

## **Analisis Human Reliability Untuk Mengurangi Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode SPAR-H Dan HEART**

**Risyad Nugrawan Widodo, Rahmad Wisnu Wardana**

Universitas Muhammadiyah Malang  
Jl. Raya Tlogomas No. 246 Malang, Jawa Timur  
e-mail: [risyad.bridge@gmail.com](mailto:risyad.bridge@gmail.com)

### **Abstract**

*Occupational Health and Safety is an important factor that needs to be considered by the company. Its application is influenced by human reliability in it. This study discusses the analysis of work accidents due to human error at PT. X which is engaged in manufacturing transportation equipment. Work accidents that occur include: gram scratched, burnt, and pinched by the press machine. This is due to the neglect of procedures and the use of PPE by operators. The methods used are Standardized Plant Analysis Risk Human Reliability Assessment (SPAR-H) and Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART). The results showed that the largest HEP value in the SPAR-H method was 0.5558 on the steel work unit, 0.1668 on the minor assembly unit, 0.1668 on the sub assembly unit, 0.1668 on the carbody assembly unit, and 0.5558 on the tempering unit. While in the HEART method, the largest HEP value is 0.6164 for the steel work unit, 0.2153 for the minor assembly unit, 0.2153 for the sub assembly unit, 0.2153 for the carbody assembly unit, and 0.4285 for the tempering unit. Based on this assessment, several suggestions for improvement are given in the form of: training on the correct use of machines and tools, as well as emphasizing the use of PPE.*

**Keywords:** Occupational Health and Safety, Human Error, SPAR-H, HEART

### **Abstrak**

Kesehatan dan Keselamatan kerja merupakan faktor penting yang perlu diperhatikan oleh perusahaan. Penerapannya dipengaruhi oleh keandalan manusia didalamnya. Penelitian ini membahas analisis kecelakaan kerja akibat human error pada PT. X yang bergerak di bidang manufaktur alat transportasi. Kecelakaan kerja yang terjadi diantaranya: tergores gram, terluka bakar, dan terjepit mesin press. Hal tersebut disebabkan pengabaian prosedur dan penggunaan APD oleh operator. Metode yang digunakan adalah Standardized Plant Analysis Risk Human Reliability Assessment (SPAR-H) dan Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART). Hasil penelitian menunjukkan nilai HEP terbesar pada metode SPAR-H yakni 0,5558 pada unit steel work, 0,1668 pada unit minor assembly, 0,1668 pada unit sub assembly, 0,1668 pada unit carbody assembly, dan 0,5558 pada unit tempering. Sedangkan pada metode HEART, nilai HEP terbesar yakni 0,6164 pada unit steel work, 0,2153 pada unit minor assembly, 0,2153 pada unit sub assembly, 0,2153 pada unit carbody assembly, dan 0,4285 pada unit tempering. Berdasarkan penilaian tersebut diberikan beberapa usulan perbaikan berupa: pelatihan penggunaan mesin dan alat bantu dengan benar, serta penekanan penggunaan APD.

**Kata kunci:** Kesehatan dan Keselamatan Kerja, Human Error, SPAR-H, HEART

## 1. Pendahuluan

Kesehatan dan Keselamatan Kerja merupakan faktor penting dalam perusahaan yang bertujuan untuk menjaga operator dari risiko cedera atau kecelakaan, serta menghindari paparan penyakit jangka pendek maupun panjang yang muncul dari aktivitas kerja yang dilakukan [1]. Ruang lingkup K3 yang dimaksud meliputi kondisi secara fisiologis, fisikal, dan psikologis karyawan yang muncul dari lingkungan kerja dalam perusahaan [2]. Manajemen K3 dalam perusahaan bertujuan untuk mencegah kecelakaan kerja secara komprehensif, terencana, terstruktur, dan sistematis agar tercipta lingkungan kerja yang aman dan nyaman [3]. Lingkungan kerja yang baik diharapkan mampu meningkatkan produktivitas operator saat melaksanakan pekerjaan [4]. Dalam pelaksanaan manajemen K3, keandalan manusia menjadi kunci dalam pencegahan timbulnya kecelakaan yang disebabkan oleh pekerjaan tertentu [5]. Kecelakaan kerja yang terjadi menyebabkan kerugian materiil dan immateriil bagi perusahaan, seperti: operator yang terluka saat bekerja, hilangnya waktu kerja, serta terhambatnya proses produksi yang berlangsung [6].

