

## ANALISIS RISIKO KECELAKAAN KERJA DENGAN METODE HIRARC PADA PEKERJAAN PEMOTONGAN BESI

Ailsa Eka Luthfiandrea Putri<sup>1</sup>, Irfany Rupiwardani<sup>2\*</sup>, Misbahul Subhi<sup>3</sup>

Program Studi S1 Kesehatan Lingkungan, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Widyagama Husada<sup>1,2,3</sup>

\*Corresponding Author : irfany@widyagamahusada.ac.id

### ABSTRAK

Kejadian kecelakaan kerja di Indonesia berdasarkan data BPJS Ketenagakerjaan tahun 2023 sebanyak 347.855 kasus dari pekerja penerima upah, 19.921 kasus dari pekerja bukan penerima upah dan 2.971 kasus dari pekerja jasa konstruksi. Tingginya angka kecelakaan kerja dapat disebabkan oleh kecerobohan atau kurangnya penerapan keselamatan dalam bekerja. Pekerjaan dengan risiko tinggi seperti pekerjaan las potong atau *oxy-cutting* berisiko menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja seperti tergores, tertusuk, tertimpa, terkena percikan api dan lain sebagainya. Tujuan penelitian yaitu mengidentifikasi bahaya, mengidentifikasi tingkat risiko dan menganalisis pengendalian risiko. Metode yang digunakan yaitu metode HIRARC. Metode ini dipilih karena mendetail pada setiap proses kerja sehingga pengendalian akan lebih spesifik. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif. Populasi dan sampel penelitian ini berjumlah 38 orang dengan metode pengambilan sampel yaitu *total sampling*. Instrumen penelitian yaitu kuesioner, lembar observasi, lembar rekapitulasi, alat tulis, kamera dan APD peneliti. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pekerjaan pemotongan besi teridentifikasi 59 potensi bahaya. Penilaian tingkat risiko didapati tingkat *low risk* 13,6%, *moderate risk* 59,3% dan *high risk* 27,1%. Pengendalian risiko kecelakaan kerja pada pekerjaan pemotongan besi diantaranya dengan eliminasi, substitusi, rekayasa teknik, administratif dan penggunaan APD. Risiko kecelakaan kerja pada pekerjaan pemotongan besi di Pasar Besi X dapat dicegah dengan melaksanakan rekomendasi pengendalian risiko sesuai dengan hierarki pengendalian risiko, serta tersedianya alat penunjang keselamatan dan kesehatan kerja pada pekerjaan yang terpapar panas api seperti APAR, *Hydrant* dan Kotak P3K.

**Kata kunci** : bahaya, HIRARC, kecelakaan kerja, risiko

### ABSTRACT

*The incidence of work accidents in Indonesia according to BPJS Employment data in 2023 is 347,855 cases of employed workers, 19,921 cases of non-employed workers and 2,971 cases of construction service workers. The high number of accidents at work can be caused by flawlessness or lack of safety implementation at work. High-risk jobs such as cutting welds risks resulting in work accidents such as scratching, crushing, stabbing, being exposed to a spark of fire and so on. The purpose of the research is to identify hazards, identify risk levels and analyze risk control. The method used is the HIRARC method. This method is chosen because it is detailed on each work process so that the controls will be more specific. This research uses a quantitative descriptive approach. The population and sample of this study amounted to 38 people with sampling methods that are total samplings. Research instruments are questionnaires, observation sheets, recapitulation sheet, writing tools, cameras and research APD. The results of the research showed that in the iron cutting work identified 59 potential hazards. The risk assessment found low risk 13.6%, moderate risk 59.3% and high risk 27.1%. The risk control of work accidents in the welding works include elimination, substitution, engineering, administrative and APD. The risk of work accident on the welding can be prevented according to the risk control hierarchy and availability of safety and health support tools in the work exposed to heat such as APAR, Hydrant and P3K Box.*

**Keywords** : HIRARC, work accident, risk, hazard

### PENDAHULUAN

Kecelakaan tidak dapat diabaikan, kecelakaan mempunyai 3 kategori tingkat keparahan yang berbeda yaitu ringan, sedang dan parah. Kecelakaan ringan merupakan luka ringan atau

leceh yang memerlukan penanganan jangka pendek dan dapat diperbaiki dengan pertolongan pertama. Kecelakaan ringan harus diidentifikasi untuk mencegah masalah tersebut menyebabkan cedera serius atau *fatality injury* hingga kematian (Fitriani *et.al*, 2021). *International Labour Organization* (ILO) tahun 2018 memprediksi setiap tahun lebih dari 2,78 juta pekerja meninggal akibat kecelakaan kerja.

Kejadian kecelakaan kerja di Indonesia berdasarkan data BPJS Ketenagakerjaan sejak pandemi 2020 hingga 2023 terjadi peningkatan. Pada tahun 2020 terjadi sebanyak 221.740 kasus kecelakaan kerja, tahun 2021 sebanyak 234.270 kasus, tahun 2022 sebanyak 265.334 kasus dan tahun 2023 sebanyak 347.855 kasus dari pekerja penerima upah, 19.921 kasus dari pekerja bukan penerima upah dan 2.971 kasus dari pekerja jasa konstruksi (BPJS Ketenagakerjaan, 2023). Tingginya angka kecelakaan kerja dapat juga disebabkan oleh kecerobohan atau kurangnya penerapan keselamatan dalam bekerja (Fitriani *et al*, 2021).

Pasar Besi merupakan pasar yang menyediakan berbagai macam besi mulai dari besi baru hingga besi bekas. Selain besi, pasar ini juga menyediakan pipa, kawat, tembaga dan plat baja tebal. Mayoritas pengunjung yang datang, membeli besi atau plat baja tebal untuk perancangan konstruksi dan pembuatan mesin (Setyowibowo, 2022). Alat potong yang digunakan yaitu blander las potong atau *Oxy-Cutting* merupakan alat pemotong besi dengan menggunakan gas berupa *oxygen* dan *acetylene* atau gas LPG (*Liquified Petroleum Gases*) (Dhi'fanyah dan Wahyudiyono, 2017).

Risiko yang diterima dari pekerjaan las potong atau *Oxy-Cutting* tidak hanya pada saat proses pemotongan berlangsung, namun kesalahan dalam pengoprasian alat kerja, perawatan peralatan dan penggunaan alat pelindung diri yang tidak sesuai dapat berakibat pada terjadinya kerusakan alat dan kecelakaan kerja. Pada tahun 2019, terjadi kecelakaan kerja di salah satu toko di pasar besi X akibat kebocoran pada selang gas LPG sehingga menimbulkan ledakan dan semburan api. Hal ini mengakibatkan salah satu pekerja pemotongan besi terluka pada bagian lengan.

