

Probabilitas *Human Error* Pengoperasian HMC Pekerjaan Bongkar Muat Petikemas Menggunakan CREAM dan Penentuan Rekomendasi Berdasarkan *Error Reduction Analysis*

Hasna Hayba Silmiy¹, Haidar Natsir Amrullah^{1*}, dan Rikky Leonard¹

¹Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: haidar.natsir@ppns.ac.id

Abstrak

Pekerjaan bongkar muat merupakan salah satu layanan jasa kepelabuhan yang dilaksanakan oleh perusahaan jasa petikemas untuk membongkar muat barang dengan menggunakan bantuan alat bongkar muat. Pada pengoperasian alat bongkar muat, manusia terlibat langsung dalam kegiatan sehingga terdapat kecenderungan manusia untuk melakukan kesalahan dengan potensi menimbulkan kecelakaan. Data pekerjaan bongkar muat petikemas tahun 2020-2023 menunjukkan bahwa kecelakaan kerja paling sering terjadi dengan melibatkan alat HMC. Pekerjaan bongkar muat petikemas dengan menggunakan alat HMC memerlukan tingkat kefokusian cukup tinggi dan selama proses pengerjaannya harus dilakukan secara cepat dan tepat. Terjadinya kecelakaan yang melibatkan alat HMC disebabkan oleh banyak faktor, salah satunya adalah kesalahan manusia (*human error*) sebagai penyebab utama. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai *Human Error Probability* (HEP) pengoperasian HMC pekerjaan bongkar muat petikemas sehingga dapat diberikan rekomendasi tindakan perbaikan untuk meminimalisir kemungkinan *human error* di masa mendatang. Probabilitas *human error* pengoperasian HMC dapat diketahui dengan menggunakan salah satu metode HRA (*Human Reliability Analysis*), yaitu *Cognitive Reliability and Error Analysis Method* (CREAM). Sedangkan pemberian rekomendasi disesuaikan dengan *error reduction analysis* yang berfokus pada tujuh strategi pendekatan diperoleh berdasarkan hasil diskusi *expert judgement*. Hasil probabilitas *human error* (HEP) tertinggi pengoperasian HMC terdapat pada 9 *subtask*, yaitu *subtask* 1.1; 1.2; 1.3; 4.6; 4.7; 6.2; 7.1; 7.3; 7.4 dengan nilai sebesar 0.00192. Rekomendasi untuk mengurangi kemungkinan *human error*, yaitu memberikan seragam kerja dan APD secara berkala/jika tidak layak pakai; menerapkan sistem penghargaan bagi operator yang disiplin dan sanksi jika melanggar aturan; evaluasi dan pengarahan terkait SOP; pelatihan rutin dan simulasi pentingnya pengecekan alat sebelum operasi; pengawasan dan audit berkala; pelatihan terkait koordinasi, kerjasama, kepatuhan, dan respon tim terhadap situasi tertentu.

Kata Kunci: *Human Error, Cognitive Reliability and Error Analysis Method, Error Reduction Analysis*

Abstract

Loading and unloading work is one of the port services by container service companies to unload goods using the loading and unloading equipment. When operating loading and unloading equipment, humans are directly involved in the activity so there is a human tendency to make mistakes with the potential to cause accidents. Data on container loading and unloading work for 2020-2023 shows that work accidents most often occur involving HMC. Container loading and unloading work using HMC tools requires a fairly high level of focus and during the process it must be done quickly and precisely. The occurrence of accidents involving HMC equipment is caused by many factors, one of which is human error as the main cause. This research aims to determine the Human Error Probability (HEP) value of HMC operations for container loading and unloading work so that recommendations for corrective action can be provided to minimize the possibility of human error in the future. The probability of human error operating the HMC can be determined using one of the HRA (Human Reliability Analysis) methods, namely CREAM. Meanwhile, recommendations are based on error reduction analysis focuses on seven approach strategies obtained based on the results of expert judgment discussions. The highest HEP results for HMC operation are found in 9 subtasks, namely subtask 1.1; 1.2; 1.3; 4.6; 4.7; 6.2; 7.1; 7.3; 7.4 with a value of 0.00192. Recommendations to reduce the possibility of human error, namely providing work uniforms and PPE periodically; implementing a reward system and sanctions; evaluations and guidance regarding SOP; routine training and simulations on the importance of checking equipment before operation; periodic supervision and audits; training related to coordination, cooperation, compliance, and team response to certain situations.

Keywords: *Human Error, Cognitive Reliability and Error Analysis Method, Error Reduction Analysis*

1. PENDAHULUAN

Perusahaan jasa petikemas memberikan pelayanan kepada berbagai macam kapal dengan menyediakan banyak layanan jasa kepelabuhan, salah satunya bongkar muat petikemas. Menurut Suryantoro dkk (2020), pekerjaan bongkar muat merupakan kegiatan yang dilaksanakan oleh badan usaha dengan izin khusus untuk membongkar muat barang dari dan menuju kapal kemudian ditata di lapangan penumpukan. Dalam melakukan pekerjaan tersebut diperlukan bantuan alat bongkar muat untuk menangani tumpukan petikemas (Muttaqin & Rusli, 2022). Pada pengoperasian alat bongkar muat, manusia terlibat langsung dalam kegiatan proses, kontrol, dan pengaturan sehingga terdapat kecenderungan manusia untuk melakukan kegagalan atau kesalahan dengan potensi menimbulkan kecelakaan.

