

ANALISIS POTENSI BAHAYA DENGAN METODE HAZARD IDENTIFICATION RISK ASSESMENT AND DETERMINING CONTROL (HIRADC) PADA PROYEK INSTALASI SOLAR PANEL

Carrisa Angelia Bangun ^{*1}, Prof. Heru Prastawa ²

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Abstrak

Penelitian ini mengkaji potensi bahaya dalam proyek instalasi panel surya dengan menggunakan metode Hazard Identification Risk Assessment and Determining Control (HIRADC). Metode ini bertujuan untuk mengidentifikasi, menilai, dan mengendalikan risiko yang mungkin muncul selama proses instalasi solar panel. Proyek instalasi panel surya umumnya dilakukan di ketinggian dan berdekatan dengan aliran listrik sehingga berpotensi menimbulkan berbagai risiko tinggi seperti jatuh dan tersetrum.. Data dikumpulkan melalui observasi langsung dan wawancara dengan pekerja, kemudian dianalisis menggunakan skala kemungkinan (likelihood) dan tingkat keparahan (severity) untuk menentukan tingkat risiko. Hasil penelitian menunjukkan bahwa risiko utama dalam proyek ini meliputi cedera fisik akibat jatuh dari ketinggian, tersetrum selama proses interkoneksi, dan gangguan kesehatan akibat postur kerja yang buruk dan paparan bahan berbahaya. Rekomendasi untuk mengendalikan risiko diberikan berdasarkan hierarki pengendalian risiko untuk memastikan keselamatan dan kesehatan kerja yang optimal di lokasi proyek instalasi panel surya.

Kata kunci: HIRADC; instalasi solar panel; keselamatan kerja; identifikasi bahaya; penilaian risiko, pengendalian risiko

Abstract

This research examines potential hazards in solar panel installation projects using the Hazard Identification Risk Assessment and Determining Control (HIRADC) method. This method aims to identify, assess, and control risks that may arise during the solar panel installation process. Solar panel installation projects are generally carried out at heights and in close proximity to electricity, potentially posing various high risks such as falls and electric shocks. Data were collected through direct observation and interviews with workers, then analysed using likelihood and severity scales to determine the level of risk. The results showed that the main risks in this project include physical injury due to falling from height, electric shock during the interconnection process, and health problems due to poor work posture and exposure to hazardous materials. Recommendations to control the risks are given based on the risk control hierarchy to ensure optimal occupational safety and health at the solar panel installation project site.

Keywords: HIRADC; solar panel installation; occupational health; occupational safety; hazard identification; risk assessment, risk control.

1. Pendahuluan

Perkembangan industri yang pesat, didorong oleh kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, meningkatkan penggunaan peralatan mesin dan bahan kimia dalam produksi untuk mencapai kualitas produk yang kompetitif. Namun, hal ini juga membawa tantangan baru terkait keselamatan dan kesehatan pekerja, termasuk peningkatan risiko bahaya, potensi bahaya yang lebih tinggi, dan risiko terhadap penyakit akibat kondisi kerja di tempat kerja. Angka kematian akibat kecelakaan kerja dan penyakit terkait pekerjaan signifikan. Menurut data ILO 2018, sekitar 380.000 pekerja atau 13,7% dari total 2,78 juta pekerja meninggal setiap tahunnya akibat kecelakaan atau penyakit dari

tempat kerja. Lebih dari 374 juta individu mengalami cedera atau sakit karena kecelakaan kerja setiap tahunnya. Di Indonesia, BPJS Ketenagakerjaan mencatat peningkatan kasus kecelakaan kerja dari 123.041 kasus pada 2017 menjadi 173.105 kasus pada 2018.

Faktor-faktor yang memengaruhi kecelakaan kerja melibatkan perilaku tidak aman (*unsafe action*) dan kondisi lingkungan yang tidak aman (*unsafe conditions*). Perilaku tidak aman dipengaruhi oleh sikap, pengetahuan kurang, penurunan konsentrasi, motivasi rendah, kelelahan, dan kejenuhan. Kondisi lingkungan tidak aman disebabkan oleh alat pelindung diri yang tidak efektif, pakaian kerja yang tidak memadai, bahan berbahaya, dan mesin yang kurang efektif [1]. Di Indonesia, regulasi terkait Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) diatur dalam Undang-undang No. 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan. Peraturan ini mewajibkan setiap perusahaan untuk menerapkan sistem manajemen

*Penulis Korespondensi.

