bahwa permasalahan kekedapan ruang muat dan terjadinya *overheat* bucket elevator merupakan faktor yang sering menghambat kelancaran proses *discharging* pupuk urea. Kedua kondisi tersebut berpotensi menurunkan kualitas muatan, meningkatkan *downtime* peralatan, serta memperpanjang waktu pembongkaran, sehingga berdampak pada efisiensi operasional kapal. Permasalahan inilah yang menjadi dasar dilaksanakannya penelitian untuk menganalisis pengaruh kedua variabel tersebut terhadap proses *discharging* urea.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kekedapan ruang muat merupakan aspek penting dalam menjaga kualitas muatan curah selama pelayaran. Menurut Wahyuni dan Priyanto (2023), pemeliharaan ruang muat yang dilakukan secara berkala melalui pemeriksaan hatch cover, gasket, dan sistem penguncian palka mampu mengurangi risiko masuknya air laut dan kelembapan sehingga kualitas muatan tetap terjaga. Penelitian lain oleh Prasetyo dan Nugroho (2021) juga menyimpulkan bahwa kondisi ruang muat yang tidak kedap menyebabkan peningkatan kadar kelembapan yang mengakibatkan muatan curah mengalami penurunan kualitas serta menghambat kelancaran proses bongkar muat. Sementara itu, Rahman dan Lee (2023) menjelaskan bahwa gangguan pada bucket elevator, terutama peningkatan temperatur pada motor, bearing, dan gearbox, berpengaruh terhadap penurunan kapasitas angkut, meningkatnya *downtime*, serta menurunnya produktivitas kegiatan *discharging*.

Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut masih memiliki keterbatasan karena umumnya hanya mengkaji kekedapan ruang muat atau keandalan bucket elevator secara terpisah. Belum banyak penelitian yang menganalisis kedua faktor tersebut secara simultan dalam satu model untuk mengetahui kontribusi masing-masing variabel terhadap efektivitas proses *discharging* muatan urea pada kapal curah. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan penelitian (*research gap*) tersebut dengan menganalisis pengaruh kekedapan ruang muat dan *overheat* bucket elevator secara bersama-sama terhadap proses *discharging* urea di MV. Mochtar Prabu Mangkunegara menggunakan pendekatan regresi linear berganda.

Penelitian ini menawarkan kebaruan (*novelty*) melalui analisis simultan pengaruh kekedapan ruang muat dan *overheat bucket elevator* terhadap proses *discharging* pupuk urea di MV. Mochtar Prabu Mangkunegara menggunakan pendekatan kuantitatif. Secara teoritis, kekedapan ruang muat merupakan faktor yang menentukan terjaganya kualitas muatan curah selama pelayaran. Ruang muat yang kedap mampu mencegah masuknya air laut maupun kelembapan yang dapat menyebabkan pupuk urea mengalami caking (penggumpalan), sehingga material tetap memiliki sifat alir (*flowability*) yang baik dan mudah dipindahkan selama proses pembongkaran. Sebaliknya, penurunan kualitas kekedapan ruang muat dapat

meningkatkan kadar kelembapan muatan yang berpotensi menghambat kelancaran proses discharging.

Di sisi lain, *bucket elevator* merupakan peralatan utama dalam sistem pembongkaran muatan curah yang berfungsi memindahkan material secara kontinu dari ruang muat menuju sistem penyaluran. Secara operasional, kondisi *overheat* pada motor listrik, bearing, gearbox, maupun sistem transmisi dapat menurunkan efisiensi kerja peralatan, meningkatkan risiko downtime, bahkan menyebabkan penghentian sementara proses pembongkaran. Oleh karena itu, semakin baik kondisi operasional bucket elevator, semakin tinggi pula produktivitas proses discharging.

