

IDENTIFIKASI KESALAHAN MANUSIA DENGAN PENDEKATAN *TECHNIQUE FOR HUMAN ERROR RATE PREDICTION (THERP)*

Ratna Ayu Ratriwardhani

Program Studi Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya

E-mail: ratna.ratriwardhani@yahoo.com

ABSTRAK

PT. X adalah perusahaan manufaktur yang menghasilkan komponen boiler yang mengerjakan 500 karyawan dan 1500 karyawan subkontraktor dengan berbagai macam peralatan kerja dengan tingkat resiko terjadi kecelakaan yang tinggi. Meskipun perusahaan telah menerapkan *zero accident*, ternyata kecelakaan kerja masih sering terjadi. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengidentifikasi kesalahan manusia saat bekerja dengan *overhead crane* juga mengidentifikasi efek terjadinya kesalahan manusia setiap prosedur pengoperasian *overhead crane* untuk meminimalisasi terjadinya kesalahan manusia. Dengan menggunakan metoda THERP ternyata didapatkan besar HEP untuk benda kerja yang berbentuk bulat, persegi, beraturan dan tak beraturan masing-masing sebesar 0.051; 0.05; 0.046; dan 0,043. Maka direkomendasi bahwa untuk tugas-tugas yang kritis diperlukan administratif kontrol pada setiap prosedurnya, pengawasan oleh inspektor atau pemberian label dan tanda SWL pada setiap pengangkatan *accessories* yang digunakan, perawatan pada mesin, pelatihan, peringatan kembali mengenai prosedur pada operator.

Kata Kunci: kesalahan manusia, prediksi kesalahan manusia, analisa kehandalan,

ABSTRACT

PT. X is a manufacturing company that produces boiler components that work 500 employees and 1500 subcontractor employees with a variety of work equipment with a high risk of accidents. Even though the company has implemented a zero accident, it turns out that work accidents still occur frequently. This study is intended to identify human errors when working with overhead cranes and identify the effects of human error on each overhead crane operating procedure to minimize the occurrence of human errors. Using the THERP method, it was found that HEP was large for round, square, irregular and irregular workpieces of 0.051; 0.05; 0.046; and 0.043. It is recommended that for critical tasks administrative control is required in each procedure, supervision by the inspector or labeling and SWL marking on each appointment of accessories used, maintenance of the machine, training, warning again about the procedure on the operator.

Keywords: human error, savety, Human error Rate Prediction,

PENDAHULUAN

Setiap sistem dari yang sangat sederhana hingga yang kompleks, bisa saja mengalami kegagalan. Pada sistem dimana manusia terlibat pada kegiatan proses, pengendalian dan pengaturan, maka tindakan manusia yang bisa menjurus pada kegagalan atau kesalahan yang berkonsekuensi munculnya akibat yang tidak diinginkan dapat saja terjadi. Meski secara umum disadari bahwa variabilitas kinerja manusia memiliki konsekuensi positif dan negatif, namun ada sebuah kecenderungan bahwa manusia menjadi factor penyebab utama pada kasus dimana suatu pekerjaan bisa mengalami kegagalan atau kesalahan, sehingga dapat menyebabkan kerugian material, uang, dan bahkan nyawa seseorang. Bahkan pada sistem dengan teknologi tinggi yang dirancang, diinstal, dan dirawat dengan baik sekalipun kegagalan bisa terjadi. Dan telah diperkirakan bahwa lebih dari 90 % kecelakaan di tempat kerja disebabkan karena kesalahan manusia (Feyer dan Williamson, 1998).

Pada industri-industri besar dan kompleks seperti industri penerbangan dan nuklir, perhatian yang serius terkait dengan kecelakaan kerja yang bias menimbulkan dampak yang begitu besar menjadi perhatian yang serius dari pimpinan industry. Pada industry besar semacam inilah banyak ditemukannya masalah mengenai *human action* sebagai faktor penyebab (*causal factor*) terjadinya kecelakaan, dan biasa disebut sebagai kesalahan manusia atau "*human erroneous action*".

Ada dua cara utama secara khusus mengidentifikasi penyebab terjadinya kesalahan manusia, yaitu yang pertama adalah mengembangkan sistem klasifikasi atau taxonomi yang dapat mengidentifikasi penyebab spesifik dari akibat yang tidak diinginkan, mengenai *human actions* atau *performance conditions*. Hal ini biasanya berkaitan erat dengan pengembangan metode untuk laporan kejadian dan analisis data. Yang kedua adalah mengembangkan metode untuk memprediksi kejadian yang mungkin dari *human erroneous actions*, yang secara khusus disebut *human reliability assessment* (HRA) kuantitatif. Kedua cara tersebut telah mendapatkan persetujuan selama 30 tahun, dan masih mendapatkan ketertarikan secara luas serta kontroversi hingga kini (Dougherty, 1990).

Technique for Human error Rate Prediction (THERP) adalah metodologi generasi pertama, yang berarti bahwa prosedur mengikuti cara analisis reliabilitas konvensional untuk memodelkan mesin, yaitu sebuah teknik yang dikembangkan di Laboratorium Sandia untuk *US Nuclear Regulatory Commission*. Penulis pertama yaitu Swain, yang mengembangkan metodologi THERP secara berangsur-angsur dalam waktu yang lama (Kirwan B, 1994). THERP menyandarkan pada database *human reliability* secara luas yang berisi *Human error Probability* (HEP), dan didasarkan pada data perusahaan dan pendapat para ahli. Teknik yang merupakan pendekatan pertama pada HRA digunakan secara luas pada berbagai aplikasi bahkan diluar penggunaan awalnya yaitu pada bidang nuklir. Dan secara spesifik teknik ini dapat membantu menganalisis resiko dalam tahap berlatih (Swain & Guttman, 1983).

PT. X adalah perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur penghasil komponen-komponen penyusun boiler. Konsumen boiler yang dibuatnya bukan hanya dari Indonesia saja, melainkan juga dari berbagai negara, seperti China, India, dan Perancis. Tidak ingin mengecewakan konsumennya, perusahaan memiliki target waktu penyelesaian yang ketat untuk setiap komponen boiler yang dibuatnya. Karenanya perusahaan mengerahkan 500

karyawan dan 1500 karyawan subkontraktor. Disamping itu untuk menjamin tercapainya target waktu itu perusahaan memiliki tujuh unit bagian produksi dengan masing-masing proses yang berbeda-beda.

Hampir semua proses yang terjadi menggunakan mesin dan alat-alat berat yang mempunyai tingkat resiko terjadinya kecelakaan yang tinggi. Begitu pula halnya yang terjadi pada kegiatan penanganan material (*material handling*) dan kegiatan pemasangan dan pembongkaran (*loading* dan *unloading*) benda kerja, semuanya dilakukan dengan menggunakan peralatan kerja dengan tingkat resiko yang tinggi, yaitu *overhead crane*. Terdapat sebanyak 23 *overhead crane*, dari berbagai jenis dan ukuran yang terdiri dari delapan *overhead crane* buatan ABUS, tiga buatan DEMAG, enam buatan STAHL, dua *Double Girder Overhead Travelling Crane* dan dua *Single Girder Portal Crane* buatan MHE. Seringkali ke 23 *overhead crane* bekerja dalam waktu bersamaan yang akan semakin meningkatkan tingkat resiko terjadinya kecelakaan.

