

ANALISIS HUMAN RELIABILITY ASSESSMENT OPERATOR PAPER MACHINE DENGAN METODE FUZZY HEART

Endang Widuri Asih¹, Winarni², Dian Sekarini³
Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri
Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
Email: endang.akprind@gmail.com, diandsekarindi@gmail.com

ABSTRACT

The issue regarding human reliability is quite large. Good human reliability will determine the work environment in a safe, healthy, and optimal work system. PT. Pindo Deli is a manufacturing company engaged in paper making. This company involves a variety of large and dangerous machines, so it must prioritize the occupational safety and health of workers. Based on accident data in January-June 2019 the department PM 1-4 experienced 10 workplace accidents caused by human error with an accident ratio of 65% of all human error events in all departments. On paper machine 4, there were 3 work accidents at different operators. The third accident occurred when the operator was doing the paper connecting activity. One form of effort to measure the contribution of labor to a work risk is one of the Human Reliability Assessment (HRA) methods, namely the Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART). Assessment using the HEART method has uncertainty in the assessment of error risk and human reliability, so that it requires fuzzy linguistic logic. The purpose of this study is to identify the risk of work accidents caused by human error and determine the level of error caused using the Fuzzy (HEART) method. The results showed that work that produced a Human Error Probability (HEP) value of more than 0.5 was in task 2.3, which was throwing paper at the calender machine at 0.74 and task 3.4, which was throwing paper at the pope reel at 0.59. Suggestion for task 2.3 is to provide a long arm wearpack and stretch muscles before work, whereas for task 3.4 you should check the reliability of all tools before use.

Keywords: human error, HRA, Fuzzy HEART, HEP.

INTISARI

Persoalan mengenai keandalan manusia cukup besar. Keandalan manusia yang baik akan menentukan lingkungan kerja secara aman, sehat, dan sistem kerja optimal. PT. Pindo Deli adalah perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang pembuatan kertas. Perusahaan ini melibatkan berbagai macam mesin besar dan berbahaya, sehingga harus mengutamakan keselamatan dan kesehatan kerja pekerja. Berdasarkan data kecelakaan pada bulan Januari-Juni 2019 departemen PM 1-4 mengalami 10 kejadian kecelakaan kerja yang disebabkan oleh *human error* dengan rasio kecelakaan sebesar 65% dari seluruh kejadian *human error* yang ada di seluruh departemen. Pada *paper machine* 4, tercatat ada 3 kecelakaan kerja pada operator yang berbeda. Ketiga kecelakaan tersebut terjadi ketika operator sedang melakukan aktivitas menyambung kertas. Salah satu bentuk usaha untuk mengukur kontribusi tenaga kerja terhadap suatu risiko kerja adalah dengan salah satu metode *Human Reliability Assessment* (HRA) yaitu *Human Error Assessment and Reduction Technique* (HEART). Penilaian menggunakan metode HEART terdapat ketidakpastian dalam penilaian risiko kesalahan dan keandalan manusia, sehingga membutuhkan *logic fuzzy linguistic*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi risiko kecelakaan kerja yang diakibatkan oleh *human error* dan menentukan tingkat *error* yang ditimbulkan menggunakan metode *Fuzzy (HEART)*. Hasil penelitian menunjukkan pekerjaan yang menghasilkan nilai *Human Error Probability* (HEP) lebih dari 0,5 ada pada *task* 2.3 yaitu melempar kertas ke mesin *calender* sebesar 0,74 dan *task* 3.4 yaitu melempar kertas ke *pope reel* sebesar 0,59. Saran untuk *task* 2.3 adalah dengan menyediakan *wearpack* lengan panjang dan melakukan peregangan otot sebelum bekerja, sedangkan untuk *task* 3.4 harus mengecek keandalan seluruh alat sebelum digunakan.

Kata Kunci: *human error*, HRA, *Fuzzy HEART*, HEP.

PENDAHULUAN

Tenaga kerja memiliki kontribusi yang cukup besar dalam sistem operasi untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Tenaga kerja yang tidak memperhatikan kemampuan, keselamatan, dan kesehatan disertai dengan melakukan kelalaian dapat menyebabkan

kesalahan kerja, sehingga penting untuk mengetahui keandalan operator (*human reliability*). Tingkat *human reliability* ditentukan dengan memperhitungkan potensi dalam melakukan kesalahan. Kesalahan manusia didefinisikan sebagai setiap tindakan seseorang yang tidak konsisten dengan pola

perilaku atau prosedur yang telah ditentukan. Kesalahan kerja yang terjadi berpotensi menyebabkan kecelakaan kerja.