Berdasarkan landasan teoritis tersebut, kedua variabel dianalisis secara bersama-sama untuk mengetahui besarnya kontribusi masing-masing maupun pengaruh simultannya terhadap kelancaran proses pembongkaran. Pendekatan ini diharapkan memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai faktor-faktor teknis yang memengaruhi kinerja bongkar muat serta menjadi dasar dalam penyusunan strategi preventive maintenance, peningkatan keandalan peralatan, dan optimalisasi prosedur operasional kapal guna meningkatkan efisiensi serta keselamatan operasi.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kekedapan ruang muat terhadap proses discharging urea, menganalisis pengaruh overheat bucket elevator terhadap proses discharging urea, serta menganalisis pengaruh kedua variabel tersebut secara simultan terhadap kelancaran proses pembongkaran muatan di MV. Mochtar Prabu Mangkunegara. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah bagi pengembangan manajemen operasi kapal niaga, khususnya dalam bidang bongkar muat muatan curah, serta menjadi bahan pertimbangan bagi perusahaan pelayaran dalam meningkatkan efektivitas pemeliharaan ruang muat dan peralatan bongkar muat.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dengan pendekatan survei untuk menganalisis pengaruh kekedapan ruang muat dan overheat bucket elevator terhadap proses discharging urea di MV. Mochtar Prabu Mangkunegara. Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian berfokus pada pengukuran variabel secara objektif melalui data numerik, kemudian menganalisis hubungan dan pengaruh antarvariabel menggunakan teknik statistik. Pendekatan ini sesuai digunakan ketika penelitian bertujuan menguji hipotesis dan memperoleh kesimpulan berdasarkan data empiris yang dapat diukur serta dianalisis secara statistik (Sugiyono, 2022). Penelitian dilaksanakan selama kegiatan praktik laut dari tanggal 13 mei 2024 Sampai tanggal 20 mei 2025 di atas kapal MV. Mochtar Prabu Mangkunegara dengan objek penelitian berupa kondisi kekedapan ruang muat, kinerja bucket elevator, dan proses pembongkaran muatan urea.

Populasi penelitian adalah seluruh awak kapal yang terlibat secara langsung dalam kegiatan bongkar muat di MV. Mochtar Prabu Mangkunegara. Teknik pengambilan sampel menggunakan sampling jenuh (total sampling), yaitu teknik penentuan sampel apabila seluruh anggota populasi digunakan sebagai sampel penelitian. Teknik ini dipilih karena jumlah populasi penelitian relatif terbatas dan seluruh anggota populasi memiliki keterkaitan langsung dengan kegiatan bongkar muat serta memahami kondisi operasional yang menjadi objek penelitian. Dengan demikian, seluruh anggota populasi yang memenuhi kriteria penelitian dijadikan responden, sehingga data yang diperoleh diharapkan dapat menggambarkan kondisi populasi secara menyeluruh dan meminimalkan kemungkinan terjadinya kesalahan akibat pemilihan sebagian anggota populasi (Sugiyono, 2022), sehingga seluruh anggota populasi yang berjumlah 26 responden dijadikan sebagai sampel penelitian.

Data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui penyebaran kuesioner kepada responden dengan menggunakan skala Likert lima tingkat, yaitu skor 1 untuk jawaban sangat tidak setuju, skor 2 untuk tidak setuju, skor 3 untuk ragu-ragu/netral, skor 4 untuk setuju, dan skor 5 untuk sangat setuju. Skala Likert digunakan untuk mengukur sikap, pendapat, dan persepsi responden terhadap suatu objek atau fenomena yang diteliti, sehingga sesuai digunakan untuk mengukur persepsi awak kapal terhadap kekedapan ruang muat, *overheat bucket elevator*, dan proses discharging urea (Sugiyono, 2022). Instrumen penelitian disusun berdasarkan indikator masing-masing variabel, yaitu kekedapan ruang muat (X_1), *overheat bucket elevator* (X_2), dan proses discharging urea (Y). Data sekunder diperoleh melalui observasi langsung selama kegiatan bongkar muat, dokumentasi kapal, laporan operasional, serta studi pustaka yang berkaitan dengan sistem ruang muat, *bucket elevator*, dan proses penanganan muatan curah.

