

Analisis *Human Error* pada Pekerjaan *Forming* Perusahaan Beton Pracetak dengan Metode HEART

Salsabilla Resta Damayanti¹, Indri Santiasih² dan Agung Nugroho¹

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

²Program Studi Magister Terapan Teknik Keselamatan dan Resiko, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: indri.santiasih@ppns.ac.id

Abstrak

Perusahaan beton pracetak merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi gorong-gorong, talang air, panel pagar, panel dinding, dan lain sebagainya. Berdasarkan laporan kecelakaan kerja yang didapatkan dari perusahaan, tindakan tidak aman (*unsafe action*) lebih mendominasi sebagai penyebab dari kecelakaan kerja yang terjadi dalam rentang tahun 2021 hingga 2023. 29% kecelakaan kerja akibat tindakan tidak aman disebabkan oleh faktor *human violation* dan 71% disebabkan oleh faktor *human error*. Hasil dari wawancara dengan *chief HSE* perusahaan beton pracetak menyatakan bahwa kecelakaan kerja akibat *human error* paling banyak terjadi pada pekerjaan *forming* yang terdiri dari 3 pekerjaan yaitu pemotongan (*cutting*), penekukan (*bending*), dan pengelasan (*welding*) besi beton. Dari data meningkatnya jumlah kecelakaan kerja pada perusahaan setiap tahunnya, tentu diperlukan penyelidikan kecelakaan yang lebih mendalam guna mewujudkan kondisi nol kecelakaan. Oleh karena itu, diperlukan analisis *human error* pada pekerjaan *forming* menggunakan metode *Human error Assessment and Reduction Technique* (HEART) untuk mengetahui dan menganalisis probabilitas *human error* agar dapat diberikan rekomendasi rekomendasi yang dapat diusulkan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya *human error* pada pekerjaan *forming* perusahaan beton pracetak. Berdasarkan hasil analisis dihasilkan 7 *sub task* dari 3 pekerjaan yang memiliki nilai HEP dengan kategori tinggi. Rekomendasi yang diberikan yaitu berupa pelatihan pada operator, mengevaluasi teknik pengoperasian mesin, pemantauan dan pengawasan rutin terhadap seluruh proses pekerjaan, dan meningkatkan fasilitas dan lingkungan kerja agar lebih mendukung kesehatan dan kenyamanan pekerja.

Kata Kunci: HEART, HEP, HTA, Kesalahan manusia, Pemotongan besi, Penekukan besi, Pengelasan besi

Abstract

Precast concrete companies are manufacturing companies that produce culverts, gutters, fence panels, wall panels, and so on. Based on work accident reports obtained from the company, unsafe actions dominate as the cause of work accidents that occurred in the period 2021 to 2023. 29% of work accidents due to unsafe actions are caused by human violation factors and 71% are caused by human error factors. The results of interviews with the chief HSE of precast concrete companies state that work accidents due to human error occur mostly in forming work which consists of 3 jobs, namely cutting, bending, and welding of rebar. From the data on the increasing number of work accidents in the company every year, of course, a more in-depth accident investigation is needed to realise zero accident conditions. Therefore, it is necessary to analyse human error in forming work using the Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART) method to determine and analyse the probability of human error in order to provide recommendations that can be proposed to reduce the possibility of human error in the forming work of precast concrete companies. Based on the results of the analysis, there are 7 sub tasks from 3 jobs that have high HEP values. The recommendations given are in the form of training for operators, evaluating machine operation techniques, routine monitoring and supervision of the entire work process, and improving work facilities and environments to better support worker health and comfort.

Keywords: HEART, HEP, HTA, Human error, Rebar cutting, Rebar bending, Rebar welding

1. PENDAHULUAN

Perusahaan beton pracetak merupakan perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur yang memproduksi pipa beton pracetak, gorong-gorong, talang air, panel pagar, panel dinding, pembatas jalan, dan tiang pancang. Berdasarkan laporan kecelakaan kerja yang didapatkan dari perusahaan, tindakan tidak aman (*unsafe action*) lebih mendominasi sebagai penyebab dari kecelakaan kerja yang terjadi dalam rentang tahun 2021 hingga 2023. 29% kecelakaan kerja akibat tindakan tidak aman disebabkan oleh faktor *human violation* dan 71% disebabkan oleh faktor *human error*. Hal ini tidak jauh berbeda dengan beberapa studi sebelumnya menunjukkan bahwa 80% hingga 90% kecelakaan kerja diakibatkan oleh kesalahan manusia (Zahroh, 2023). Kecelakaan kerja adalah kejadian saat pekerja sedang bekerja dan dapat mengakibatkan terjadinya luka atau gangguan kesehatan (Apriyan, 2017). Tingkat potensi kecelakaan dan penyakit kerja bergantung pada berbagai faktor, termasuk jenis produksi, teknologi yang digunakan, bahan yang dipakai, desain ruang dan lingkungan bangunan, serta kualitas manajemen dan tenaga kerja yang terlibat. (Rawis, 2016).

Human error dapat didefinisikan sebagai ketidaktepatan atau kekeliruan dalam perilaku yang dilakukan oleh individu, yang berpotensi mengakibatkan penurunan performa dan risiko keselamatan kerja. Dalam Cahyani (2024) Permen Ketenagakerjaan No.05 Tahun 2021 menyatakan bahwa kecelakaan kerja dapat terjadi dalam hubungan kerja, termasuk kecelakaan yang terjadi saat dalam perjalanan dari rumah menuju tempat kerja maupun penyakit yang disebabkan oleh lingkungan kerja. Ada tiga jenis kecelakaan kerja yaitu kecelakaan yang menyebabkan kerugian (accident), kecelakaan yang tidak menyebabkan kerugian (incident), dan kecelakaan yang hampir terjadi (near miss) (Sholihah, 2018).

Hasil dari wawancara dengan *chief* HSE perusahaan beton pracetak menyatakan bahwa kecelakaan kerja akibat *human error* paling banyak terjadi pada pekerjaan *forming*. *Human error* dapat didefinisikan sebagai tindakan atau perilaku yang memiliki potensi untuk mengurangi efektivitas, keamanan, dan performa suatu sistem (Sanders & McCormick, 1993). Mengidentifikasi penyebab *human error* merupakan langkah penting untuk memahami akar permasalahan kesalahan dan mengimplementasikan langkah-langkah pencegahan agar kejadian serupa tidak terjadi lagi (Iridiastadi & Yassierli, 2014).

Pada departemen *forming*, terdapat 3 pekerjaan antara lain yaitu pekerjaan pemotongan besi beton, penekukan besi beton, dan pengelasan komponen besi beton agar dapat digunakan sebagai kerangka atau tulangan pengecoran beton. Pada pekerjaan pemotongan besi beton, alat yang digunakan yaitu berupa *bar cutter*. Besi beton yang telah digunakan sebelumnya telah disesuaikan ketebalannya dengan *order* yang didapatkan. Setelah besi beton dipotong sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan, proses selanjutnya yaitu pembengkokan besi beton. Pada proses ini, besi beton dibengkokkan hingga membentuk sudut sesuai dengan bentuk yang dibutuhkan menggunakan alat yang dinamakan *bar bender*. Setelah dibengkokkan, potongan besi beton disusun sesuai gambar *order* menggunakan tali kawat hingga menjadi sebuah kerangka tulangan yang selanjutnya akan diproses oleh pekerjaan las. Tahap selanjutnya yaitu pengelasan bagian titik pertemuan besi beton sehingga menjadi kerangka atau tulangan yang siap digunakan pada proses pengecoran pada departemen produksi.