E-mail: angeliacarrisa19@gmail.com

K3 yang terintegrasi dengan sistem manajemen perusahaan. Meskipun demikian, masalah umum terkait K3 di Indonesia masih cukup serius, yang tercermin dari tingginya jumlah kecelakaan kerja di lingkungan kerja.

Instalasi *Solar Panel* pada umumnya dilakukan di ketinggian. Pekerjaan ini tentunya memiliki potensi bahaya yang tinggi. Cidera dan jatuh di ketinggian dapat terjadi jika seseorang tidak mengikuti tindakan pencegahan (*precaution*) dapat menyebabkan kemungkinan kecelakaan kerja. Jatuh dari ketinggian menjadi penyebab terbesar (*fatality accident*) dalam dunia pekerja di ketinggian, sehingga bekerja di ketinggian berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja [2]. Bahaya lainnya yang masuk dalam kategori *high risk* adalah pekerjaan di *Panel* Listrik pada saat proses interkoneksi karena dapat menyebabkan risiko terserum bahkan kematian bagi pekerjanya.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC). HIRADC digunakan karena metode ini yang bersifat proaktif dalam mengidentifikasi sumber bahaya, sehingga nantinya potensi bahaya yang ada bisa dikendalikan sesuai dengan hasil penilaian dan analisis risiko kecelakaan kerja yang telah dilakukan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Kecelakaan Kerja

Kecelakaan kerja adalah suatu kejadian yang tidak diinginkan, tidak diduga, tidak disengaja terjadi dalam bekerja yang berdampak pada kerugian berupa cidera pada pekerja, kerusakan barang-barang produksi, dan kehilangan waktu selama proses produksi [3]. Kecelakaan kerja merupakan suatu kejadian yang tidak terduga dan tidak dapat diprediksi, yang terjadi saat seseorang bekerja dan dapat menimbulkan suatu kerugian benda maupun fisik [4]. Dampak psikologi dan psikososial dialami oleh pekerja seperti ketakutan dan kegelisahan akibat kecelakaan kerja [5]. Kecelakaan kerja dapat dikategorikan menjadi tiga yaitu *Accident*, *Incident*, dan *Near miss*. *Accident* merupakan kejadian tidak diinginkan yang menimbulkan kerugian bagi manusia maupun property. *Penilaian Risiko (Risk Assessment)*.

Incident merupakan merupakan kejadian tidak diinginkan yang belum menimbulkan kerugian. Sedangkan *Near miss* adalah kejadian hampir celaka dan dapat mengarah ke arah *incident* ataupun *accident* jika tidak segera ditangani [6].

2.2 Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah serangkaian kegiatan untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman dan nyaman bagi karyawan di industri terkait [7]. K3 adalah pengawasan terhadap manusia, mesin, material, dan metode untuk memastikan keamanan pekerjaan [8]. Tujuan K3 adalah agar setiap karyawan mendapat jaminan keselamatan, kesehatan kerja, penggunaan perlengkapan yang efektif, keamanan hasil produksi, kesehatan gizi, kegairahan kerja, perlindungan dari gangguan kesehatan, serta rasa aman dalam melaksanakan tugas [9]. K3 juga menjamin keselamatan semua tenaga kerja dan individu lainnya di tempat kerja, serta memastikan penggunaan sumber produksi yang aman dan efisien untuk meningkatkan kesejahteraan dan produktivitas nasional [10].

2.3 Hazard Identification Risk Assessment and Determining Control

Hazard Identification, Risk Assessment and Determining Control (HIRADC) adalah salah satu persyaratan yang harus ada dalam menerapkan SMK3 dalam suatu pekerjaan berdasarkan OHSAS 18001:2007 pada klausul 4.3.1. HIRADC di bagi menjadi 3 tahap yaitu identifikasi bahaya (*hazard identification*), penilaian risiko (*risk assessment*), dan pengendalian risiko (*determining control*).

2.3.1 Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*)

Identifikasi bahaya adalah proses untuk mendeteksi adanya bahaya di tempat kerja [11]. Tanpa mengenal bahaya, risiko tidak dapat ditentukan, sehingga upaya pencegahan dan pengendalian risiko tidak dapat dilakukan [12]. Identifikasi bahaya memberikan manfaat utama dalam mengurangi peluang kecelakaan, meningkatkan kewaspadaan, menetapkan strategi pencegahan yang efektif, dan memberikan informasi terdokumentasi kepada semua pihak tentang risiko perusahaan [13].