Sebelum dilakukan analisis, instrumen penelitian diuji menggunakan uji validitas dengan korelasi Product Moment Pearson dan uji reliabilitas menggunakan koefisien Cronbach's Alpha untuk memastikan setiap butir pernyataan layak digunakan sebagai alat pengumpulan data. Selanjutnya dilakukan uji asumsi klasik yang meliputi uji normalitas, uji multikolinearitas, dan uji heteroskedastisitas sebagai syarat analisis regresi linier berganda. Analisis data dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). Pengujian hipotesis dilakukan melalui analisis regresi linier berganda, uji parsial (t-test), uji simultan (F-test), serta koefisien determinasi (R^2) pada tingkat signifikansi 5%. Model regresi yang digunakan dalam penelitian ini dinyatakan sebagai berikut:

$$Y = a + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + e$$

dengan:

Y = Proses discharging urea;

a = konstanta;

β_1, β_2 = koefisien regresi;

X_1 = Kekedapan ruang muat;

X_2 = Overheat bucket elevator;

e = galat (error).

Hasil analisis statistik digunakan untuk mengetahui pengaruh masing-masing variabel bebas maupun pengaruh secara simultan terhadap proses discharging urea di MV. Mochtar Prabu Mangkunegara. Selanjutnya, hasil pengujian diinterpretasikan dengan membandingkan nilai signifikansi terhadap taraf signifikansi 0,05 sehingga dapat ditarik kesimpulan mengenai diterima atau ditolaknya hipotesis penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini melibatkan 26 responden yang merupakan awak kapal MV. Mochtar Prabu Mangkunegara dan terlibat langsung dalam kegiatan bongkar muat pupuk urea. Data diperoleh melalui penyebaran kuesioner yang mengukur tiga variabel penelitian, yaitu kekedapan ruang muat (X_1), *overheat bucket elevator* (X_2), dan proses discharging urea (Y). Seluruh data kemudian diolah menggunakan perangkat lunak SPSS versi 26.

1. Uji Validitas

Tabel 1. Hasil Uji Validitas Instrumen

Variabel	Jumlah Item	Item Valid	Item Tidak Valid	Keterangan
Kekedapan Ruang Muat (X_1)	6	6	0	Valid
Overheat Bucket Elevator (X_2)	6	6	0	Valid
Proses Discharging (Y)	6	5	1	Layak digunakan
Total	18	17	1	Instrumen Valid

Pengujian kualitas instrumen diawali dengan uji validitas terhadap 18 butir pernyataan. Berdasarkan hasil pengujian, 17 butir pernyataan dinyatakan valid, sedangkan 1 butir dinyatakan tidak valid karena nilai r hitung lebih kecil daripada r tabel (0,388). Dengan demikian, sebagian besar instrumen mampu mengukur variabel penelitian secara tepat sehingga layak digunakan pada tahap analisis berikutnya.

2. Hasil Uji Reliabilitas

Pengujian reliabilitas dilakukan menggunakan metode **Cronbach's Alpha**.

Tabel 2. Hasil Uji Reliabilitas

Variabel	Cronbach's Alpha	Kriteria
Kekedapan Ruang Muat	0,874	Sangat Reliabel
Overheat Bucket Elevator	>0,70	Reliabel
Proses Discharging	>0,70	Reliabel

Selanjutnya dilakukan uji reliabilitas menggunakan koefisien Cronbach's Alpha. Variabel kekedapan ruang muat memperoleh nilai 0,874, yang menunjukkan bahwa instrumen memiliki tingkat konsistensi internal yang sangat baik. Berdasarkan hasil tersebut, instrumen penelitian dinyatakan reliabel sehingga dapat dipercaya untuk mengukur persepsi responden mengenai kondisi ruang muat, bucket elevator, dan proses discharging.

3. Hasil Uji Multikolinearitas

Sebelum dilakukan analisis regresi linear berganda, dilakukan uji multikolinearitas untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan yang tinggi antarvariabel independen. Pengujian dilakukan menggunakan nilai **Tolerance** dan **Variance Inflation Factor (VIF)**.

