

## **Analisis Probabilitas *Human Error* Pengoperasian *Container Crane* (CC) Menggunakan CREAM di Perusahaan Jasa Bongkar Muat Petikemas**

**Alnenda Beauty Rofif<sup>1</sup>, Am Maisarah Disrinama<sup>2</sup> dan Dika Rahayu Widiانا<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

<sup>3</sup> Program Studi Magister Terapan Teknik Keselamatan dan Risiko, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

\*E-mail: [alnendabr2002@gmail.com](mailto:alnendabr2002@gmail.com)

### **Abstrak**

Pengoperasian *Container Crane* (CC) termasuk pekerjaan yang memiliki risiko tinggi karena melibatkan alat berat *crane* (Ridwan et al., 2023). Berdasarkan jumlah kejadian kecelakaan yang terjadi di Perusahaan Jasa Bongkar Muat Petikemas selama tahun 2021 – 2023 telah terdapat 135 kejadian kecelakaan kerja yang melibatkan pengoperasian CC dan penyebab terbesarnya adalah *human error*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai *Human Error Probability* (HEP) pada pengoperasian CC sehingga dapat diberikan rekomendasi untuk menekan potensi terjadinya kecelakaan kerja di masa depan. Metode *Human Reliability Analysis* (HRA) yang digunakan pada penelitian ini adalah *Cognitive Reliability and Error Analysis Method* (CREAM). Berdasarkan hasil analisis menggunakan CREAM, didapatkan 8 *subtask* HEP tertinggi yaitu 2.2; 2.3; 2.8; 3.2; 3.3; 3.12; 3.13; dan 5.2 dengan nilai sebesar 0.008. Rekomendasi yang diberikan pada pengoperasian CC berdasarkan strategi pendekatan *Error Reduction Analysis* (ERA) seperti: meningkatkan inspeksi perlengkapan keselamatan pada *container crane* sebelum CC dioperasikan; pemasangan sensor tambahan pada *spreader* dan pemasangan CCTV yang terhubung pada HMI kabin; mengadakan *safety briefing* oleh tim HSE dengan materi lebih detail terkait pemahaman dan kepatuhan terhadap kebijakan/instruksi kerja secara rutin serta memberlakukan *reward* dan *punishment* dalam kepatuhan SOP; mengadakan simulasi pelatihan yang menguji kemampuan operator CC dalam kondisi darurat berbasis *augmented reality* (AR); meningkatkan *safety patrol* oleh tim HSE dengan berjaga secara bergantian untuk mengawasi Operator CC bekerja sesuai dengan Instruksi Kerja Pengoperasian CC dan menyelenggarakan pelatihan identifikasi bahaya dan risiko secara berkala; menempatkan informasi tentang keselamatan berupa poster K3 yang ditempatkan pada area kabin mengenai peran operator dalam keadaan darurat; dan melakukan pelatihan penyegaran mengenai operasional CC dan pelatihan tanggap darurat minimal dua kali dalam setahun.

**Kata Kunci:** *Human Error, CREAM, Container Crane, Error Reduction Analysis*

### **Abstract**

*Operating container cranes (CC) is a high-risk activity due to the heavy equipment involved* (Ridwan et al., 2023). From 2021 to 2023, the *Container Loading and Unloading Service Company* experienced 135 work accidents involving CC operations, primarily due to human error. The aim of this study is to determine the human error probability (HEP) in CC operations in order to provide recommendations for reducing the potential for workplace accidents in the future. This study uses the *Cognitive Reliability and Error Analysis Method* (CREAM) as the *Human Reliability Analysis* (HRA) method. The analysis identified the eight subtasks with the highest HEP values: 2.2, 2.3, 2.8, 3.2, 3.3, 3.12, 3.13, and 5.2, with a value of 0.008. Recommendations for CC operations based on the *Error Reduction Analysis* (ERA) approach include the following: improve safety equipment inspection on CC before the operation; installing additional sensors on the *spreader* and CCTV cameras connected to the *Human-Machine Interface* (HMI) in the operator's cabin; conducting safety briefings with more detailed materials, and implementing rewards and punishments; conducting training simulations in augmented reality-based emergency conditions; increasing safety patrols, conducting regular hazard and risk identification training; placing safety information in form of safety posters regarding the role of operators in emergency situations; and conducting refresher training on CC operations and emergency response training at least twice a year.