2.6.2 Penilaian Risiko (*Risk Assessment*)

Dalam AS/NZS 4360 (1999), tujuan analisis risiko adalah membedakan risiko kecil yang dapat diterima dari risiko utama dan menyediakan data untuk evaluasi dan pengendalian risiko. Penilaian risiko menggunakan skala AS/NZS 4360:1999 dengan dua parameter utama, yaitu kemungkinan (*likelihood*) dan keparahan (*severity*). Berikut merupakan rumus perhitungan SI dan LI :

$$SI/LI = \frac{\sum_{i=1}^5 (a_i \times x_i)}{5 \sum_{i=1}^5 x_i} \times 100\%$$

Data diperoleh melalui penyebaran kuesioner kepada pekerja untuk menilai kemungkinan dan keparahan risiko yang mungkin terjadi

a. Severity

Berikut merupakan tabel tingkatan *severity*

Tabel 1 Skala Kriteria Severity

Level	Descriptor	Uraian
1	<i>Insignificant</i>	Tidak terjadi cedera, kerugian finansial kecil
2	<i>Minor</i>	Membutuhkan penanganan P3K, penanganan dilakukan tanpa bantuan pihak luar, kerugian finansial sedang
3	<i>Moderate</i>	Membutuhkan penanganan medis, penanganan membutuhkan bantuan pihak luar, kerugian finansial tinggi
4	<i>Major</i>	Cedera berat lebih satu orang, menimbulkan kerugian akibat berkurangnya kemampuan produksi, efeknya mempengaruhi tetapi tidak merugikan lingkungan sekitar, kerugian finansial besar
5	<i>Catastrophic</i>	Menyebabkan kematian, efeknya mempengaruhi dan merugikan lingkungan sekitar, kerugian finansial sangat besar

(Sumber: AS/NZS 4360)

b. Likelihood

Berikut merupakan tabel tingkatan *likelihood*:

Tabel 2 Tingkatan Likelihood

Level	Descriptor	Uraian
A	<i>Almost Certain</i>	Pasti terjadi apabila kejadian tersebut terjadi
B	<i>Likely</i>	Akan terjadi apabila kejadian tersebut terjadi
C	<i>Possible</i>	Sewaktu-waktu mungkin akan terjadi
D	<i>Unlikely</i>	Sewaktu-waktu dapat terjadi
E	<i>Rare</i>	Mungkin terjadi pada keadaan-keadaan tertentu saja.

(Sumber: AS/NZS 4360)

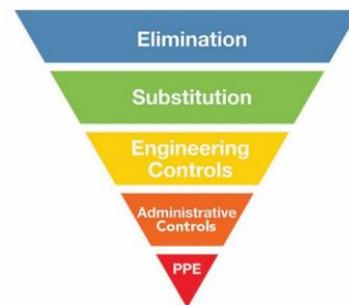
a. Severity Matriks Risiko (Risk Matrix)

Berikut merupakan matriks risiko HIRADC:

		Impact				
		Negligible	Minor	Moderate	Significant	Severe
Likelihood	Very Likely	Low Med	Medium	Med Hi	High	High
	Likely	Low	Low Med	Medium	Med Hi	High
	Possible	Low	Low Med	Medium	Med Hi	Med Hi
	Unlikely	Low	Low Med	Low Med	Medium	Med Hi
	Very Unlikely	Low	Low	Low Med	Medium	Medium

2.6.3 Pengendalian Bahaya (Determining Control)

Pengendalian risiko (*Risk Control*) adalah cara untuk mengatasi potensi bahaya yang terdapat dalam dalam lingkungan kerja. Hirarki pengendalian resiko adalah suatu urutan-urutan dalam pencegahan dan pengendalian resiko yang mungkin timbul yang terdiri dari beberapa tingkatan secara berurutan [14]. Hierarki atau metode yang dilakukan untuk mengendalikan risiko antara lain:



Gambar 1 Hierarki Pengendalian Risiko

3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di suatu proyek instalasi solar panel di Jakarta. Langkah-langkah dalam pelaksanaan penelitian dimulai dari tahap pengamatan dan pengumpulan data, pengolahan data dan analisis.

1. Pengamatan dan Pengumpulan Data

Pengamatan dilakukan pada objek yang akan diteliti untuk mengetahui metode pekerjaan yang mungkin menimbulkan bahaya, serta dengan melakukan wawancara dengan beberapa pekerja yang ada di lokasi. Wawancara dilakukan untuk mendapatkan sumber bahaya yang mungkin terjadi pada proses instalasi.