Studi pendahuluan pendataan kecelakaan pada pekerjaan bongkar muat petikemas tahun 2020-2023 menunjukkan bahwa kecelakaan kerja paling sering terjadi melibatkan alat HMC (*Harbour Mobile Crane*) dengan persentase 68% atau sebanyak 73 kecelakaan. Menurut Aprilliani dkk (2022), terdapat tiga faktor penyebab dasar terjadinya kecelakaan kerja yaitu faktor manusia, faktor lingkungan, dan faktor peralatan. Berdasarkan tiga faktor tersebut maka diperoleh data faktor penyebab kecelakaan pada pekerjaan bongkar muat petikemas antara lain faktor manusia 75%, faktor lingkungan 23%, dan faktor alat 2% sehingga diketahui faktor utama terjadinya kecelakaan kerja dalam pengoperasian HMC adalah faktor manusia.

Menurut Marzuki Wair (2020), pekerjaan bongkar muat petikemas menggunakan alat HMC merupakan pekerjaan yang kompleks. Pengoperasian HMC memerlukan keahlian dan keterampilan operator untuk mengoperasikan setiap komponen alat. Saat melakukan pengoperasian HMC, posisi operator berada di atas ketinggian mengakibatkan jangkauan pandangan menuju area penumpukan petikemas sangat jauh dan memerlukan tingkat kefokusian cukup tinggi. Sedangkan selama proses pengerjaannya harus dilakukan secara cepat dan tepat sehingga terdapat kecenderungan manusia untuk melakukan kesalahan (*human error*) (Kusumo, 2020). Kesalahan manusia atau *human error* adalah suatu kegagalan (tindakan tidak diizinkan) untuk menyelesaikan tugas atau pekerjaan tertentu yang spesifik sehingga menimbulkan gangguan terhadap jadwal operasi atau kerusakan benda dan peralatan (Rahmawati, et al., 2017). Oleh karena itu, untuk mengurangi kecelakaan kerja pada pengoperasian HMC pekerjaan bongkar muat petikemas maka dilakukan pengukuran probabilitas risiko kecelakaan kerja yang disebabkan oleh *human error* kemudian akan diberikan rekomendasi perbaikan.

Berbagai metode HRA (*Human Reliability Analysis*) telah dikembangkan untuk menganalisis dan mengelola *human error* (Hollnagel, 1998). Penelitian oleh Alfano & Rusindiyanto (2021) menunjukkan bahwa metode SHERPA dan HEART efektif dalam mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi *human error* dalam industri produk gula. Sedangkan penelitian Riyanti dkk (2021) menunjukkan bahwa HEART dan SPAR-H efektif dalam mengidentifikasi potensi kesalahan dalam bidang kontruksi jalan dan jembatan. Shidik dkk (2023) menggunakan HEIST untuk menemukan faktor penyebab terjadinya *human error* pada proses pengoperasian mesin *foto copy* dan usulan perbaikan yang perlu dilakukan. Penelitian yang dilakukan oleh Shaputra dkk (2021) menggunakan metode CREAM untuk melakukan analisis *human error* pada operator *grinding* dan *welding*. Penelitian dengan menggunakan metode CREAM juga telah dilakukan Hasanah & Nuruddin (2022) untuk menganalisis keandalan operator untuk mengurangi kesalahan pekerja ketika melakukan pekerjaan *grinding*. Berdasarkan kedua penelitian tersebut, diketahui tujuan penerapan metode CREAM adalah untuk menekankan interaksi antara kognisi manusia dan situasi kompleks dimana perilaku terjadi.

Pada penelitian ini, probabilitas *human error* pengoperasian HMC dapat diketahui melalui identifikasi kesalahan manusia dengan menggunakan *Cognitive Reliability and Error Analysis Method* (CREAM), yaitu salah satu metode HRA (*Human Reliability Analysis*) yang mengukur keandalan kognitif dan menganalisis probabilitas kegagalan pada tindakan manusia (Hasanah & Nuruddin, 2022). Hasil analisis probabilitas *human error* pengoperasian HMC akan menjadi acuan dalam menentukan rekomendasi yang disesuaikan dengan *Error Reduction Analysis* untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengurangi kesalahan manusia dalam konteks sistem atau lingkungan kerja (Kurniawan, et al., 2023). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai *Human Error Probability* (HEP) pengoperasian HMC pekerjaan bongkar muat petikemas sehingga dapat diberikan rekomendasi tindakan perbaikan dan mendapatkan alternatif peningkatan kinerja untuk meminimalisir kemungkinan *human error* di masa mendatang.

2. METODE

Dalam melakukan analisis probabilitas *human error* menggunakan CREAM, diawali dengan melakukan pengumpulan data yang terdiri dari data primer (penilaian *expert judgement* dan observasi) dan data sekunder (instruksi kerja pengoperasian HMC pekerjaan bongkar muat petikemas). Menurut Skjong dan Wentworth (2001), penilaian *expert judgement* merupakan penilaian orang yang telah ahli dalam bidang bersangkutan untuk

menentukan hal-hal terkait penilaian CREAM. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metode CREAM melalui dua tahapan yaitu *basic method* dan *extend method*. Pada tahap *basic method* dimulai dengan penyusunan *Hierarchical Task Analysis* (HTA), penilaian CPC (*Common Performance Condition*), dan penentuan *Probable Control Mode* sehingga akan diperoleh nilai *failure probability* secara umum. Sedangkan tahap *extend method* dimulai dengan pengembangan aspek kognitif tugas, identifikasi kemungkinan kegagalan fungsi kognitif, dan penentuan *Cognitive Failure Probability* (CFP) sehingga akan diperoleh CFP untuk setiap *subtask* (Hollnagel, 1998).