Dari data meningkatnya jumlah kecelakaan kerja pada perusahaan setiap tahunnya, tentu diperlukan penyelidikan kecelakaan yang lebih mendalam guna mewujudkan kondisi nol kecelakaan. Dengan tujuan tersebut, diperlukan analisis *human error* pada pekerjaan *forming* melalui pendekatan *Human Reliability Assessment* (HRA). Bell (2009) menyebutkan bahwa untuk melakukan penilaian keandalan manusia (*Human Reliability Assessment* - HRA) dapat dipakai metode kualitatif dan kuantitatif. HEART sebagai metode kuantitatif dapat efektif digunakan untuk menghitung nilai probabilitas terjadinya *human error* pada suatu pekerjaan.

Metode HEART adalah sebuah teknik yang bertujuan untuk mengevaluasi kemungkinan terjadinya kesalahan manusia saat menyelesaikan suatu tugas tertentu. Dasar dari metode ini yaitu setiap kali suatu tugas diselesaikan, selalu ada kemungkinan terjadinya kegagalan yang dipengaruhi oleh satu atau lebih *Error Producing Condition* (EPC) seperti kelelahan, tempat kerja yang tidak stabil, dan lain-lain (Hasibuan dkk, 2020). Metode ini telah diterapkan baik di perusahaan manufaktur maupun layanan di negara-negara berkembang dan maju dalam hal penilaian keandalan manusia (Rammadaniya, 2022).

2. METODE

Dalam penelitian ini, diperlukan data primer dan data sekunder sebagai *input* data yang akan dikelola dalam metode HEART. Data primer didapatkan melalui observasi secara langsung, wawancara dan pendapat dari *expert judgement*. *Expert judgement* yang memenuhi kriteria pemilihan untuk memberikan pendapat dan penilaian dalam penelitian yaitu Chief HSE, Operator mesin pemotongan (*bar cutter*), Operator mesin penekukan (*bar bender*), dan Operator las. Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu berupa data kecelakaan kerja yang dihimpun dalam rentang waktu dari tahun 2021 hingga tahun 2023, serta dokumen instruksi kerja pekerjaan *forming* yaitu pekerjaan pemotongan, penekukan, dan pengelasan besi beton yang telah disetujui oleh perusahaan

untuk acuan pembuatan *Hierarchical Task Analysis* (HTA).

1. Membuat *Hierarchical Task Analysis* (HTA)

Mengidentifikasi seluruh daftar pekerjaan apa saja yang dilakukan pekerja pada pekerjaan *forming* yang terdiri dari pemotongan besi beton, penekukan besi beton dan pengelasan. Tahap ini berupa penjabaran proses produksi yang dilakukan oleh pekerja secara detail. Identifikasi setiap proses produksi dijabarkan menggunakan bagan yang terdiri dari kelompok *sub task* (Guspara, 2018)

2. Perhitungan dengan Metode HEART

HEART adalah salah satu teknik penilaian keandalan manusia atau *human reliability assessment* (HRA) yang termasuk ke dalam metode kuantifikasi untuk menilai probabilitas kesalahan manusia. Metode ini mengkategorikan jenis tugas atau *generic task type* (GTT) dan kondisi yang dapat memicu kesalahan atau *error producing condition* (EPC) untuk mengevaluasi kemungkinan terjadinya *human error* saat menyelesaikan tugas (Julianto dkk, 2021). Metode HEART menjelaskan dengan baik dan rinci tugas yang harus dilakukan oleh seorang operator serta tingkat kesulitannya (Safitri 2015). Berikut adalah langkah penelitian dari metode HEART (Williams, 1986).

a. Menentukan *Generic Task Types* (GTTs)

Mengkategorikan setiap pekerjaan yang dilakukan sesuai dengan tabel *Generic Task Types* (GTTs) untuk memperoleh *Nominal human unreliability* (NHU). Penentuan NHU GTTs dilakukan berdasarkan diskusi dengan *expert judgement*. Semakin besar NHU berarti semakin besar pula ketidakandalan operator atau pekerja dalam melakukan pekerjaannya. Pengkategorian nilai GTTs dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai GTTs Metode HEART

Kategori Task		Nominal Human Unreliability
A	Operasi tidak dikenal, dijalankan tanpa tahu konsekuensinya	0.55
B	Operasi merubah suatu sistem tanpa prosedur atau pengawasan	0.26
C	Operasi yang kompleks, membutuhkan skill yang tinggi	0.16
D	Operasi yang mudah, bisa diandalkan keberhasilannya	0.09
E	Operasi rutin, sering dilakukan, sudah terlatih	0.02
F	Operasi merubah suatu sistem dengan proses checking	0.003
G	Operasi sudah dikenal, sering dikerjakan, sudah ada standarnya, sangat terlatih, dilakukan oleh orang berpengalaman, mengetahui kesalahan yang mungkin terjadi dengan tersedianya waktu untuk koreksi tanpa bantuan operator khusus	0.0004
H	Operasi sudah otomatis, tetapi masih memerlukan tindakan koreksi dan pengawasan	0.00002
M	Tidak ada keadaan seperti di atas	0.03

Sumber: Kirwan, 1994

b. Menentukan *Potential Error* dan Nilai *Error Producing Conditions* (EPCs)

Mengklasifikasikan kondisi dan cara kerja operator di lapangan yang dapat mengakibatkan *error* sesuai dengan tabel EPCs.

c. Menentukan Nilai *Proprtion of Affect* (POA)

Penilaian POA ditentukan berdasarkan diskusi antara penulis dan *expert judgement*. Nilai ini berada antara 0 -1. Nilai 0 artinya EPCs yang diukur tidak mempengaruhi terhadap kemungkinan terjadi *error*, berada dengan nilai 1 berpengaruh paling besar terhadap kemungkinan terjadinya *error* pada EPCs.

d. Perhitungan Nilai *Assessed Effect* (AE)

Menghitung total efek yang disebabkan oleh EPCs dengan menggunakan rumus:

$$AE = [(EPC - 1) \times PoA] + 1 \quad (1)$$

e. Perhitungan Nilai *Human error Probability* (HEP)

Melakukan perhitungan *Human error Probability* dengan menghitung keseluruhan kemungkinan kegagalan tugas dengan rumus:

$$HEP = [NHU \times AE_1 \times AE_2 \times AE_3 \times \dots \dots AE_n] \quad (2)$$