2. Pengolahan Data

Data diolah dari tahap sebelumnya menggunakan metode HIRADC. Identifikasi bahaya dilakukan berdasarkan OHSAS 18001 (2007) untuk aktivitas di lokasi proyek. Risiko dievaluasi berdasarkan

hasil kuesioner likelihood dan severity, diubah menjadi skala menggunakan likelihood/severity index. Langkah terakhir adalah memberikan rekomendasi pengendalian risiko sesuai hierarki pengendalian.

3. Analisis

Analisis dilakukan berdasarkan data yang telah diproses sebelumnya, mencakup faktor penyebab potensi risiko tinggi atau rendah dalam setiap kegiatan kerja, serta pengendalian risiko yang dapat diimplementasikan dalam kegiatan tersebut.

4. Pengolahan Data

4.1 Identifikasi Bahaya

Data didapatkan melalui observasi langsung, dan didukung oleh hasil wawancara dengan beberapa pekerja yang ada di proyek.

1. Identifikasi Bahaya pada Area Solar Cell

Tabel 3 Identifikasi Bahaya Area Solar Cell

Aktivitas Kerja	Sumber Bahaya	Bahaya	Risiko
Instalasi Mounting dan Rail	Mounting dan Rail	Terjepit / tergores	Luka
	Postur kerja	Postur yang kurang baik	Pegal atau MSDs
	APD	Tidak pakai APD sesuai ketentuan	Cidera
Instalasi PV	PV	Kejatuhan material	Cidera
		Material berat	Pegal atau MSDs
	Postur kerja	Postur yang kurang baik	Pegal atau MSDs Kelelahan fisik
	APD	Tidak pakai APD sesuai ketentuan	Cidera
	Bor baterai	Kena tubuh	Luka/Cidera
		Mesin bising	Gangguan pendengaran
Instalasi kabel	Tray Cable	Tray cable terinstall di lantai	Tersandung / terjatuh
	Baut	Terjepit	Cidera
	Postur kerja	Postur kurang baik	Pegal atau MSDs Kelelahan fisik
	APD	Tidak pakai APD sesuai ketentuan	Cidera
Tangga	Tangga	Tangga tidak kokoh	Risiko jatuh dari ketinggian, cedera, kematian
		Asap kena mata	Gangguan penglihatan
	Mesin las	Terkena percikan api	Luka
Instalasi Inverter	Inverter	Inverter meledak	Cidera, kematian
		Aliran listrik	Tersetrum
		Panas	Luka

2. Identifikasi Bahaya pada Area Panel Listrik

Tabel 4 Identifikasi Bahaya Area Panel Listrik

Aktivitas Kerja	Sumber Bahaya	Bahaya	Risiko
Lingkungan Kerja	Lift	Panel berdekatan dengan lift	Menurunkan konsentrasi Orang awam masuk
		Jendela / Ventilasi	Sirkulasi udara kurang baik
	Air	Kebocoran	Kekurangan oksigen
	Ruang Panel	Ruang sempit	
Proses Interkoneksi	Aliran listrik	Sisa arus listrik	Tersetrum
	APD	Tidak pakai APD sesuai ketentuan	Cidera

3. Keseluruhan Proyek

Tabel 5 Identifikasi Bahaya Keseluruhan Proyek

Aktivitas Kerja	Sumber Bahaya	Bahaya	Risiko
Lingkungan Kerja	Rambu K3	Tidak ada rambu K3	Lalai Muncul rasa panik karna minim petunjuk
		Orang awam tidak tahu ada proyek	Pihak tidak berkepentingan masuk ke dalam proyek
	Debu & polusi udara	Debu dan polusi udara	Gangguan pernapasan & penglihatan
	Kabel	Banyak kabel terpasang	Korsleting listrik
Kabel berserakan		Kabel rusak Tersandung	
Toilet	Toilet	Akses menuju toilet yang jauh dan sulit	Merasa tidak nyaman
		Dinding pengaman	Dinding pengaman tidak terlalu tinggi
Ruang Istirahat	Ruang Istirahat	Ruang istirahat yang kurang layak dan kondusif	Terpapar debu, polusi, & air hujan
		Peralatan kerja	Peralatan berserakan di lantai
Sinar matahari	Sinar matahari	Terpapar sinar matahari dalam waktu yang lama	Radiasi kulit Kelelahan mata dan fisik
		Hujan	Tersambar petir