Kecelakaan kerja akibat ada kesalahan manusia biasa disebut dengan *human error*. *Human error* didefinisikan sebagai kegagalan manusia dalam melakukan suatu pekerjaan atau menghasilkan pekerjaan yang kurang sesuai dengan tujuan akhir yang ingin dicapai. *Human error* dipengaruhi desain sistem yang tidak memadai, situasi kerja yang buruk, kompleksitas pekerjaan yang tinggi, karakteristik perilaku manusia, kelelahan fisik dan mental, lingkungan kerja serta kebijakan organisasi. Kesalahan kecil dari suatu pekerjaan yang sangat berbahaya dapat berakibat fatal terutama bagi pekerja. Salah satu usaha yang dapat dilakukan dalam rangka mengurangi angka kecelakaan kerja yang disebabkan oleh *human error* adalah dengan menggunakan metode yang mengukur kontribusi tenaga kerja terhadap suatu risiko kerja (Widharto, 2018).

PT. Pindo Deli Pulp and Paper I merupakan salah satu perusahaan dari Group Asia Pulp and Paper (APP) yang bergerak dibidang manufaktur pembuatan kertas. Perusahaan tersebut berlokasi di Kota Karawang, Jawa Barat. Mesin yang berada di pabrik ini berjumlah 7 mesin kertas (paper machine 1-7). Perusahaan manufaktur yang melibatkan berbagai macam mesin besar dan berbahaya harus mengutamakan keselamatan dan kesehatan kerja para pekerja. Kesehatan dan keselamatan kerja serta keandalan pekerja merupakan hal yang sangat penting bagi sebuah perusahaan (Rohmawan, 2016).

Berdasarkan data observasi, pada tanggal 15 Juni 2019 terdapat seorang pekerja penyambung kertas yang mengalami retak pada jari tangan kanan. Jari tangan kanan pekerja terjepit dalam putaran calender roll akibat menggunakan sarung tangan berbahan kain saat bekerja. Sarung tangan tersebut tanpa sengaja ketarik masuk dalam mesin yang sedang berputar. *Supervisor paper machine 4* mengatakan bahwa pekerja tidak boleh menggunakan sarung tangan kain saat menyambung kertas karena mengurangi sensitivitas indra peraba.

Penelitian perlu dilakukan untuk menganalisis tingkat keandalan manusia (*human reliability*). Pada tahapan awal dilakukan analisis terhadap tugas yang harus dilakukan operator dengan menyusun

Hierarchyal Task Analysis (HTA) dari metode *Human Error Assessment and Reduction Technique* (HEART) (Safitri, 2015). HEART digunakan sebagai dasar analisa dan perbaikan (Purwanto, 2014). Penilaian menggunakan metode HEART terdapat ketidakpastian dalam penilaian risiko kesalahan dan keandalan manusia, maka digunakan juga *logic fuzzy* (Prasetyo, 2014). Kombinasi antara HEART dan *fuzzy linguistic* dapat mengurangi subjektivitas dalam menentukan nilai *Assessed Proportion of Effect* (APOE) melalui kriteria pada variabel *linguistic*.

METODOLOGI

Hierarchical Task Analysis (HTA)

HTA merupakan metode *breakdown task* yang paling sering digunakan karena mudah untuk digunakan, detail dan langsung mengenai sasaran. HTA dapat ditampilkan dalam bentuk hierarki diagram atau tabel. *Human Error Assessment and Reduction Technique* (HEART)

Langkah awal dalam penelitian ini, yaitu dengan mengidentifikasi masalah yang ada, lalu melakukan pengumpulan data dengan melakukan observasi, wawancara dan berdasarkan data kecelakaan kerja. *Hierarchical Task Analysis* (HTA) ditampilkan dalam bentuk hierarki diagram atau tabel, untuk mendapatkan gambaran secara rinci mengenai aktivitas yang dikerjakan operator. Tahap selanjutnya adalah dengan mengidentifikasi tugas yang tergolong rawan dan sering terjadi *error* dengan mengelompokkan *critical task* ke dalam tabel *Generic Task Type* (GTT). Penentuan *Error Producing Condition* (EPC) dilakukan oleh pihak *expert* dengan memberikan skor EPC. Berdasarkan skor EPCs maka dilakukan perhitungan efek *error* untuk setiap EPCs yang terjadi.