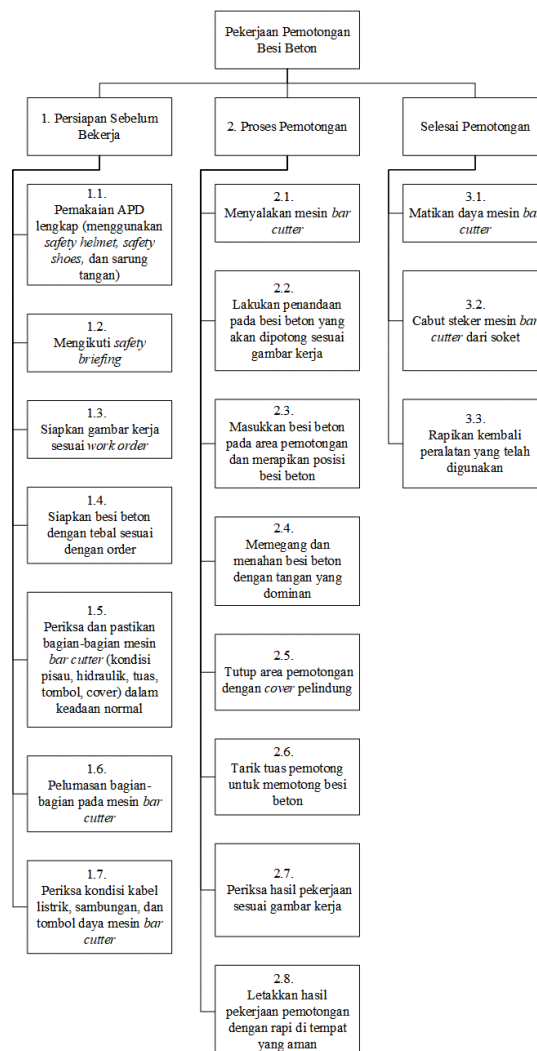
3. Teknik Reduksi *Human error*

Pada tahapan ini, penulis akan memberikan rekomendasi pada HEP yang termasuk ke dalam kategori tinggi (> 0,5) untuk mereduksi kemungkinan *human error* yang terjadi. Menurut Williams (1988), penerapan bagian *Human error Assessment* dari metode HEART menunjukkan Teknik Reduksi Kesalahan (*Reduction Techniques*) yang dapat digunakan, baik untuk mengatasi efek yang diprediksi dari *Error Producing Conditions* (EPCs), ataupun untuk meminimalkan kemungkinan terjadinya kesalahan manusia secara umum.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

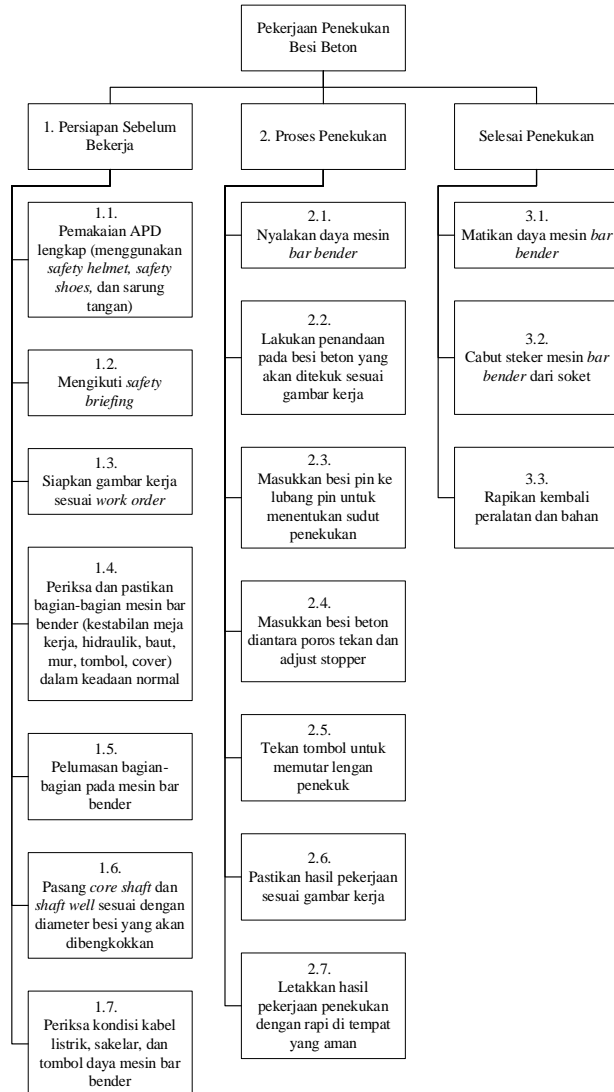
1. Membuat *Hierarchical Task Analysis* (HTA)

Dari data yang diperlukan berupa instruksi kerja atau *work instruction* dari 3 pekerjaan yang ada di *forming*, dibuatlah HTA untuk menganalisis langkah-langkah pekerjaan dengan detail. HTA pekerjaan pemotongan, penekukan, dan pengelasan dapat dilihat pada Gambar 1, 2, dan 3.



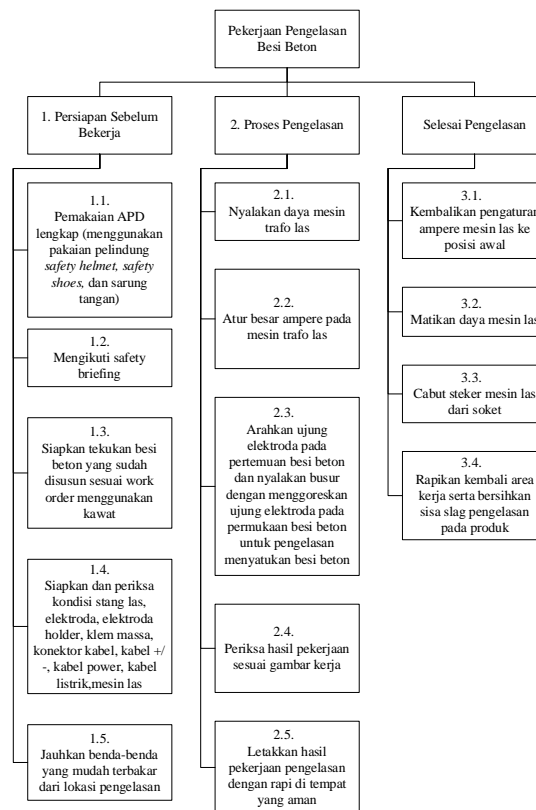
Gambar 1. HTA Pekerjaan Pemotongan (Cutting)

Pada Gambar 1, pekerjaan pemotongan besi beton atau tulangan yang memiliki 3 *task* utama. *Task* 1 merupakan tahapan persiapan sebelum bekerja yang terdiri dari 7 *sub task* pekerjaan. *Task* 2 merupakan tahapan proses pemotongan yang terdiri dari 8 *sub task* pekerjaan. *Task* 3 merupakan tahapan selesai pemotongan yang terdiri dari 3 *sub task* pekerjaan.



Gambar 2. HTA Pekerjaan Penekukan (Bending)

Pada Gambar 2, pekerjaan penekukan besi beton atau tulangan yang memiliki 3 *task* utama. *Task* 1 merupakan tahapan persiapan sebelum bekerja yang terdiri dari 7 *sub task* pekerjaan. *Task* 2 merupakan tahapan proses penekukan yang terdiri dari 7 *sub task* pekerjaan. *Task* 3 merupakan tahapan selesai pemotongan yang terdiri dari 3 *sub task* pekerjaan.