PT. X merupakan perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur alat transportasi di Jawa Timur Indonesia. Ruang lingkup produksi dalam perusahaan terbagi menjadi dua, yakni: Divisi Fabrikasi dan Divisi *Finishing*. Berdasarkan audit Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup (K3LH) yang dilakukan oleh perusahaan selama semester 1 2022, terdapat 17 kasus kecelakaan kerja yang terjadi pada divisi fabrikasi, diantaranya: 6 kasus tergores gram yang menyebabkan pendarahan pada operator, dan 3 kasus terbakar oleh percikan api yang menyebabkan luka bakar level 2 pada operator yang dikategorikan sebagai kecelakaan kerja ringan, serta 8 kasus tangan terjepit mesin press yang menyebabkan keretakan pada tulang dan dikategorikan sebagai kecelakaan kerja berat [7],[8]. Hal tersebut disebabkan oleh alat kerja yang digunakan pada divisi fabrikasi berupa: mesin bor, dan mesin las listrik yang memiliki risiko kecelakaan ringan, serta mesin *press*, dan mesin potong mekanik yang memiliki risiko kecelakaan berat. aktivitas tersebut seluruhnya dikerjakan oleh tenaga manusia yang memicu munculnya risiko kecelakaan kerja. Risiko kecelakaan kerja tersebut muncul karena adanya perilaku tidak aman (*unsafe act*) yang dilakukan oleh manusia (*human error*) dalam bentuk mengabaikan prosedur kerja serta tidak menggunakan APD yang sesuai selama aktivitas produksi [9].