Di sisi lain dari jenis, ukuran dan bentuknya ada banyak macam material yang harus diangkat, dipindahkan dan diturunkan. Ada yang berbentuk bulat, persegi, beraturan dan bahkan tak beraturan. Kondisi semacam itu membuat tingkat resiko terjadinya kecelakaan semakin tinggi. Karenanya perusahaan telah menetapkan untuk memberlakukan prinsip *zero accident* secara ketat pada semua lini proses/pekerjaannya. Hal ini dibuktikan dengan kenyataan bahwa semua operator mesin telah mengantongi Surat Ijin Operator (SIO) dan perusahaan telah melakukan inspeksi internal maupun eksternal pada setiap OHC dan *lifting accesories*-nya. Namun demikian ternyata secara actual masih saja terjadi kecelakaan di bagian kegiatan pemasangan dan pembongkaran khususnya. Dari data kecelakaan yang diambil lima tahun terakhir dimulai tahun 2008 hingga 2012 menunjukkan bahwa jumlah kecelakaan pada pekerjaan pemasangan dan pembongkaran benda kerja menggunakan *overhead crane* berkisar masih terjadi sebanyak 15%.

Berdasarkan latar belakang di atas, diambil sebuah penelitian bahwa kesalahan manusia dapat terjadi di pekerjaan dimana *overhead crane* digunakan sebagai alat pengangkatan, dan diprediksi menggunakan salah satu HRA *tool* dengan pendekatan THERP yang kelebihan dapat diaplikasikan secara luas dan bisa digunakan oleh berbagai tingkatan *assesor*. Mengingat kecelakaan yang dapat terjadi di PT. X pada pekerjaan pengangkatan. Dan benda-benda dengan berbagai bentuk terlibat dalam proses pengangkatan. THERP dapat digunakan untuk analisis desain, pemilihan tenaga manusia, prediksi keefektifan sistem, dan penentuan persyaratan pelatihan. Untuk analisis desain, teknik ini dapat memberikan perbandingan sistem alternatif atau konfigurasi proses pada akibat yang ditimbulkan dari kemampuan operator. Selain itu juga memberikan analisis perbandingan dari pemilihan konfigurasi awal dan rekonfigurasi jika kelemahan sistem teridentifikasi. Untuk pemilihan tenaga, THERP memberikan penentuan tipe, nomer dan tingkat kemampuan operator yang disyaratkan untuk mengoperasikan sistem. Untuk keefektifan sistem, THERP memberikan penilaian apakah persyaratan kuantitatif diperlukan atau tidak.

Tujuan dari studi ini adalah untuk Mengidentifikasi kesalahan manusia dalam pekerjaan pemasangan dan pembongkaran yang menggunakan alat kerja *overhead crane* di PT. X, melakukan identifikasi efek terjadinya kesalahan manusia setiap prosedur pengoperasian *overhead crane* di PT.X dengan menggunakan analisis diagram peristiwa,

dan merekomendasikan pengendalian yang dapat diberikan untuk meminimalisasi terjadinya kesalahan manusia dalam prosedur pengoperasian *overhead crane* di PT. X.

MATERI DAN METODA

Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. X. dan pengambilan data dilaksanakan di PT. X.

Tahap Identifikasi Awal

Pada tahap ini dilakukan sebelum melaksanakan penelitian lebih lanjut melalui pengamatan ketika berada di lapangan. Kemudian mengidentifikasi masalah pada pekerjaan pengangkatan *overhead crane* oleh operator yang memiliki SIO, melalui informasi dari wawancara awal kepada operator OHC sendiri dan Ahli K3 Pesawat Angkat Angkut di PT. X. Dari identifikasi awal ini ditentukan topik dari penelitian yang akan dilakukan.

Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap ini, peneliti berusaha untuk mengumpulkan data dari perusahaan yang berguna untuk penelitian ini sebagai bahan identifikasi kesalahan manusia. Data yang diambil berupa data primer dan sekunder. Dimana data primernya berasal dari wawancara dan angket yang ditujukan pada pihak manajemen yang bersangkutan, operator *overhead crane* yang memiliki SIO, serta korban kecelakaan OHC. Angket yang dimaksud menggunakan pendekatan skala Likert yang diskor 1-5 dan dibuat berdasarkan variabel Analisis Tugas dari proses pengoperasian dan perawatan. Sampel yang diambil sejumlah 20 operator OHC yang memiliki Surat Ijin Operator (SIO). Sedangkan data sekunder didapatkan dari dokumen perusahaan berupa, *lifting plan*, *job safety analysis*, serta dokumen lainnya yang bersangkutan, seperti dokumen mengenai OHC itu sendiri. Dan data sekunder yang didapat dari *file* perusahaan yaitu berupa laporan kecelakaan tahun 2008-2012 dan *file* lainnya yang terkait.

Tahap Pengolahan Data

Metodologi dalam THERP dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Menetapkan kegagalan sistem yang berkaitan. Kegagalan tersebut termasuk fungsi dari sistem yang kemungkinan kesalahan manusianya lebih besar dari pengaruh probabilitas kesalahan, dari sistem yang terkait tersebut kepada *risk assessor*; operasi yang ada bisa jadi bukan sesuatu yang berbahaya atau ternyata sudah ada pada pengukuran perhitungan K3.
2. Mencatat secara rinci dan menganalisa semua operasi yang berhubungan dengan manusia, dan mengidentifikasi kesalahan manusia yang dapat terjadi dan cara pemulihan kesalahan manusia dengan relevan. Pada langkah ini proses membutuhkan tugas yang komprehensif dan analisa kesalahan manusia. Analisis tugas merinci dan merangkai elemen yang berlainan dan informasi diberikan oleh operator tugas. Untuk masing-masing langkah dari tugas, kemungkinan terjadinya kesalahan diperkirakan

oleh penganalisa dan terdefinisi secara tepat. Tindakan untuk memulihkan kesalahan harus benar-benar dipertimbangkan, jika berhasil, akan sangat mengurangi kemungkinan kesalahan yang terjadi dari tugas.

Tugas-tugas dan hasil-hasil yang terkumpul dimasukkan ke dalam HRAET agar memberikan representasi grafis dari sebuah prosedur tugas. Kesesuaian diagram peristiwa (*event tree*) dengan metodologi diagram peristiwa konvensional dengan kata lain memasukkan *binary decision points* pada akhir masing-masing tangkai pohon, dan dievaluasi secara matematik. Sebuah diagram peristiwa secara visual ditampilkan semua peristiwa yang ada di dalam sistem. Mulai dengan permulaan peristiwa, kemudian cabang berkembang menjadi berbagai konsekuensi dari permulaan peristiwa. Hal ini disajikan dalam jumlah garis yang berbeda, dengan kata lain cabang-cabang, kemungkinan berbagai akibat bisa ditemukan.

Oleh karena itu, di bawah kondisi yang keseluruhan sub-tugas dari tugasnya disajikan ke dalam HRAET, dan kemungkinan kegagalan untuk masing-masing sub-tugas diketahui, dan keandalan akhir dari tugas bisa dihitung.