Gambar 1. HTA Pekerjaan Pengelasan (Welding)

Pada Gambar 3, pekerjaan pengelasan besi beton atau tulangan yang memiliki 3 task utama. Task 1 merupakan tahapan persiapan sebelum bekerja yang terdiri dari 5 sub task pekerjaan. Task 2 merupakan tahapan proses pemotongan yang terdiri dari 5 sub task pekerjaan. Task 3 merupakan tahapan selesai pemotongan yang terdiri dari 4 sub task pekerjaan.

2. Perhitungan dengan Metode HEART

Setelah membuat HTA pada pekerjaan pemotongan, pekerjaan penekukan, dan pekerjaan pengelasan besi beton, kemudian dilanjutkan dengan membuat *potential error per task*, melakukan penilaian GTTs, penilaian kondisi yang dapat menyebabkan *error* (EPCs), dan penilaian POA. Kemudian dilakukan perhitungan *Assessed Effect* menggunakan rumus 1 dan perhitungan HEP menggunakan rumus 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan HEP Pekerjaan Pemotongan (Cutting)

Sub task	GTT	Potential Error	Kriteria EPCs	Nilai EPCs	POA	AE	HEP
1.1.	E	APD yang digunakan tidak sesuai dengan pekerjaan yang dilakukan	11	5,00	0,7	3,80	0,0851
			31	1,20	0,6	1,12	
		Tidak memakai APD yang lengkap sesuai dengan pekerjaan	12	4,00	0,3	1,90	0,0426
			28	1,40	0,3	1,12	
		Memakai APD dengan cara yang salah	15	3,00	0,6	2,20	0,0466
			31	1,20	0,3	1,06	
		Memakai APD yang tidak memenuhi SNI	11	5,00	0,3	2,20	0,0572
21	2,00		0,3	1,30			
APD yang digunakan menyebabkan ketidaknyamanan	27	1,40	0,3	1,12	0,0426		
	12	4,00	0,3	1,90			
Melepas APD saat melakukan pekerjaan	28	1,40	0,3	1,12	0,0251		
	31	1,20	0,6	1,12			
1.2.	E	Operator tidak mengikuti safety briefing	28	1,40	0,3	1,12	0,0251
			31	1,20	0,6	1,12	
		Materi yang disampaikan tidak disampaikan dengan jelas	16	3,00	0,6	2,20	0,0572
			20	2,00	0,3	1,30	

Tabel 2. Lanjutan Hasil Perhitungan HEP Pekerjaan Pemotongan (*Cutting*)

Sub task	GTT	Potential Error	Kriteria EPCs	Nilai EPCs	POA	AE	HEP
		Operator tidak fokus dalam mengikuti <i>safety briefing</i>	28	1,40	0,3	1,12	0,0231
			34	1,10	0,3	1,03	
		Bahasa yang digunakan tidak dimengerti oleh operator	13	4,00	0,4	2,20	0,0440
1.3.	D	Operator salah memahami spesifikasi yang tertera pada work order	5	8,00	0,4	3,80	0,3420
		Kesalahan dalam mengukur dimensi atau toleransi yang diperlukan	15	3,00	0,4	1,80	0,1620
		Tidak melakukan pengecekan atau verifikasi ulang terhadap gambar kerja sebelum diserahkan	17	3,00	0,4	1,80	0,3427
		Gambar kerja tidak sesuai dengan spesifikasi teknis yang ditetapkan dalam work order	32	1,20	0,6	1,12	
1.4.	D	Salah membaca spesifikasi ketebalan besi beton yang tertera dalam order.	15	3,00	0,4	1,80	0,1620
		Kesalahan dalam mengukur ketebalan besi beton.	15	3,00	0,4	1,80	0,1620
1.5.	C	Tidak mengetahui tanda-tanda keausan pada pisau	15	3,00	0,4	1,80	0,2880
		Tidak mematikan mesin sebelum memeriksa pisau atau hidraulik	12	4,00	0,4	2,20	0,3520
		Melakukan pemeriksaan hanya sesekali dan tidak secara rutin	17	3,00	0,3	1,60	0,2560
		Mebiarkan cover yang retak atau tidak terpasang dengan benar	12	4,00	0,7	3,10	0,4960
1.6.	D	Memberikan terlalu banyak atau terlalu sedikit pelumas pada bagian tertentu	19	2,50	0,4	1,60	0,1440
		Melakukan pelumasan saat mesin masih beroperasi atau dalam kondisi yang tidak aman	12	4,00	0,4	2,20	0,1980
		Tidak melakukan pelumasan secara rutin	11	5,00	0,3	2,20	0,2039
		34	1,10	0,3	1,03		
1.7.	C	Tidak memeriksa semua bagian kabel, sambungan, dan tombol daya secara menyeluruh.	31	1,20	0,6	1,12	0,1846
			34	1,10	0,3	1,03	
		Tidak memastikan mesin dalam keadaan mati dan tidak terhubung ke sumber listrik sebelum memulai pemeriksaan.	31	1,20	0,4	1,08	0,1797
			34	1,10	0,4	1,04	
		Kurangnya pengetahuan dalam melakukan pemeriksaan listrik dengan aman.	15	3,00	0,7	2,40	0,3840
Tidak segera melakukan pembaruan atau perbaikan setelah menemukan masalah	8	6,00	0,6	4,00	0,6656		
		34	1,10	0,4		1,04	
2.1.	D	Mengabaikan pemeriksaan terhadap kondisi mesin secara menyeluruh sebelum menyalakan.	31	1,20	0,6	1,12	0,1038
			34	1,10	0,3	1,03	
		Operator kurang familiar dengan prosedur yang tepat untuk menyalakan mesin bar cutter.	15	3,00	0,6	2,20	0,1992
			38	1,02	0,3	1,01	
2.2.	D	Salah menentukan panjang atau dimensi yang seharusnya dipotong berdasarkan gambar	23	1,60	0,4	1,24	0,1116
		Tidak memeriksa ulang pengukuran atau posisi penandaan sebelum melakukan pemotongan akhir	17	3,00	0,4	1,80	0,1620
		Penandaan yang buruk atau tidak jelas sehingga sulit untuk dipotong dengan akurat	5	8,00	0,4	3,80	0,3420
2.3.	D	Besi beton tidak sejajar dengan pisau pemotong atau posisi tidak tepat yang mengakibatkan hasil pemotongan tidak akurat	15	3,00	0,7	2,40	0,2160
		Tidak memeriksa hasil pemotongan secara berkala untuk memastikan akurasi dan kualitasnya.	17	3,00	0,4	1,80	0,1620
		Pekerja memasukkan besi beton lebih dari kapasitas	2	11,00	0,3	4,00	0,6840
		12	4,00	0,3	1,90		
2.4.	D	Tidak memegang besi beton dengan benar saat proses pemotongan	22	1,80	0,6	1,48	0,5328
			9	6,00	0,6	4,00	

Tabel 2. Lanjutan Hasil Perhitungan HEP Pekerjaan Pemotongan (*Cutting*)