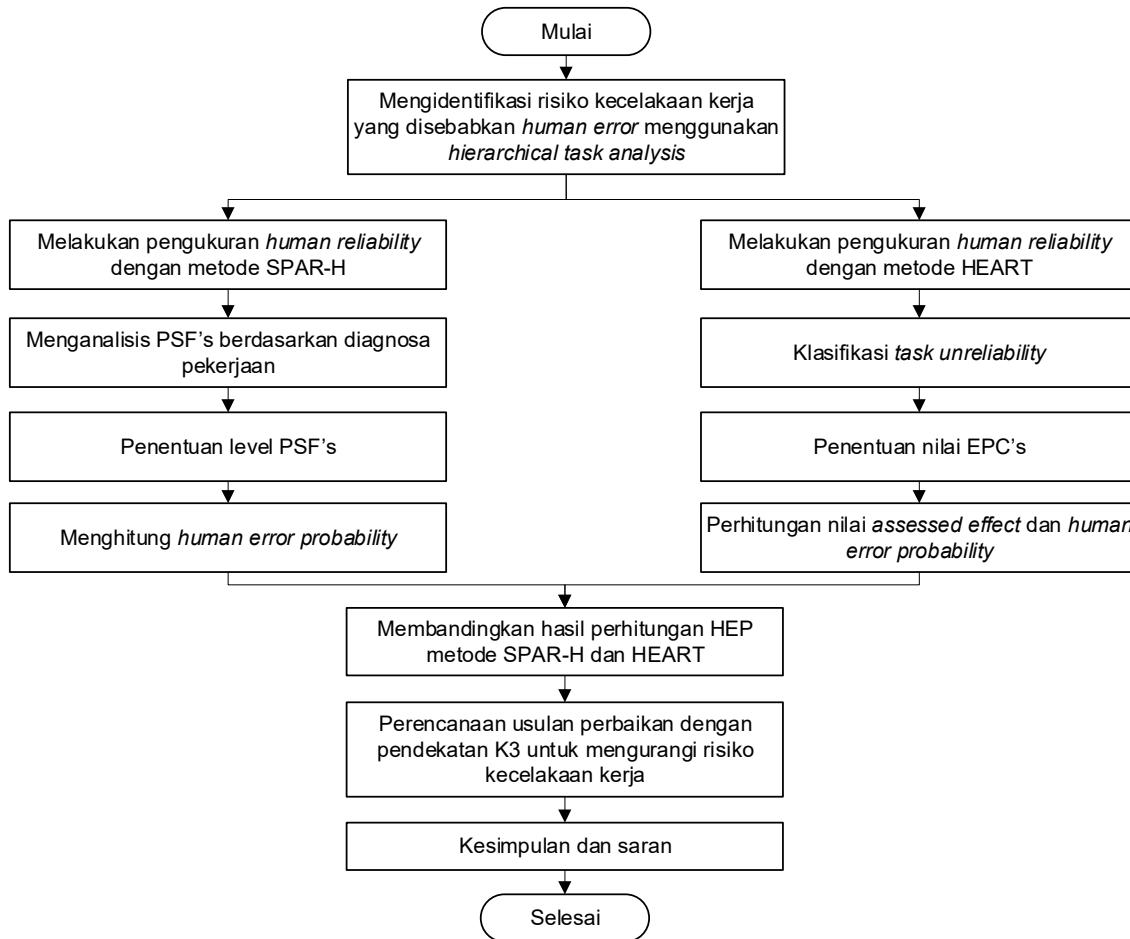
Berdasarkan uraian permasalahan tersebut, perlu adanya upaya penanggulangan yang tepat bagi perusahaan untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja yang disebabkan oleh *human error*. Upaya tersebut dapat dilaksanakan melalui analisis *Human Reliability Assessment* (HRA) [10]. Terdapat berbagai macam metode HRA yang dapat diaplikasikan pada industri manufaktur, diantaranya adalah metode *Standardized Plant Analysis Risk Human Reliability Assessment* (SPAR-H) dan *Human Error Assessment and Reduction Technique* (HEART) [11]. Metode SPAR-H digunakan untuk menganalisis risiko kecelakaan kerja melalui *breakdown* aktivitas yang berlangsung dengan perhitungan nilai *Human Error Probability* (HEP) melalui klasifikasi *Performance Shaping Factor* (PSF) [12]. Sedangkan metode HEART digunakan untuk menganalisis faktor-faktor tertentu yang berkontribusi terhadap sebuah kegagalan yang disebabkan oleh *human error* dengan kalkulasi *Human Error Probability* (HEP) berdasarkan kategori *Generic Task Type* (GTT) dan *Error Producing Condition* (EPC) [13].

Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi risiko kecelakaan kerja yang disebabkan oleh *human error*, melakukan pengukuran terhadap kemungkinan terjadinya *human error* menggunakan metode SPAR-H dan HEART, dan memberikan rekomendasi perbaikan untuk mengurangi *human error* pada divisi fabrikasi PT. X.

## 2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan ialah kualitatif dan kuantitatif. Penelitian kualitatif mencakup analisis data berdasarkan teks, gambar, atau temuan observasi di lapangan. Sedangkan penelitian kuantitatif melibatkan proses kuantifikasi data berdasarkan interpretasi deskriptif dari kondisi di lapangan [14]. Dalam penelitian ini, permasalahan dijabarkan secara deskriptif, kemudian dikuantifikasi dan diolah secara matematis melalui rumus tertentu.