3. Menilai probabilitas kesalahan HEP yang relevan untuk masing-masing sub-tugas dimasukkan ke dalam diagram. Hal ini diperlukan untuk semua cabang-cabang kegagalan yang memiliki probabilitas sebaliknya sistem akan gagal untuk memberikan jawaban akhir. HRAET memberikan fungsi dari menguraikan tugas operator yang utama menjadi langkah yang lebih bagus, dan disajikan dalam bentuk kesuksesan dan kegagalan. Diagram ini mengindikasikan agar peristiwa yang terjadi dan juga memperkirakan kemungkinan besar kegagalan yang bisa terjadi pada masing-masing cabang yang ada. Tingkat masing-masing tugas tingkat tinggi diuraikan tugas tingkat rendah tergantung pada adanya HEP untuk cabang individual yang berurutan. HEP bisa didapat dari susunan sumber, seperti database THERP, data simulasi, data kecelakaan yang pernah terjadi, pendapat para ahli. PSF bisa dimasukkan ke dalam perhitungan HEP ini. Bagaimanapun penganalisa harus menggunakan keahliannya untuk memutuskan tingkatan faktor yang diaplikasikan di tugas-tugas.
4. Menilai dan memperhitungkan akibat dari kesalahan manusia dalam peristiwa kegagalan sistem. Dengan penyelesaian HRA human contribution yang menjadi kegagalan bisa dinilai dengan perbandingan hasil dari keseluruhan analisis reabilitas. Hal ini bisa dilengkapi dengan memasukkan HEP ke dalam system diagram peristiwa secara penuh, yang membolehkan faktor manusia dipertimbangkan dalam konteks sistem penuh.
5. Merekomendasi perubahan pada sistem dan menghitung kembali probabilitas kegagalan sistem. Sekali kontribusi faktor manusia diketahui, analisis sensitivitas bisa digunakan untuk mengidentifikasi bagaimana resiko pasti yang dapat diperbaiki untuk reduksi dari HEP. Garis pemulihan kesalahan bisa dimasukkan ke dalam diagram peristiwa yang akan membantu assessor ketika memperkirakan pendekatan yang mungkin dengan mengidentifikasi kesalahan yang bisa dikurangi.

Tahap Analisa Data

Setelah dilakukan perhitungan dan pembuatan HRA Diagram peristiwa di atas, dilanjutkan pada tahap analisa data. Dimana tingkat HEP yang sudah diketahui akan

dianalisa, pada tahap mana yang tingkat HEP nya paling besar, maka akan bisa ditemukan penyebab besarnya HEP tersebut dan bisa diperbaiki, kemudian diberikan rekomendasi yang dapat meminimalisir tingkat HEP agar tidak terjadi kecelakaan berlanjut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Tugas Pekerja melalui *Hierarchical Task Analysis* (HTA).

Pembuatan HTA dalam penelitian ini merupakan langkah awal bertujuan untuk mengetahui dan mengurai tugas-tugas yang ada dalam pengoperasian pemasangan dan pembongkaran *Overhead Crane* di PT. X. Dalam pembuatan HTA ini dikolaborasikan antara peneliti dan orang-orang yang terlibat dalam proses pengoperasian OHC, seperti operator, Ahli K3 Pesawat Angkat Angkut sebagai inspektor, *EHS Manager*, serta dokumen yang bersangkutan, seperti instruksi kerja dan *Lifting Plan*. Selain itu juga diperlukan *expert judgement* pada pengerjaan HTA seperti Gambar 1.

Identifikasi *Human Error Probability* (HEP) Menggunakan

Rumus THERP.

Perhitungan dengan rumus THERP ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kesalahan yang teridentifikasi dari setiap tugas dan sub-tugas. Di bawah ini adalah rumus untuk mencari HEP:

$$Q_i = 1 - (1 - F_i P_i)$$

Dimana perhitungan yang didapat kuesioner dilambangkan dengan nilai F_i . Probabilitas kecelakaan yang terjadi yaitu P_i . $F_i P_i$ adalah gabungan probabilitas kesalahan yang akan terjadi dan kesalahan yang berpengaruh pada kegagalan sistem. Sedangkan n_i adalah jumlah variabel dalam kuesioner. Berikut adalah perhitungan P_i :

$$P_i = \frac{9 \text{ kecelakaan}}{8 \text{ jam/hari} \times 5 \text{ hari/minggu} \times 50 \text{ minggu/tahun} \times 5 \text{ tahun}}$$

$$P_i = 0,0009 \text{ kecelakaan/jam dalam kurun waktu 5 tahun}$$

Dilihat dari data kecelakaan yang berjumlah 9 kejadian di atas, yang terjadi di pekerjaan pengangkatan menggunakan *overhead crane*, nilai-nilai dari perhitungan P_i di atas adalah nilai 8 yaitu jumlah jam kerja dalam satu hari, 5 yaitu jumlah hari kerja dalam satu minggu, 50 jumlah minggu dalam satu tahun, sedangkan 5 adalah data kecelakaan yang diambil selama 5 tahun. Lalu terhitung HEP nya sebagaimana trtuang dalam Tabel 1.

0. **PROSES LOADING & UNLOADING DENGAN MENGGUNAKAN OVERHEAD CRANE**
Plan: Do task 1 to 7 in order
1. **PEMAKAIAN APD DAN PERSIAPAN DOKUMEN**
2. **PENGECEKAN MESIN**
Plan: Do 2.1 in any order
 1. **Pastikan mesin aman sebelum dinyalakan**
Plan: Do 2.1.1 by inspectors. Then do 2.1.2 in any order
 1. Lakukan *autonomous maintenance* sesuai dengan document no. AM-47
 2. Siapkan material
3. **PERSIAPAN MATERIAL**
Plan: Do task 3.1 to 3.3 in order
 1. **Identifikasi material**
Plan: Do task 3.1.1 and 3.1.2 in order
 1. Hitung SWL alat angkat
 2. Mengetahui berat material yang akan di-loading
 2. **Tentukan Center of Gravity (titik berat barang)**
 3. **Mengetahui dimensi barang**
4. **PERSIAPAN ALAT BANTU ANGGKAT (ABA)**
Plan: Do 4.1 and 4.2 in order. Then do 4.3 and in any order by inspector
 1. **Gunakan alat bantu angkat yang sesuai**
Plan: Do 4.1.1 as is lifting plan. And do 4.1.2 everyday or frequently by operator, periodically by inspector. Then do 4.1.3 in any order
 1. Pemilihan *lifting accesories* (sling rantai, shackle, wire rope, dan *lifting beam* atau perentang)
 2. Inspeksi semua *lifting accesories* sebelum dipakai
 3. Gunakan *shortening* saja untuk memperpendek rantai. Jangan menyimpul, memelintir, atau menggunakan mur dan baut, atau dilas
 2. **Pastikan SWL ABA tersebut diatas berat barang yang akan diangkat**
Plan: Do 4.2.1
 1. Hitung SWL *lifting accesories*
 3. **Pastikan ABA telah disertifikasi**
Plan: Do in any order 4.3.1 by inspectors
 1. Periksa *colour code* yang berlaku
5. **LAKUKAN SISTEM PENGIKATAN BENDA KERJA**
Plan: Choose one of type of hitches from task 5.1 to 5.5 properly
 1. **Sistem pengikatan Tegak Tunggal (Single Vertical Hitch)**
 2. **Sistem Pengikatan Tali Kekang (Bridle Hitch)**
 3. **Sistem Pengikatan Basket (Basket Hitch)**
Plan: Do 5.3.1 to 5.3.3 in any order
 1. Sistem Pengikatan Basket Tunggal (Single Basket Hitch)
 2. Sistem Pengikatan Basket Ganda (Double Basket Hitch)
 3. **Sistem Pengikatan Lilit Ganda (Double Wrap Basket Hitch)**
4. **Sistem Pengikatan Jerat (Choker Hitch)**
Plan: Do 5.4.1 to 5.4.3 in any order
 1. Sistem Pengikatan Jerat Tunggal (Single Choker Hitch)
 2. Sistem Pengikatan Jerat Ganda (Double Choker Hitch)
 3. Sistem Pengikatan Lilit Ganda (Double Wrap Choker Hitch)
5. **Sistem Sling Tanpa Ujung (Endless Sling/Grommet Sling)**
Plan: Lakukan secara berurutan.
 1. Mengetahui jenis material yang akan digerinda
 2. Mengetahui pekerjaan yang akan dilakukan
 3. Mengetahui fungsi batu gerinda
 4. Pilih batu gerinda yang sesuai, baik jenisnya maupun ukurannya
6. **PENGOPERASIAN OHC**
Plan: Do task 6.1 to 6.2 in order. Then do 6.3
 1. **Pahami keseluruhan tombol dan panel untuk pengoperasian**
 2. **Periksa pendant control**
Plan: Do 6.2.1 in any order
 1. Pelajari tombol dan panel pada *pendant control*
 3. **Jalankan overhead crane untuk me-loading barang**
Plan: Do 6.3.1. Then do 6.3.2 to 6.3.5 in any order
 1. Tekan tombol *on/off* untuk menyalakan *overhead crane*
 2. Tekan tombol *travelling*
 3. Tekan tombol *transversing*
 4. Tekan tombol *up-down*
 5. Sistem Sling Tanpa Ujung (Endless Sling/Grommet Sling)
7. **PEMBERSIHAN OHC**
Plan: Do 7.1 to 7.2 in order. Then do 7.3 by inspector
 1. **Selesai mengoperasikan overhead crane, matikan power dengan menekan tombol power di remote/pendant control**
 2. **Pastikan posisi hook aman (di luar jalur hijau dan ketinggian hook lebih dari 2 meter)**
Plan: Do 7.2.1 dan 7.2.2 in order
 1. Atur arah *hook*
 2. Tekan tombol *updown* untuk mengatur ketinggian *hook*
 3. **Lakukan autonomous maintenance sesuai dengan document no. AM-47**