**Keywords:** *Human Error, CREAM, Container Crane, Error Reduction Analysis*

## 1. PENDAHULUAN

Perusahaan Jasa Bongkar Muat Petikemas merupakan perusahaan penyedia fasilitas terminal petikemas untuk perdagangan domestik maupun internasional. Perusahaan ini melibatkan bantuan alat berat yaitu *Container Crane*. Kegunaan dari *Container Crane* (CC) adalah untuk membantu proses bongkar muat petikemas dari dermaga ke kapal atau sebaliknya (Havidzi dkk., 2024). Dalam mengoperasikan CC, banyak kendala yang berpotensi menyebabkan kecelakaan kerja karena beberapa faktor seperti faktor manusia, faktor lingkungan, dan faktor peralatan (Putri & Lestari, 2023). Menurut data di Perusahaan Jasa Bongkar Muat Petikemas, selama tahun 2021 – 2023, faktor manusia berada di urutan pertama sebagai faktor penyebab kecelakaan kerja CC dengan jumlah kasus pada tahun 2021 sebanyak 32 kasus, pada tahun 2022 sebanyak 25 kasus, dan pada tahun 2023 sebanyak 36 kasus.

Menurut buku “Reducing error and influencing behaviour” oleh HSE (1999), kegagalan manusia adalah ketidakmampuan manusia untuk menyelesaikan tugas yang dapat mengakibatkan cedera, kerusakan peralatan, atau masalah dalam proses kerja. Secara garis besar, kegagalan manusia terbagi menjadi 2 (dua) jenis yaitu tindakan yang tidak sengaja (*human error*) dan tindakan yang disengaja (*violation*). Terkait dengan hasil investigasi kecelakaan kerja CC yang terjadi di Perusahaan Jasa Bongkar Muat Petikemas akibat faktor manusia, jenis kegagalan manusia yang sering terjadi yakni *human error*. Menurut Raden & Tsani (2023), *human error* adalah keputusan atau perilaku manusia yang tidak tepat sehingga berpotensi mengurangi efektivitas, keselamatan atau performa sistem. Dalam pengoperasian CC, terjadinya *human error* dapat menghambat proses produksi di perusahaan dan dapat meningkatkan jumlah kecelakaan kerja apabila dari perusahaan tidak ada upaya untuk mengatasinya (Khilbran & Sakti, 2019).

Langkah yang diperlukan untuk mengatasi hal tersebut adalah mengidentifikasi *human error* dengan menggunakan *Human Reliability Assessment* (HRA). Salah satu HRA generasi kedua adalah CREAM yang dikembangkan oleh Erik Hollnagel pada tahun 1998. CREAM memiliki kelebihan dapat memprediksi kemungkinan kesalahan manusia (*predictively*) dan menganalisa serta menghitung *error* (*retrospectively*) secara holistik, termasuk faktor kognitif, kontekstual, dan organisasi, serta meningkatkan pemahaman tentang hubungan antara faktor lingkungan kerja dan kinerja manusia (Hasanah & Nuruddin, 2022).

Dalam penelitian oleh Puspita (2023) yang menganalisis probabilitas *human error* pada pengoperasian CC menggunakan metode SHERPA dan HEART, terdapat kesenjangan penelitian seperti metode SHERPA yang digunakan lebih berfokus terhadap kesalahan prosedural dan operasional. Kemudian penggunaan secara objektif metode HEART yang menghasilkan estimasi kemungkinan *human error* tanpa mempertimbangkan dinamika kognitif yang kompleks. Oleh karena itu, pada penelitian ini, peneliti memilih menggunakan metode CREAM untuk menganalisis faktor-faktor kognitif seperti tingkat perhatian, persepsi risiko, atau kelelahan mental yang dapat mempengaruhi kesalahan manusia selama pengoperasian CC. Dari hasil analisis yang dilakukan, akan diberikan rekomendasi untuk mengurangi terjadinya *human error* berdasarkan *Error Reduction Analysis* (ERA), sehingga dapat meminimalisir jumlah kecelakaan kerja pada pekerjaan yang melibatkan operator CC.