Studi pendahuluan yang dilakukan pada beberapa pekerja di Pasar Besi X, terdapat kejadian kecelakaan kerja yang pernah dialami oleh pekerja diantaranya tersayat, terjepit, tertimpa besi panas, terpeleset, tersulut api, mata terkena gram, nyeri otot dan lain-lain. Pada aktifitas kerja di Pasar Besi X ini terlihat beberapa pekerja merokok pada saat melakukan pemotongan besi, tidak menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) dan tidak adanya Standar Operasional Prosedur (SOP). Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor 2 tahun 1982 tentang kualifikasi juru las, bahwa pekerjaan yang berhubungan dengan pengelasan dan pemotongan besi wajib menggunakan alat pelindung diri karena merupakan bagian penting dalam penerapan keselamatan dan kesehatan kerja.

Kondisi aktifitas kerja yang ada di Pasar Besi X diperlukan adanya upaya untuk menekan kejadian kecelakaan kerja, dalam hal ini metode yang digunakan yaitu HIRARC. Menurut Rupiwardani *et al* (2022), metode HIRARC memiliki tahapan yang tergolong sederhana sehingga dapat digunakan untuk menilai risiko pada perusahaan atau industri dengan skala kecil dan menengah. Menurut Tambunan *et al* (2019), Metode HIRARC dipilih karena lebih mendetail pada masing-masing aktifitas kerja sehingga pengendalian yang dilakukan akan lebih spesifik.

Penelitian Muhammad Nur (2021) menyebutkan bahwa potensi bahaya yang teridentifikasi dengan metode HIRARC diantaranya terbentur pipa minyak, terpeleset, terjatuh, terhirup debu dan lain-lain. Hasil analisis risiko didapati 1 risiko rendah, 2 risiko sedang, 2 risiko tinggi dan 2 risiko sangat tinggi serta pengendalian risiko dilakukan dengan menggunakan APD. Sejalan pula dengan penelitian Tambunan *et al* (2019) bahwa potensi bahaya yang teridentifikasi yaitu tersandung, tersayat, tertimpa material, terkena percikan api, terkena palu dan lain-lain. Berdasarkan penilaian risiko, ditemukan 10 risiko kategori Sedang dan 12 risiko kategori Ringan serta pengendalian risiko menggunakan APD, melakukan

*administratif control* berupa penerapan SOP dan *engineering control* berupa penataan alat dan material.

Berdasarkan pemaparan tersebut, identifikasi potensi bahaya, penilaian risiko dan pengendalian risiko sangat diperlukan untuk mengurangi kejadian kecelakaan kerja. Hal ini melatarbelakangi penulis untuk menganalisis risiko kecelakaan kerja dengan metode HIRARC pada pekerjaan pemotongan besi di Pasar Besi X Kota Malang.

Tujuan penelitian yaitu mengidentifikasi bahaya, mengidentifikasi tingkat risiko dan menganalisis pengendalian risiko. Metode yang digunakan yaitu metode HIRARC.

## METODE

Penelitian dengan metode HIRARC (*Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control*) pada pekerjaan pemotongan besi di Pasar Besi X Kota Malang terdiri dari beberapa tahap. Tahap pertama dalam penelitian ini adalah melakukan survei pendahuluan guna mengetahui prosedur kerja dari pekerjaan pemotongan besi dengan melakukan wawancara dan observasi terhadap beberapa pekerja dan pemilik toko. Tahap kedua, melakukan penyusunan kuesioner pendahuluan untuk melaksanakan uji validitas dan uji realibilitas kuesioner dengan menyebarkan ke 20 pekerja bengkel besi. Tahap ketiga melakukan penelitian dengan menyebarkan kuesioner penelitian dan wawancara kepada 38 responden di Pasar Besi X Kota Malang, serta melakukan observasi potensi bahaya secara langsung. Tahap ke empat, melakukan penilaian risiko pada lembar rekapitulasi guna menemukan tingkat risikonya. Tahap ke lima, melakukan perbandingan tingkat risiko dengan matriks risiko berdasarkan AS/NZS 4360:2004. Kemudian, menganalisis pengendalian sesuai dengan hierarki pengendalian risiko.

## HASIL

Hasil analisis risiko kecelakaan kerja dengan metode HIRARC (*Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control*) pada pekerjaan pemotongan besi di Pasar Besi X Kota Malang terdiri atas identifikasi bahaya, penilaian risiko dan pengendalian risiko. Berdasarkan tabel berikut.

**Tabel 1. Analisis Risiko dengan Metode HIRARC pada Pekerjaan Pemotongan Besi di Pasar Besi X**

No	Aktifitas Kerja	Identifikasi Risiko	Penilaian Risiko				Rekomendasi Pengendalian
			L	S	RR	Level	
<b>Tahap Sebelum Pemotongan</b>							
1.	Mempersiapkan besi yang akan dilakukan pemotongan	1.Tertimpa besi	3	2	6	Moderate	Menata ulang besi dan menggunakan APD (sepatu <i>safety</i> dan sarung tangan)
		2.Terbentur besi	4	2	8	High	
		3.Tergores material tajam	4	2	8	High	
		4.Nyeri otot	3	2	6	Moderate	
2.	Membersihkan serpihan material pada	5.Tergores serpihan besi	4	2	8	High	Menghilangkan serpihan besi (mengumpulkan pada