Sub task	GTT	Potential Error	Kriteria EPCs	Nilai EPCs	POA	AE	HEP
2.5.	E	Cover yang tidak terpasang dengan benar bisa terlepas selama operasi	4	9,00	0,7	6,60	0,1320
		Tidak memeriksa kondisi cover pelindung secara berkala	17	3,00	0,7	2,40	0,0480
2.6.	E	Miskomunikasi antar pekerja yang sedang menahan & memegang besi beton dengan pekerja yang menarik tuas	13	4,00	0,4	2,20	0,0440
		Tidak menarik tuas pemotong dengan cukup kuat sehingga proses pemotongan tidak berlangsung dengan lancar atau bahkan gagal.	27	1,40	0,4	1,16	0,0232
2.7.	D	Tidak memeriksa secara teliti hasil pekerjaan dengan gambar kerja yang telah disediakan	17	3,00	0,4	1,80	0,1725
		Tidak berkomunikasi atau berkolaborasi dengan tim produksi atau pengawas proyek untuk memastikan pemahaman yang sama terhadap gambar kerja	13	4,00	0,3	1,90	
			37	1,03	0,3	1,01	
2.8.	E	Menempatkan hasil pemotongan di area lalu lintas pekerjaan lainnya atau di jalur evakuasi darurat	5	8,00	0,6	5,20	0,1087
			33	1,15	0,3	1,05	
		Tidak menempelkan label atau tanda pada hasil pemotongan yang membedakan jenis atau dimensi, menyebabkan kebingungan dalam penataan kembali	28	1,40	0,4	1,16	0,0232
		Tidak memakai sarung tangan saat mengangkat hasil pemotongan yang bisa memiliki ujung yang tajam atau berat	12	4,00	0,3	1,90	0,0494
	21	2,00	0,3	1,30			
3.1.	D	Mematikan mesin secara tiba-tiba dan tidak mengikuti prosedur	11	5,00	0,3	2,20	0,3762
			12	4,00	0,3	1,90	
		Operator tidak mengerti cara menggunakan tombol atau saklar mesin dengan aman	15	3,00	0,4	1,80	0,1620
		Tidak mematikan saklar utama atau sumber listrik	12	4,00	0,4	2,20	0,1980
3.2.	G	Mencabut steker ketika mesin masih dalam keadaan hidup	12	4,00	0,7	3,10	0,0012
		Menarik tali kabel listrik dengan paksa	12	4,00	0,4	2,20	0,0009
		Menyimpan steker di tempat yang tidak aman atau terlalu dekat dengan sumber air atau panas yang dapat merusaknya	33	1,15	0,6	1,09	0,0004
	34	1,10	0,3	1,03			
3.3.	E	Operator tidak merapikan peralatan yang telah selesai digunakan	12	4,00	0,3	1,90	0,0391
			34	1,10	0,3	1,03	
		Tidak membersihkan peralatan dari sisa-sisa bahan atau kotoran setelah digunakan	34	1,10	0,4	1,04	0,0208

Berdasarkan Tabel 2, hasil perhitungan HEP yang termasuk ke dalam kategori tinggi yaitu dengan HEP lebih dari 0,5 terdapat pada *sub task* 1.7, 2.3, dan 2.4. Pada *sub task* 1.7 dengan *potential error* pekerja tidak segera melakukan pembaruan atau perbaikan setelah menemukan masalah memiliki HEP sebesar 0,6656. Pada *sub task* 2.3 dengan *potential error* pekerja memasukkan besi beton lebih dari kapasitas memiliki HEP sebesar 0,6840. Pada *sub task* 2.4 dengan *potential error* pekerja tidak memegang besi beton dengan benar saat proses pemotongan memiliki HEP sebesar 0,5328. Sedangkan nilai HEP terendah terdapat pada *sub task* 3.2 dengan *potential error* operator menyimpan steker di tempat yang tidak aman atau terlalu dekat dengan sumber air atau panas, memiliki HEP sebesar 0,0004.

Tabel 3. Hasil Perhitungan HEP Pekerjaan Penekukan (*Bending*)

Sub task	GTT	Potential Error	Kriteria EPCs	Nilai EPCs	POA	AE	HEP
1.1.	E	APD yang digunakan tidak sesuai dengan pekerjaan yang dilakukan	11	5,00	0,7	3,80	0,0851
			31	1,20	0,6	1,12	
		Tidak memakai APD yang lengkap sesuai dengan pekerjaan	12	4,00	0,3	1,90	0,0426
			28	1,40	0,3	1,12	
		Memakai APD dengan cara yang salah	15	3,00	0,6	2,20	0,0466
	31	1,20	0,3	1,06			

Tabel 3. Lanjutan Hasil Perhitungan HEP Pekerjaan Penekukan (*Bending*)

Sub task	GTT	Potential Error	Kriteria EPCs	Nilai EPCs	POA	AE	HEP
		Memakai APD yang tidak memenuhi SNI	11	5,00	0,3	2,20	0,0572
			21	2,00	0,3	1,30	
		APD yang digunakan menyebabkan ketidaknyamanan	27	1,40	0,3	1,12	0,0426
			12	4,00	0,3	1,90	
		Melepas APD saat melakukan pekerjaan	28	1,40	0,3	1,12	0,0251
			31	1,20	0,6	1,12	
1.2.	E	Operator tidak mengikuti <i>safety briefing</i>	28	1,40	0,3	1,12	0,0251
			31	1,20	0,6	1,12	
		Materi yang disampaikan tidak disampaikan dengan jelas	16	3,00	0,6	2,20	0,0572
			20	2,00	0,3	1,30	
		Operator tidak fokus dalam mengikuti <i>safety briefing</i>	28	1,40	0,3	1,12	0,0231
			34	1,10	0,3	1,03	
Bahasa yang digunakan tidak dimengerti oleh operator	13	4,00	0,4	2,20	0,0440		
1.3.	D	Operator salah memahami spesifikasi yang tertera pada work order	5	8,00	0,4	3,80	0,3420
		Kesalahan dalam mengukur dimensi atau toleransi yang diperlukan	15	3,00	0,4	1,80	0,1620
		Tidak melakukan pengecekan atau verifikasi ulang terhadap gambar kerja sebelum diserahkan	17	3,00	0,4	1,80	0,1620
		Gambar kerja tidak sesuai dengan dengan spesifikasi teknis yang ditetapkan dalam work order	11	5,00	0,6	3,40	0,3427
32	1,20		0,6	1,12			
1.4.	C	Tidak mengecek bagian hidraulik atau mekanisme penggerak secara teratur	15	3,00	0,4	1,80	0,2880
		Tidak mengganti pelumas atau fluida hidraulik secara teratur	12	4,00	0,4	2,20	0,3520
		Melakukan pemeriksaan hanya sesekali dan tidak secara rutin	11	5,00	0,4	2,60	0,4160
		Tidak memeriksa semua bagian mesin secara menyeluruh, hanya fokus pada beberapa bagian saja.	17	3,00	0,4	1,80	0,2880
1.5.	D	Memberikan terlalu banyak atau terlalu sedikit pelumas pada bagian tertentu	19	2,50	0,4	1,60	0,1440
		Melakukan pelumasan saat mesin masih beroperasi atau dalam kondisi yang tidak aman	12	4,00	0,4	2,20	0,1980
		Tidak melakukan pelumasan secara rutin	11	5,00	0,6	3,40	0,3152
34	1,10		0,3	1,03			
1.6.	D	Memilih core shaft yang terlalu besar atau terlalu kecil sehingga tidak sesuai dengan besi yang akan dibengkokkan	11	5,00	0,4	2,60	0,2340
		Tidak memeriksa kondisi core shaft dan shaft well sebelum digunakan	11	5,00	0,4	2,60	0,2340
		Tidak membersihkan atau melumasi poros dengan benar	34	1,10	0,4	1,04	0,0936
		Operator tidak memiliki pengetahuan atau pelatihan yang cukup dalam memilih, memasang, atau merawat core shaft dan shaft well	15	3,00	0,4	1,80	0,1620
1.7.	C	Tidak memeriksa semua bagian kabel, sambungan, dan tombol daya secara menyeluruh.	31	1,20	0,6	1,12	0,1846
			34	1,10	0,3	1,03	
		Tidak memastikan mesin dalam keadaan mati dan tidak terhubung ke sumber listrik sebelum memulai pemeriksaan.	31	1,20	0,6	1,12	0,1846
			34	1,10	0,3	1,03	
		Kurangnya pengetahuan dalam melakukan pemeriksaan listrik dengan aman.	15	3,00	0,7	2,40	0,3840
Tidak segera melakukan pembaruan atau perbaikan setelah menemukan masalah	8	6,00	0,6	4,00	0,6592		
			34	1,10	0,3	1,03	