## 2. METODE

Dalam penelitian ini, dibutuhkan data primer dan data sekunder yang akan diolah menggunakan metode CREAM. Data primer diperoleh dari wawancara dengan *expert judgment* dan observasi. Dalam pemilihan *expert judgment*, peneliti menggunakan teknik *purposive sampling* yang merupakan metode sampling jenis non-random sampling guna mendapatkan sampel dengan memilih sample di antara populasi sesuai dengan yang dikehendaki oleh peneliti (Nuralim dkk., 2023). *Expert judgment* yang terpilih berjumlah 4 (empat) orang yaitu *Assistant Vice President* divisi HSSE (*Health, Safety Security, Environment*), Superintendent Pelayanan Dermaga & CC, Operator CC, dan Mekanik CC. Sedangkan, data sekunder didapatkan dari data kecelakaan kerja pengoperasian CC yang disebabkan oleh *human error* selama tahun 2021 – 2023 dan Instruksi Kerja (IK) pengoperasian CC yang telah dibuat dan disetujui oleh manajemen perusahaan.

Data – data yang telah dikumpulkan kemudian diolah dengan melakukan *penyusunan Hierarchial Task Analysis* (HTA) bersama *expert judgment* berdasarkan Instruksi Kerja (IK) pengoperasian CC dan observasi langsung untuk mengetahui kondisi pekerjaan dan lingkungan kerja. Pengolahan data menggunakan CREAM terbagi menjadi beberapa tahap yaitu:

### 1) *Basic Method*

Tahap ini dilakukan untuk mendapatkan nilai probabilitas kegagalan secara umum. Berikut adalah langkah – langkah dalam *basic method*: Penyusunan *Hierarchial Task Analysis*, Penilaian *Common Performance Condition* (CPC), kemudian dilakukan penentuan *Probable Control Mode* dan penentuan *interval probability of action of failures* yang dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Interval Probability of Action of Failures

<i>Control Mode</i>	<i>Reliability Interval (probability of action failures)</i>
<i>Strategic</i>	$0.5 \text{ E-}5 < p < 1.0 \text{ E-}2$
<i>Tactical</i>	$1.0 \text{ E-}3 < p < 1.0 \text{ E-}1$
<i>Opportunistic</i>	$1.0 \text{ E-}2 < p < 0.5 \text{ E-}0$
<i>Scrambled</i>	$1.0 \text{ E-}1 < p < 1.0 \text{ E-}0$

(Sumber: Hollnagel, 1998)

2) *Extended Method*

Tahap ini dilakukan agar menghasilkan kemungkinan kegagalan tindakan secara spesifik sesuai aspek kebutuhan kognitif. Dalam *extended method*, digunakan hasil HTA sebagai acuan *task/subtask* dalam pengoperasian CC. Berikut adalah langkah – langkah dalam *extended method*: Penentuan *Cognitive Demand Profile*, mengidentifikasi *Cognitive Function Failures* (CFF), dan terakhir, menentukan *Cognitive Failure Probability* (CFP).

Setelah data diolah menggunakan CREAM, didapatkan *subtask* dengan HEP tertinggi yang kemudian akan diberikan rekomendasi berdasarkan 7 (tujuh) strategi pendekatan *Error Reduction Analysis* (ERA) seperti: *consequence reductions, error pathway blocking, performance shaping factors – based error reduction, increasing predictability, enhancing detectability, increasing controllability, dan increasing competence.*

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil pengolahan data dengan menggunakan CREAM sebagai berikut:

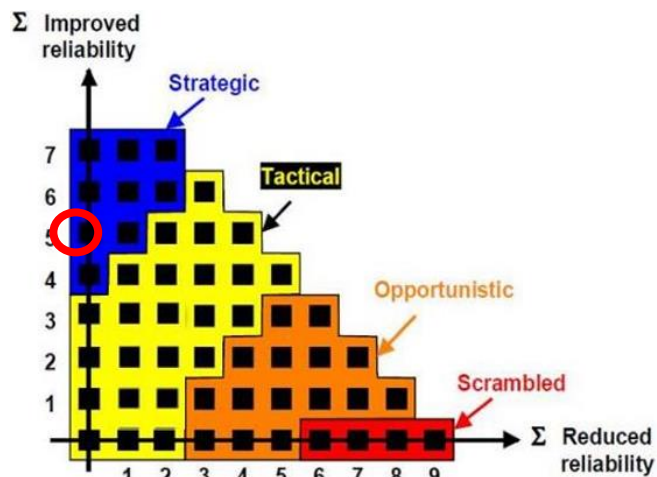
1) *Basic Method*

Pada tahap *basic method*, hal yang dilakukan pertama adalah menyusun *Hierarchical Task Analysis* (HTA) bersama *expert judgment* berdasarkan instruksi kerja pengoperasian CC dan kondisi di lapangan saat pekerjaan berlangsung. Kedua, melakukan penilaian CPC sesuai kondisi kerja yang mempengaruhi kinerja operator CC yang berdasarkan observasi langsung dan wawancara dengan *expert judgment*.