	objek yang akan dilakukan pemotongan						drum tertutup), menyediakan display K3 peringatan membersihkan besi dan menggunakan APD (Baju kerja panjang, sepatu <i>safety</i> dan sarung tangan)
		6. Batuk akibat debu terhirup pekerja	4	1	4	Moderate	Menggunakan APD berupa masker
		7. Sesak akibat debu terhirup pekerja	2	1	2	Low	
		8. Mata terkena debu	4	2	8	High	Menggunakan APD berupa kaca mata
3.	Memeriksa kondisi tabung oksigen dan LPG	9. Terjadi kebocoran akibat regulator tabung rusak	2	1	1	Low	Mengganti regulator rusak, menyervis regulator, rutin melakukan pengecekan tabung dan melaporkan kerusakan kepada pemilik
		10. Tertimpa tabung yang tidak terikat ke dinding	2	2	4	Moderate	Merantai tabung agar tidak terguling dan membuat display K3 peringatan tabung mudah terguling serta mengembalikan tabung ke posisi semula
		11. Terjadi ledakan akibat tidak ada katup pengaman ( <i>flashback arrestor</i> )	3	1	3	Moderate	Menambahkan katup pengaman atau <i>flashback arrestor</i> dan memberikan edukasi kepada operator serta pemilik toko terkait peran katup pengaman
4.	Memeriksa kondisi <i>hose</i> atau selang	12. Kebocoran gas akibat <i>Hose</i> sobek	2	1	2	Low	Mengganti selang rusak dan melakukan pengecekan selang secara rutin
		13. Terjadi ledakan akibat <i>Hose</i> sobek	2	1	2	Low	
5.	Pemasangan <i>Nozzle</i> atau ujung nyala api pada <i>cutting torch</i>	14. Kebocoran gas akibat <i>nozzle</i> tidak terpasang kuat	3	1	3	Moderate	Memasang <i>nozzle</i> hingga tidak dapat berputar dan menyediakan display K3 peringatan pengecekan dengan teliti
6.	Membuka <i>valve cutting torch</i>	15. Ledakan akibat tekanan tidak tepat	2	1	2	Low	Menyediakan display K3 peringatan melakukan pengecekan dengan teliti
		16. Tangan tersulut api saat menyalakan pemantik	3	2	6	Moderate	Menyediakan display K3 peringatan berhati-hati saat menyalakan

							pemantik dan menggunakan APD (sarung tangan)
		17.Pusing akibat menghirup gas LPG	2	1	2	Low	Mengganti karet gas dengan yang baru, menyediakan display K3 pengecekan gas dengan teliti dan menggunakan APD (masker)
<b>Tahap saat pemotongan</b>							
7.	Pemotongan besi	18.Terkena percikan api	5	1	5	Moderate	Mengubah posisi pemotongan dan menggunakan APD (baju kerja panjang, sepatu <i>safety</i> , sarung tangan, masker dan kaca mata las)
		19.Tertimpa potongan besi	3	2	6	Moderate	Mengubah posisi pemotongan dan menggunakan APD (sepatu <i>safety</i> dan sarung tangan)
		20.Terkena serpihan material (gram)	4	2	8	High	Menghilangkan serpihan besi dari area kerja (dikumpulkan dalam drum tertutup) dan menggunakan APD (sepatu <i>safety</i> )
		21.Terpapar panas api	5	1	5	Moderate	Menggunakan APD (baju kerja panjang, sepatu <i>safety</i> , sarung tangan, masker dan kaca mata las)
		22.Mata terasa sakit akibat paparan sinar UV dari reaksi <i>Oxy-Cutting</i>	4	2	8	High	Menggunakan APD (kaca mata las)
		23.Terjadi Ledakan	2	2	4	Moderate	Mengganti karet gas LPG, menyediakan display K3 peringatan memastikan gas LPG tidak bocor, larangan merokok diarea kerja dan peringatan mudah meledak
		24.Nyeri punggung	3	2	6	Moderate	Mengubah posisi kerja berjongkok menjadi duduk diatas kursi kecil
		25.Nyeri otot	3	3	6	Moderate	
<b>Tahap setelah pemotongan</b>							
8.	Menutup <i>valve</i>	26.Terjadi ledakan akibat kebocoran gas	2	2	4	Moderate	Mengganti karet gas LPG, menyediakan display K3 pengecekan gas LPG

								serta peringatan mudah meledak
		27.Terjadi akibat merokok	ledakan pekerja	2	1	2	Low	Membuat display K3 dilarang merokok di area kerja
		28.Kebocoran kurang rapat menutup <i>valve</i>	akibat saat	3	1	3	Moderate	Memberi indikator terbuka/ tertutup pada <i>valve</i> dan memastikan <i>valve</i> tertutup rapat
9.	Merapikan <i>hose</i> atau selang	29.Terpeleset selang berserakan	akibat yang	3	2	6	Moderate	Menyediakan display K3 peringatan segera merapikan selang setelah digunakan
		30.Terjatuh menggantungkan selang	saat	2	2	4	Moderate	Mengubah posisi gantungan dan menyediakan display K3 peringatan berhati-hari saat menggantung selang/ bahaya terjatuh
10.	Pengamplasan	31.Tersengat listrik saat menyalakan gerinda	aliran	2	2	4	Moderate	Mengganti terminal yang rusak, menyervis terminal, menyediakan display K3 peringatan pengecekan terminal sebelum digunakan dan melapor apabila terdapat kerusakan serta menggunakan APD (sarung tangan)
		32.Terkena gerinda	mata	2	2	4	Moderate	Menyediakan pelindung gerinda, menyediakan display K3 peringatan penggunaan alat dengan benar dan menggunakan APD (baju kerja panjang, sepatu <i>safety</i> , sarung tangan, masker dan kaca mata <i>safety</i> )
		33.Terkena api	percikan	4	1	4	Moderate	Menggunakan APD (baju kerja panjang, sepatu <i>safety</i> , sarung tangan, masker dan kaca mata <i>safety</i> )
		34.Mata terkena gram		4	2	8	High	Menggunakan APD (kaca mata <i>safety</i> )
		35.Tangan palu	terkena	4	2	8	High	Menyediakan display K3 peringatan penggunaan alat dengan benar dan menggunakan APD (sarung tangan )
		36.Mata terkena debu material	debu	4	2	8	High	Mengubah posisi pekerja tidak