Penelitian ini dilaksanakan di PT. X yang terletak di Jawa Timur, Indonesia. Pemfokusan penelitian ini dilaksanakan di area fabrikasi yang terdiri dari Unit *Steel Work*, Unit *Minor Assembly*, Unit *Sub Assembly*, Unit *Carbody Assembly*, dan Unit *Machining*. Waktu penelitian dan pengambilan data dimulai pada tanggal 28 Juni 2022 – 28 Agustus 2022. Adapun *flowchart* penelitian ini digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

Pada metode SPAR-H, nilai HEP diperoleh melalui kalkulasi sebagai berikut:

Apabila terdapat  $\leq 3$  PSF's bukan nominal, maka:

$$\text{HEP} = 0,001 \times \text{Time} \times \text{Stress} \times \text{Complexity} \times \text{Experience} \times \text{Procedures} \times \text{Ergonomics} \times \text{Fitness for Duty} \times \text{Processors}$$

Namun apabila terdapat  $\geq 3$  PSF's bukan nominal, maka:

$$\text{HEP} = \frac{\text{NHEP} \times \text{PSF Comp.}}{\text{NHEP} \times (\text{PSF Comp.} - 1) + 1}$$

Selanjutnya pada metode HEART, sebelum menghitung nilai HEP ditentukan terlebih dahulu besaran *Assessed Effect* yang didapatkan melalui perhitungan sebagai berikut:

$$\text{AE(i)} = ((\text{EPC} - 1) \times \text{PoA} + 1)$$

Setelah besaran *Assessed Effect* diketahui, barulah dapat dikalkulasikan nilai HEP dengan rumus:

$$\text{HEP} = \text{GT} \times \text{AE1} \times \text{AE2} \times \text{AE3} \times \dots \times \text{AE(i)}$$

### 3. Hasil dan Analisis

Berdasarkan audit yang dilakukan oleh perusahaan mengenai Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup (K3LH), diperoleh jumlah kecelakaan kerja selama 1 semester di tahun 2022 sebanyak 17 kasus. Dari total kasus tersebut, sebanyak 9 kasus dikategorikan sebagai kecelakaan kerja ringan, sedangkan 8 kasus lainnya dikategorikan sebagai kecelakaan kerja berat. Data tersebut disajikan dalam grafik sebagai berikut:



Gambar 2. Grafik Kecelakaan Kerja PT. X

Kecelakaan kerja yang mungkin terjadi selama aktivitas produksi berlangsung pada unit *Steel Work*, Unit *Minor Assembly*, Unit *Sub Assembly*, Unit *Carbody Assembly*, dan Unit *Machining* diantaranya: tangan terjepit mesin *gap shear/hydraulic press brake*, tergores *gram*, dan terluka bakar. Hal tersebut disebabkan oleh *Human error* yang dilakukan oleh operator berupa: tidak menghentikan mesin sebelum memposisikan material dengan tangan, dan tidak memakai alat pelindung diri (APD) yang sesuai dengan ranah kerja, dan tidak menggunakan tang bantu untuk mengambil *part* yang telah diproses.

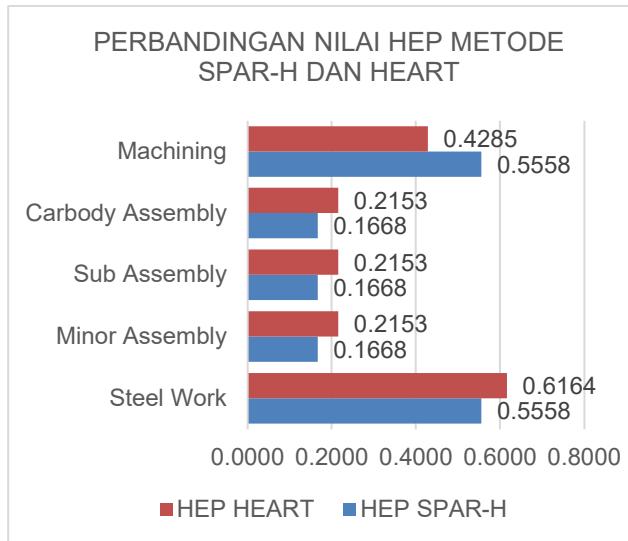
Tabel 1. Pengolahan Realibilitas Metode SPAR-H dan HEART