**Tabel 2.** Penilaian CPC

No.	Jenis CPC	Level	Dampak	Keterangan			
				<i>Observation</i>	<i>Interpretation</i>	<i>Planning</i>	<i>Execution</i>
1	Kecukupan Organisasi	Sangat Efisien	<i>Improved</i>	1.0	1.0	0.8	0.8
2	Kondisi Pekerjaan	Sesuai	<i>Not significant</i>	1.0	1.0	1.0	1.0
3	Kecukupan dari <i>Man Machine Interface</i> dan dukungan operasional	Cukup	<i>Not significant</i>	1.0	1.0	1.0	1.0
4	Ketersediaan Prosedur/Perencanaan	Tepat	<i>Improved</i>	0.8	1.0	0.5	0.8
5	Jumlah Tugas yang Dilakukan	Sesuai dengan kapasitas	<i>Not significant</i>	1.0	1.0	1.0	1.0
6	Ketersediaan Waktu	Cukup	<i>Improved</i>	0.5	0.5	0.5	0.5
7	<i>Time of Day</i>	<i>Day-time</i> (diatur)	<i>Not significant</i>	1.0	1.0	1.0	1.0
8	Kecukupan Pelatihan dan Pengalaman	Cukup, pengalaman yang tinggi	<i>Improved</i>	0.8	0.5	0.5	0.8
9	Kualitas Kerjasama Pekerja	Sangat Efisien	<i>Improved</i>	0.5	0.5	0.5	0.5
<b>Total Efek CPC (Weighting Factor)</b>				<b>0.16</b>	<b>0.125</b>	<b>0.05</b>	<b>0.128</b>

Setelah didapatkan hasil penilaian CPC pada Tabel 2, maka hal berikutnya adalah menentukan *probable control mode*. *Probable control mode* ditentukan berdasarkan hasil  $\Sigma$ *improved*,  $\Sigma$ *not significant*, dan  $\Sigma$ *reduced* dari dampak penilaian CPC yang kemudian dimasukkan kedalam grafik hubungan antara hasil CPC dengan *control mode* pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan CPC dan *Control Mode* Pengoperasian CC

Berdasarkan Gambar 2, hubungan CPC dan *control mode* pengoperasian CC berada pada *control mode* “strategic”. Sehingga, dapat diketahui nilai probabilitas *human error* pengoperasian CC secara umum berada pada interval  $0.5 \text{ E-}5 < p < 1.0 \text{ E-}2$ .

2) *Extended Method*

Pada langkah pertama dan kedua tahap *extended method*, dilakukan pengembangan aspek kognitif dari *subtask* hasil HTA pengoperasian CC yang telah dibuat dan mengidentifikasi *Cognitive Function Failure* (CFF) yang paling rentan terjadi bersama *expert judgment* untuk mengetahui tipe utama kegagalan dari keseluruhan *subtask* pengoperasian CC. Terakhir, dilakukan perhitungan CFP total dengan mengalikan CFP setiap *subtask* pengoperasian CC dengan *weighting factor* sehingga didapatkan hasil *adjusted CFP* atau dapat disebut juga *Human Error Probability* (HEP) sebagaimana dapat dilihat di Tabel 3.