							melawan arah angin dan menggunakan APD (kaca mata)
		37.Telinga terasa sakit akibat kebisingan	4	1	4	Moderate	Menggunakan alat pelindung telinga ( <i>earplug</i> )
		38.Nyeri punggung	3	2	6	Moderate	Mengubah posisi kerja berjongkok menjadi duduk diatas kursi kecil
		39.Nyeri otot	3	2	6	Moderate	
11.	Pembersihan area	40.Terkena serpihan besi tajam yang berserakan	4	2	8	High	Menghilangkan serpihan besi dari area kerja (dikumpulkan dalam drum tertutup) dan menggunakan APD (sepatu <i>safety</i> dan sarung tangan)
		41.Tergores material besi	4	2	8	High	Menata ulang besi pada tempat yang mudah dijangkau dan menggunakan APD (baju kerja panjang, sarung tangan dan sepatu <i>safety</i> )
		42.Mata terkena debu material	4	2	8	High	Menggunakan APD (masker dan kaca mata)
		43.Batuk akibat terkena debu	4	1	4	Moderate	
		44.Sesak akibat terkena debu	2	1	2	Low	
12.	Pendinginan	45.Tertimpa besi panas	2	2	4	Moderate	Menyediakan display K3 peringatan hati-hati tertimpa besi panas dan menggunakan APD (sarung tangan dan sepatu <i>safety</i> )
		46.Terkena percikan air yang panas saat penyemprotan besi dengan air	4	1	4	Moderate	Menyediakan display K3 peringatan hati-hati saat pendinginan besi dan menggunakan APD (baju kerja panjang, sarung tangan, masker, kaca mata dan sepatu <i>safety</i> )
		47.Terjatuh lantai licin	3	2	6	Moderate	Menghilangkan genangan air, menyediakan display K3 peringatan lantai licin, dan menggunakan APD (sepatu <i>safety</i> )
13.	Pembuatan lubang	48.Tersengat aliran listrik saat akan menyalakan bor	2	2	4	Moderate	Mengganti terminal rusak, menyervis terminal,

						menyediakan display K3 peringatan pengecekan alat, melapor apabila terjadi kerusakan dan menggunakan APD (sarung tangan)	
		49. Terjepit mesin bor	2	2	4	Moderate	Mengubah letak mesin bor, menyediakan display K3 penggunaan alat dengan benar dan menggunakan APD (sarung tangan)
		50. Terkena percikan gram	4	2	8	High	Menggunakan APD (kaca mata <i>safety</i> )
		51. Terkena mata bor	3	2	6	Moderate	Mengubah mata bor dengan yang baru, mengubah letak mesin bor lebih mudah dijangkau, menyediakan display K3 penggunaan alat dengan benar dan menggunakan APD (sarung tangan)
14.	Pemilahan	52. Tertimpa besi saat pemilahan	3	2	6	Moderate	Menyediakan display K3 hati-hati saat pemilahan besi dan menggunakan APD (sarung tangan dan sepatu <i>safety</i> )
		53. Tergores ujung besi yang tajam	4	2	8	High	Menggunakan APD (sarung tangan dan sepatu <i>safety</i> )
15.	Pengangkutan	54. Terjepit saat pengangkutan	2	2	4	Moderate	Mengubah posisi pekerja saat pengangkutan, menyediakan display K3 peringatan hati-hati saat mengangkut besi dan menggunakan APD (sepatu <i>safety</i> dan sarung tangan)
		55. Tertimpa besi saat pengangkutan	2	2	4	Moderate	
		56. Terjatuh saat pengangkutan besi	2	2	4	Moderate	
		57. Terpeleset akibat lantai licin	2	2	4	Moderate	Menghilangkan genangan air, menyediakan display K3 peringatan lantai licin, dan menggunakan APD (sepatu <i>safety</i> )
		58. Nyeri otot	4	2	8	High	Mengubah posisi pengangkutan dan menyediakan display K3 hati-hati saat pengangkutan
		59. Nyeri punggung	4	2	8	High	



## PEMBAHASAN

HIRARC (*Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control*) merupakan salah satu metode atau proses dalam melakukan analisis risiko yang dilakukan oleh perusahaan skala kecil hingga menengah, untuk mengurangi bahaya dari setiap jenis pekerjaan (Dallat *et al.*, 2019). Menurut Dhifansyah dan Wahyudiyono (2017), identifikasi bahaya dapat dilakukan dengan cara bertanya secara langsung kepada pekerja mengenai berbagai masalah yang ditemukan di lokasi kerja, kejadian kecelakaan kerja atau hampir terjadi kecelakaan kerja (*nearmiss*), mempertimbangkan cara pekerja melakukan berbagai aktivitas dan saat pekerja mengoperasikan suatu alat atau benda.

Penilaian risiko merupakan tahapan analisis risiko untuk mendapatkan tingkatan risiko melalui perhitungan tingkat kemungkinan (*Likelihood*) dengan tingkat keparahan (*Severity*) (Tambunan *et al.*, 2019). Pengendalian risiko (*Risk Control*) merupakan upaya untuk meminimalisir tingkat risiko dari potensi bahaya yang ada. Setiap pengendalian risiko yang ada berasal dari hasil analisis risiko dan tabel perhitungan risiko dari suatu kegiatan/ aktivitas kerja (Tambunan *et al.*, 2019). Dalam hal ini pengendalian risiko merujuk pada hierarki pengendalian diantaranya eliminasi, substitusi, rekayasa teknik, administratif dan penggunaan APD (*Departement of Occupational Safety and Health Ministry of Human Resources Malaysia*, 2008 dalam Fauzan dan Puspitasari, 2016).

Identifikasi bahaya, penilaian risiko dan pengendalian risiko pada pekerjaan pemotongan besi di Pasar Besi X Kota Malang ini terbagi menjadi beberapa tahap yaitu tahap sebelum pemotongan, tahap saat pemotongan dan tahap setelah pemotongan.

### Tahap Sebelum Pemotongan Besi

Tahap sebelum pemotongan besi di Pasar Besi X Kota Malang yang terdiri atas 6 tahapan. Berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan pada tabel 5 dan 6, terdapat 17 potensi bahaya pada tahap sebelum pemotongan dengan 6 tingkat risiko *low risk*, 7 *moderate risk* dan 4 *high risk*. Sehingga rekomendasi pengendalian risiko diantaranya 1 eliminasi, 10 substitusi, 2 rekayasa teknik, 10 administratif dan 9 pengendalian APD.

Pada saat mempersiapkan besi yang akan dipotong, bahaya besi tertumpuk besi lain berisiko pekerja tertimpa besi sehingga menyebabkan tangan/kaki luka memar (*moderate risk*), kondisi besi tidak tertata rapi berisiko terbentur dan tergores material tajam sehingga menyebabkan tangan/kaki luka memar/gores/sobek (*high risk*). Bahaya posisi pengangkatan manual atau *manual handling* berisiko terjadi nyeri otot (*moderate risk*). Pengendalian risiko yang dapat dilakukan diantaranya, pengendalian substitusi dengan melakukan penataan ulang besi pada tempat yang mudah dijangkau dan menutup ujung besi tajam dengan kain terpal, serta mengubah posisi saat mengangkat besi yaitu duduk jongkok hingga berdiri tegak. Pengendalian APD dengan menggunakan sepatu *safety* dan sarung tangan.