4.2 Penilaian Risiko

Evaluasi risiko mengikuti standar AS/NZS 4360:1999 dengan memperhitungkan kemungkinan dan tingkat keparahan. Identifikasi variabel risiko dilakukan untuk setiap area kerja, diikuti dengan penilaian tingkat probabilitas dan keparahan untuk menentukan tingkat risiko. Skala probabilitas dan keparahan ditetapkan berdasarkan hasil analisis kuesioner menggunakan *likelihood index* dan *severity index*. Berikut merupakan contoh perhitungan dari *likelihood index* terhadap bahaya terjepit atau tergores pada aktivitas instalasi *mounting* dan *rail*.

$$LI = \frac{\sum_{i=5}^5 (a_i \times x_i)}{5N} \times 100\%$$

$$LI = \frac{\sum_{i=5}^5 (1 \times 1)(2 \times 3)(3 \times 0)(4 \times 0)(5 \times 0)}{5 \times 4} \times 100\%$$

$$LI = 35\%$$

Likelihood index untuk bahaya terjepit atau tergores pada aktivitas instalasi *mounting* dan *rail* adalah 35%, yang menurut standar AS/NZS 4360 tahun 1999 termasuk dalam kategori unlikely dengan skor 2. Perhitungan *severity index* menggunakan rumus yang sama dengan *likelihood index*. Berikut merupakan contoh perhitungan dari *severity index* terhadap bahaya terjepit atau tergores pada aktivitas instalasi *mounting* dan *rail*.

$$SI = \frac{\sum_{i=5}^5 (a_i \times x_i)}{5N} \times 100\%$$

$$SI = \frac{\sum_{i=5}^5 (1 \times 0)(2 \times 4)(3 \times 0)(4 \times 0)(5 \times 0)}{5 \times 4} \times 100\%$$

$$SI = 40\%$$

Severity index untuk bahaya terjepit atau tergores pada aktivitas instalasi *mounting* dan *rail* adalah sebesar 35% yang menurut standar AS/NZS 4360 tahun 1999 termasuk dalam kategori likely dengan skor 4.

Berikut merupakan rekapitulasi dari perhitungan *LI* dan *SI* untuk semua aktivitas kerja:

1. LI dan SI pada Area Solar Cell

Tabel 6 Rekapitulasi Tingkat Risiko Area Solar Cell

Sumber Bahaya	Bahaya	Risiko	LI Index	LI	SI Index	SI	Risk Level
Mounting dan Rail	Terjepit / tergores	Luka	35%	2	40%	4	Low
Postur kerja	Postur yang kurang baik	Pegal Atau MSDs	30%	2	60%	4	Low
APD	Tidak pakai APD sesuai ketentuan	Cidera	30%	2	55%	3	Moderate
PV	Kejatuhan material	Cidera	20%	1	60%	3	Moderate
Postur kerja	Material berat	Pegal / MSDs	45%	3	20%	1	Low
	Postur kurang baik	Pegal / MSDs Kelelahan fisik	55%	3	20%	1	Low

Tabel 7 Rekapitulasi Tingkat Risiko Area Solar Cell (Lanjutan)

Sumber Bahaya	Bahaya	Risiko	LI Index	LI	SI Index	SI	Risk Level
APD	Tidak pakai APD sesuai ketentuan	Cidera	30%	2	60%	3	Moderate
Bor baterai	Mengenai bagian tubuh	Luka / cidera	95%	3	50%	2	Moderate
	Mesin yang bisung	Gangguan pendengaran	20%	1	55%	3	Moderate
Tray Cable	Tray cable ter-install	Tersandung / terjatuh	30%	2	50%	2	Low
Baut	Terjepit saat instalasi	Cidera	20%	1	25%	3	Moderate
Postur kerja	Postur kurang baik	Pegal / MSDs Kelelahan fisik	35%	2	20%	1	Low
	APD	Tidak pakai APD sesuai ketentuan	Cidera	55%	2	80%	2
Tangga	Tangga tidak kokoh	Jatuh dari ketinggian, cidera, kematian	25%	2	80%	4	High
Mesin las	Asap Mengenai mata saat proses pengelasan	Gangguan penglihatan	30%	2	35%	2	Low
	Terkena percikan api saat proses pengelasan	Luka	20%	1	40%	2	Low
Inverter	Inverter meledak	Cidera, kematian	20%	1	95%	5	High
	Aliran listrik yang mengalir	Tersetrum	20%	1	90%	5	High
	Menghasilkan panas	Luka	50%	3	55%	3	High