Tabel 3. HEP Pengoperasian CC

	<i>Subtask</i>	<i>Error Mode</i>	Nominal CFP	<i>Weighting Factor</i>	<i>Adjusted CFP</i>
1.1	Membawa kartu identitas masuk dan memakai APD ( <i>safety helmet</i> , rompi keselamatan dengan pendar cahaya, <i>safety shoes</i> ).	E5	0.03	0.128	0.00384
1.2	Melaksanakan rekam kehadiran dan mengikuti <i>safety talk</i> .	E1	0.003	0.128	0.00384
2.1	Memantau dan memastikan ankor pin telah diangkat	I2	0.01	0.125	0.00125
2.2	Melaksanakan pengecekan level darat	O3	0.05	0.16	0.008
2.3	Melakukan pemeriksaan sebelum dan selama pengecekan, serta mengisi daftar periksa	O3	0.05	0.16	0.008
2.4	Memeriksa jurnal harian operator	O1	0.001	0.16	0.00016
2.5	Mengenakan sabuk keselamatan	E5	0.03	0.128	0.00384
2.6	Memberitahukan nomor pin kepada <i>Tally Dermaga/Kapal</i>	E5	0.03	0.128	0.00384
2.7	Memastikan semua tombol ON/OFF dan lampu – lampu indikator berfungsi dan menyala	O1	0.001	0.16	0.00016
2.8	Memeriksa gerakan <i>lock-unlock</i> , <i>trim-list tilting</i> , dan <i>flipper</i> .	O3	0.05	0.16	0.008
2.9	Melakukan kalibrasi <i>hoist</i> dan <i>trolley</i>	E1	0.003	0.128	0.000384
2.10	Menyalakan lampu – lampu CC pada malam hari, subuh, petang, saat pandangan tidak bagus, hujan, kabut.	E5	0.03	0.128	0.00384
2.11	Berkoordinasi dengan Supervisor Dermaga apabila siap beroperasi	E5	0.03	0.128	0.000384
3.1	Memperhatikan aba-aba yang diberikan oleh Tenaga Kerja Bongkar Muat (TKBM)	E5	0.03	0.128	0.000384
3.2	Melakukan verifikasi bahwa <i>twist lock</i> dan/atau <i>lashing</i> telah dibuka sebelum petikemas diangkat	O2	0.05	0.16	0.008
3.3	Melakukan selalu percobaan pengangkatan sebelum mengangkat	O3	0.05	0.16	0.008

3.4	Melakukan konfirmasi bahwa kabel petikemas telah dilepas	E2	0.003	0.128	0,000384
3.5	Memeriksa selalu kondisi <i>cell guide</i> pada saat membongkar dan memuat petikemas	E2	0.003	0.128	0.000384
3.6	Melakukan gerakan <i>hoist up</i> semaksimal mungkin saat melintasi tumpukan petikemas yang tidak dibongkar	E1	0.003	0.128	0.000384
3.7	Menempatkan petikemas ke atas <i>chassis</i> / di atas kapal dengan kecepatan yang sesuai	E1	0.003	0.128	0.000384
3.8	Melakukan bongkar/muat dengan mengambil petikemas dimulai dari <i>bay</i> depan lalu belakang	P2	0.01	0.05	0.0005
3.9	Melakukan bongkar/muat dari sisi laut setiap tiernya untuk petikemas yang berada di atas dek	P2	0.01	0.05	0.0005
3.10	Melakukan bongkar/muat dari sisi darat secara bergantian dengan sisi laut untuk setiap tiernya untuk petikemas yang berada di bawah dek	P2	0.01	0.05	0.0005
3.11	Tidak membiarkan petikemas tergantung selama lebih dari 5 (lima) menit	E2	0.003	0.128	0.000384
3.12	Memperhatikan keseimbangan kapal selama kegiatan bongkar/muat petikemas	O3	0.05	0.16	0.008
3.13	Memposisikan <i>trolley</i> parkir dan letakkan <i>spreader</i> pada ketinggian diatas <i>middle beam</i> serta matikan kontrol saat jeda	O3	0.05	0.16	0.008
3.14	Mengaktifkan "Lock Pin" apabila CC dalam keadaan <i>stand by</i>	E4	0.003	0.128	0.000384
4.1	Memastikan dan melihat posisi boom CC dan <i>seal beam</i> sebelum melakukan <i>gantry</i> (darat dan laut)	O1	0.001	0.16	0.00016
4.2	Memposisikan kabin operator di belakang posisi parkir saat melakukan <i>gantry</i>	I2	0.01	0.125	0.00125
4.3	Selalu melakukan <i>gantry</i> sesuai perintah Petugas Dermaga	E1	0.003	0.128	0.000384
4.4	Melakukan gerakan <i>gantry</i> dengan kecepatan yang sesuai	E1	0.003	0.128	0.000384
4.5	Melaksanakan <i>boom up/down</i> CC setiap perpindahan <i>bay</i> yang melewati halangan (akomodasi kapal, crane kapal) yang membahayakan <i>boom</i> CC.	E3	0.0005	0.128	0.000064
4.6	Tetap berada di kabin operator sebelum <i>boom up</i> dalam keadaan terkunci	E4	0.003	0.128	0.000384
4.7	Mengaktifkan sirine atau klakson sebelum melakukan gerakan <i>gantry</i> atau gerakan lain yang membahayakan	E4	0.003	0.128	0.000384
4.8	Menggeser CC pada posisi aman sesuai Instruksi <i>Superintendent</i>	E4	0.003	0.128	0.000384
5.1	Selalu menangani buka/tutup palka sesuai aba-aba dari TKBM dan/atau Petugas Dermaga	E5	0.03	0.128	0.00384
5.2	Melakukan verifikasi bahwa <i>twist lock lashing</i> dan kunci tutup palka telah dibuka/dikunci sebelum petikemas diangkat	O2	0.05	0.16	0.008
5.3	Menumpuk tutup palka di dermaga dengan gerakan <i>hoist</i> maksimal 3 (tiga) tumpukan	E4	0.003	0.128	0.000384
5.4	Mengaktifkan sirine CC pada saat melakukan bongkar/muat tutup palka	E4	0.003	0.128	0.000384
5.5	Memastikan tidak terdapat material di atas palka sebelum membuka/menutup tutup palka	O1	0.001	0.16	0.00016
6.1	Memastikan <i>crane</i> dalam kondisi "Control Off" sebelum turun dari CC	E4	0.003	0.128	0.000384
6.2	Mengisi Formulir Daftar Periksa CC dan menyerahkannya ke <i>Superintendent</i> CC	E4	0.003	0.128	0.000384
6.3	Memastikan pintu kabin dan kaca jendela sudah tertutup	E4	0.003	0.128	0.000384
6.4	Melakukan serah terima dengan mekanik jika terdapat kerusakan / kecelakaan	E5	0.03	0.128	0.00384