Pada saat membersihkan serpihan material pada besi yang akan dipotong, bahaya serpihan besi berada di area kerja berisiko tergores serpihan besi. Bahaya besi berdebu berisiko batuk, sesak, dan mata terkena debu. Rekomendasi pengendalian risiko diantaranya pengendalian eliminasi dengan menghilangkan serpihan besi di area kerja (mengumpulkan pada drum tertutup), pengendalian administratif yaitu membuat display K3 peringatan segera membersihkan serpihan besi. Menurut OSHA (2005) dalam Rikarda *et al.* (2023) kondisi *housekeeping* yang tidak baik akan berisiko mencederai pekerja. Sejalan dengan penelitian Saputro dan Basuki (2022), pekerja yang kurang hati-hati berisiko terkena besi. Kemudian, menurut penelitian Dhifansyah dan Wahyudiyono (2017), posisi kerja tidak ergonomi (berjongkok) pada waktu lama berisiko menyebabkan nyeri punggung bawah atau *Low Back Pain*. Selain itu, adanya debu di area kerja berisiko mencederai pekerja hingga menyebabkan gangguan pernafasan seperti kanker paru, asma dan TBC. Sehingga menurut Pertiwi *et al.*

(2015), penggunaan kaca mata dan masker berfungsi untuk melindungi dari paparan debu dan serpihan material.

Pada saat memeriksa kondisi tabung oksigen dan LPG, bahaya regulator rusak berisiko terjadi kebocoran hingga terjadi ledakan (*low risk*). Bahaya tabung tidak terikat ke dinding berisiko tertimpa tabung (*moderate risk*). Bahaya tidak ada katup pengaman atau *flashback arrestor* berisiko terjadi ledakan (*moderate risk*). Pengendalian risiko yang dapat dilakukan diantaranya pengendalian substitusi yaitu mengganti regulator rusak, menambahkan katup pengaman pada regulator dan merantai tabung agar tidak terguling. Pengendalian rekayasa teknik yaitu menyervis regulator yang rusak. Pengendalian administratif diantaranya menyediakan display K3 peringatan tabung mudah terguling dan mengembalikan keposisi semula, melakukan pengecekan tabung secara rutin, serta memberikan edukasi kepada pekerja dan pemilik toko mengenai peran penting katup pengaman. Menurut penelitian Dhifansyah dan Wahyudiyono (2017), perlu pengecekan dan penggantian regulator tabung rusak agar regulator dapat terbaca dengan jelas. Regulator harus berfungsi dengan baik serta dalam kondisi bersih, tidak tertutup oli atau kotoran lain. Regulator tabung diwajibkan terdapat katup pengaman untuk mencegah terjadinya arus balik api kepada tabung induk. Selain regulator, tabung gas juga harus dipastikan telah terikat dengan kuat ke dinding.

Pada saat memeriksa kondisi selang, bahaya selang sobek berisiko terjadi kebocoran gas hingga ledakan (*low risk*). Rekomendasi pengendalian risiko diantaranya pengendalian substitusi dengan menyediakan selang cadangan atau mengganti selang rusak dan pengendalian administratif dengan melakukan pengecekan selang secara rutin. Menurut penelitian Dhifansyah dan Wahyudiyono (2017), selang harus dalam keadaan baik, tidak sobek dan dapat berfungsi. Sehingga, diperlukan pengecekan selang untuk memastikan kondisi selang dan selang terpasang sesuai dengan warna (selang merah untuk *acetylene* atau LPG dan hijau untuk *oxygen*).

Pada saat pemasangan *nozzle* atau ujung nyala api, bahaya tidak terpasang kuat berisiko terjadi kebocoran gas (*moderate risk*). Rekomendasi pengendalian diantaranya pengendalian rekayasa teknik yaitu memasang *nozzle* hingga tidak dapat berputar atau rapat dan pengendalian administratif yaitu menyediakan display K3 peringatan pengecekan dengan teliti. Menurut Dhifansyah *et al* (2017), Kebakaran dapat terjadi akibat adanya kebocoran pada *nozzle* yang tidak terpasang dengan baik, apabila terdapat sumber api di sekitar area kerja. Sehingga, pemasangan *nozzle* harus disesuaikan dengan kebutuhan pemotongan.

Pada saat membuka *valve cutting torch*, bahaya tekanan gas tidak tepat berisiko terjadi ledakan (*low risk*), bahaya nyala api terlalu besar berisiko tangan tersulut api (*moderate risk*), bahaya gas LPG bocor berisiko pusing akibat menghirup gas LPG (*low risk*). Rekomendasi pengendalian risiko diantaranya pengendalian substitusi yaitu mengganti karet gas LPG. Pengendalian administratif yaitu menyediakan display K3 peringatan pengecekan gas dengan teliti dan berhati-hati saat menyalakan pemantik serta pengendalian APD yaitu menggunakan sarung tangan dan masker. Menurut *Wall Mountain Company* (1998) dalam Dhifansyah *et al* (2017), setiap membuka *valve* harus memastikan bahwa *acetylene* dibuka dan ditutup terlebih dahulu, setelah api menyala baru membuka *valve oxygen* dan mengatur hingga membentuk nyala api sempurna. Selain itu, Nyala api terlalu besar berpotensi menyebabkan cedera pada tangan pekerja.

### Tahap Saat Pemotongan Besi

Tahap saat pemotongan besi di Pasar Besi X Kota Malang berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan pada tabel 1, terdapat 8 potensi bahaya dengan 6 tingkat risiko *moderate risk* dan 2 *high risk*. Sehingga rekomendasi pengendalian risiko diantaranya 1 eliminasi, 5 substitusi, 1 administratif dan 5 pengendalian APD. Bahaya percikan api dari alat *cutting torch* berisiko pekerja terkena percikan api (*moderate risk*), bahaya peletakan besi tidak tepat

berisiko tertimpa besi (*moderate risk*), bahaya serpihan besi tercecer diarea kerja berisiko terkena serpihan gram (*high risk*), bahaya panas api dari *cutting torch* berisiko pekerja terkena panas api (*moderate risk*), bahaya sinar UV dari *cutting torch* berisiko mata terasa sakit hingga iritasi (*high risk*), bahaya gas LPG bocor berisiko terjadi ledakan hingga jari pekerja melepuh (*moderate risk*), bahaya postur tubuh janggal saat pemotongan berisiko pekerja merasakan nyeri punggung dan nyeri otot (*moderate risk*).