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan probabilitas *human error* dengan melakukan perkalian antara *assessed effect* dengan nominal *human unreliability*. $Assessed\ Effect\ A_i = [(b_i - 1) \times c_i + 1] \dots\dots\dots (1)$

keterangan:

b_i = Nilai *Error Producing Condition* (EPC)

c_i = Nilai *Assessed Proportion of Effect* (APOE)

Perhitungan probabilitas *human error* dengan melakukan perkalian antara *human*

reliability sesuai *generic task* yang diperoleh dengan nilai EPCs.

Human Error Probability (HEP)

$$HEP_j = a \times AE1 \times AE2 \times AE3 \times \dots \times AEn \quad (2)$$

keterangan:

a = Nilai *Generic Task Type* (GTT)

AE = *Assessed Effect*

HEP = *Human Error Probability* (HEP)

Fuzzy Logic

Penentuan *Assessed Proportion of Effect* (APOE) dilakukan dengan pendekatan *fuzzy linguistic*. Penentuan nilai APOE dilakukan melalui modifikasi *fuzzy linguistic* terhadap penilaian para *expert*.

Tabel 1 *Variable Linguistic*

Variabel Linguistik	(li, mi, ui)
Very Low (VL)	(0, 0.15, 0.3)
Low (L)	(0.1, 0.3, 0.5)
Medium (M)	(0.3, 0.5, 0.7)
High (H)	(0.5, 0.7, 0.9)
Very High (VH)	(0.7, 0.85, 1)

Sumber: Castiglia, 2013

Proses fuzzifikasi dilakukan, untuk mendapatkan nilai yang bernilai tunggal maka dilakukan perhitungan rata-rata geometrik dengan rumus persamaan (3) sebagai berikut:

$$X_g = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n X_i^{f_i}} \quad (3)$$

keterangan:

Xg = rata-rata geometric

n = banyak data (total *expert*)

Xi = skor yang diberikan atau besar data

fi = jumlah *expert* yang memiliki skor Xi

Defuzzifikasi dilakukan dengan menggunakan metode *Center of Gravity* (COG) seperti yang ditampilkan pada persamaan (4) sebagai berikut.

$$F_i = \frac{(u_i - l_i) + (m_i - l_i)}{3} + l_i \quad (4)$$

Sumber: Peng-Cheng (2019)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hierarchical Task Analysis (HTA)

Pada tahap ini setiap proses pekerjaan yang dilakukan oleh operator akan dijabarkan lebih mendetail yaitu dengan bagan-bagan. Penyambungan kertas dilakukan di tiga bagian mesin, dimana setiap bagian memiliki empat aktivitas. HTA dari proses penyambungan kertas di tiga bagian mesin, yaitu *size press* menuju *fourth dryer*, *fifth dryer* menuju *calender*, dan *calender* menuju *pope reel*.

Generic Task Type (GTT)

Pengklasifikasian *Generic Task Type* (GTT) dari aktivitas pekerjaan dilakukan dengan cara pengamatan operator secara langsung di lapangan secara mendetail yaitu mengklasifikasi *task unreability* dari setiap proses pekerjaan.

Possible Error

Setiap task akan dilakukan identifikasi terhadap kemungkinan error yang dapat terjadi pada setiap task. Hasil *possible error* ditunjukkan apada Tabel 2.

Error Producing Condition (EPC)

Setiap task dilakukan identifikasi terhadap kondisi-kondisi yang menyebabkan error menggunakan *Error Producing Condition* (EPC).

Assessed Proportion of Effect dengan Fuzzy linguistic

Penilaian *expert* dinyatakan dalam *variable linguistic* kemudian dikonversikan dalam *fuzzy number* yang ada. Defuzzifikasi dilakukan pada *fuzzy number* untuk mendapatkan nilai crisp menggunakan metode *Center of Gravity* (COG). Tabel asumsi untuk menentukan proporsi kesalahan ditunjukkan pada Tabel 4. Penilaian *expert* tersebut akan dikonversikan ke dalam *fuzzy number* seperti dalam tabel 5.

Rata-Rata Geometric dan Assessed Proportion Of Effect

Perhitungan rata-rata geometric untuk li pada no. EPC 1a terhadap *fuzzy number expert 1, expert 2, dan expert 3*:

$$X_g = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n X_i^{f_i}}$$

$$X_g = \sqrt[3]{0,3 \times 0,1 \times 0,3}$$

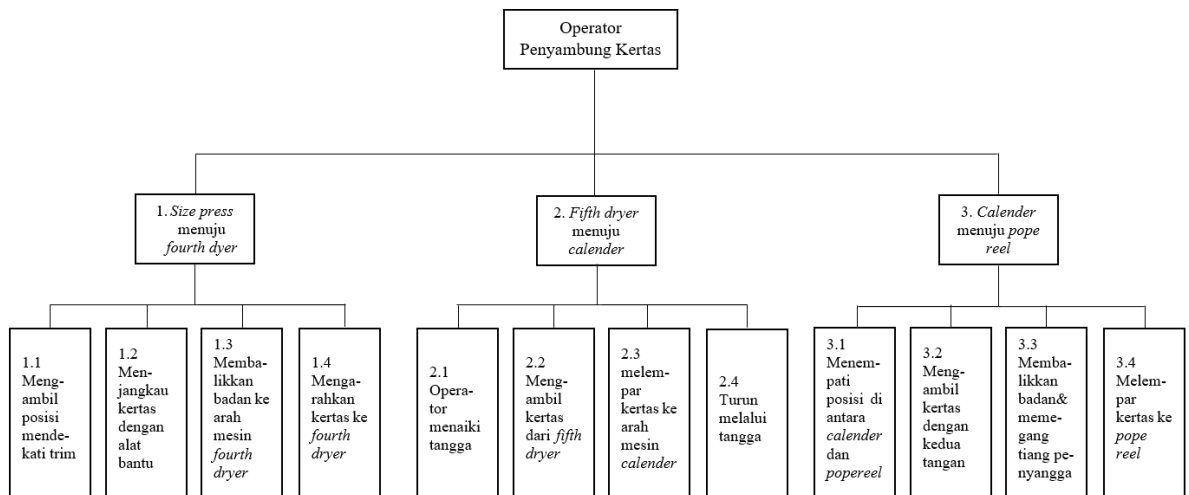
$$X_g = 0,21$$

Berikut merupakan contoh perhitungan defuzzifikasi pada hasil rata-rata geometric pada EPC 1a.

$$F_i(APOE) = \frac{(u_i - l_i) + (m_i - l_i)}{3} + l_i$$

$$F_i(APOE) = \frac{(0,62 - 0,21) + (0,42 - 0,21)}{3} + 0,21$$

$$F_i(APOE) = 0,42$$



Gambar 1 Hierarchical Task Analysis Operator Penyambung Kertas

Tabel 1. Genertic Task Type Operator Penyambung Kertas

No. Task	Task	Generic Task Type	Nominal Human Unreliability	No. Task	Task	Generic Task Type	Nominal Human Unreliability
1.1	Mengambil posisi mendekati mesin <i>size press</i>	D	0,09	2.3	Melempar kertas ke mesin <i>calender</i> dengan membalikkan badan serta posisi kaki kiri di depan dan kaki kanan ke belakang	E	0,02
1.3	Balik kanan dengan kaki kiri setengah meloncat ke arah mesin <i>fourth dryer</i>	E	0,02	2.4	Turun melalui tangga	D	0,09
1.4	Melempar kertas dan mengarahkan ke mesin <i>fourth dryer</i>	E	0,02	3.2	Mengambil kertas dengan kedua tangan	E	0,02
2.1	Operator menaiki tangga mendekati mesin <i>fifth dryer</i>	D	0,09	3.3	Berbalik badan dengan tangan kanan berpegangan pada tiang penyangga	D	0,09
2.2	Mengambil kertas yang keluar dari mesin <i>fifth</i>	E	0,02	3.4	Melempar kertas ke <i>pope reel</i>	E	0,02

dryer dengan kedua tangan dan posisi kaki melebar	dengan tangan kiri
---	--------------------

Tabel 2 Possible Operator Error Penyambung Kertas

No. Task	Possible Error	No. Task	Possible Error
1.1	Operator tidak memperhatikan jalan yang dilalui	2.3	Operator tidak fokus ketika melakukan tugas dan terjadi salah posisi tubuh
	Terpapar bahan kimia		
	Tersentuh pipa panas		
1.3	Operator tidak menjaga keseimbangan dan salah posisi	2.4	Operator tidak memperhatikan jalan
1.4	Bagian tubuh terlalu dekat dengan mesin	3.2	Operator tidak merendahkan kepala
2.1	Operator tidak memperhatikan jalan	3.3	Operator mengabaikan aktifitas berpegangan pada tiang penyangga
2.2	Operator tidak menjaga keseimbangan dan posisi badan salah	3.4	Operator tidak fokus ketika melempar kertas