Tabel 3. Hasil Uji Multikolinearitas

Variabel	Tolerance	VIF	Keterangan
Kekedapan Ruang Muat (X_1)	0,782	1,279	Tidak terjadi multikolinearitas
Overheat Bucket Elevator (X_2)	0,782	1,279	Tidak terjadi multikolinearitas

Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa seluruh variabel independen memiliki nilai **Tolerance lebih besar dari 0,10** dan **VIF lebih kecil dari 10**. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi multikolinearitas antarvariabel independen. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa masing-masing variabel bebas memberikan informasi yang

berbeda dalam menjelaskan variasi proses *discharging* urea sehingga model regresi layak digunakan untuk analisis lebih lanjut.

4. Hasil Uji Heteroskedastisitas (Uji Glejser)

Pengujian heteroskedastisitas dilakukan menggunakan **Uji Glejser** dengan melihat tingkat signifikansi masing-masing variabel independen.

Tabel 4. Hasil Uji Heteroskedastisitas (Uji Glejser)

Variabel	Sig.	Keterangan
Kekedapan Ruang Muat (X_1)	0,462	Tidak terjadi heteroskedastisitas
Overheat Bucket Elevator (X_2)	0,571	Tidak terjadi heteroskedastisitas

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai signifikansi kedua variabel lebih besar dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa model regresi tidak mengalami gejala heteroskedastisitas sehingga varians residual bersifat konstan. Dengan demikian, salah satu asumsi penting dalam analisis regresi linear berganda telah terpenuhi dan model dapat digunakan untuk menguji hipotesis penelitian.

5. Analisis Regresi Linear Berganda

Hasil analisis regresi menunjukkan persamaan sebagai berikut.

$$Y = a + 0,459X_1 + 0,488X_2$$

Keterangan:

X_1 = Kekedapan Ruang Muat

X_2 = Overheat Bucket Elevator

Y = Proses Discharging Urea

Hasil analisis menunjukkan bahwa kedua variabel independen memiliki koefisien regresi bernilai positif. Nilai koefisien sebesar 0,459 pada variabel Kekedapan Ruang Muat (X_1) menunjukkan bahwa setiap peningkatan satu satuan pada kualitas kekedapan ruang muat akan meningkatkan efektivitas proses discharging urea sebesar 0,459 satuan, dengan asumsi variabel lain tetap (*ceteris paribus*).

6. Hasil Uji Parsial (Uji t)

Tabel 3. Hasil Uji t

Variabel	t hitung	Sig.	Keputusan
Kekedapan Ruang Muat	2,405	0,025	Berpengaruh Signifikan
Overheat Bucket Elevator	3,346	0,003	Berpengaruh Signifikan

Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa kedua variabel memiliki nilai signifikansi kurang dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa secara parsial kekedapan ruang muat maupun kondisi bucket elevator berpengaruh signifikan terhadap proses discharging urea.

7. Hasil Uji Simultan (Uji F)

Tabel 4. Hasil Uji F

F Hitung	Sig.	Keterangan
24,060	0,001	Model Signifikan

Hasil uji F menunjukkan bahwa nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05 sehingga kedua variabel independen secara simultan berpengaruh terhadap proses discharging urea.