Berdasarkan Tabel 3, maka didapatkan HEP tertinggi pada 8 (delapan) *subtask* dengan rincian 2.2; 2.3; 2.8; 3.2;

3.3; 3.12; 3.13; dan 5.2 dengan nilai HEP sebesar 0.008 yang ditunjukkan dalam tabel berwarna abu – abu. Pada tahap basic method sebelumnya, diketahui bahwa nilai HEP pengoperasian CC berada pada interval  $0.5 E-5 < p < 1.0 E-2$ , sehingga nilai HEP yang dihasilkan dari perhitungan *extend method* pada setiap *subtask* telah sesuai karena nilai HEP berada pada interval tersebut.

Rekomendasi yang diberikan menggunakan *Error Reduction Analysis* (ERA) dengan tujuan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya *human error* pada pengoperasian CC. Menurut Kirwan (1994), ERA melibatkan tindakan perbaikan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan manusia dan dampaknya terhadap sistem dan kinerja secara keseluruhan. Berikut adalah rekomendasi yang dapat diberikan berdasarkan ERA pada pengoperasian CC:

1) *Consequence Reductions*

Meningkatkan inspeksi perlengkapan keselamatan pada *container crane* sebelum CC dioperasikan. Pengecekan perlengkapan keselamatan seperti *safety latch* dan tombol *emergency stop* secara rutin sebelum pengoperasian *crane* dapat mengurangi dampak terjadinya kecelakaan kerja ketika terjadi kesalahan operasional. Bentuk peningkatan tersebut dapat dilakukan dengan menambahkan uraian kondisi perlengkapan keselamatan pada checklist pemeriksaan sebelum pengoperasian CC.

2) *Error Pathway Blocking*

Melakukan perancangan ulang peralatan kerja dan fasilitas pendukung seperti pemasangan sensor tambahan pada *spreader* dan pemasangan CCTV yang terhubung pada HMI kabin untuk membantu mengurangi kemungkinan kesalahan interpretasi operator CC.

3) *Performance Shaping Factors (PSF) – Based Error Reduction*

Mengadakan *safety briefing* oleh tim HSE dengan materi lebih detail terkait pemahaman dan kepatuhan terhadap kebijakan/instruksi kerja secara rutin serta memberlakukan *reward* dan *punishment* dalam kepatuhan SOP untuk mendorong perilaku *safety* yang proaktif.