Rekomendasi pengendalian risiko diantaranya pengendalian eliminasi yaitu membersihkan/ menghilangkan serpihan besi dari area kerja (dikumpulkan dalam drum tertutup). Pengendalian substitusi yaitu mengubah posisi pemotongan dari posisi jongkok menjadi duduk dikursi kecil dan mengganti karet gas LPG. Pengendalian administratif yaitu menyediakan display K3 memastikan gas LPG tidak bocor, larangan merokok dan peringatan mudah meledak. Pengendalian APD yaitu menggunakan baju/celana panjang, sepatu *safety*, sarung tangan, masker dan kaca mata las. Menurut penelitian Dhifansyah *et al* (2017), bahwa pada saat pemotongan besi, alat *cutting torch* dapat mengeluarkan percikan api atau bunga api yang bisa saja membakar tangan pekerja apabila melakukan kontak langsung dengan sumber api. Berdasarkan *Occupational Safety and Health Division Ministry of Manpower* (2007) dalam Dhifansyah *et al* (2017), telah terjadi ledakan akibat *oxy-cutting* sehingga menyebabkan 4 orang pekerja tewas dan 2 orang cedera.

### Tahap Setelah Pemotongan Besi

Tahap setelah pemotongan besi di Pasar Besi X Kota Malang yang terdiri atas 8 proses pekerjaan. Berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan pada tabel 5, terdapat 34 potensi bahaya pada tahap setelah pemotongan dengan 2 tingkat risiko *low risk*, 22 tingkat risiko *moderate risk* dan 10 tingkat risiko *high risk*. Sehingga rekomendasi pengendalian risiko diantaranya 3 eliminasi, 14 substitusi, 3 rekayasa teknik, 21 administratif dan 25 pengendalian APD.

Pada saat menutup *valve* terdapat bahaya ledakan akibat kebocoran gas LPG (*moderate risk*), kebocoran akibat kurang rapat saat menutup *valve* (*moderate risk*) dan ledakan akibat pekerja merokok (*low risk*) berisiko terjadi ledakan. Rekomendasi pengendalian risiko diantaranya pengendalian substitusi yaitu mengganti karet gas LPG dan pengendalian administratif diantaranya menyediakan display K3 pengecekan gas LPG, peringatan mudah meledak, larangan merokok diarea kerja serta memberi indikator terbuka/tertutup pada *valve* (memastikan *valve* tertutup rapat). Menurut *Wall Mountain Company* (1998) dalam Dhifansyah *et al* (2017), cara mematikan api pada *cutting torch* adalah dengan menutup *valve acetylene* atau LPG dilanjutkan dengan menutup *valve oxygen*. Cara menutup *valve* yang kurang tepat dapat menyebabkan terjadinya kebocoran hingga ledakan. Selain itu, menurut penelitian Dhifansyah dan Wahyudiyono (2017), pekerja yang merokok pada saat bekerja kemungkinan besar akan membuang puntung rokok sembarangan.

Pada saat merapikan selang atau *hose*, bahaya selang berserakan berisiko terpeleset (*moderate risk*) dan bahaya gantungan sulit dijangkau berisiko terjatuh saat menggantungkan selang (*moderate risk*). Rekomendasi pengendalian risiko diantaranya pengendalian substitusi yaitu mengubah posisi gantungan selang agar mudah dijangkau, pengendalian rekayasa teknik yaitu menyediakan kursi atau pijakan didekat gantungan selang dan pengendalian administratif yaitu menyediakan display K3 peringatan berhati-hati saat menggantungkan selang/ bahaya terjatuh. Menurut penelitian Dhifansyah dan Wahyudiyono (2017), langkah yang harus dilakukan oleh pekerja/operator pada saat selesai menggunakan alat yaitu merapikan kembali. Selain itu, posisi gantungan selang harus diletakkan pada tempat yang mudah dijangkau oleh pekerja. Pada saat pengamplasan dengan menggunakan gerinda, bahaya terminal rusak berisiko tersengat aliran listrik (*moderate risk*), bahaya mesin gerinda bergerak tanpa pelindung berisiko terkena mata gerinda (*moderate risk*), bahaya percikan api

berisiko terasa panas pada tubuh pekerja (*moderate risk*), bahaya percikan gram berisiko mata terkena gram (*high risk*), bahaya terkena palu berisiko tangan terluka memar (*high risk*), bahaya besi berdebu berisiko mata iritasi dan kemerahan (*high risk*), bahaya area kerja bising berisiko telinga nyeri dan berdengung (*moderate risk*), bahaya posisi kerja saat pengamplasan berisiko nyeri punggung (*moderate risk*).

Rekomendasi pengendalian risiko diantaranya pengendalian substitusi yaitu mengganti terminal rusak dan menata ulang besi pada tempat yang mudah dijangkau, mengubah posisi duduk di atas kursi kecil. Pengendalian rekayasa teknik yaitu menyervis terminal yang rusak dan menyediakan pelindung gerinda. Pengendalian administratif yaitu menyediakan display K3 pengecekan terminal sebelum digunakan, penggunaan alat dengan benar dan melaporkan kerusakan kepada pemilik toko. Pengendalian APD yaitu baju/celana panjang, sepatu safety, sarung tangan, masker dan kaca mata *safety*. Menurut penelitian Pitasari *et al* (2014), alat gerinda tangan tidak memiliki pelindung, sehingga pekerja perlu menggunakan APD yang sesuai. Penggunaan gerinda tangan menyebabkan banyak terjadinya kecelakaan kerja, akibat pengaturan putaran gerinda yang tidak sesuai dapat menimbulkan percikan gram yang lebih tinggi. Seringkali pekerja merasakan mata pedih, iritasi hingga kemerahan. Kemudian, area kerja bising dapat mengganggu fokus pekerja. Sumber kebisingan salah satunya dapat berasal dari mesin gerinda. Disamping itu, menurut penelitian Saputro dan Basuki (2022), pada saat penyetulan besi setelah dilakukan pengelasan yaitu dengan *jack*, *hammer* atau palu berisiko menyebabkan tangan pekerja luka memar dan robek.