Gambar 1. HTA untuk pekerjaan pemasangan dan pembongkaran OHC

Tabel 1. *Human Error Probability* (HEP) pada Masing-Masing Variabel

Variabel Pekerjaan Pemasangan dan Pembongkaran	Nilai HEP
1. Pemakaian APD dan Membawa Surat Ijin Operator (SIO)	
a. Apakah anda memakai Alat Pelindung Diri (APD) lengkap ketika bekerja?	0,002
b. Apakah anda membawa Surat Ijin Operator (SIO) ketika mengoperasikan <i>Overhead Crane</i> ?	0,002
Total	0,004
2. Pengecekan Mesin	
a. Apakah anda memeriksa keadaan mesin <i>Overhead Crane</i> sebelum digunakan?	0,003
b. Apakah anda melakukan <i>Autonomous Maintenance</i> sesuai dengan Dokumen No. AM-47 sebelum mengangkat?	0,003
c. Apakah anda menyiapkan material sebelum mengangkat?	0,003
Total	0,009
Variabel Pekerjaan Pemasangan dan Pembongkaran	Nilai HEP
3. Persiapan Material	
a. Apakah anda mengidentifikasi bentuk material yang akan diangkat?	0,003
b. Apakah anda menghitung titik berat barang (<i>Center of Gravity</i>) sebelum diangkat?	0,004
c. Apakah anda memperhatikan berat dari setiap pengangkatan <i>acesories</i> yang anda pakai sebelum mengangkat?	0,003
d. Apakah anda memperhatikan SWL dari <i>Overhead Crane</i> sendiri?	0,003
e. Apakah anda menghitung berat material yang akan diangkat?	0,004
Total	0,017
4. Persiapan Alat Bantu Angkat (ABA)	
a. Apakah anda memilih Alat Bantu Angkat yang sesuai dengan benda yang akan diangkat?	0,002
b. Apakah anda memastikan bahwa SWL <i>lifting accesories</i> di atas berat benda yang akan diangkat?	0,002
c. Apakah anda memasang <i>lifting accesories</i> sesuai dengan <i>lifting plan</i> ?	0,002
d. Apakah anda menggunakan <i>shortening</i> untuk memperpendek rantai?	0,003

Variabel Pekerjaan Pemasangan dan Pembongkaran	Nilai HEP
Total	0,009
5. Sistem Pengikatan untuk Benda Berbentuk Persegi	
a. Sistem Pengikatan Tegak Tunggal (Vertical Hitch)	0,004
b. Sistem Pengikatan Tali Kekang (Bridle Hitch)	0,004
c. Sistem Pengikatan Basket (Basket Hitch)	0,005
d. Sistem Pengikatan Basket Tunggal	0,005
e. Sistem Pengikatan Basket Ganda	0,005
f. Sistem Pengikatan Lilit Basket Ganda	0,005
g. Sistem Pengikatan Jerat (Choker Hitch)	0,004
h. Sistem Pengikatan Jerat Tunggal	0,005
i. Sistem Pengikatan Jerat Ganda	0,005
j. Sistem Pengikatan Lilit Jerat Ganda	0,004
k. Sistem Pengikatan Sling Tanpa Ujung (Endless Sling/Gromment Sling)	0,004
Total	0,05
Variabel Pekerjaan Pemasangan dan Pembongkaran	
5. Sistem Pengikatan untuk Benda Berbentuk Regular	
a. Sistem Pengikatan Tegak Tunggal (Vertical Hitch)	0,004
b. Sistem Pengikatan Tali Kekang (Bridle Hitch)	0,003
c. Sistem Pengikatan Basket (Basket Hitch)	0,004
d. Sistem Pengikatan Basket Tunggal	0,005
e. Sistem Pengikatan Basket Ganda	0,004
f. Sistem Pengikatan Lilit Basket Ganda	0,004
g. Sistem Pengikatan Jerat (Choker Hitch)	0,003
h. Sistem Pengikatan Jerat Tunggal	0,005
i. Sistem Pengikatan Jerat Ganda	0,005
j. Sistem Pengikatan Lilit Jerat Ganda	0,005
k. Sistem Pengikatan Sling Tanpa Ujung (Endless Sling/Gromment Sling)	0,004
Total	0,046
5. Sistem Pengikatan untuk Benda Berbentuk Non Regular	
a. Sistem Pengikatan Tegak Tunggal (Vertical Hitch)	0,004
b. Sistem Pengikatan Tali Kekang (Bridle Hitch)	0,005
c. Sistem Pengikatan Basket (Basket Hitch)	0,004
d. Sistem Pengikatan Basket Tunggal	0,003
e. Sistem Pengikatan Basket Ganda	0,004
f. Sistem Pengikatan Lilit Basket Ganda	0,003
g. Sistem Pengikatan Jerat (Choker Hitch)	0,005
h. Sistem Pengikatan Jerat Tunggal	0,003
i. Sistem Pengikatan Jerat Ganda	0,003
j. Sistem Pengikatan Lilit Jerat Ganda	0,004
k. Sistem Pengikatan Sling Tanpa Ujung (Endless Sling/Gromment Sling)	0,005

Variabel Pekerjaan Pemasangan dan Pembongkaran	Nilai HEP
Total	0,043
6. Pengoperasian Overhead Crane	
a. Apakah anda memahami tombol pada remote?	0,002
b. Apakah anda memeriksa kondisi remote sebelum mengoperasikan OHC?	0,003
Total	0,005
7. Pembersihan OHC	
a. Apakah anda mematikan OHC setelah digunakan?	0,003
b. Apakah anda memastikan bahwa posisi Hook aman setelah digunakan?	0,002
c. Apakah anda memposisikan Hook di luar jalur hijau?	0,003
d. Apakah anda melakukan Autonomous Maintenance sesuai dengan Document No. AM-47 setelah menggunakan OHC?	0,003
Total	0,011

Sehingga dari perhitungan HEP di atas sudah dapat diketahui masing-masing besar HEP dari setiap tugas dan sub-tugas dari pekerjaan pemasangan dan pembongkaran menggunakan OHC.