Unit	Aktivitas Kerja	Deskripsi Langkah	HEP SPAR-H	HEP HEART
<i>Steel Work</i>	Pembuatan Plat Minor Assembly MAU1	Pemindahan material dari <i>open storage</i>	0,0200	0,0340
		Inspeksi mesin <i>gap shear</i>	0,0250	0,0200
		Meletakkan material ke dalam mesin	0,3336	0,3573
		Penghalusan material	0,0200	0,0213
		Pengeboran material	0,1668	0,2844
		Inspeksi mesin <i>hydraulic press brake</i>	0,0200	0,0200
		Meletakkan material ke dalam mesin	0,5558	0,6164
<i>Minor Assembly</i>	Pembuatan Part Sub Assembly SAU1	Pemindahan material dari unit <i>Steel Work</i>	0,0200	0,0340
		Penghalusan <i>part</i> MAU1, MAU2, MAU3	0,0200	0,0213
		Inspeksi <i>part</i>	0,0100	0,0200
		Mengelas <i>part</i>	0,1668	0,2153

<i>Sub Assembly</i>	<i>Pembuatan Part Underframe</i>	Pemindahan material dari unit <i>Minor Assembly</i>	0,0200	0,0340
		Penghalusan <i>part</i> SAU1, SAU2, SAU3	0,0200	0,0213
		Memposisikan <i>part</i> dengan <i>crane</i>	0,0400	0,1000
		Mengelas <i>part</i>	0,1668	0,2153
<i>Carbody Assembly</i>	<i>Pembuatan Gerbong</i>	Pemindahan material dari unit <i>Sub Assembly</i>	0,0200	0,0340
		Penghalusan <i>part underframe, sidewall, roof</i>	0,0200	0,0213
		Memposisikan <i>part</i> dengan <i>crane</i>	0,0400	0,1000
		Mengelas <i>part</i>	0,1668	0,2153
<i>Machining</i>	<i>Pembuatan Part Gearbox</i>	Pemindahan material dari <i>open storage</i>	0,0200	0,0340
		Pemotongan material	0,1668	0,1813
		Penghalusan material	0,0200	0,0213
		Pembubutan material	0,1668	0,2816
		Meletakkan <i>part gearbox</i> pada area <i>tempering</i>	0,0400	0,0900
		Proses Pemanasan <i>tempering</i> pada <i>part gearbox</i>	0,1668	0,1005
		Mengambil <i>part gearbox</i> yang telah selesai diproses	0,5558	0,4285

Berdasarkan pengukuran realibilitas menggunakan metode SPAR-H diperoleh hasil HEP tertinggi masing-masing unit secara berurutan pada langkah meletakkan material ke dalam mesin, mengelas *part* MAU1; MAU2; MAU3, mengelas *part* SAU1; SAU2; SAU3, mengelas *part underframe; sidewall; roof*, dan mengambil *part gearbox* yang telah selesai diproses dengan nilai HEP secara berurutan sebesar 0,5558; 0,1668; 0,1668; 0,1668; 0,5558. Kemudian pada pengukuran realibilitas menggunakan metode HEART diperoleh hasil HEP tertinggi masing-masing unit secara berurutan pada langkah meletakkan material ke dalam mesin, mengelas *part* MAU1; MAU2; MAU3, mengelas *part* SAU1; SAU2; SAU3, mengelas *part underframe; sidewall; roof*, dan mengambil *part gearbox* yang telah selesai diproses dengan nilai HEP secara berurutan sebesar 0,6164; 0,2153; 0,2153; 0,2153; 0,4285. Nilai HEP yang tinggi disebabkan oleh faktor lingkungan kerja dan mesin yang menyebabkan operator melakukan aktivitas berbahaya berupa memposisikan material dengan tangan tanpa menghentikan mesin. Hal tersebut menimbulkan risiko kecelakaan kerja berupa tangan terjepit mesin *hydraulic press brake* saat proses penekukan berlangsung. Hal ini diperkuat dengan hasil penelitian sebelumnya pada industri pembuatan plat *stainless steel* yang menemukan adanya risiko kecelakaan kerja akibat *human error* berupa operator yang tidak mematikan mesin setelah aktivitas *bending* selesai [15]. Selain itu, prosedur yang kurang baik sehingga operator mengabaikan penggunaan APD dan alat bantu saat mengelas dan mengambil *part* yang telah selesai dikerjakan. Hal tersebut menimbulkan risiko kecelakaan kerja berupa terluka bakar di tangan saat proses pengelasan dan tempering berlangsung. Hal ini didukung dengan hasil penelitian sebelumnya pada industri penempaan baja yang menemukan adanya peluang terluka bakar akibat *human error* yang disebabkan alat kerja yang tidak sesuai [16].