Tabel 3. Lanjutan Hasil Perhitungan HEP Pekerjaan Penekukan (*Bending*)

<i>Sub task</i>	GTT	<i>Potential Error</i>	Kriteria EPCs	Nilai EPCs	POA	AE	HEP
2.1.	D	Mengabaikan pemeriksaan terhadap kondisi mesin secara menyeluruh sebelum menyalakan.	31	1,20	0,3	1,06	0,0983
			34	1,10	0,3	1,03	
		Operator kurang familiar dengan prosedur yang tepat untuk menyalakan mesin bar cutter.	15	3,00	0,6	2,20	0,1992
			38	1,02	0,3	1,01	
2.2.	D	Salah menentukan panjang atau dimensi yang seharusnya dipotong berdasarkan gambar	23	1,60	0,4	1,24	0,1116
		Tidak memeriksa ulang pengukuran atau posisi penandaan sebelum melakukan pemotongan akhir	17	3,00	0,4	1,80	0,1620
		Penandaan yang buruk atau tidak jelas sehingga sulit untuk dipotong dengan akurat	5	8,00	0,4	3,80	0,3420
2.3.	D	Kesalahan Pengukuran Sudut Penekukan	15	3,00	0,4	1,80	0,1620
		Lubang pin atau besi pin mengalami kerusakan yang menghambat atau mengganggu proses pemasangan	17	3,00	0,4	1,80	0,1620
		Kurangnya pemahaman tentang cara kerja alat atau proses penentuan sudut penekukan	21	2,00	0,4	1,40	0,1260
2.4.	D	Tidak memastikan posisi besi beton sesuai dengan adjust stopper.	22	1,80	0,4	1,32	0,1188
		Pekerja memasukkan besi beton lebih dari kapasitas	2	11,00	0,3	4,00	0,6840
	12		4,00	0,3	1,90		
2.5.	D	Tombol yang macet atau rusak	13	4,00	0,4	2,20	0,1980
		Menekan tombol tanpa sengaja saat melakukan tugas lain di sekitar mesin	35	1,10	0,4	1,04	0,0936
		Salah mengontrol kecepatan atau arah putaran lengan penekuk.	7	8,00	0,3	3,10	0,5301
			14	4,00	0,3	1,90	
2.6.	D	Tidak memeriksa secara teliti hasil pekerjaan dengan gambar kerja yang telah disediakan	17	3,00	0,4	1,80	0,1620
		Tidak berkomunikasi atau berkolaborasi dengan tim produksi atau pengawas proyek untuk memastikan pemahaman yang sama terhadap gambar kerja	13	4,00	0,3	1,90	0,1725
			37	1,03	0,3	1,01	
2.7.	E	Menempatkan hasil pemotongan di area lalu lintas pekerjaan lainnya atau di jalur evakuasi darurat	5	8,00	0,6	5,20	0,1134
			33	1,15	0,6	1,09	
		Tidak menempelkan label atau tanda pada hasil pemotongan yang membedakan jenis atau dimensi, menyebabkan kebingungan dalam penataan kembali	28	1,40	0,4	1,16	0,0232
		Tidak memakai sarung tangan saat mengangkat hasil pemotongan yang bisa memiliki ujung yang tajam atau berat	12	4,00	0,3	1,90	0,0494
21	2,00		0,3	1,30			
3.1.	D	Mematikan mesin secara tiba-tiba dan tidak mengikuti prosedur	11	5,00	0,3	2,20	0,3762
			12	4,00	0,3	1,90	
		Operator tidak mengerti cara menggunakan tombol atau saklar mesin dengan aman	15	3,00	0,4	1,80	0,1620
		Tidak mematikan saklar utama atau sumber listrik	12	4,00	0,4	2,20	0,1980
3.2.	G	Mencabut steker ketika mesin masih dalam keadaan hidup	12	4,00	0,7	3,10	0,0012
		Menarik tali kabel listrik dengan paksa	12	4,00	0,4	2,20	0,0009
		Menyimpan steker di tempat yang tidak aman atau terlalu dekat dengan sumber air atau panas yang dapat merusaknya	33	1,15	0,6	1,09	0,0004
			34	1,10	0,3	1,03	
3.3.	E	Operator tidak merapikan peralatan yang telah selesai digunakan	12	4,00	0,3	1,90	0,0391
			34	1,10	0,3	1,03	
		Tidak membersihkan peralatan dari sisa-sisa bahan atau kotoran setelah digunakan	34	1,10	0,4	1,04	0,0208

Berdasarkan Tabel 3, hasil perhitungan HEP yang termasuk ke dalam kategori tinggi yaitu dengan HEP lebih dari 0,5 terdapat pada *sub task* 1.7, 2.4, 2.5. Pada *sub task* 1.7 dengan *potential error* pekerja tidak segera melakukan pembaruan atau perbaikan setelah menemukan masalah memiliki HEP sebesar 0,6592. Pada *sub task* 2.4 dengan *potential error* pekerja memasukkan besi beton lebih dari kapasitas memiliki HEP sebesar 0,6840. Pada *sub task* 2.5 dengan *potential error* pekerja salah mengontrol kecepatan atau arah putaran lengan penekuk. memiliki HEP sebesar 0,5301. Sedangkan nilai HEP terendah terdapat pada *sub task* 3.2 dengan *potential error* operator menyimpan steker di tempat yang tidak aman atau terlalu dekat dengan sumber air atau panas, memiliki HEP sebesar 0,0004.