Tabel 3 Error Producing Condition Operator Penyambung Kertas

No. Task	Konsekuensi Kegagalan	No. EPC	Nilai EPC	No. Task	Konsekuensi Kegagalan	No. EPC	Nilai EPC
1.1	Tergelincir jika terdapat oli atau genangan air yang tercecer dan terjatuh dari tangga	1a	4	2.3	Bagian tubuh terutama sobekan kertas dan cidera otot	6c	3
	Gatal-gatal, alergi, cacat	1b	1,2	2.3	Bagian tubuh terutama tangan dan kaki terkena sobekan kertas dan cidera otot	6d	1,2
	Bagian tubuh terluka atau terbakar	1c	2,5	2.4	Terpleset dan terjatuh	7a	4
1.3	Bagian tubuh terluka atau terbakar	2a	11			7b	2
1.3	Bagian tubuh terluka atau terbakar	2b	3		Kepala terbentur mesin scanner	8a	4
		3a	11	3.2	Terjatuh dan terkenal roll mesin	8b	2,5
1.4	Kulit terkena cipratan bahan kimia dan terkena radiasi panas dari mesin	3b	2,5	3.2	Kepala terbentur mesin scanner	8c	1,3
		4a	4			9a	8
2.1	Terjatuh atau tersandung	4b	2	3.3	Terjatuh dan bagian tubuh mengenai roll mesin	9b	3
		5a	4			9c	1,6
2.2	Kepala terbentur besi, tangan terkenal roll mesin, cidera otot, dan badan terjatuh	5b	3			10a	11
		5c	2,5	3.4	Ketidakseimbangan dapat menyebabkan tubuh terlalu condong ke depan hingga tangan terkena nip mesin	10b	4
		5d	1,4			10c	1,8
2.3	Bagian tubuh terutama sobekan kertas dan cidera otot	6a	11			10d	1,6
		6b	4			10e	1,1

Tabel 4 Kriteria Menentukan Asumsi Proporsi Kesalahan

Variable Linguistic	Keterangan
Very Low (V)	EPC tidak terlalu berpengaruh terhadap HEP. Frekuensi kesalahan 1-3 kali setiap bulan.
Low (L)	EPC berpengaruh terhadap HEP. Frekuensi kesalahan 3-5 kali setiap bulan.
Medium (M)	EPC tidak terlalu berpengaruh terhadap HEP. Frekuensi kesalahan 5-7 kali setiap bulan.
High (H)	EPC tidak terlalu berpengaruh terhadap HEP. Frekuensi kesalahan 7-9 kali setiap bulan.
Very High (VH)	EPC tidak terlalu berpengaruh terhadap HEP. Frekuensi kesalahan > 9 kali setiap bulan.

Tabel 5 Penilaian *Expert* untuk Setiap EPC Menyambung Kertas

No. Task	No. EPC	Assessed Proportion of Effect			No. Task	No. EPC	Assessed Proportion of Effect		
		Expert 1	Expert 2	Expert 3			Expert 1	Expert 2	Expert 3
1.1	1a	Medium	Low	Medium	2.3	6c	Low	Very Low	Low
	1b	Medium	Medium	Medium		6d	High	High	High
	1c	Medium	High	High	2.4	7a	Medium	High	High
1.3	2a	Medium	Medium	High		7b	Low	Medium	Medium
1.3	2a	Very Low	Very Low	Low	8a	Medium	High	High	
1.4	3a	Medium	High	High	3.2	8b	High	Medium	Medium
	3b	High	High	High		8c	Medium	Medium	High
2.1	4a	Medium	Medium	Medium	9a	Low	Low	Very Low	
2.1	4b	Low	Very Low	Very Low	3.3	9b	Very Low	Very Low	Low
2.2	5a	Medium	High	High		9c	Low	Very Low	Low
	5b	Very Low	Very Low	Very Low	10a	High	Medium	High	
2.2	5c	High	Medium	High	10b	Low	Medium	Medium	
	5d	Low	Very Low	Very Low	3.4	10c	High	High	High
2.3	6a	Very High	High	Very High		10d	Low	Very Low	Low
	6b	Medium	High	High	10e	Very Low	Low	Very Low	

Tabel 6. Konversi Penilaian *Expert* 1, 2, dan 3 ke dalam Fuzzy Number Menyambung Kertas

EPC	Expert 1			Expert 2			Expert 3			EPC	Expert 1			Expert 2			Expert 3		
	li	mi	ui	li	mi	ui	li	mi	ui		li	mi	ui	li	mi	ui	li	mi	ui
1a	0,3	0,5	0,7	0,1	0,3	0,5	0,3	0,5	0,7	6c	0,1	0,3	0,5	0	0,15	0,3	0,1	0,3	0,5
1b	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	6d	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9
1c	0,3	0,5	0,7	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	7a	0,3	0,5	0,7	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9