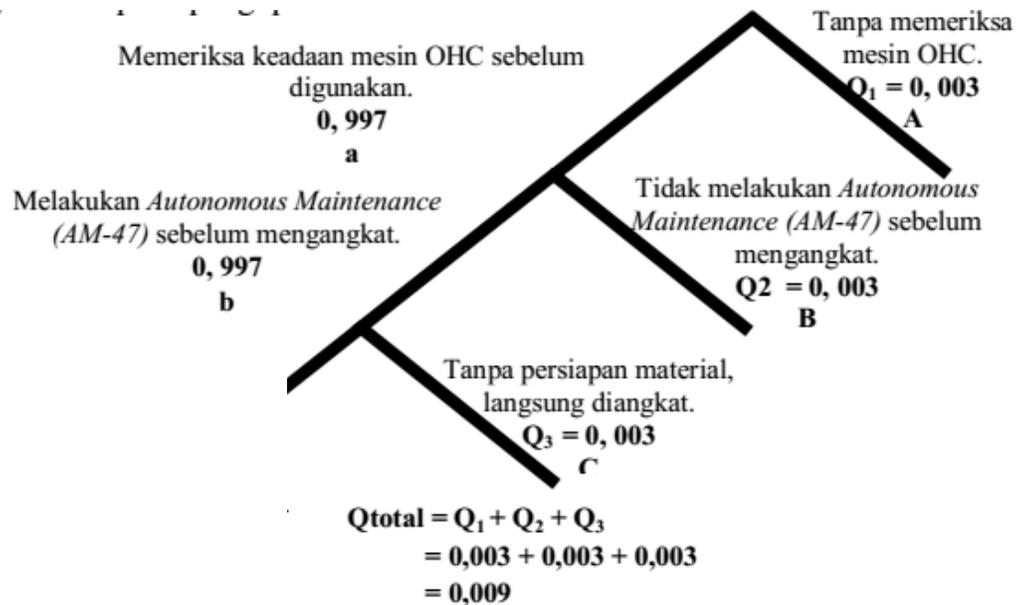
Hasil yang sudah didapatkan dari perhitungan HEP di atas menunjukkan bahwa pengangkatan paling sulit adalah pengangkatan yang dilakukan terhadap benda yang berbentuk bulat. Sedangkan yang paling mudah adalah benda yang berbentuk non regular. Menurut kondisi yang ada di lapangan, di PT. X benda yang berbentuk bulat memang sulit ketika dilakukan pekerjaan pengangkatan karena benda bulat akan memiliki potensi paling besar untuk jatuh ketika diangkat. Hal ini disebabkan karena benda yang berbentuk bulat sebenarnya memiliki prosedur pengangkatan paling kompleks. Tapi terkadang operator lalai atau tidak melaksanakan prosedur yang seharusnya. Misalnya sebelum dilakukan pengangkatan harus dilakukan sistem pengangkatan yang baik dan benar, pemasangan *lifting lug*, dan perhitungan SWL yang tepat.

Pada kondisi lapangan yang ada, operator hanya memperkirakan dimana letak SWL yang tepat, tanpa menghitungnya. Jika benda tersebut adalah persegi, maka tidak masalah ketika langsung diangkat, karena benda persegi tidak akan mudah goyang ketika diangkat, sama halnya pada benda yang berbentuk regular. Sedangkan pada benda non regular atau dengan bentuk yang tidak teratur bisa dilakukan pembungkusan. Namun pada benda berbentuk bulat paling baik adalah dipasang *lifting lug* dengan cara mengelasnya. Pekerjaan ini membutuhkan waktu yang lama, sehingga kebanyakan operator langsung menggunakan sistem pengikatan basket atau gendong yang bisa menyebabkan benda bulat dapat jatuh ketika diangkat karena mudah berotasi dan menggelinding kecil dalam tali yang mengangkatnya sehingga dapat mempengaruhi perubahan stabilitas dari pengangkatan tersebut.

Selain itu ada beberapa faktor penting yang mempengaruhi pekerjaan pengangkatan ini sesuai dengan *Performance Shaping Factor* (PSF) yang tersirat dalam HTA yang telah dibuat di langkah pengerjaan pertama (Swain, 1989).

Membuat Konstruksi HRA Diagram peristiwa.

Pada sebuah diagram peristiwa, masing-masing tugas yang dilakukan memiliki dua garis, sukses dan gagal. Sukses biasanya diperlihatkan pada garis menurun diagonal dan serong ke kiri, sementara gagal ditunjukkan oleh garis menurun dan serong ke kanan. Berikut adalah HRA Diagram peristiwa dari masing-masing tugas yang kritikal pada pengoperasian OHC di PT. X:

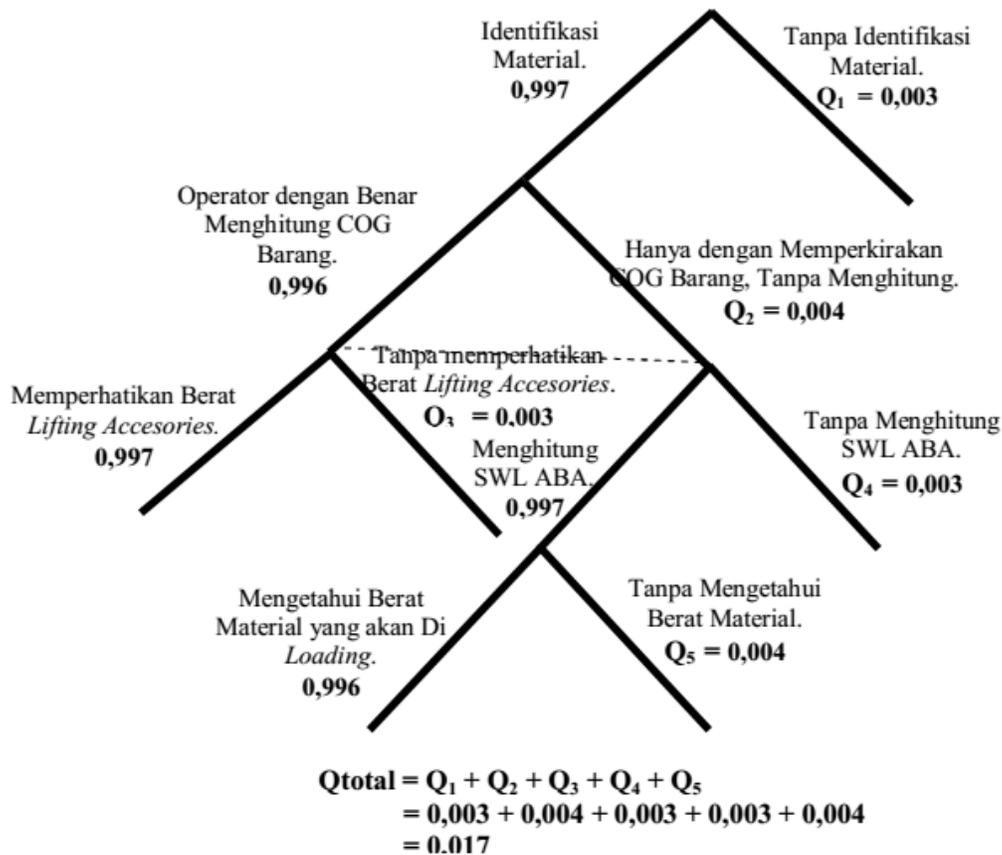


Gambar 2. HRA Diagram peristiwa pada Pengecekan Mesin OHC.

Pendesripsian dilengkapi dengan besar HEP tugas ditunjukkan pada masing-masing garis pada pohon. Dan harus berjumlah 1 antara garis kanan dan kiri. Garis sukses dari tugas dilambangkan huruf kecil, sementara garis gagal dilambangkan sebagai huruf besar.

Pada Gambar 2 di atas dapat dilihat bahwa pengecekan mesin OHC sebelum digunakan sangatlah penting. Namun dari prosedur yang sudah dibuat terkadang operator dapat lalai atau gagal dalam melakukan prosedur. Besarnya kegagalan atau HEP pada Q_{total} adalah 0,009. Agar jumlah HEP tersebut dapat bernilai nol, maka dapat diberikan *administrative control* berupa prosedur yang bersifat formal dan standar pengoperasian disosialisasikan dan dilaksanakan dengan tegas.

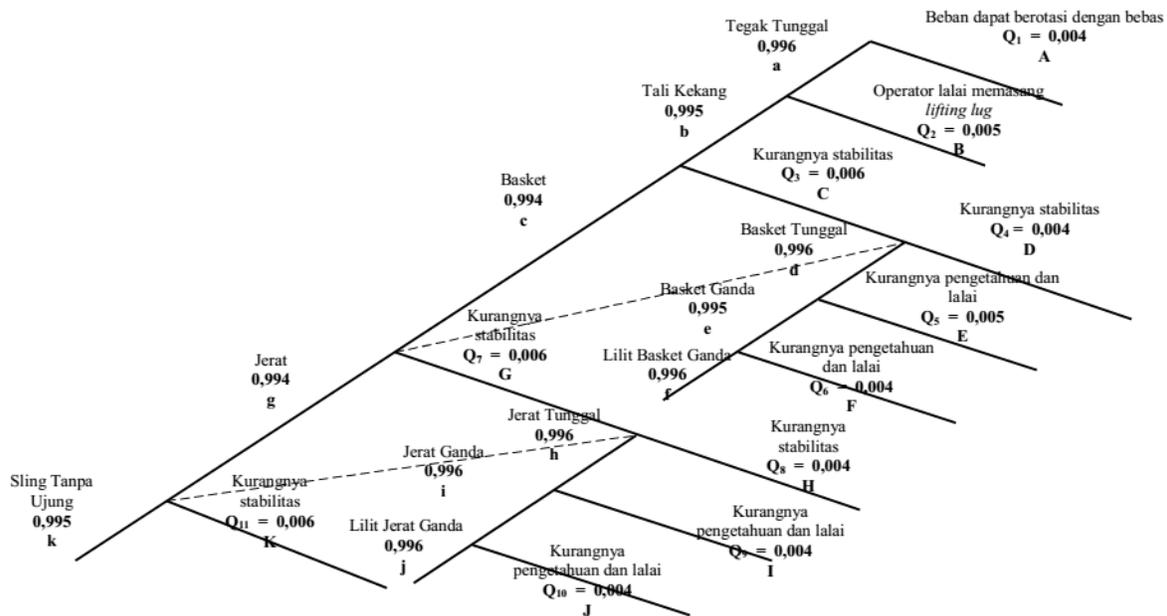
Pada HRA Diagram peristiwa yang kedua yang ditunjukkan pada Gambar 3 yaitu HRA Diagram peristiwa pada tugas persiapan material menunjukkan bahwa HEP paling besar adalah ketika perhitungan *Centre of gravity*.



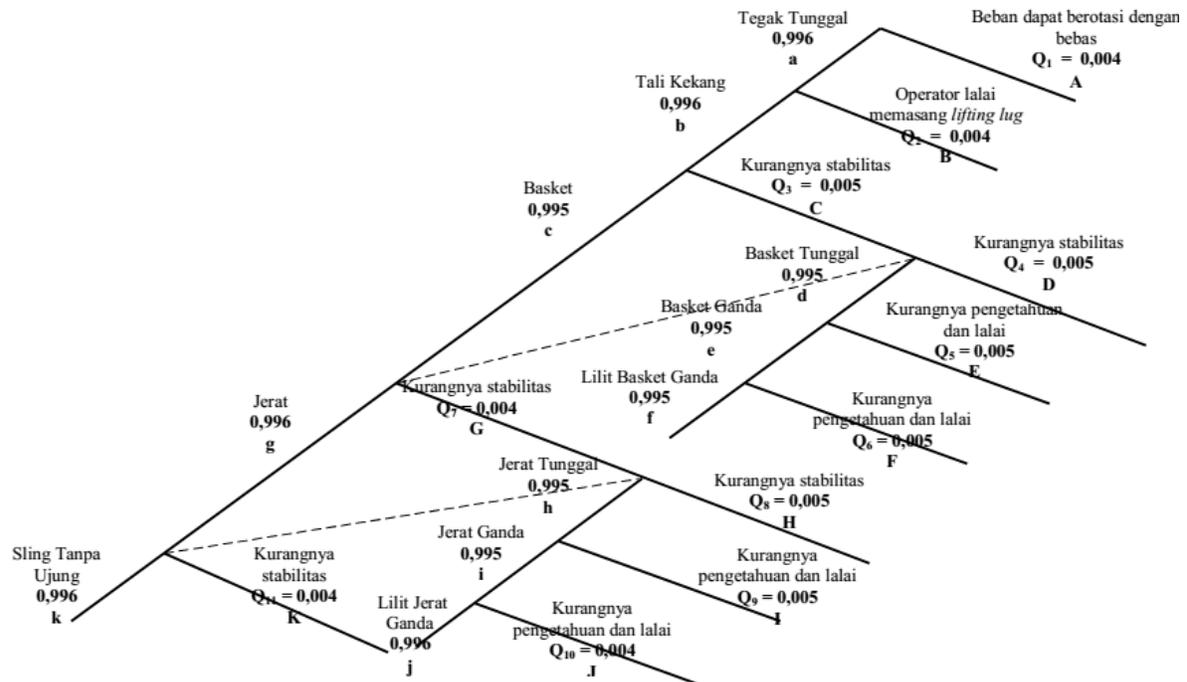
Gambar 3. HRA Diagram peristiwa Persiapan Material

Hal ini menunjukkan bahwa operator seringkali hanya memperkirakan, tanpa melakukan perhitungan secara tepat mengenai SWL dan berat material tersebut. Sehingga apabila COG tidak berada pada posisi yang tepat, maka barang ketika diangkat dapat berpengaruh terhadap stabilitasnya. Garis putus-putus pada pada tahap perhitungan COG ini menunjukkan operator tidak melakukannya sesuai dengan prosedur yaitu perhitungan COG harus dilakukan secara tepat, namun hanya dilakukannya dengan cara memperkirakannya. Hal ini disebabkan karena PSF sangat berpengaruh pada kinerja operator.