Pada saat pembersihan area, bahaya serpihan besi tajam berserakan berisiko tangan/ kaki terkena serpihan besi (*high risk*), bahaya ujung besi tajam berisiko tergores besi (*high risk*), bahaya debu diarea kerja berisiko mata terkena debu (*high risk*), batuk (*moderate risk*) dan sesak (*low risk*). Rekomendasi pengendalian risiko diantaranya pengendalian eliminasi yaitu membersihkan atau menghilangkan serpihan besi dari area kerja (mengumpulkan pada drum tertutup), pengendalian substitusi yaitu melakukan penataan ulang besi pada tempat yang mudah dijangkau, pengendalian APD yaitu menggunakan baju/celana panjang, sepatu *safety*, masker, kaca mata *safety* dan sarung tangan. Menurut penelitian Wulandari dan Widajati (2017), bahaya potongan atau serpihan benda yang tajam akibat proses pemotongan atau pengelasan, berisiko menyebabkan pekerja tertusuk besi. Selain itu menurut Dhifansyah dan Wahyudiyono (2017), Bahaya yang ditimbulkan oleh adanya debu di area kerja tidak akan dirasakan secara langsung, namun debu yang terakumulasi dengan frekuensi terus-menerus dapat berisiko menyebabkan terjadinya gangguan pernafasan pada pekerja diantaranya kanker paru, TBC dan asma.

Pada saat pendinginan, bahaya pemindahan besi ke area pendinginan berisiko tertimpa besi (*moderate risk*), bahaya penyemprotan manual berisiko terkena percikan air panas (*moderate risk*) dan bahaya lantai licin berisiko terjatuh (*moderate risk*). Rekomendasi pengendalian risiko diantaranya pengendalian eliminasi yaitu menghilangkan genangan air diarea kerja, pengendalian administratif yaitu menyediakan display K3 peringatan hati-hati tertimpa besi panas, hati-hati saat pendinginan besi dan peringatan lantai licin, serta pengendalian APD yaitu menggunakan baju/celana panjang, sepatu *safety*, sarung tangan, masker dan kaca mata *safety*. Menurut penelitian Syawaludin *et al* (2022), *manual handling* atau melakukan pemindahan dengan tenaga manusia memiliki risiko keseleo, ketegangan otot dan lain sebagainya. Disamping itu, menurut penelitian Hadi dan Mariawati (2014), Ketika air disemprotkan ke besi yang baru dipotong akan menimbulkan uap dan percikan air panas sehingga mengenai pekerja yang berada disekitar area. Selain itu, menurut penelitian Wulandari dan Widayati (2017), kondisi tempat kerja yang licin berisiko menyebabkan pekerja terpeleset dan terjatuh.

Pada saat pembuatan lubang dengan menggunakan alat bor duduk atau bor mesin, bahaya terminal tidak berfungsi dengan baik berisiko tersengat listrik (*moderate risk*), bahaya

peletakan posisi mesin terlalu sempit berisiko terjepit mesin bor (*moderate risk*), bahaya percikan gram berisiko terkena mata hingga iritasi dan kemerahan (*high risk*), bahaya mata bor yang tajam berisiko terkena tangan pekerja hingga luka robek (*moderate risk*). Rekomendasi pengendalian risiko diantaranya pengendalian substitusi yaitu mengganti terminal yang rusak, mengubah letak mesin bor dan mengganti mata bor, pengendalian administratif yaitu menyediakan display K3 peringatan penggunaan alat dengan benar dan pengecekan alat sebelum digunakan, serta pengendalian APD yaitu menggunakan sarung tangan dan kaca mata *safety*. Menurut Pramadi *et al* (2020), pada saat pekerja mengoperasikan mesin bor untuk membuat lobang, sering kali peletakan mesin bor tidak sesuai dan diarea yang sulit dijangkau serta area kerja tidak kondusif. Didukung oleh penelitian Pramadi *et al* (2020), pada perusahaan fabrikasi, bahaya yang ditimbulkan dari penggunaan bor diantaranya bahaya saat mengoperasikan mesin berisiko pekerja terkena mata bor dan terkena kepingan metal atau percikan sisa bor sehingga paparan atau kontak dengan zat berbahaya berisiko menyebabkan iritasi pada mata. Selain itu, Menurut Wulandari dan Widajati (2017), bahaya akibat kerusakan pada terminal dan kabel pada alat kerja, berisiko menyebabkan pekerja tersengat listrik.

Pada saat pemilahan besi bahaya pemilahan besi tanpa pelindung berisiko tertimpa besi (*moderate risk*) dan bahaya ujung besi tajam berisiko tergores ujung besi (*high risk*). Rekomendasi pengendalian risiko diantaranya pengendalian administratif yaitu menyediakan display K3 hati-hati saat pemilahan besi, pengendalian APD yaitu menggunakan sarung tangan dan sepatu *safety*. Menurut penelitian Wulandari dan Widajati (2017), pada saat memindahkan material kerja yang sudah dilakukan pengelasan, berisiko pekerja tertimpa besi sehingga pekerja terluka memar.

Pada saat pengangkutan besi, bahaya pengangkutan *manual handling* berisiko terjepit (*moderate risk*), tertimpa (*moderate risk*) dan terjatuh (*moderate risk*), bahaya lantai licin berisiko terpeleset (*moderate risk*), bahaya pengangkatan besi manual berisiko nyeri otot (*high risk*) dan nyeri punggung (*high risk*). Rekomendasi pengendalian risiko diantaranya pengendalian eliminasi yaitu menghilangkan genangan air. Pengendalian substitusi yaitu mengubah posisi pekerja saat pengangkutan lebih ergonomis dengan posisi duduk jongkok lalu berdiri tegak. Pengendalian administratif yaitu menyediakan display K3 hati-hati saat pengangkutan besi dan peringatan lantai licin. Pengendalian APD yaitu menggunakan sarung tangan dan sepatu *safety*. Menurut penelitian Wulandari dan Widajati (2017), pada saat memindahkan material kerja yang sudah dilakukan pengelasan, berisiko pekerja tertimpa besi sehingga pekerja terluka memar. Sejalan dengan penelitian Dhifansyah dan Wahyudiyono (2017), apabila pengangkutan tidak sesuai dapat menyebabkan cedera pada pekerja.

Selain beberapa rekomendasi pengendalian yang telah disebutkan diatas, Penyediaan alat penunjang keselamatan dan kesehatan kerja seperti APAR dan *Hydrant* pada area kerja yang berisiko terjadi kebakaran serta menyediakan Kotak P3K sangat berperan penting. Menurut penelitian Ismara (2019), penempatan kotak P3K pada tempat yang mudah dijangkau, jelas, cukup cahaya, mudah diambil, ketersediaan perlengkapan sesuai dengan jumlah pekerja, sesuai jenis pekerjaan, berada pada maksimal 500 meter dari area kerja.