8. Koefisien Determinasi

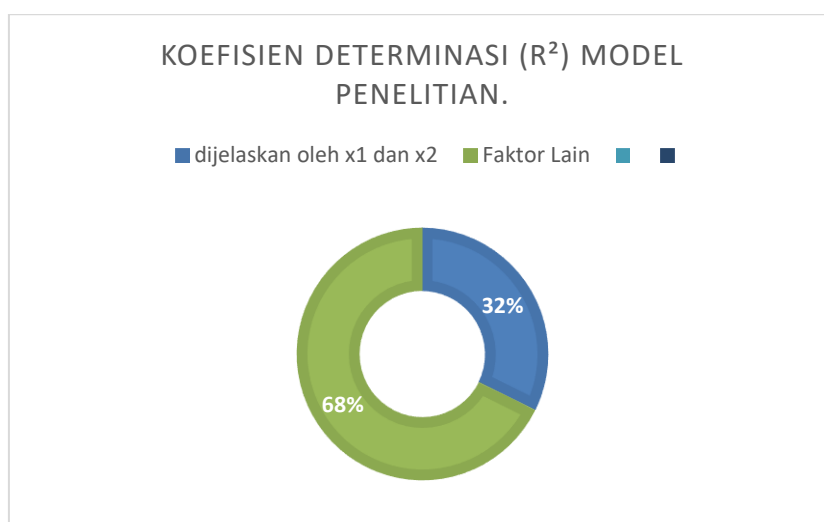
Tabel 5. Nilai Koefisien Determinasi

R	R Square	Adjusted R Square
0,823	0,677	0,649

Nilai R^2 sebesar 0,677 menunjukkan bahwa sebesar 67,7% variasi proses discharging dapat dijelaskan oleh kekedapan ruang muat dan overheat bucket elevator. Sisanya 32,3% dipengaruhi faktor lain yang tidak diteliti, seperti kondisi cuaca, keterampilan operator, kesiapan alat pelabuhan, dan manajemen operasional kapal.

9. Diagram Kontribusi Variabel

Kontribusi Variabel terhadap Proses Discharging
Koefisien determinasi (R^2) model penelitian.



Gambar 1. Koefisien determinasi

Gambar 1. Koefisien determinasi menunjukkan bahwa kombinasi kekedapan ruang muat dan overheat bucket elevator menjelaskan 67,7% variasi kelancaran proses discharging urea.

Pembahasan

1. Pengaruh Kededapan Ruang Muat terhadap Proses Discharging Urea

Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa variabel kekedapan ruang muat (X_1) berpengaruh positif dan signifikan terhadap proses discharging urea. Hasil uji t menunjukkan nilai t-hitung sebesar 2,405 dengan nilai signifikansi 0,025 ($<0,05$). Koefisien regresi sebesar 0,459 dengan nilai beta (β) 0,377 mengindikasikan bahwa semakin baik kondisi kekedapan ruang muat, semakin baik pula kelancaran proses pembongkaran muatan urea.

Temuan ini menunjukkan bahwa kekedapan ruang muat memiliki peranan penting dalam menjaga kualitas fisik pupuk urea selama pelayaran. Ruang muat yang kedap mampu mencegah masuknya air laut maupun kelembapan yang dapat menyebabkan urea menggumpal (caking). Apabila kualitas muatan tetap terjaga, maka proses pembongkaran berlangsung lebih cepat karena material tetap mudah dialirkan melalui sistem *bucket*

elevator. Sebaliknya, apabila terjadi kebocoran pada tutup palka (hatch cover), kerusakan gasket, atau sistem penguncian yang tidak rapat, maka kelembapan akan meningkat sehingga menghambat proses discharging.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Ariyanto dan Prasetyo (2021) yang menyatakan bahwa kerusakan sistem penutup palka menyebabkan peningkatan kadar kelembapan ruang muat sehingga muatan pupuk curah mengalami penggumpalan dan memperlambat proses pembongkaran. Temuan serupa juga dikemukakan oleh Sari dan Nugroho (2022) yang menemukan bahwa keberhasilan pelaksanaan hose test dan ultrasonic leak detection berpengaruh terhadap terjaganya kualitas muatan higroskopis selama pelayaran. Selain itu, International Maritime Organization (IMO, 2022) melalui IMSBC Code menegaskan bahwa muatan curah yang bersifat higroskopis, termasuk pupuk urea, harus diangkut dalam ruang muat yang benar-benar kedap air untuk mencegah penurunan kualitas muatan.

Dengan demikian, inspeksi berkala terhadap kondisi hatch cover, gasket, sistem drainase, serta pelaksanaan ultrasonic leak detection test menjadi langkah penting dalam menjaga efektivitas operasi bongkar muat dan mempertahankan mutu muatan selama proses pengangkutan..