Pada penelitian ini, *impact assessment* dilakukan pada seluruh tahap pengoperasian HMC pekerjaan bongkar muat petikemas untuk mengetahui kemungkinan *error* dan tingkat risiko setiap *subtask*. Hasil *impact assessment* menunjukkan kemungkinan kegagalan yang mungkin terjadi beserta dampak dan tingkat risiko sehingga selanjutnya dapat ditentukan rekomendasi perbaikan yang tepat (Duijm, 2015). Pemberian rekomendasi disesuaikan dengan *error reduction analysis* yang berfokus pada tujuh strategi pendekatan (*consequence reductions, error pathway blocking, performance shaping factors-based error reduction, increasing predictability, enhancing detectability, increasing controllability, increasing competence*) diperoleh berdasarkan hasil diskusi *expert judgement* (Kirwan, 1994).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metode CREAM sebagai berikut:

a. Tahap *Basic Method*

Pertama, penyusunan *Hierarchical Task Analysis* (HTA) dilakukan bersama *expert judgement* sesuai instruksi kerja yang dimiliki perusahaan dan kondisi di lapangan saat proses pekerjaan. HTA memberikan rincian proses pekerjaan yang lebih jelas tentang beberapa langkah pengoperasian HMC pekerjaan bongkar muat petikemas.

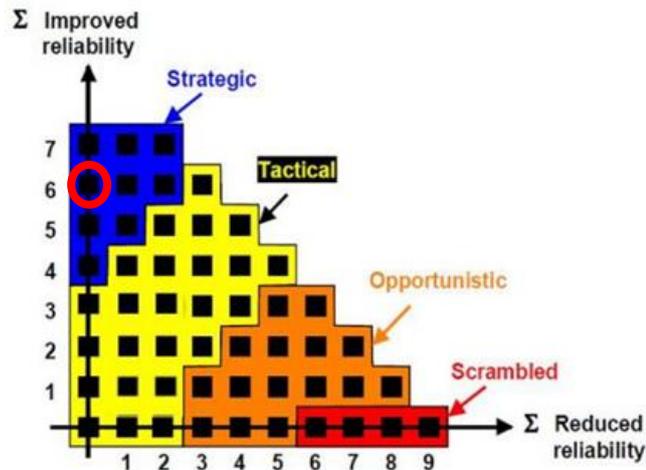
Kedua, penilaian CPC diperoleh melalui observasi langsung dan wawancara bersama *expert judgement* yang telah memenuhi kriteria. Penilaian CPC dilakukan dengan menilai kondisi kerja yang dapat mempengaruhi kinerja operator HMC pekerjaan bongkar muat petikemas.

Tabel 1. Penilaian CPC

Jenis CPC	Level	Dampak	Keterangan			
			Observation	Interpretation	Planning	Execution
Kecukupan Organisasi	Sangat efisien	<i>Improved</i>	1.0	1.0	0.8	0.8
Kondisi Pekerjaan	Sesuai	<i>Not Significant</i>	1.0	1.0	1.0	1.0
Kecukupan dari <i>Man Machine Interface</i> dan dukungan operasional	Mendukung	<i>Improved</i>	0.5	1.0	1.0	0.5
Ketersediaan Prosedur/Perencanaan	Tepat	<i>Improved</i>	0.8	1.0	0.5	0.8
Jumlah Tugas	Sesuai dengan kapasitas	<i>Not Significant</i>	1.0	1.0	1.0	1.0
Ketersediaan Waktu	Cukup	<i>Improved</i>	0.5	0.5	0.5	0.5
<i>Time of Day</i>	<i>Day-time</i> (diatur)	<i>Not Significant</i>	1.0	1.0	1.0	1.0
Kecukupan Pelatihan dan Pengalaman	Cukup, pengalaman tinggi	<i>Improved</i>	0.8	0.5	0.5	0.8
Kualitas Kerjasama Pekerja	Sangat efisien	<i>Improved</i>	0.5	0.5	0.5	0.5
TOTAL EFEK CPC (<i>Weighting Factor</i>)			0.08	0.125	0.05	0.064

Berdasarkan hasil penilaian CPC pengoperasian HMC pada Tabel 1. maka dapat digunakan untuk menentukan *probable control mode* dalam analisis metode CREAM.

Ketiga, *probable control mode* ditentukan melalui penilaian CPC yang telah diperoleh sebelumnya. Hasil $\Sigma_{reduced}$, $\Sigma_{not\ significant}$, $\Sigma_{improved}$ yang telah diketahui pada penilaian CPC dimasukkan dalam grafik hubungan antara hasil CPC dengan *control mode* pada Gambar 1. sehingga akan menghasilkan *control mode* dan *reliability interval*.