4) *Increasing Predictability*

Mengadakan simulasi pelatihan yang menguji kemampuan operator CC dalam kondisi darurat berbasis *augmented reality* (AR) untuk mengurangi kesalahan operator akibat kurang pengalaman dalam situasi darurat.

5) *Enhancing Detectability*

Meningkatkan *safety patrol* oleh tim HSE dengan berjaga secara bergantian untuk mengawasi Operator CC bekerja sesuai dengan Instruksi Kerja Pengoperasian CC dan menyelenggarakan pelatihan identifikasi bahaya dan risiko secara berkala yang dapat meningkatkan kemampuan mendeteksi tanda-tanda bahaya dan keterampilan observasi operator CC.

6) *Increasing Controllability*

Menempatkan informasi tentang keselamatan berupa poster K3 yang ditempatkan pada area kabin mengenai peran operator dalam keadaan darurat yang dapat membantu operator lebih siap dan cepat dalam mengambil keputusan dalam mengendalikan situasi darurat. Isi poster K3 tersebut dapat berupa tips singkat seperti tidak tergesa-gesa dalam melakukan pengoperasian CC terutama dalam pengangkatan petikemas dan selalu memastikan komunikasi dua arah.

7) *Increasing Competence*

Melakukan pelatihan penyegaran mengenai operasional CC dan pelatihan tanggap darurat minimal dua kali dalam setahun.

#### 4. KESIMPULAN

Analisis probabilitas *human error* pada pengoperasian CC menggunakan CREAM dilakukan melalui dua tahapan yaitu *basic method* dan *extended method*. Berdasarkan tahap *basic method* diperoleh nilai HEP pengoperasian CC berada pada interval  $0.5 E-5 < p < 1.0 E-2$  dengan *control mode strategic*. Sedangkan, pada tahap *extended method*, diperoleh nilai HEP tertinggi pengoperasian CC yang terdapat pada *subtask* 2.8; 3.2; 3.3; 3.12; 3.13; dan 5.2 dengan nilai HEP sebesar 0.008. Dari hasil perhitungan kedua tahap tersebut, maka hasil analisa telah sesuai karena nilai HEP berada pada interval *human error*  $0.5 E-5 < p < 1.0 E-2$ .