Tabel 4. Hasil Perhitungan HEP Pekerjaan Pengelasan (*Welding*)

<i>Sub task</i>	GTT	<i>Potential Error</i>	Kriteria EPCs	Nilai EPCs	POA	AE	HEP
1.1.	D	APD yang digunakan tidak sesuai dengan pekerjaan yang dilakukan	11	5,00	0,70	3,80	0,3830
			31	1,20	0,60	1,12	
		Tidak memakai APD yang lengkap sesuai dengan pekerjaan	12	4,00	0,30	1,90	0,1915
			28	1,40	0,30	1,12	
		Memakai APD dengan cara yang salah	15	3,00	0,60	2,20	0,2099
			31	1,20	0,30	1,06	
		Memakai APD yang tidak memenuhi SNI	11	5,00	0,30	2,20	0,2574
			21	2,00	0,30	1,30	
		APD yang digunakan menyebabkan ketidaknyamanan	27	1,40	0,30	1,12	0,1915
			12	4,00	0,30	1,90	
Melepas APD saat melakukan pekerjaan	12	4,00	0,60	2,80	0,2822		
	31	1,20	0,60	1,12			
1.2.	E	Operator tidak mengikuti <i>safety briefing</i>	28	1,40	0,30	1,12	0,0251
			31	1,20	0,60	1,12	
		Materi yang disampaikan tidak disampaikan dengan jelas	16	3,00	0,60	2,20	0,0572
			20	2,00	0,30	1,30	
		Operator tidak fokus dalam mengikuti <i>safety briefing</i>	28	1,40	0,30	1,12	0,0231
			34	1,10	0,30	1,03	
Bahasa yang digunakan tidak dimengerti oleh operator	13	4,00	0,40	2,20	0,0440		
1.3.	D	Operator salah memahami spesifikasi yang tertera pada work order	5	8,00	0,40	3,80	0,3420
		Kesalahan dalam mengukur dimensi atau toleransi yang diperlukan	15	3,00	0,40	1,80	0,1620
		Tidak melakukan pengecekan atau verifikasi ulang terhadap gambar kerja sebelum diserahkan	17	3,00	0,40	1,80	0,1620
		Gambar kerja tidak sesuai dengan dengan spesifikasi teknis yang ditetapkan dalam work order	11	5,00	0,60	3,40	0,3427
			32	1,20	0,60	1,12	
1.4.	C	Tidak memeriksa kondisi fisik dari stang las, elektroda, atau elektroda holder	15	3,00	0,70	2,40	0,3840
		Memilih elektroda yang tidak sesuai dengan jenis material yang akan dilas	11	5,00	0,30	2,20	0,3520
		Tidak memastikan kabel +/- dan kabel power terikat dengan baik pada konektor dan klem massa.	17	3,00	0,60	2,20	0,3731
			34	1,10	0,60	1,06	
		Mengabaikan pemeriksaan rutin terhadap konektor dan kabel untuk korosi atau penumpukan kotoran	12	4,00	0,60	2,80	0,6093
			24	1,60	0,60	1,36	
		Tidak melakukan perawatan dan pemeliharaan rutin pada mesin las dan peralatannya	12	4,00	0,30	1,90	0,3222
			34	1,10	0,60	1,06	
		Meletakkan kabel power atau kabel listrik di jalur lalu lintas atau tempat yang dapat terinjak atau tertarik.	12	4,00	0,40	2,20	0,3520
Tidak menyediakan pelindung atau penutup untuk kabel power atau listrik yang terpapar.	25	1,60	0,30	1,18	0,3587		
	12	4,00	0,30	1,90			
1.5.	D	Kurangnya pemahaman tentang jenis bahan yang mudah terbakar di sekitar area pengelasan.	15	3,00	0,60	2,20	0,2218
			28	1,40	0,30	1,12	

Tabel 4. Lanjutan Hasil Perhitungan HEP Pekerjaan Pengelasan (*Welding*)

<i>Sub task</i>	<i>GTT</i>	<i>Potential Error</i>	<i>Kriteria EPCs</i>	<i>Nilai EPCs</i>	<i>POA</i>	<i>AE</i>	<i>HEP</i>
		Tidak ada pengawasan atau pengelolaan yang memadai terhadap bahan-bahan mudah terbakar di sekitar area pengelasan	25	1,60	0,60	1,36	0,2693
			11	5,00	0,30	2,20	
		Kurangnya komunikasi antara operator pengelasan dan tim lainnya tentang keberadaan bahan-bahan mudah terbakar di area kerja.	8	6,00	0,40	3,00	0,2700
		Tidak ada sistem pemadam api yang siap digunakan di area pengelasan untuk mengatasi kebakaran secara cepat.	25	1,60	0,60	1,36	0,3794
	7	8,00	0,30	3,10			
2.1.	D	Operator kurang familiar dengan prosedur yang tepat untuk menyalakan mesin bar cutter.	15	3,00	0,30	1,60	0,1449
			38	1,02	0,30	1,01	
2.2.	C	Mengatur besar ampere yang tidak sesuai dengan kebutuhan sistem atau spesifikasi peralatan.	15	3,00	0,70	2,40	0,3840
2.3.	C	Elektroda tidak berada pada sudut yang tepat terhadap besi beton	15	3,00	0,40	1,80	0,2880
		Tidak menjaga kontak yang konsisten antara elektroda dan permukaan besi beton	15	3,00	0,40	1,80	0,2880
		Operator yang kurang berpengalaman tidak dapat mengendalikan busur listrik dengan baik dan menghasilkan sambungan las yang lemah	15	3,00	0,30	1,60	0,2560
		Menggunakan elektroda yang sudah aus atau rusak	23	1,60	0,60	1,36	0,2176
2.4.	D	Tidak memeriksa secara teliti hasil pekerjaan dengan gambar kerja yang telah disediakan	17	3,00	0,40	1,80	0,1620
		Tidak berkomunikasi atau berkolaborasi dengan tim produksi atau pengawas proyek untuk memastikan pemahaman yang sama terhadap gambar kerja	13	4,00	0,30	1,90	0,1725
			37	1,03	0,30	1,01	
2.5.	E	Menempatkan hasil pemotongan di area lalu lintas pekerjaan lainnya atau di jalur evakuasi darurat	5	8,00	0,60	5,20	0,1087
			33	1,15	0,30	1,05	
		Tidak menempelkan label atau tanda pada hasil pengelasan yang membedakan jenis atau dimensi, menyebabkan kebingungan dalam penataan kembali	28	1,40	0,40	1,16	0,0232
		Tidak memakai sarung tangan saat mengangkat hasil pengelasan yang bisa memiliki ujung yang tajam atau berat	12	4,00	0,30	1,90	0,0494
			21	2,00	0,30	1,30	
3.1.	C	Tidak mengikuti prosedur yang ditetapkan untuk mengembalikan pengaturan ampere setelah penyesuaian	11	5,00	0,20	1,80	0,4838
			15	3,00	0,20	1,40	
			21	2,00	0,20	1,20	
3.2.	D	Mematikan mesin secara tiba-tiba dan tidak mengikuti prosedur	11	5,00	0,30	2,20	0,3762
			12	4,00	0,30	1,90	
		Operator tidak mengerti cara menggunakan tombol atau saklar mesin dengan aman	15	3,00	0,40	1,80	0,1620
	Tidak mematikan saklar utama atau sumber listrik	12	4,00	0,40	2,20	0,1980	
3.3.	G	Mencabut steker ketika mesin masih dalam keadaan hidup	12	4,00	0,70	3,10	0,0012
		Menarik tali kabel listrik dengan paksa	12	4,00	0,70	3,10	0,0012
		Menyimpan steker di tempat yang tidak aman atau terlalu dekat dengan sumber air atau panas yang dapat merusaknya	33	1,15	0,60	1,09	0,0004
			34	1,10	0,30	1,03	
3.4.	E	Operator tidak merapikan peralatan yang telah selesai digunakan	12	4,00	0,30	1,90	0,0391
			34	1,10	0,30	1,03	
		Tidak membersihkan peralatan dari sisa-sisa bahan atau kotoran setelah digunakan	34	1,10	0,40	1,04	0,0208

Berdasarkan Tabel 4, hasil perhitungan HEP yang termasuk ke dalam kategori tinggi yaitu dengan HEP lebih dari 0,5 terdapat pada *sub task* 1.4 dengan *potential error* pekerja mengabaikan pemeriksaan rutin terhadap konektor dan kabel untuk korosi atau penumpukan kotoran sebesar 0,6093.