Gambar 1. Hubungan Hasil CPC dengan Control Mode

Berdasarkan Gambar 1. menunjukkan hasil CPC pengoperasian HMC berada pada *control mode strategic* dengan nilai probabilitas kegagalan secara umum pada interval 0,000005 – 0,01 yang memiliki karakteristik banyak waktu tersedia untuk mempertimbangkan tindakan.

b. Tahap *Extend Method*

Langkah pertama dan kedua tahap ini, yaitu pengembangan aspek kognitif tugas dan identifikasi *Cognitive Function Failure* (CFF) dilakukan melalui diskusi bersama *expert judgement* dengan sumber data disesuaikan buku prosedur metode CREAM karya Erik Hollnagel tahun 1998. Pengembangan aspek kognitif dilakukan untuk memperlihatkan secara rinci aspek kognitif yang berhubungan dengan langkah-langkah pengoperasian HMC. Sedangkan identifikasi kemungkinan kegagalan fungsi kognitif dilakukan untuk melihat apa yang menjadi tipe utama dari kegagalan pada keseluruhan tugas pengoperasian HMC.

Langkah terakhir melakukan perhitungan CFP total dengan mengalikan antara nominal CFP dan *weighting factor* sehingga dihasilkan *adjusted CFP* atau disebut juga *Human Error Probability* (HEP).

Tabel 2. Perhitungan HEP Pengoperasian HMC

	<i>Subtask</i>	<i>Error Mode</i>	<i>Nominal CFP</i>	<i>Weighting Factor</i>	<i>Adjusted CFP</i>
1.1	Memakai Helm <i>Safety</i> .	E5	0.03	0.064	0.00192
1.2	Memakai Sepatu <i>Safety</i> .	E5	0.03	0.064	0.00192
1.3	Memakai Rompi <i>Safety</i> .	E5	0.03	0.064	0.00192
2.1	Memeriksa <i>housekeeping</i> di sekitar area operasi.	I2	0.01	0.125	0.00125
2.2	Memeriksa jarak aman dengan <i>crane</i> di sekitarnya.	I2	0.01	0.125	0.00125
2.3	Memastikan <i>crane</i> berada di dalam garis batas aman dengan bibir dermaga.	I2	0.01	0.125	0.00125
2.4	Memastikan tidak ada aktivitas orang di bawah HMC.	I2	0.01	0.125	0.00125
2.5	Memeriksa kondisi <i>crane</i> .	I2	0.01	0.125	0.00125
2.6	Memastikan lokasi kerja aman dan nyaman.	I2	0.01	0.125	0.00125
3.1	Memastikan <i>e-stop</i> dalam kondisi <i>dirreset</i> (tidak tertekan/dikunci).	I2	0.01	0.125	0.00125
3.2	Memastikan kondisi ban HMC dalam keadaan siap dioperasikan.	I2	0.01	0.125	0.00125
3.3	Memastikan tidak ada kebocoran pada pipa <i>hydraulic</i> , oli, BBM.	I2	0.01	0.125	0.00125
3.4	Memastikan kondisi <i>outrigger</i> terlumasi dengan baik.	I2	0.01	0.125	0.00125
3.5	Memeriksa <i>support basepad</i> dalam kondisi "OK".	I2	0.01	0.125	0.00125
3.6	Memeriksa kondisi tangga.	I2	0.01	0.125	0.00125
3.7	Check oil level, coolant level, battery switch on pada ruang <i>engine</i> .	I2	0.01	0.125	0.00125
3.8	Check kebocoran oli, BBM, air radiator pada ruang <i>engine</i> .	I2	0.01	0.125	0.00125

Tabel 2. Perhitungan HEP Pengoperasian HMC (lanjutan)

	<i>Subtask</i>	<i>Error Mode</i>	<i>Nominal CFP</i>	<i>Weighting Factor</i>	<i>Adjusted CFP</i>
3.9	Memastikan "stop valve" di bawah tangki bahan bakar utama dan tangki harian (tangki bahan bakar pada slewing platform) pada ruang engine dalam kondisi terbuka.	I2	0.01	0.125	0.00125
3.10	Memeriksa kebersihan kaca kabin operator.	I2	0.01	0.125	0.00125
3.11	Memeriksa APAR dan kotak P3K.	I2	0.01	0.125	0.00125
3.12	Memastikan "safety level" saat duduk di kursi kabin.	I2	0.01	0.125	0.00125
3.13	Memastikan cover "escape hole" terpasang dengan benar pada ruang kabin operator.	I2	0.01	0.125	0.00125
3.14	Memastikan level oli engine, air radiator dan oli hidraulic "OK" serta volume bahan bakar cukup untuk kegiatan operasi.	I2	0.01	0.125	0.00125
3.15	Check volume bahan bakar pada saat awal kerja dan catat pada form laporan harian operasional alat.	I2	0.01	0.125	0.00125
4.1	Memulai proses Engine.	E2	0.003	0.064	0.000192
4.2	Memeriksa kondisi level BBM, windspeed.	I2	0.01	0.125	0.00125
4.3	Menekan control ON.	E2	0.003	0.064	0.000192
4.4	Memastikan tidak ada Massage Error.	I2	0.01	0.125	0.00125
4.5	Memastikan posisi crane sudah level.	I2	0.01	0.125	0.00125
4.6	Melakukan aktivitas Hoist Up-Hoist Down, Boom Up-Boom Down, Slewing Kanan-Kiri.	E5	0.03	0.064	0.00192
4.7	Melakukan aktivitas fungsi 20" - 40", Flipper Down-Up, Gravity Kanan-Kiri, Swivel Kanan-Kiri.	E5	0.03	0.064	0.00192
5.1	Menerima informasi dari penanggung jawab lokasi (foreman).	E1	0.003	0.064	0.000192
5.2	Memastikan ada mekanik yang memberikan arahan.	I2	0.01	0.125	0.00125
6.1	Melakukan aktivitas bongkar/muat sesuai dengan perintah foreman.	E1	0.003	0.064	0.000192
6.2	Melaporkan seluruh kejadian saat aktivitas bongkar/muat pada koordinator operator terutama berkaitan dengan ketidaksesuaian.	E5	0.03	0.064	0.00192
6.3	Selama jam kerja, operator yang bertugas wajib berada di kabin dan tidak diperbolehkan turun dari alat meskipun kegiatan telah selesai, kecuali atas instruksi dari Manager On Duty (MOD) yang diterima melalui koordinator operator.	E1	0.003	0.064	0.000192
7.1	Mematikan engine dengan tekan control off untuk mengakhiri aktivitas setelah berakhirnya pekerjaan dan atau jam kerja.	E5	0.03	0.064	0.00192
7.2	Memastikan parkir HMC di tempat yang aman dan tidak mengganggu kegiatan.	I2	0.01	0.125	0.00125
7.3	Membersihkan dan merapikan kabin operator.	E5	0.03	0.064	0.00192
7.4	Menyimpan kunci di tempat penyimpanan atau serah terimakan kepada operator pengganti atau kepada koordinator operator alat.	E5	0.03	0.064	0.00192