Perbandingan kedua metode menunjukkan hasil HEP yang tidak berbeda secara signifikan dan masih saling mendukung, hal tersebut menunjukkan penggunaan dua metode cukup baik untuk mengukur realibilitas operator di lapangan [17]. Pengukuran HEP pada divisi Fabrikasi PT. X menggunakan metode SPAR-H mayoritas menghasilkan nilai lebih kecil dibandingkan dengan metode HEART. Hasil tersebut digambarkan melalui diagram yang menunjukkan nilai HEP tertinggi pada setiap unit sebagai berikut:



**Gambar 2.** Grafik Perbandingan Nilai HEP Metode SPAR-H dan HEART

Perbedaan nilai HEP tersebut disebabkan perbedaan faktor pengali, dimana pada metode SPAR-H hasil akhir didapatkan berdasarkan nilai PSF dan kategori aktivitas kerja [12]. Sedangkan pada metode HEART, hasil akhir didapatkan dari kategori *Generic Task* (GT), akumulasi *Error Producing Condition* (EPC), dan proporsi dari masing-masing EPC nya [18]. Hal tersebut didukung oleh penelitian sebelumnya dengan menggunakan metode SPAR-H dan HEART yang diaplikasikan pada bidang konstruksi jalan dan jembatan dengan hasil nilai HEP yang berbeda namun tidak signifikan diantara keduanya [6].

Usulan perbaikan untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja dapat mengacu pada Undang-undang no. 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja [19]. Dari acuan tersebut dirumuskanlah usulan perbaikan dalam bentuk perencanaan strategis dengan pendekatan K3 untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja [20]. Adapun usulan perbaikan yang diberikan adalah sebagai berikut: (1) menghentikan mesin sebelum memposisikan material dengan tangan, (2) menggunakan tang bantu untuk mengambil part setelah proses tempering selesai, (3) menekankan penggunaan alat pelindung diri (APD) yang sesuai melalui kepala unit.

#### 4. Kesimpulan

Hasil analisis yang telah dilakukan pada divisi fabrikasi PT. X, menunjukkan adanya risiko kecelakaan kerja pada Unit Steel Work, Unit Minor Assembly, Unit Sub Assembly, Unit Carbody Assembly, dan Unit Machining. yang disebabkan oleh *human error*. Kemudian melalui pengukuran realibilitas operator, diperoleh hasil nilai HEP yang diolah melalui metode HEART mayoritas lebih besar daripada metode SPAR-H. Nilai HEP yang lebih besar melalui pengolahan metode HEART diperoleh pada 4 unit, yakni: unit Steel Work, unit Minor Assembly, unit Sub Assembly, dan unit Carbody Assembly. Sedangkan nilai HEP yang lebih besar melalui pengolahan metode SPAR-H diperoleh pada 1 unit, yakni unit Machining. Perolehan nilai HEP melalui kedua metode menunjukkan hasil yang tidak berbeda secara signifikan dan masih saling mendukung. Selanjutnya, berdasarkan identifikasi *human error* dan pengolahan realibilitas operator, dirumuskan usulan perbaikan untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja yang ada melalui pendekatan K3.