Rekomendasi yang dapat diberikan berdasarkan *Error Reduction Analysis* pada pengoperasian CC yaitu meningkatkan inspeksi perlengkapan keselamatan pada *container crane* sebelum CC dioperasikan; pemasangan sensor tambahan pada *spreader* dan pemasangan CCTV yang terhubung pada HMI kabin; mengadakan *safety briefing* oleh tim HSE dengan materi lebih detail terkait pemahaman dan kepatuhan terhadap kebijakan/instruksi kerja secara rutin serta memberlakukan *reward* dan *punishment* dalam kepatuhan SOP; mengadakan simulasi pelatihan yang menguji kemampuan operator CC dalam kondisi darurat berbasis *augmented reality* (AR); meningkatkan *safety patrol* oleh tim HSE dengan berjaga secara bergantian untuk mengawasi Operator CC bekerja sesuai dengan Instruksi Kerja Pengoperasian CC dan menyelenggarakan pelatihan identifikasi bahaya dan risiko secara berkala; menempatkan informasi tentang keselamatan berupa poster K3 yang ditempatkan pada area kabin mengenai peran operator dalam keadaan darurat; dan melakukan pelatihan penyegaran mengenai operasional CC dan pelatihan tanggap darurat minimal dua kali dalam setahun.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dhinar, A.P., Widian, D. R., Kusminah, I. L., Ardiana, Thina., & Nabil, Akhmad., 2023. Analisis Probabilitas Human Error pada Pekerjaan Printing Flexo Roll ToRoll Menggunakan Metode Human Error Assessment and Reduction Technique. *Journal of Safety, Health, and Environmental Engineering*, 1(1), pp.64–72.
- Hasanah, S. N., & Nuruddin, M., 2022. Analisis Keandalan Pada Operator Grinding Menggunakan Metode Cognitive Reliability and Error Analysis di PT Ravana Jaya. *Jurnal Serambi Engineering*, 7(3).
- Havidzi, M., Nugraha, B., & Gupron, A., 2024. Analisis Kendala Pelayanan Jasa Bongkar Muat Peti Kemas Terhadap Kelancaran Operasional pada Perusahaan Ekspedisi Muatan Kapal Laut (Studi Kasus di PT. Gloria Lautan Kasih). *JURNAL RISET SOSIAL HUMANIORA DAN ILMU PENDIDIKAN*, 3(3).
- Health and Safety Executive., 1999. *Understanding Human Failure: Human Failure and Accidents*.
- Hollnagel, E., 1998. *Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM)*. Elsevier Science Ltd.
- Jiantsen, Goh., Yihai, Fang., & Barrett, Ens., 2025. Embedded visualizations in crane operation user interfaces for real-time assistance. *Automation in Construction*, 173, pp.106078
- Khilbran, M., & Sakti, W. I., 2019. Identification Of Human Errors Risk Factors In Applying Human Resources Management In Construction Service Companies. *International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP)*, 9(3), pp.8724.
- Kirwan, B., 1994. *A Guide to Practical Human Reliability Assessment*. <https://doi.org/10.1201/9781315136349>
- 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. In: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, *PROCEEDING 7th CONFERENCE ON SAFETY ENGINEERING AND ITS APPLICATION 2023*. Surabaya, Indonesia, 7 Oktober 2023.
- Mahmudah, Mila & Yuamita, Ferida., 2024. Analisis Human Error Pada Pekerja Jalur 1 Produksi Dengan Menggunakan Metode Human Error Assesment And Reduction Technique (HEART). *Jurnal Ilmiah Teknik Industri Prima (JURITI PRIMA)*, 8.
- Mukherjee, Anandarup., Sasidharan, Manu., Herrera, Manuel., Parlikad, Ajith., 2024. Unsupervised constrained discord detection in IoT-based online crane monitoring. *Advanced Engineering Informatics*, 60, pp.102444.
- Nuralim, Rizky, & Aguspriyani, Y., 2023. TEKNIK PENGAMBILAN SAMPEL PURPOSIVE DALAM MENGATASI KEPERCAYAAN MASYARAKAT PADA BANK SYARIAH INDONESIA. *Neraca Manajemen Ekonomi*, 3(1).
- Puspita, A. D., 2023. *Assessment Of Human Reliability Using The Sherpa And Heart Approach To Container Crane Operation Activities (Case Study PT Petikemas Surabaya)*. 5(1), pp.17–28.
- Putri, D. N., & Lestari, F., 2023. Analisis penyebab kecelakaan kerja pada pekerja di proyek konstruksi : Literatur review. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 7(1), pp.451–452.
- Rahmadanty, Sabrina., Handoko, L., & Disrinama, A. M., 2024. Analisis Probabilitas Human Error Pada Pekerjaan Pengelasan MIG Dengan Metode SPAR-H. In: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, *2th CONFERENCE ON SAFETY ENGINEERING AND ITS APPLICATION*. Surabaya, Indonesia.
- Ridwan, Aji, & Elnath G. M., 2023. Pengaruh Performa Quay Container Crane dan Penerapan System Single Cycle dan Dual Cycle Terhadap Bongkar Muat Peti Kemas di KSO Peti Kemas Koja Jakarta. *Jurnal Maritim Polimarin*, 9(1), pp.45–57.
- Rohmadhon, E., & Yuamita, F., 2023. ANALISIS HUMAN ERROR UNTUK MENGURANGI KECELAKAAN KERJA PADA STASIUN PENGKILINGAN PG. MADUKISMO MENGGUNAKAN METODE SHERPA DAN HEART. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 2(11), pp. 4129–4140.
- Ulfah, N. S., Amrullah, H. N., Widian, D. R. & Thohir, A., 2024. Analisis Human Error Probability pada Pekerjaan Scaffolding Menggunakan Metode CREAM. *Journal of Safety, Health, and Environmental Engineering*, 2(2), pp.33–40.
- Silmiy, H. H., Amrullah, H. N., & Leonard, R., 2024. Probabilitas Human Error Pengoperasian HMC Pekerjaan Bongkar Muat Petikemas Menggunakan CREAM dan Penentuan Rekomendasi Berdasarkan Error Reduction Analysis. In: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, *8th CONFERENCE ON SAFETY ENGINEERING AND ITS APPLICATION*. Surabaya, Indonesia, 28 November 2024.