Berdasarkan hasil perhitungan CFP/HEP pada Tabel 2. maka diketahui terdapat 9 *subtask* dengan nilai HEP tertinggi, yaitu *subtask* 1.1; 1.2; 1.3; 4.6; 4.7; 6.2; 7.1; 7.3; 7.4 dengan nilai sebesar 0.00192 yang ditandai dalam tabel dengan blok warna merah.

Pada perhitungan *error probability* tahap *basic method* sebelumnya, diketahui bahwa pengoperasian HMC menghasilkan *control mode strategic* dengan nilai interval *human error*, yaitu $0.5 E-5 < p < 1.0 E-2$. Dengan demikian, hasil dari kedua tahap metode CREAM telah sesuai dibuktikan dengan nilai CFP/HEP setiap *subtask* pengoperasian HMC tahap *extend method* terdapat pada interval *human error* $0.5 E-5 < p < 1.0 E-2$ tahap *basic method*.

Impact assessment dilakukan pada seluruh tahap pengoperasian HMC pekerjaan bongkar muat petikemas yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. *Impact Assessment* Pengoperasian HMC

Sub task	Kemungkinan Error	Akibat	Frequency	Consequence	Risk Rating
1.1	Operator tidak memakai <i>helm safety</i> .	Risiko cedera kepala serius jika terjadi kecelakaan.	4	4	High
1.2	Operator tidak memakai sepatu <i>safety</i> .	Risiko cedera serius jika benda berat jatuh pada kaki atau kaki terjepit di antara peralatan/petikemas.	4	3	Medium
1.3	Operator tidak memakai rompi <i>safety</i> .	Operator kurang terlihat oleh rekan kerja sehingga meningkatkan risiko kecelakaan dan tabrakan.	4	3	Medium
2.1	Operator tidak melakukan pemeriksaan <i>housekeeping</i> di sekitar area operasi.	Area tidak bersih dan terorganisir dapat menyebabkan kecelakaan seperti tergelincir, tersandung, atau terjatuh.	4	3	Medium
2.2	Operator tidak melakukan pengaturan jarak dengan <i>crane</i> di sekitarnya.	Menyebabkan tabrakan antara HMC dengan <i>crane</i> di sekitarnya. Apabila HMC sedang mengangkat beban, ada risiko <i>crane</i> tertimpa petikemas.	4	4	High
2.3	Operator tidak memastikan <i>crane</i> di garis batas aman bibir dermaga.	Risiko jatuhnya petikemas ke dalam air saat mengangkat atau memindahkan petikemas.	4	1	Medium
2.4	Operator tidak memastikan tidak ada aktivitas orang di bawah HMC.	Pekerja tertabrak/terjepit oleh HMC karena operator HMC memiliki visibilitas.	4	4	High
2.5	Operator melewatkan pemeriksaan kondisi <i>crane</i> .	<i>Crane</i> mengalami kegagalan mekanis sehingga menyebabkan kecelakaan.	4	1	Medium
2.6	Operator tidak memastikan lokasi kerja aman dan nyaman.	Operator dan pekerja lain di sekitar area tersebut berisiko tertabrak, terjepit, atau tertimpa petikemas.	4	4	High
3.1	Operator tidak memastikan <i>e-stop direset</i> (tertekan/tidak dikunci).	Operator tidak mampu menghentikan operasional HMC secara cepat.	4	1	Medium
3.2	Operator tidak melakukan pemeriksaan kondisi ban HMC.	Risiko mengalami kegagalan mendadak seperti meletus atau pecah menyebabkan hilang kendali dan kecelakaan.	4	1	Medium
3.3	Operator tidak memastikan tidak ada kebocoran pipa <i>hydraulic</i> , oli, BBM.	Menyebabkan permukaan kerja licin serta jika terkena panas/percikan api mengakibatkan kebakaran/ledakan.	4	3	Medium
3.4	Operator tidak memastikan kondisi <i>outrigger</i> terlumasi dengan baik.	HMC tidak stabil dan meningkatkan risiko kecelakaan seperti terguling.	4	1	Medium
3.5	Operator tidak memeriksa <i>support basepad</i> dalam kondisi "OK".	Ketidastabilan HMC sehingga meningkatkan risiko terguling/tidak seimbang saat mengangkat petikemas.	4	1	Medium
3.6	Operator tidak melakukan pemeriksaan kondisi tangga.	Tangga rusak, licin, atau tidak stabil menyebabkan operator atau pekerja lain terjatuh.	4	3	Medium
3.7	Operator melewatkan pemeriksaan oil level, <i>coolant level</i> , <i>battery switch on</i> pada ruang <i>engine</i> .	Mesin <i>overheat</i> dan menimbulkan kebakaran atau ledakan jika tidak ditangani dengan cepat.	4	1	Medium
3.8	Operator tidak melakukan pemeriksaan kebocoran oli, BBM, air radiator pada ruang <i>engine</i> .	Risiko kebakaran atau ledakan jika bahan bocor terkena percikan api atau panas berlebih.	4	1	Medium
3.9	Operator tidak memastikan " <i>stop valve</i> " dalam kondisi terbuka.	Mesin mati mendadak saat beroperasi dapat menyebabkan ketidakstabilan.	4	1	Medium