2a	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0,5	0,7	0,9	7b	0,1	0,3	0,5	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7
2b	0	0,15	0,3	0	0,15	0,3	0,1	0,3	0,5	8a	0,3	0,5	0,7	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9
3a	0,3	0,5	0,7	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	8b	0,5	0,7	0,9	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7
3b	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	8c	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0,5	0,7	0,9
4a	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	9a	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5	0	0,15	0,3
4b	0,1	0,3	0,5	0	0,15	0,3	0	0,15	0,3	9b	0	0,15	0,3	0	0,15	0,3	0,1	0,3	0,5
5a	0,3	0,5	0,7	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	9c	0,1	0,3	0,5	0	0,15	0,3	0,1	0,3	0,5
5b	0	0,15	0,3	0	0,15	0,3	0	0,15	0,3	10a	0,5	0,7	0,9	0,3	0,5	0,7	0,5	0,7	0,9
5c	0,5	0,7	0,9	0,3	0,5	0,7	0,5	0,7	0,9	10b	0,1	0,3	0,5	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7
5d	0,1	0,3	0,5	0	0,15	0,3	0	0,15	0,3	10c	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9
6a	0,7	0,85	1	0,5	0,7	0,9	0,7	0,85	1	10d	0,1	0,3	0,5	0	0,15	0,3	0,1	0,3	0,5
6b	0,3	0,5	0,7	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	10e	0	0,15	0,3	0,1	0,3	0,5	0	0,15	0,3

Assessed Effect (AE)

Perhitungan Assessed Effect (AE) dilakukan pada masing-masing EPC di setiap task. Rumus pada perhitungan Assessed Effect (AE) dapat dilihat pada rumus (1). Berikut merupakan contoh perhitungan Assessed Effect (AE) pada EPC 1a.

$$AE_i = [(b_i-1) \times F_i + 1]$$

$$AE_i = [(4-1) \times 0,42 + 1]$$

$$AE_i = 2,26$$

Hasil dari perhitungan Assessed Proportion of Effect (APOE) dan Assessed Effect (AE) di masing-masing EPC pada operator penyambung kertas di paper machine 4 dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Nilai AE pada masing-masing EPC Operator Penyambung Kertas

No	APOE	Nominal EPC	AE	No	APOE	Nominal EPC	AE
1a	0,42	4	2,25	6c	0,22	3	1,44
1b	0,5	1,2	1,1	6d	0,7	1,2	1,14
1c	0,63	2,5	1,94	7a	0,63	4	2,88
2a	0,56	11	6,62	7b	0,42	2	1,42
2b	0,18	3	1,37	8a	0,63	4	2,88
3a	0,63	11	7,28	8b	0,56	2,5	1,84
3b	0,7	2,5	2,05	8c	0,56	1,3	1,17
4a	0,5	4	2,51	9a	0,22	8	2,56
4b	0,18	2	1,18	9b	0,18	3	1,37
5a	0,63	4	2,88	9c	0,22	1,6	1,13
5b	0,15	3	1,3	10a	0,63	11	7,28
5c	0,63	2,5	1,94	10b	0,42	4	2,25
5d	0,18	1,4	1,07	10c	0,7	1,8	1,56
6a	0,8	11	8,98	10d	0,22	1,6	1,13
6b	0,63	4	2,88	10e	0,18	1,1	1,02

Human Error Probability (HEP)

Nilai HEP didapatkan dari perkalian antara generic task dan nilai Assessed Effect (AE) sehingga didapat nilai probabilitas terjadi suatu kesalahan atau kegagalan manusia terhadap aktivitas yang dikerjakan. Berikut

merupakan contoh perhitungan HEP operator penyambung kertas pada task 1.1.