#### Referensi

- [1] Fajri K, Utami H, Prasetya A. Pengaruh Program Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Terhadap Kepuasan Kerja dan Kinerja Karyawan (Studi pada Karyawan PT Brantas Abipraya (Persero) Dalam Proyek Pembangunan Wisma Atlet Kemayoran). J Adm Bisnis S1 Univ Brawijaya. 2017;46(1):11–9.
- [2] Rivai V, Sagala EJ. Manajemen Sumber Daya Manusia untuk Perusahaan. Jakarta: Rajawali Pers; 2013.
- [3] Isdiyati, Suhendar E, Suyana N. Analisis Keselamatan Kerja Menggunakan Metode

- Hazard Identification Risk Assesment Dengan Pendekatan Spar-H Pada Pt Argha Perdana Kencana. *J Ilm Tek Ind.* 2021;9(1):1.
- [4] Erni N, Adianto, Kelvin. Perbaikan Lingkungan Fisik PT. Rodamas Nuansa Fortuna. *J Ilm Tek Ind.* 2016;4(3):156–65.
- [5] Dhillon BS (Balbir S. Reliability, Quality, and Safety for Engineers. CRC Press; 2005. 219 p.
- [6] Riyanti TD, Tambunan W, Sukmono Y. Analisis Human Reliability Assessment (HRA) dengan Metode HEART dan SPAR-H (Studi Kasus PT.X). *J Ind Manuf Eng.* 2021 May 21;5(1):41–8.
- [7] Kurniawan SW, Susanti. Luka Bakar Derajat II-III 90% karena Api pada Laki-laki 22 Tahun di Bagian Bedah Rumah Sakit Umum Daerah Abdoel Moeloek Lampung. *J Medula Unila.* 2017;Volume 7,(2):140.
- [8] Transiska D. Pengaruh Lingkungan Kerja Dan Faktor Manusia Terhadap Tingkat Kecelakaan Kerja Karyawan Pada Pt. Putri Midai Bangkinang Kabupaten Kampar. *J Online Mhs Fak Ekon Univ Riau.* 2015;2(1):33748.
- [9] Kristianti I, Tualeka AR. Hubungan Safety Inspection Dan Pengetahuan Dengan Unsafe Action Di Departemen Rolling Mill. *Indones J Occup Saf Heal.* 2018;7(3):300.
- [10] Spurgin AJ. Human Reliability Assessment Theory and Practice. 2010.
- [11] Bell J, Holroyd J. Review of Human Reliability Assessment Methods RR679 Research Report. 2009.
- [12] Gertman D, Blackman H, Marble J, Byers J, Smith C. The SPAR-H Human Reliability Analysis Method. 2005.
- [13] Iridiastadi H, Yassierli. Ergonomi Suatu Pengantar. Bandung: Remaja Rosdakarya; 2014.
- [14] Creswell WJ, Creswell JD. Research Design: Qualitative, Quantitative adn Mixed Methods Approaches. Vol. 53, *Journal of Chemical Information and Modeling.* 2018. 1–388 p.
- [15] Putro FC, Helianty Y, Desrianty A. Usulan Perbaikan Sistem Kerja Mesin Bending Di PT. X Menggunakan Metode Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach (Sherpa). *J Online Inst Teknol Nas.* 2015;03(2):2338–5081.
- [16] Nagarale S V., Patil AK, Dhake RJ, Gambhire G. Human Factors Study in A Forging Industry. *IVth Int Conf Prod Ind Eng.* 2016;(December 2016):1–8.
- [17] Aalipour M, Ayele YZ, Barabadi A. Human Reliability Assessment (HRA) in Maintenance of Production Process: A Case Study. *Int J Syst Assur Eng Manag.* 2016;7(2):229–38.
- [18] Stojiljkovic E, Bijelic B, Cvetkovic M. Application of Heart Technique for Human Reliability Assessment – a Serbian Experience. *Facta Univ Ser Work Living Environ Prot.* 2018;(January):187.
- [19] Puspitasari T, Koesyanto H. Potensi Bahaya dan Penilaian Risiko Menggunakan Metode HIRARC. *Higeia J Public Heal Res Dev.* 2020;1(3):84–94.
- [20] Safitri GA, Multiana IM. Study Analisis Keselamatan dan Kesehatan Kerja Dalam pada Reparasi Mobil di Bengkel Hyundai Wiyung Surabaya. *J Pendidik Tek Mesin.* 2019;08(01):145–52.