3.10	Operator mengabaikan kondisi kaca kabin operator saat sudah kotor.	Mengurangi visibilitas operator dan meningkatkan risiko tabrakan.	4	1	Medium
3.11	Operator tidak melakukan pemeriksaan APAR dan kotak P3K.	Memperlambat respon kebakaran serta pemberian pertolongan pertama jika terjadi cedera atau kecelakaan.	4	1	Medium
3.12	Operator tidak memeriksa kondisi <i>safety level</i> .	HMC bergerak tidak terkendali saat posisi tidak aman dan menyebabkan kecelakaan kerja.	4	1	Medium
3.13	Operator tidak memastikan <i>cover "escape hole"</i> terpasang benar.	Risiko operator terjatuh melalui lubang pelarian (<i>escape hole</i>) serta menyebabkan gangguan selama operasi.	4	4	High
3.14	Operator tidak memastikan level oli <i>engine</i> , air radiator dan oli <i>hydraulic</i> "OK" serta volume bahan bakar.	Mesin atau sistem hidraulik yang gagal dapat menyebabkan kecelakaan seperti jatuhnya petikemas yang diangkat.	4	1	Medium
3.15	Operator tidak melakukan <i>check volume</i> bahan bakar dan tidak mencatat pada form laporan harian.	Ketiadaan bahan bakar di situasi darurat mengakibatkan situasi tidak aman, terutama jika HMC diperlukan untuk evakuasi atau manuver darurat.	4	1	Medium
4.1	Terburu-buru memulai proses <i>Engine</i> .	Masalah yang tidak terdeteksi sehingga mengakibatkan cedera jika terjadi kegagalan operasional.	3	4	Medium
4.2	Operator tidak melakukan pemeriksaan level BBM, <i>windspeed</i> .	Mesin yang mati mendadak saat pengoperasian menyebabkan situasi bahaya.	4	1	Medium
4.3	Terburu-buru menekan tombol.	Menyebabkan kecelakaan kerja jika tanpa pemeriksaan yang tepat.	3	1	Low

Tabel 3. *Impact Assessment* Pengoperasian HMC (lanjutan)

Sub task	Kemungkinan Error	Akibat	Frequency	Consequence	Risk Rating
4.4	Operator tidak memastikan tidak ada <i>Massage Error</i> .	Masalah teknis yang tidak terdeteksi menyebabkan HMC beroperasi dengan cara tidak terduga.	4	1	Medium
4.5	Operator tidak memastikan posisi <i>crane</i> sudah level.	Petikemas yang diangkat menjadi tidak stabil sehingga meningkatkan risiko jatuh.	4	1	Medium
4.6	Operator tidak melakukan aktivitas <i>Hoist Up-Hoist Down, Boom Up-Boom Down, Slewing</i> Kanan-Kiri untuk mengecek alat HMC berfungsi dengan baik.	Kegagalan operasional yang tidak terdeteksi dan meningkatkan risiko kecelakaan saat HMC digunakan.	4	1	Medium
4.7	Operator tidak melakukan aktivitas fungsi 20" - 40", <i>Flipper Down-Up, Gravity</i> Kanan-Kiri, <i>Swivel</i> Kanan-Kiri untuk mengecek alat HMC berfungsi dengan baik.	Kegagalan operasional yang tidak terdeteksi dan ketidakstabilan alat HMC saat digunakan sehingga meningkatkan risiko kecelakaan.	4	1	Medium
5.1	Penanggung jawab lokasi (<i>foreman</i>) tidak memberikan informasi yang jelas kepada operator.	Operator HMC melakukan kesalahan operasional yang berakibat tabrakan.	3	1	Low
5.2	Tidak terdapat mekanik yang memberi arahan kepada operator.	Operator tidak menyadari kondisi atau potensi masalah teknis pada HMC.	4	1	Medium
6.1	Operator melakukan bongkar/muat tanpa perintah/arahan <i>foreman</i> .	Operator melakukan kesalahan dalam penanganan petikemas.	3	1	Low
6.2	Operator tidak melaporkan apabila terjadi sesuatu saat bongkar/muat pada koordinator operator.	Berdampak pada keselamatan operasional keseluruhan.	4	1	Medium
6.3	Operator turun dari kabin alat HMC saat jam kerja tanpa instruksi dari <i>Manager On Duty (MOD)</i> .	Risiko kecelakaan, terutama jika ada operasi berjalan atau alat bergerak di sekitar area tersebut.	3	1	Low
7.1	Operator lupa mematikan <i>engine</i> .	HMC bergerak atau dioperasikan secara tidak sengaja dan menyebabkan kecelakaan.	4	1	Medium
7.2	Operator tidak memastikan HMC terparkir di tempat aman.	Kecelakaan tabrakan dengan alat lain atau kendaraan.	4	1	Medium
7.3	Operator tidak membersihkan dan merapikan kabin operator.	Menghalangi akses menuju tombol darurat atau kontrol penting sehingga meningkatkan risiko kecelakaan.	4	1	Medium
7.4	Operator lupa untuk menyimpan kunci ataupun menyerahkan kepada operator pengganti/koordinator operator alat.	Memungkinkan HMC digunakan oleh seseorang yang tidak berwenang atau tidak terlatih dan menimbulkan risiko kecelakaan operasional meningkat.	4	1	Medium