3. Teknik Reduksi *Human error*

Berdasarkan hasil perhitungan HEP 3 pekerjaan sebelumnya, didapatkan 7 *sub task* dari 3 pekerjaan yang memiliki kategori HEP *high* atau lebih dari 0,5. Untuk meminimalkan terjadinya *human error* pada operator atau pekerja, Tindakan perbaikan dapat diidentifikasi melalui EPCs yang mengakibatkan HEP tinggi. Berikut adalah rekomendasi perbaikan yang dapat mereduksi terjadinya *human error* pada operator.

1. Melakukan pelatihan pada operator mencakup pemahaman mendalam tentang teknik baru serta bagaimana mengaplikasikannya dengan benar dan aman.
2. Mengevaluasi teknik pengoperasian mesin dan persepsi operator terhadap risiko pekerjaan yang dilakukan
3. Melakukan pemantauan dan pengawasan rutin terhadap seluruh proses pekerjaan pemotongan, penekukan, dan pengelasan besi beton.
4. Mengembangkan sistem kerja yang memungkinkan pekerja untuk mengambil istirahat tambahan jika dibutuhkan, tanpa mengganggu alur produksi.
5. Meningkatkan fasilitas dan lingkungan kerja agar lebih mendukung kesehatan dan kenyamanan pekerja seperti ventilasi yang baik dan pencahayaan yang cukup.

4. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan nilai *Human Error Probability* (HEP) menggunakan metode HEART, didapatkan 7 *sub task* dari 3 pekerjaan dengan kategori *high*. Dapat dilihat bahwa HEP tertinggi terjadi pada *task* persiapan dan pada *task* proses. Hal ini dikarenakan pada *task* tersebut memerlukan keahlian tinggi dan dapat menyebabkan terjadinya *human error* yang tinggi. Sedangkan HEP terendah dapat ditemukan pada *task* selesai pekerjaan. Hal ini dikarenakan pekerjaan tersebut merupakan pekerjaan yang tidak memerlukan keahlian tinggi dan dapat dikerjakan dengan mudah sehingga memiliki peluang keberhasilan yang tinggi. Untuk mengurangi atau bahkan mencegah terjadinya kecelakaan akibat kesalahan manusia, dapat diberikan rekomendasi berupa pelatihan pada operator mencakup pemahaman mendalam tentang teknik baru serta bagaimana mengaplikasikannya dengan benar dan aman, mengevaluasi teknik pengoperasian mesin dan persepsi operator terhadap risiko pekerjaan yang dilakukan, melakukan pemantauan dan pengawasan rutin terhadap seluruh proses pekerjaan pemotongan, penekukan, dan pengelasan besi beton, mengembangkan sistem kerja yang memungkinkan pekerja untuk mengambil istirahat tambahan jika dibutuhkan, tanpa mengganggu alur produksi, dan meningkatkan fasilitas dan lingkungan kerja agar lebih mendukung kesehatan dan kenyamanan pekerja seperti ventilasi yang baik dan pencahayaan yang cukup.

5. DAFTAR NOTASI

AE	: <i>Assessed Effect</i>
EPCs	: <i>Error Producing Conditions</i>
HEP	: <i>Human error Probability</i>
n	: Banyaknya data
NHU	: <i>Nominal Human Unrealibility</i>
PoA	: <i>Proportion of Affect</i>

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyan, J., Setiawan, H. and Ervianto, W.I., 2017. Analisis risiko kecelakaan kerja pada proyek bangunan gedung dengan metode FMEA. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran dan Ilmu Kesehatan*, 1(1), pp.115-123.
- Bell, J., & Holroyd, J., 2009. Review of Human Reliability Assessment Methods. Health and Safety Laboratory.
- Bell, J.L. and Williams, J.C., 2018. Evaluation and consolidation of the HEART human reliability assessment principles. In *Advances in Human error, Reliability, Resilience, and Performance: Proceedings of the AHFE 2017 International Conference on Human error, Reliability, Resilience, and Performance, July 17–21, 2017, The Westin Bonaventure Hotel, Los Angeles, California, USA* 8 (pp. 3-12). Springer International Publishing.

- Cahyani, R., 2024. Analisis Faktor *Human error* Terhadap Kejadian Kecelakaan Kerja Pada Pekerja Konstruksi. *Gudang Jurnal Multidisiplin Ilmu*, 2(7), pp.10–14
- Guspara, W.A., Satwikasanti, W.T. and Jiyan, L., 2018. Hierarchical *Task Analysis* dalam pengembangan gagasan produk. *Productum: Jurnal Desain Produk (Pengetahuan dan Perancangan Produk)*, 3(4), pp.133-140.
- Hasibuan, C. F., Daeng, P. Y., & Hasibuan, R. R., 2020. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*: Human reliability assessment analysis with *human error* assessment and reduction technique (HEART) method on sterilizer station at XYZ company. 851 (1). p. 012019
- Irdiastadi, H., & Yassierli, 2014. Ergonomi Suatu Pengantar. Bandung : PT. Remaja Rosdakarya.
- Kirwan, B., 2017. A guide to practical human reliability assessment. CRC press.
- Julianto, I. W., & Wahyuni, H. C., 2021. Efforts To Reduce Downgrade Of Steel Pipes In The Production Process Using The HEART Method. *Procedia of Engineering and Life Science*, 1(2).
- Rammadaniya, P. and Mahbubah, N., 2022. Integration of the HEART and SHERPA approach to evaluating *human errors* in the refinery salt production. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 24(2), pp.177-193.
- Rawis, T.D., Tjakra, J. and Arsjad, T.T., 2016. Perencanaan biaya Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada proyek konstruksi bangunan (studi kasus: sekolah st. ursula kotamobagu). *Jurnal Sipil Statik*, 4(4).
- Sholihah, Q., 2018. Keselamatan dan Kesehatan Kerja Konstruksi. Universitas Brawijaya Press
- Sanders, M. S., & McCormick, E. J., 1993. Human factors in engineering and design. 7th ed. Mcgraw-Hill Book Company
- Stanton, N. A., 2005. Handbook of human factors and ergonomics methods. London: CRC Press.
- Williams, J.C., 2015, December. HEART—a proposed method for achieving high reliability in process operation by means of human factors engineering technology. In *Safety and Reliability* (Vol. 35, No. 3, pp. 5-25). Taylor & Francis.