## KESIMPULAN

Identifikasi bahaya (*Hazard Identification*) kecelakaan kerja pada pekerjaan pemotongan besi di Pasar Besi X Kota Malang teridentifikasi 59 potensi bahaya. Penilaian tingkat risiko (*Risk Assessment*) kecelakaan kerja pada pekerjaan pemotongan besi di Pasar Besi X, pada tahap sebelum pemotongan terdapat 6 *low risk*, 7 *moderate risk* dan 4 *high risk*. Tahap saat pemotongan terdapat 6 *moderate risk* dan 2 *high risk*. Tahap setelah pemotongan terdapat 2 *low risk*, 22 *moderate risk* dan 10 *high risk*. Sehingga rekomendasi pengendalian diantaranya

eliminasi dengan menghilangkan sumber bahaya dari area kerja, substitusi dengan mengurangi potensi bahaya, rekayasa teknik dengan merekayasa peralatan, administratif dengan pengecekan peralatan dan memasang rambu-rambu K3 di area kerja, serta menggunakan APD lengkap. Didukung pula dengan menyediakan alat penunjang K3 berupa APAR, *Hydrant*, dan Kotak P3K.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada seluruh pemilik toko besi di Pasar Besi X Kota Malang, pekerja bagian pemotongan besi, bapak dan ibu dosen pembimbing, serta seluruh pihak yang berpartisipasi dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Australian Standard/New Zealand. (2004). Handbook Risk Management Guidelines Companion To AS/NZS 4360:2004, Sydney And Wellington, Author.*
- BPJS Ketenagakerjaan. (2023). Data Kecelakaan Kerja tahun 2020-2023. *Kemenaker*. <https://satudata.kemenaker.go.id>. Diakses 5 Februari 2024.
- Dallat, C., Salmon, P. M., & Goode, N. (2019). *Risky Systems Versus Risky People: To What Extent Do Risk Assessment Methods Consider The Systems Approach To Accident Causation? A Review Of The Literature. Saf. Sci., Vol. 119, Pp. 266–279, Doi: 10.1016/J.Ssci.2017.03.012.*
- Department of Occupational safety and Health Ministry of Human Resource Malaysia. 2008. *Guidelines for Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC).*
- Dhi'fansyah, R. F., & Wahyudiyono, D. A. (2017) 'Identifikasi Bahaya pada Pekerjaan Oxy-Cutting di PT. Aziz Jaya Abadi Tuban. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health, 6(1), 27.*
- Fauzan, R., & Puspitasari, N. B. (2016) 'Evaluasi Bahaya Kerja Menggunakan Metode *Hazard Identification Risk Assesment And Risk Control* Dalam Memproduksi Rak Engine Overhaul Pada Cv. Mansgroup. *Industrial Engineering Online Journal, 5 (4).*
- Fitriani, A., Ekawati, E., & Wahyuni, I. (2021) 'Hubungan Durasi Kerja, Beban Kerja Fisik, Dan Kelelahan Kerja Terhadap Terjadinya Kejadian Minor Injury Pada Pabrik Tahu X Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat, 9(1), 32-37.*
- ILO (2018) *Occupational Risk Management And Occupational Safety And Health Management Systems. In European Agency for Safety and Health at Work (Nomor 465).*
- Ismara, K. I. (2019) 'Pedoman K3 Kebakaran. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Nur, M. (2021) 'Analisis tingkat risiko kesehatan dan keselamatan kerja (K3) dengan menggunakan metode HIRARC di PT. XYZ. *J. Tek. Ind. Terintegrasi, 4(1), 15-20.*
- OHSAS 18001(2007) *Occupational Health and Safety Management System – Requirements. OSH Assessment. USA: BNL.2003.*
- Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor 2 Tahun 1982 Tentang Kualifikasi Juru Las di Tempat Kerja. *Kementrian Tenaga Kerja: Indonesia.*
- Pertiwi, A. D., Sugiono, S., & Efranto, R. Y. (2015) 'Implementasi Job Safety Analysis (Jsa) Dalam Upaya Pencegahan Terjadinya Kecelakaan Akibat Kerja (Studi Kasus: PT. Adi Putro Wirasejati). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri, 3(2), 132815.*
- Pitasari, G. P., Wahyuning, C. S., & Desrianty, A. (2014) 'Analisis Kecelakaan Kerja Untuk Meminimisasi Potensi Bahaya Menggunakan Metode Hazard and Operability dan Fault Tree Analysis (Studi Kasus Di PT X). *Reka Integra, 2(2).*

- Pramadi, M. I., Suprpto, H., & Yanti, R. R. (2020) 'Pencegahan Kecelakaan Kerja Dengan Metode Hirarc Di Perusahaan Fabrikasi Dan Machining. *JENIUS: Jurnal Terapan Teknik Industri*, 1(2), 98-108.
- Rupiwardani, I., Sari, D., & Yuniastuti, T. (2022) '*HIRARC Method for Investigating Worker Behavior Regarding Risk Management. Asian Journal of Management, Entrepreneurship and Social Science*, 2(04), 107-121.
- Saputro, M. B., & Basuki, M. (2022) 'Risk Assessment K3 Pada Divisi Kapal Niaga Pt. Pal Indonesia Menggunakan Metode Fmea (Failure Mode and Effect Analysis). *Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan (SEMITAN)*, 1(1), 203-213.
- Setyowibowo, B (2022). Melihat Pasarnya Para 'Sultan' Malang, Bisa Borong Besi Hingga Baja Tebal [Serial Online]. [travel.indozone.id](http://travel.indozone.id). Mei 2022. *Diakses 6 Februari 2024*.
- Syawal, S., Nofirza, N., Hamdy, M. I., Anwardi, A., Harpito, H., & Nazaruddin, N. (2024) 'Perbaikan Sistem Kerja Dengan Evaluasi Manual Handling Di Unit Pandai Besi Sodik Menggunakan Metode *Loading On The Upper Body Assessment (Luba)*. *Jurnal Perangkat Lunak*, 6(1), 145-155.
- Tambunan, *et al.* (2019) 'Analisis Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Menggunakan Metode HIRARC Pada Proses Perbaikan Kapal Tugboat (Studi Kasus PT Marga Surya Shipindo, Samarinda). *Journal Of Industrial And Manufacture Engineering*, 3(1), 33-41.
- Wulandari, D., & Widajati, N. (2017) '*Risk assessment pada pekerja pengelasan perkapalan dengan pendekatan job safety analysis. The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 6(1), 1-15.