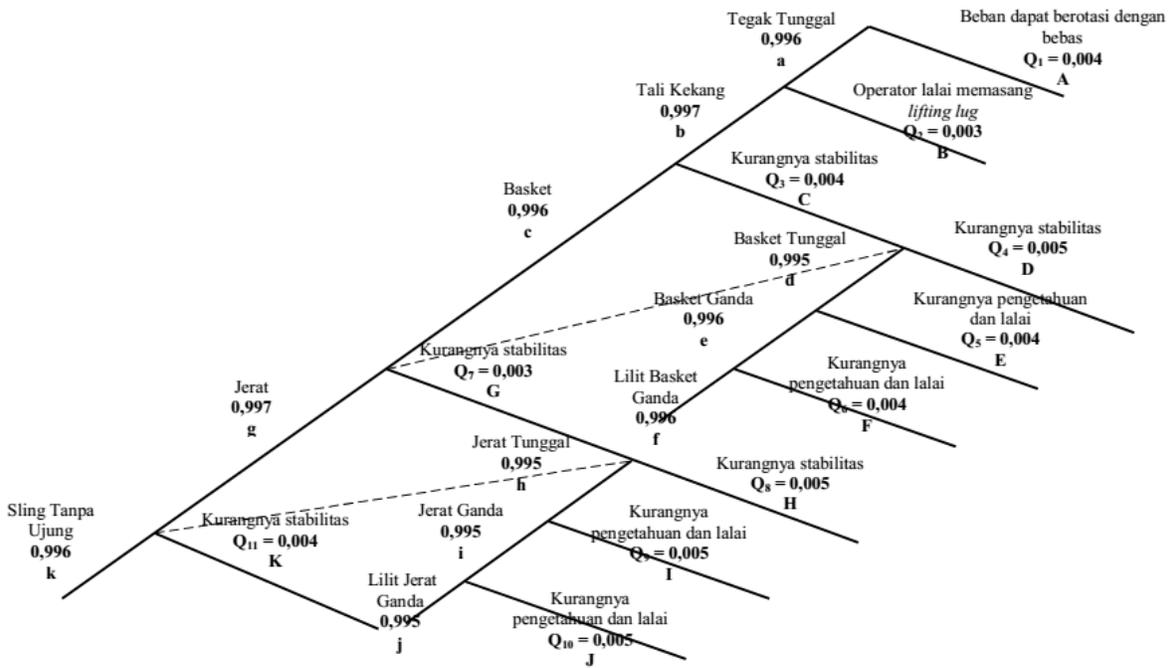
Karena itu rekomendasi yang dapat diberikan adalah pengawasan oleh inspektor OHC ketika dilakukan pekerjaan pengangkatan pada benda yang atau pemberian label atau tanda SWL pada setiap *lifting accesories* yang digunakan. Dan tanda atau label ini harus dijaga melalui perawatan rutin agar tidak hilang. Perawatan rutin disini adalah sesuai dengan ASME B30.2, yaitu perawatan harian dan secara periodik pada alat angkat dan *lifting accesories*. Dan untuk perhitungan COG harus dilakukan oleh inspektor OHC sebelum dilakukan pekerjaan pengangkatan. Namun tetap diberikan bekal berupa pelatihan sebagai upaya untuk memberikan pengetahuan kepada operator.



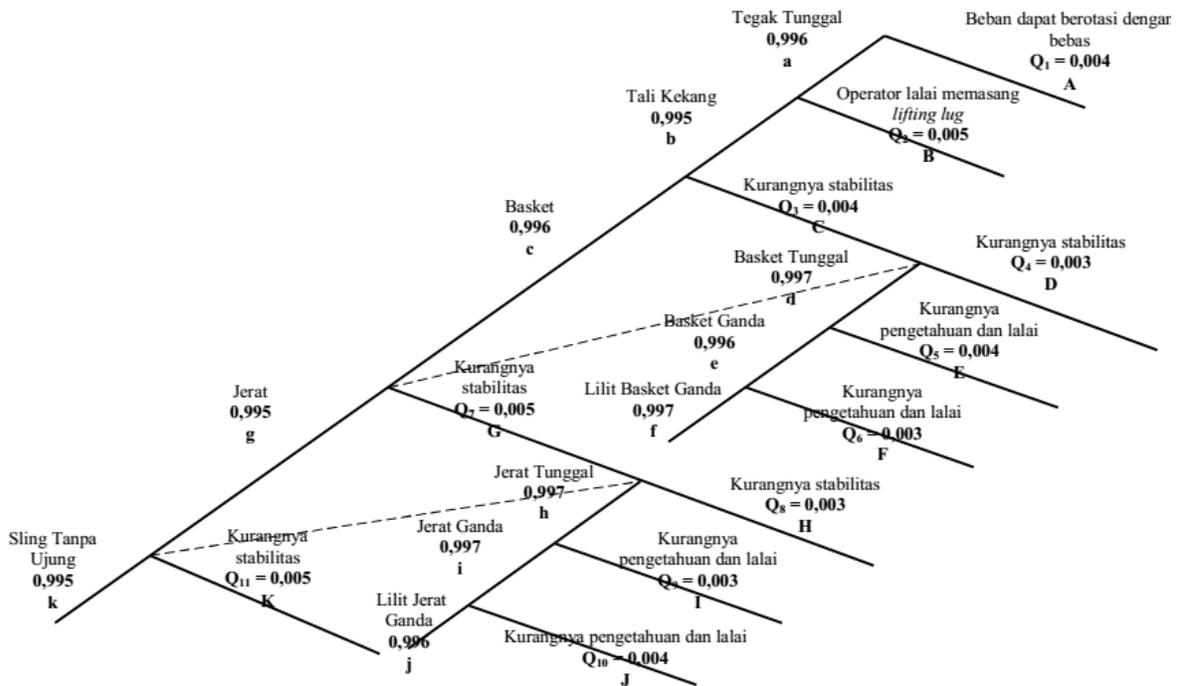
Gambar 4. HRA Diagram peristiwa Sistem Pengikatan Benda Bulat