$$HEP_j = a \times AE_1 \times AE$$

$$= 0,09 \times 2,25 \times 1,1 \times 1,94$$

$$= 0,43$$

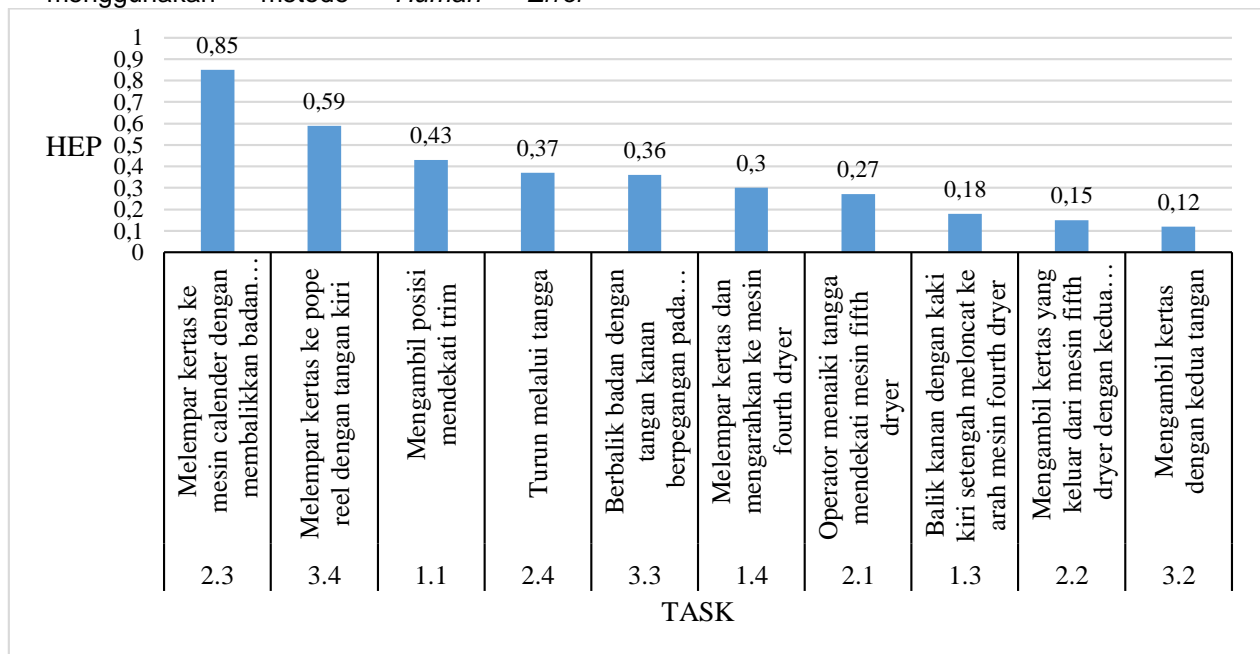
Tabel 8 Rekap Nilai Human Error Probability (HEP) Operator Penyambung Kertas

No. Task	Nominal Human Unreliability	No. EPC	Nilai EPC	APOE	AE	HEP
1.1	0,09	1a	4	0,42	2,25	0,43
		1b	1,2	0,5	1,1	
		1c	2,5	0,63	1,94	
1.3	0,02	2a	11	0,56	6,62	0,18
		2b	3	0,18	1,37	
1.4	0,02	3a	11	0,63	7,28	0,3
		3b	2,5	0,7	2,05	
2.1	0,09	4a	4	0,5	2,51	0,27
		4b	2	0,18	1,18	

2.2	0,02	5a	4	0,63	2,88	0,15
		5b	3	0,15	1,3	
		5c	2,5	0,63	1,94	
		5d	1,4	0,18	1,07	
2.3	0,02	6a	11	0,8	8,98	0,85
		6b	4	0,63	2,88	
		6c	3	0,22	1,44	
		6d	1,2	0,7	1,14	
2.4	0,09	7a	4	0,63	2,88	0,37
		7b	2	0,42	1,42	
3.2	0,02	8a	4	0,63	2,88	0,12
		8b	2,5	0,56	1,84	
		8c	1,3	0,56	1,17	
3.3	0,09	9a	8	0,22	2,56	0,36
		9b	3	0,18	1,37	
		9c	1,6	0,22	1,13	
3.4	0,02	10a	11	0,63	7,28	0,59
		10b	4	0,42	2,25	
		10c	1,8	0,7	1,56	
		10d	1,6	0,22	1,13	
		10e	1,1	0,18	1,02	

Nilai *Human Error Probability* (HEP) pada operator penyambung kertas menggunakan metode *Human Error*

Assessment and Reduction Technique (HEART) ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2 Grafik Nilai HEP Pada Operator Penyambung Kertas

Gambar tersebut menjelaskan akumulasi dari HEP tertinggi sampai terendah. Nilai HEP yang semakin tinggi menunjukkan bahwa peluang *error* yang ditimbulkan juga cukup besar. *Task* yang paling berpotensi terjadi

suatu *human error* adalah *task* 2.3 dan 3.4, pekerjaan tersebut memiliki nilai HEP lebih dari 0,5 satuan. *Task* 2.3 yaitu melempar kertas ke mesin *calender* dengan membalikkan badan serta posisi kaki kiri di

depan dan kaki kanan ke belakang memiliki HEP sebesar 0,85. *Task 3.4* yaitu melempar kertas ke *pope reel* dengan tangan kiri memiliki HEP sebesar 0,59.