Berdasarkan hasil *impact assessment* pengoperasian HMC pada Tabel 3. maka diketahui *risk rating* pada setiap *subtask* pengoperasian HMC pekerjaan bongkar muat petikemas dengan rincian tingkat rendah/*low* dengan warna hijau, menengah/*medium* dengan warna kuning, dan tinggi/*high* dengan warna merah.

Penentuan rekomendasi untuk mengurangi kemungkinan *human error* pada pengoperasian HMC pekerjaan bongkar muat petikemas yang disesuaikan dengan *error reduction analysis*. Langkah-langkah melakukan *error reduction analysis* dapat diperoleh melalui penyebab akar kesalahan yang telah diidentifikasi dan faktor-faktor yang telah ditentukan disebut sebagai *Performance Shaping Factor (PSF)* pada tahap kuantifikasi yang berkontribusi terhadap HEP (Kirwan, 1994). Adapun rekomendasi sesuai *error reduction analysis* yang dapat diberikan pada pengoperasian HMC sebagai berikut:

1) *Consequence Reductions*

Penggunaan peralatan secara aman dengan fitur keselamatan dan spesifikasi yang sesuai sehingga meminimalisir potensi cedera serius, pemakaian APD atau penghalang untuk mencegah akses ke area berbahaya, mengadakan evaluasi peralatan kerja secara berkala untuk memastikan masih dalam kondisi baik, peralatan kerja dan APD yang sudah tidak layak digunakan sebaiknya dilakukan penggantian.

2) *Error Pathway Blocking*

Perencanaan terkait ketersediaan peralatan kerja dan fasilitas pendukung yang mumpuni untuk meningkatkan kelancaran operasional, pemasangan sensor dan kamera untuk pemantauan dan monitoring area kerja oleh operator, pemasangan sistem/sensor tambahan pada HMC untuk meminimalisir terjadinya kecelakaan.

3) *Performance Shaping Factors-Based Error Reduction*

Memberikan pelatihan dan pengembangan keterampilan untuk meningkatkan pemahaman terkait tugas dan tanggung jawab, menciptakan lingkungan kerja yang mendukung dan meminimalisir gangguan yang dapat mempengaruhi konsentrasi dan kinerja operator, memastikan pemahaman dan kepatuhan terhadap kebijakan dan prosedur kerja untuk mengurangi kesalahan yang disebabkan oleh ketidakjelasan atau ketidaktahuan operator.

4) *Increasing Predictability*

Menyelenggarakan simulasi dan pelatihan secara berkala untuk menguji respon operator dalam situasi-situasi kritis atau darurat. Pelatihan rutin dan simulasi ini dapat membantu meningkatkan prediktabilitas operator dalam menghadapi situasi darurat yang mungkin dapat terjadi sehingga mampu mengambil keputusan yang tepat.

5) *Enhancing Detectability*

Memberikan pelatihan terkait identifikasi bahaya pada area lingkungan kerja dan mendiagnosis kesalahan pada suatu masalah.

6) *Increasing Controllability*

Melakukan audit berkala untuk memastikan bahwa *checklist* dan SOP diikuti dengan benar oleh seluruh operator, meningkatkan pengawasan terhadap kinerja operator.

7) *Increasing Competence*

Memberikan pelatihan yang sesuai kepada operator dan melakukan evaluasi kinerja secara rutin.

4. KESIMPULAN

Probabilitas *human error* pada pengoperasian HMC pekerjaan bongkar muat petikemas dilakukan dengan dua tahapan metode CREAM yaitu *basic method* dan *extend method*. Pada tahap *basic method* pengoperasian HMC menghasilkan *control mode Strategic* dengan nilai interval *human error* yaitu $0.5 E-5 < p < 1.0 E-2$. Sedangkan, pada perhitungan tahap *extend method* pengoperasian HMC dapat diketahui bahwa HEP tertinggi pengoperasian HMC terdapat pada 9 *subtask*, yaitu *subtask* 1.1; 1.2; 1.3; 4.6; 4.7; 6.2; 7.1; 7.3; 7.4 dengan nilai sebesar 0.00192. Dengan demikian, hasil analisa dari kedua tahap metode CREAM dapat dipastikan telah sesuai.