Gambar 5. HRA Diagram peristiwa Sistem Pengikatan Benda Persegi

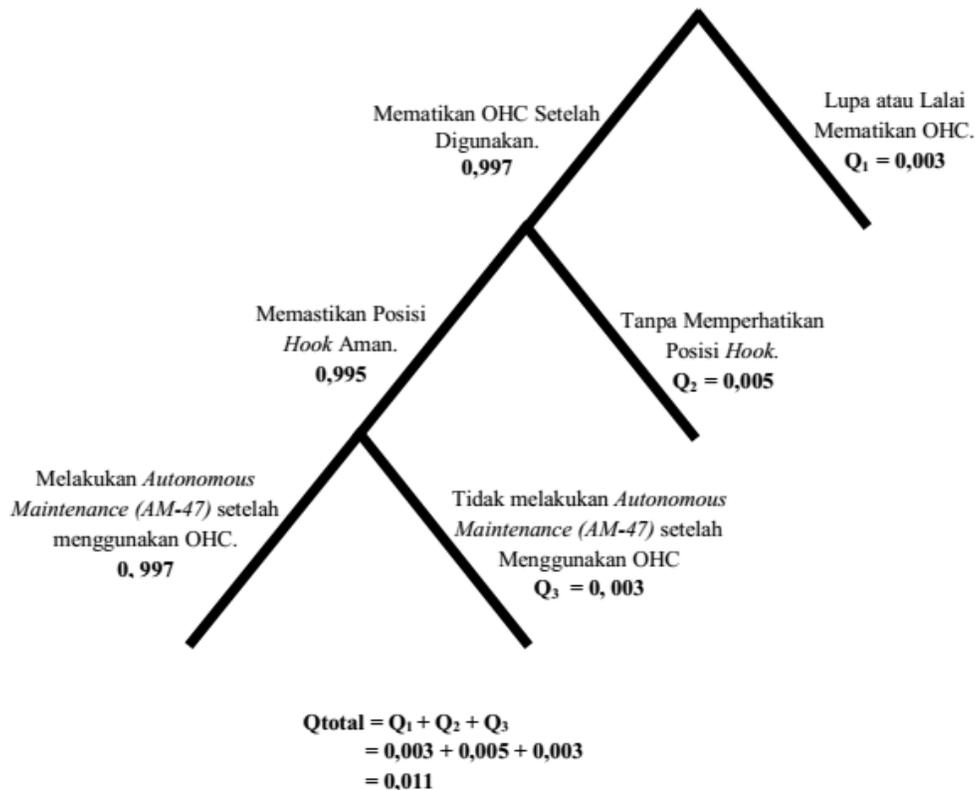


Gambar 6. HRA Diagram peristiwa Sistem Pengikatan Benda Regular



Gambar 7. HRA Diagram peristiwa Sistem Pengikatan Benda Non Regular

Pada Gambar 4 sampai 7 menunjukkan bentuk dari HRA Diagram peristiwa untuk sistem pengikatan pada setiap bentuk benda, yaitu bulat, persegi, regular dan non regular. Telah dijelaskan pada tahap sebelumnya pada penelitian ini bahwa sistem pengangkatan paling sulit adalah benda yang berbentuk bulat dilihat dari jumlah total HEP yang paling besar yaitu 0,051. Dan paling mudah adalah benda berbentuk non regular dengan nilai total HEP yaitu 0,043. Dari nilai-nilai hasil perhitungan HEP dan *risk assessment* dari HRA Diagram peristiwa di atas maka dapat diketahui oleh PT. X sistem pengikatan mana yang paling cocok dari masing-masing bentuk benda, sehingga dapat diberikan pelatihan untuk operator mengenai sistem pengikatan benda ketika melakukan pekerjaan pengangkatan.



Gambar 8 HRA diagram peristiwa untuk Tahap Pembersihan OHC

Pada Gambar 8 di atas mengenai HRA diagram peristiwa pada tahap pembersihan OHC. Artinya tahap ini dilakukan sebagai tahap akhir setelah menggunakan mesin. Namun terkadang operator lalai dalam melakukannya. Dalam hasil perhitungan, didapatkan total HEP dalam tahap akhir ini sebesar 0,011. Agar nilai tersebut dapat diminimalisasi maka ketika pelatihan diperlukan untuk melakukan pelatihan tentang apa yang harus dilakukan ketika sudah selesai menggunakan mesin. Pelatihan tersebut dapat berupa peringatan kembali mengenai kontrol panel yang sudah mati atau belum serta lingkungan 5S setelah melakukan pekerjaan pengangkatan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Identifikasi *Human Error Probability* (HEP) dapat dilakukan dengan menggunakan *Technique for Human Error Rate Prediction* (THERP). Dimana langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:
 - a. Perhitungan dengan rumus THERP, dengan hasil HEP adalah pemakaian APD dan membawa SIO 0,004, pengecekan mesin 0,009, persiapan material 0,017, persiapan alat bantu angkat 0,009, sistem pengikatan benda bulat 0,051, sistem pengikatan benda persegi 0,05, sistem pengikatan benda regular 0,046, pengoperasian OHC 0,005 dan pembersihan OHC 0,011. Angka-angka tersebut adalah jumlah besarnya kesalahan manusia yang teridentifikasi pada masing-masing tugas.
 - b. Menentukan efek dari kesalahan manusia pada sistem atau proses, termasuk konsekuensi dari kesalahan yang terdeteksi. Dan dibutuhkan HRA diagram peristiwa dari tugas-tugas yang kritis pada pengoperasian OHC. Tugas-tugas yang akan dibuat HRA diagram peristiwa yaitu pengecekan mesin, persiapan material, sistem pengikatan dari masing-masing bentuk benda serta pembersihan OHC.
 - c. Dan pembuatan dekomposisi tugas sebagai keluaran Tugas Analysis sekaligus sebagai resume penelitian ini.
2. Efek terjadinya kesalahan manusia pada setiap tugas yang kritis dapat dilakukan dengan pembuatan HRA diagram peristiwa.
3. Rekomendasi yang dapat diberikan pada masing-masing tugas yang kritis yaitu:
 - a. Pada tahap pengecekan mesin sebelum digunakan yaitu *administrative control* berupa prosedur yang bersifat formal dan standar pengoperasian disosialisasikan dan *safety briefing* dilaksanakan dengan tegas.
 - b. Pada tahap persiapan material, sistem pengikatan benda dan pembersihan OHC yaitu dengan pengawasan oleh inspektor OHC ketika dilakukan pekerjaan pengangkatan atau pemberian label dan tanda SWL pada setiap *lifting accesories* yang digunakan, perawatan pada mesin dan pelatihan dan peringatan kembali mengenai prosedur pada operator OHC.
 - c. Usulan regulasi yang digunakan.

Adapun saran yang dapat diberikan pada pihak perusahaan, PPNS dan pihak lain dengan adanya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya yaitu dengan menerapkan metode THERP ke dalam objek pekerjaan lain yang memungkinkan. Selain itu, metode THERP dapat dilakukan dengan membandingkan hasil HEP nya dengan hasil HEP metode HRA lainnya.
2. Diharapkan rekomendasi dan nilai HEP ini dapat dijadikan pedoman untuk pihak perusahaan dalam meminimalisasi kesalahan manusia pada pekerjaan pengangkatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Dougherty, E. M. Jr., 1990, *Human Reliability Analysis – Where Shouldst Thou Turn? Reliability Engineering and System Safety*, 29(3), 283-299.
- Feyer, A. M., and A. M. Williamson, 1998, *Human factors in accident modeling*. In: Stellman, J.M. (Ed.), *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*, Fourth Edition, Geneva: International Labour Organisation.
- Kirwan, B., 1994, *A Guide to Practical Human Reliability Assessment*, CRC Press.
- Swain AD and Guttman HE., 1983, *Handbook of human reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications*. US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC, NUREG/CR-1278.
- Swain A. D., 1989, *Comparative Evaluation of Methodes for Human Reliability Analysis (GRS-71)*, Garching, FRG: Gesellschaft für Reaktorsicherheit.