2. Pengaruh Overheat Bucket Elevator terhadap Proses Discharging Urea

Variabel overheat bucket elevator (X_2) juga terbukti memberikan pengaruh yang signifikan terhadap proses discharging urea. Berdasarkan hasil uji t, diperoleh nilai t-hitung sebesar 3,346 dengan tingkat signifikansi 0,003 ($<0,05$). Nilai koefisien regresi sebesar 0,488 dan beta (β) sebesar 0,525 menunjukkan bahwa kondisi bucket elevator yang beroperasi tanpa mengalami overheat memberikan kontribusi besar terhadap kelancaran pembongkaran muatan urea.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem bucket elevator merupakan komponen utama dalam proses pembongkaran muatan curah. Peningkatan suhu pada motor listrik, bearing, gearbox, maupun sistem transmisi menyebabkan penurunan efisiensi kerja, bahkan dapat mengakibatkan penghentian operasi sementara (*downtime*). Gangguan tersebut secara langsung mengurangi produktivitas bongkar muat, memperpanjang waktu sandar kapal, serta meningkatkan biaya operasional.

Temuan penelitian ini mendukung penelitian Wijaya dan Hartono (2020) yang menyatakan bahwa kenaikan temperatur pada bearing dan motor listrik merupakan penyebab dominan terjadinya penurunan kapasitas kerja bucket elevator pada terminal curah. Hasil serupa juga ditemukan oleh Rahman dkk. (2023) yang menjelaskan bahwa kegagalan sistem pelumasan menyebabkan peningkatan temperatur hingga melebihi batas operasi sehingga frekuensi downtime meningkat secara signifikan. Di sisi lain, penelitian Mobley (2002) mengenai predictive maintenance menegaskan bahwa pemantauan temperatur (thermal monitoring) dan analisis getaran (vibration analysis) mampu mendeteksi kerusakan komponen mekanik sebelum terjadi kegagalan sistem.

Oleh karena itu, penerapan preventive maintenance, pelumasan sesuai spesifikasi, pemantauan temperatur motor dan bearing, serta inspeksi berkala terhadap sistem transmisi perlu dilakukan secara konsisten agar risiko overheat dapat diminimalkan dan produktivitas pembongkaran tetap optimal..

3. Pengaruh Kekedapan Ruang Muat dan *Overheat Bucket Elevator* terhadap Proses Discharging Urea

Pengujian secara simultan menunjukkan bahwa kedua variabel independen secara bersama-sama memberikan pengaruh yang sangat kuat terhadap proses discharging urea.

Hasil uji F menunjukkan nilai F-hitung sebesar 24,060 dengan tingkat signifikansi 0,001 ($<0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa model regresi yang digunakan layak dan kedua variabel secara simultan berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen.

Nilai koefisien korelasi (R) sebesar 0,823 menunjukkan adanya hubungan yang sangat kuat antara kekedapan ruang muat dan kondisi bucket elevator terhadap proses pembongkaran muatan. Sementara itu, nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,677 menunjukkan bahwa 67,7% variasi kelancaran proses discharging urea dapat dijelaskan oleh kedua variabel tersebut, sedangkan 32,3% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain di luar model penelitian, seperti kondisi cuaca, kecepatan bongkar, kesiapan peralatan pelabuhan, koordinasi operasional, kompetensi operator, dan kondisi fasilitas terminal.

Hasil penelitian ini memperkuat penelitian Kurniawan dan Setiawan (2022) yang menyatakan bahwa keberhasilan operasi bongkar muat muatan curah dipengaruhi oleh kombinasi antara kondisi ruang muat, keandalan peralatan bongkar, serta efektivitas pemeliharaan peralatan kapal. Penelitian Utami dkk. (2023) juga menunjukkan bahwa integrasi preventive maintenance pada peralatan mekanik dengan inspeksi ruang muat mampu meningkatkan produktivitas bongkar muat hingga lebih dari 20% dibandingkan kapal yang hanya berfokus pada perawatan salah satu komponen. Selain itu, konsep Reliability Centered Maintenance (RCM) yang dikemukakan oleh Moubray (1997) menjelaskan bahwa keandalan sistem operasi ditentukan oleh kemampuan seluruh komponen kritis bekerja secara terpadu, sehingga kegagalan pada satu subsistem akan memengaruhi performa keseluruhan sistem.