Rekomendasi untuk mengurangi kemungkinan *human error* yang terjadi pada pengoperasian HMC pekerjaan bongkar muat petikemas disesuaikan dengan *error reduction analysis* menggunakan tujuh strategi pendekatan, yaitu memberikan seragam kerja dan APD secara berkala/jika kondisi sudah tidak layak pakai; menerapkan sistem penghargaan bagi operator disiplin dan memberikan sanksi tegas jika melanggar aturan; melakukan evaluasi dan memberikan pengarahan terkait SOP; menyelenggarakan pelatihan rutin dan simulasi pentingnya pengecekan alat sebelum operasi serta menyampaikan contoh nyata untuk menekankan potensi risiko dan cara menghindarinya; meningkatkan pengawasan dan melakukan audit berkala untuk memastikan bahwa operator bekerja sesuai prosedur; memberikan pelatihan terkait koordinasi, kerjasama, kepatuhan, dan respon tim terhadap situasi tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfano, V. A. & Rusindiyanto, 2021. ANALISIS HUMAN ERROR PADA PROSES PRODUKSI GULA DENGAN MENGGUNAKAN METODE SHERPA DAN HEART UNTUK MEMINIMALKAN KECELAKAAN KERJA DI PG REJO AGUNG BARU MADIUN. *Juminten: Jurnal Manajemen Industri dan Teknologi*, II(12), pp. 47-58.
- Aprilliani, C. et al., 2022. *Keselamatan Kesehatan Kerja (K3)*. Padang: PT. GLOBAL EKSEKUTIF TEKNOLOGI.
- Duijm, N. J., 2015. Recommendations on The Use and Design of Risk Matrices. *Safety Science*, pp. 21-31.
- Hasanah, S. N. & Nuruddin, M., 2022. Analisis Keandalan pada Operator Grinding Menggunakan Metode Cognitive Reliability and Error Analysis di PT Ravana Jaya. *Serambi Engineering*, pp. 3397 - 3405.
- Hasanah, S. N. & Nuruddin, M., 2022. Analisis Keandalan pada Operator Grinding Menggunakan Metode Cognitive Reliability and Error Analysis di PT Ravana Jaya. *Serambi Engineering*, VII(9), pp. 3397 - 3405.
- Hollnagel, E., 1998. *Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM)*. s.l.:Elsevier Science.
- Kirwan, B., 1994. *A Guide to Practical Human Reliability Assessment*. London: CRC Press.
- Kurniawan, I. A., Handoko, L. & Amrullah, H. N., 2023. *Analisis Probabilitas Human Error pada Pekerjaan Penggantian Bearing Gearbox Trolley Container Crane dengan Menggunakan Metode CREAM*.

Surabaya, CONFERENCE ON SAFETY ENGINEERING AND IT'S APPLICATION.

- Kusumo, I. S., 2020. *Optimalisasi Kegiatan Bongkar Muat Container Di Mv. Spil Niken*, s.l.: Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran.
- Marzuki, S. & Wair, F. Y., 2020. Kinerja Operator dan Keandalan Alat HMC Terhadap Produktivitas Bongkar Muat Curah Kering. *Majalah Ilmiah Bahari Jogja (MIBJ)*, XVIII(14), pp. 1-14.
- Muttaqin, M. A. J. & Rusli, M. S., 2022. Harbour Mobile Crane di Terminal Jamrud: Tantangan Untuk Manajer Baru. *Journal of Emerging Business Management and Entrepreneurship Studies*, pp. 1-14.
- Rahmawati, N., Juniani, A. I. & Setiani, V., 2017. *Analisis Human Error Dengan Pendekatan Cognitive Reliability And Error Analysis Method (CREAM) Pada Operator Forklift Di PT. SMART Tbk.*. Surabaya, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, pp. 53-57.
- Riyanti, T. D., Tambunan, W. & Sukmono, Y., 2021. Analisis Human Reliability Assessment (HRA) dengan Metode HEART dan SPAR-H (Studi Kasus PT.X). *JIME (Journal of Industrial and Manufacture Engineering)*, Issue 8, pp. 41-48.
- Shaputra, S. B., Khoiriyah, N. & Fatmawati, W., 2021. HUMAN RELIABILITY ANALYSIS PADA OPERATOR GRINDING DAN WELDING GALANGAN KAPAL DENGAN PENDEKATAN COGNITIVE RELIABILITY AND ERROR ANALYSIS METHOD (CREAM). *Jurnal Teknik Industri ITN Malang*, Issue 7, pp. 59-65.
- Shidik, B. A. A., Khasanah, S. & Auvia, S. D., 2023. Analisis Human Error pada Proses Foto Copy Menggunakan Metode Human Error Identification in Systems Tool (Studi Kasus Toko Gembyang). *JERA : Journal Engineering Research and Application*, II(6), p. 31 – 36.
- Skjong, R. & Wentworth, B. H., 2001. *Expert Judgment and Risk Perception*. Stavanger, The International Society of Offshore and Polar Engineers, pp. 537-544.
- Suryantoro, B., Punama, D. W. & Haqi, M., 2020. TENAGA KERJA, PERALATAN BONGKAR MUAT LIFT ON/OFF, DAN EFEKTIVITAS LAPANGAN PENUMPUKAN TERHADAP PRODUKTIVITAS BONGKAR MUAT PETI KEMAS. *Jurnal Baruna Horizon*, pp. 156-169.