Task 2.3 yaitu melempar kertas ke mesin *calender* dengan membalikkan badan serta posisi kaki kiri di depan dan kaki kanan ke belakang dapat menimbulkan risiko tangan terkena sobekan kertas dan cedera otot. Tangan terkena sobekan kertas diakibatkan operator yang tidak menggunakan *wearpack* lengan panjang. Hal ini disebabkan perusahaan tidak menyediakan *wearpack* lengan panjang. Beberapa operator bekerja hanya dengan menggunakan kaos, hal ini disebabkan lingkungan kerja yang panas dan sirkulasi udara yang kurang memadai. Risiko cedera otot juga dialami operator akibat gerakan membalikkan tubuh dengan tenaga yang besar dan tiba-tiba. Peregangan tubuh sebelum bekerja sangat diperlukan agar otot dapat rileks dan tidak kaku sehingga kemungkinan terjadi kram dan cedera otot akan berkurang.

Task 3.4 yaitu melempar kertas ke *pope reel* dengan tangan kiri dapat menimbulkan risiko tangan operator masuk ke dalam *roll* mesin. Risiko ini dapat terjadi oleh beberapa hal, yaitu ketidakandalan alat bantu pegangan, operator yang tidak fokus dan terburu-buru, serta penggunaan APD yang tidak tepat. Rekomendasi perbaikan yang seharusnya dilakukan adalah selalu mengecek keandalan alat sebelum digunakan. Operator harus fokus karena berhadapan dengan mesin yang cukup berbahaya, dan mentaati *work instruction* yang sudah ada.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis penelitian yang dilakukan di PT. Pindo Deli khususnya di *paper machine 4* mengenai keselamatan operator menggunakan metode *Fuzzy Human Error Assessment and Reduction Technique* (HEART) didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Risiko potensi kecelakaan kerja pada operator penyambung kertas yaitu tergelincir, terpapar bahan kimia, terbakar, terjatuh, cedera otot, tersayat, terbentur, dan patah tulang.
2. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa terdapat 2 *task* yang memiliki HEP lebih dari 0,5, yaitu *task 2.3* dan *task 3.4*. *Task 2.3* menghasilkan nilai HEP sebesar 0,85 yaitu pada saat melempar kertas ke mesin *calender* dan *task 3.4* sebesar 0,59 yaitu

pada saat melempar kertas ke *pope reel*. Nilai HEP terendah ada pada *task 3.2* yaitu mengambil kertas dengan kedua tangan dari mesin *calender*.

DAFTAR PUSTAKA

- Castiglia, F., dan Giardina, M., 2013, *Analysis of Operator Human Errors in Hydrogen Refuelling Stations: Comparison Between Human Rate Assessment Techniques*, *International Journal*, 38: 1166-1176.
- Iridiastadi, H. dan Yassierli, 2016, *Ergonomi: Suatu Pengantar*, Bandung: Rosdakarya.
- Kusumadewi, S., dan Hari, P., 2004, *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Mendukung Keputusan*, Grha Ilmu: Yogyakarta.
- Meister, D., 1976, *Human Factors: Theory and Practice*. John Wiley & Sons Inc: New York.
- Peng-Cheng, L., dkk, 2010, *Fuzzy Logic Based Approach for Identifying The Risk Importance of Human Error*. Safety Science.
- Prasetyo.H., dan Sutisna,U.,(2014), *Implementasi Algoritma Logika Fuzzy untuk Sistem Pengaturan Lampu Lalu Lintas Menggunakan Mikrokontroler*, Sekolah Tinggi Teknik Wiworotomo: Purwokerto.
- Purwanto,dkk., 2014, *Analisis Human Error Operator Mesin Ring Yarn Dengan Metode Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART)*, Universitas Muhammadiyah Surakarta: Solo.
- Rigby, L.V., 1970, *The Nature of Human Error Annual Technical Conference Transactions of the ASQC*. American Society for Quality Control: USA.
- Rohmawan,F. dan Palupi,D.R., 2016, *Penggunaan Metode HEART dan JSA Sebagai Upaya Pengurangan Human Error Pada Kecelakaan Kerja di Departemen Produksi*, *Jurnal Teknik Industri* (17)(1), Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Safitri,D.M.,dkk, 2015, *Human Reliability Assessment dengan Metode Human Error Assessment and Reduction Technique Pada Operator Stasiun Shroud PT. X*, *Jurnal Rekayasa Industri* (4)(1), Universitas Trisakti: Jakarta.
- Widharto,Y.,dkk, 2018, *Analisis Human Reliability Assessment Dengan Metode HEART (Studi Kasus PT. ABC)*. Universitas Diponegoro: Semarang.