Secara operasional, hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas pembongkaran muatan tidak hanya ditentukan oleh keandalan satu komponen saja, tetapi merupakan hasil integrasi antara kondisi ruang muat yang mampu menjaga kualitas muatan dan keandalan bucket elevator sebagai sistem pemindah material. Apabila salah satu komponen mengalami gangguan, maka keseluruhan proses bongkar akan terdampak, baik dari sisi produktivitas maupun keselamatan kerja.

Temuan penelitian ini memperkuat pentingnya penerapan preventive maintenance terhadap ruang muat dan condition-based maintenance pada bucket elevator. Pemeriksaan kekedapan ruang muat menggunakan metode hose test maupun ultrasonic leak detection, disertai pemantauan temperatur bearing, gearbox, dan motor listrik secara berkala, akan meningkatkan keandalan sistem bongkar muat. Dengan demikian, perusahaan pelayaran dapat mengurangi risiko keterlambatan (demurrage), menjaga kualitas pupuk urea selama proses distribusi, serta meningkatkan efisiensi operasional kapal secara keseluruhan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh kekedapan ruang muat dan *overheat bucket elevator* terhadap proses *discharging* urea di MV. Mochtar Prabu Mangkunegara, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. **Kekedapan ruang muat berpengaruh positif dan signifikan terhadap proses *discharging* urea.** Hasil uji parsial menunjukkan nilai **t-hitung sebesar 2,405** dengan nilai signifikansi **0,025 ($<0,05$)**. Hal ini menunjukkan bahwa semakin baik kondisi kekedapan ruang muat, semakin lancar proses pembongkaran muatan urea. Ruang muat yang kedap mampu melindungi muatan dari masuknya air laut dan kelembapan yang dapat menyebabkan pupuk urea menggumpal (*caking*), sehingga kualitas muatan tetap terjaga dan proses pembongkaran berlangsung lebih efektif.
2. **Variabel *overheat bucket elevator* berpengaruh signifikan terhadap proses *discharging* urea.** Hasil uji parsial menunjukkan nilai **t-hitung sebesar 3,346** dengan nilai signifikansi **0,003 ($<0,05$)**. Temuan ini menunjukkan bahwa kondisi operasional *bucket elevator* sangat

menentukan kelancaran proses bongkar muat. Gangguan berupa peningkatan suhu pada motor, *bearing*, maupun *gearbox* dapat menurunkan kapasitas angkut, meningkatkan *downtime* peralatan, serta memperpanjang waktu pembongkaran. Oleh karena itu, pemeliharaan preventif terhadap sistem *bucket elevator* menjadi faktor penting dalam menjaga produktivitas operasi bongkar muat.

3. **Kekedapan ruang muat dan *overheat bucket elevator* secara simultan berpengaruh signifikan terhadap proses *discharging urea*.** Hasil uji simultan menunjukkan nilai **F-hitung sebesar 24,060** dengan tingkat signifikansi **0,001 (<0,05)**, sehingga model regresi dinyatakan layak untuk menjelaskan hubungan antarvariabel penelitian. Nilai koefisien determinasi (**R²**) sebesar **0,677** menunjukkan bahwa **67,7%** variasi efektivitas proses *discharging urea* dapat dijelaskan oleh kedua variabel tersebut, sedangkan **32,3%** dipengaruhi oleh faktor lain di luar model penelitian. Hasil ini menegaskan bahwa keberhasilan proses pembongkaran muatan urea tidak hanya bergantung pada kondisi peralatan bongkar, tetapi juga pada kualitas pemeliharaan ruang muat sebagai bagian dari sistem penanganan muatan secara keseluruhan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perusahaan pelayaran perlu meningkatkan program preventive maintenance terhadap ruang muat dan bucket elevator melalui inspeksi kedapatan hatch cover, pemeriksaan gasket dan sistem penguncian palka, pemantauan temperatur motor dan bearing, serta pelaksanaan perawatan berkala sesuai prosedur operasional. Upaya tersebut diharapkan dapat meningkatkan efisiensi proses *discharging*, mengurangi waktu *downtime*, menjaga kualitas muatan pupuk urea, dan mendukung kelancaran operasional kapal MV. Mochtar Prabu Mangkunegara.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanto, D., & Prasetyo, H. (2021). Analisis pengaruh kondisi hatch cover terhadap kualitas muatan pupuk curah pada kapal bulk carrier. *Jurnal Teknologi Maritim Indonesia*, 5(2), 85–94.
- Ghozali, I. (2021). *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 26* (Edisi ke-10). Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2022). *Multivariate data analysis* (9th ed.). Cengage Learning.
- International Maritime Organization. (2020). *International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS): Consolidated edition*. International Maritime Organization.
- International Maritime Organization. (2021). *International Safety Management (ISM) Code and guidelines on implementation*. International Maritime Organization.
- International Maritime Organization. (2023). *IMSBC Code: International Maritime Solid Bulk Cargoes Code and Supplement (2023 Edition)*. International Maritime Organization.
- Kurniawan, A., & Setiawan, B. (2022). Analisis faktor-faktor yang memengaruhi efektivitas kegiatan bongkar muat pada kapal bulk carrier. *Jurnal Riset Transportasi Laut*, 24(2), 101–112.
- Lasse, D. A. (2017). *Manajemen Kepelabuhanan*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Mobley, R. K. (2002). *An introduction to predictive maintenance* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.
- Moubray, J. (1997). *Reliability-centered maintenance* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.
- Mulyadi. (2019). *Manajemen Operasi Kapal Niaga*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Prasetyo, D., & Nugroho, A. (2021). Analisis faktor-faktor yang memengaruhi efektivitas proses bongkar muat kapal curah di pelabuhan Indonesia. *Jurnal Manajemen Transportasi dan Logistik*, 8(3), 211–223.

- Putra, R., & Santoso, B. (2024). Preventive maintenance strategy for bulk cargo handling equipment to improve unloading performance. *Journal of Maritime Logistics*, 12(1), 44–58.
- Rahman, M., Abdullah, S., & Lee, J. (2023). Condition monitoring of bucket elevator systems for improving bulk cargo unloading performance. *Journal of Marine Engineering and Technology*, 22(4), 315–327.
- Riduwan. (2020). *Skala Pengukuran Variabel-Variabel Penelitian*. Bandung: Alfabeta
- Sari, N., & Nugroho, T. (2022). Pengaruh kebocoran ruang muat terhadap kualitas muatan higroskopis pada kapal niaga. *Jurnal Sains dan Teknologi Maritim*, 23(1), 57–68.
- Sekaran, U., & Bougie, R. (2020). *Research methods for business: A skill-building approach* (8th ed.). John Wiley & Sons.
- Sugiyono. (2023). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D* (Edisi ke-3). Alfabeta.
- Utami, R., Hidayat, A., & Prakoso, D. (2023). Implementasi preventive maintenance untuk meningkatkan produktivitas peralatan bongkar muat kapal curah. *Jurnal Teknik Perkapalan Indonesia*, 15(1), 27–39.
- Wijaya, A., & Hartono, E. (2020). Analisis pengaruh temperatur bearing terhadap kinerja bucket elevator pada terminal curah. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 15(3), 145–153.
- Yulianto, A., & Hidayat, R. (2022). Pengaruh pemeliharaan alat bongkar muat terhadap produktivitas kegiatan discharging pada kapal curah. *Jurnal Sains dan Teknologi Maritim*, 23(1), 15–27.