2. LI dan SI Area Panel Listrik

Tabel 8 Rekapitulasi Tingkat Risiko Area Panel Listrik

Sumber Bahaya	Bahaya	Risiko	LI Index	LI	SI Index	SI	Risk Level
Lift	Panel listrik yang berdekatan dengan lift	Menurunkan konsentrasi	45%	3	20%	1	Low
Postur kerja	Postur yang kurang baik	Orang awam masuk ke Panel listrik	45%	3	20%	1	Low
Jendela atau Ventilasi	Sirkulasi udara yang kurang baik	Tumbuh jamur dan bau tidak	25%	2	20%	1	Low
Air	Kebocoran	Terjadi korsleting listrik	20%	1	70%	4	High
Ruang Panel	Kondisi ruang sempit	Mengalami kekurangan oksigen	20%	1	55%	3	Moderate
Aliran listrik	Sisa arus listrik	Tersetrum	20%	1	80%	4	High
APD	Tidak menggunakan APD sesuai ketentuan	Cidera	25%	2	75%	4	High

3. LI dan SI pada Keseluruhan Proyek

Tabel 9 Rekapitulasi Tingkat Risiko Keseluruhan Proyek

Sumber Bahaya	Bahaya	Risiko	LI Index	LI	SI Index	SI	Risk Level
		Lalai	20%	1	30%	2	Low
Rambu K3	Tidak Terdapat rambu K3	Muncul rasa panik karna minim petunjuk	20%	1	30%	2	Low
	Orang awam tidak mengetahui adanya proyek	Pihak tidak berkepentingan masuk ke dalam proyek	30%	2	20%	1	Low
Kabel	Banyak kabel yang terpasang di lokasi proyek	Adanya kemungkinan korsleting listrik	20%	1	50%	3	Moderate
	Kabel berserakan	Rusak Tersandung	20%	1	170%	5	High
Toilet	Akses menuju toilet yang jauh & sulit	Merasa tidak nyaman	30%	2	50%	3	Moderate
	Dinding pengaman	Risiko terjatuh dari ketinggian	50%	3	20%	1	Low

Tabel 8 Rekapitulasi Tingkat Risiko Keseluruhan Proyek (Lanjutan)

Sumber Bahaya	Bahaya	Risiko	LI Index	LI	SI Index	SI	Risk Level
Ruang Istirahat	Ruang istirahat yang kurang layak dan kondusif	Terpapar debu, polusi, dan air hujan	20%	1	100%	5	Low
Peralatan kerja	Peralatan berserakan di lantai	Peralatan cepat rusak	40%	3	35%	1	Low
Sinar matahari	Terpapar sinar matahari dalam waktu yang lama	Radiasi kulit	45%	3	20%	1	Low
		Kelelahan mata dan fisik	60%	4	50%	3	High
Hujan	Tersambar petir	Tidak sadarkan diri hingga kematian	50%	3	20%	1	Low
	Genangan air	Terpeleset	20%	1	100%	5	High

4.3 Pengendalian Risiko

Langkah selanjutnya setelah melakukan identifikasi dan penilaian risiko, yaitu menentukan pengendalian risiko untuk mengurangi atau menghilangkan potensi bahaya. Pengendalian risiko menggunakan hierarki pengendalian risiko yang terdiri dari lima aspek yaitu:

- elimination (E)
- substitution (S)
- engineering control (R)
- administrative control (A)
- personal protective equipment (P).

Berikut merupakan langkah pengendalian risiko yang dilakukan pada proyek instalasi solar panel.

1. Pengendalian Risiko pada Area Solar Cell

Tabel 10 Pengendalian Risiko pada Area Solar Cell

Aktivitas Kerja	Bahaya	Risiko	Risk Level	Rekomendasi Perbaikan
Instalasi Mounting dan Rail	Terjepit atau tergores	Luka	Low	A Membuat prosedur kerja yang sesuai P Menggunakan APD (sarung tangan & sepatu keselamatan)
	Postur yang kurang baik	Pegal atau MSDs	Low	R Penggunaan teknologi atau alat bantu R Sosialisasi dan pengecekan berkala terkait postur kerja.
		Kelelahan fisik	Low	Pemberian waktu istirahat yang cukup dan rotasi kerja
	Tidak menggunakan APD sesuai ketentuan	Cidera	Low	Pengecekan berkala dan memberikan teguran kepada pekerja yang tidak menggunakan APD secara lengkap
Instalasi PV	Kejatuhan material saat proses mobilisasi	Cidera	Moderate	A Menggunakan APD (helm safety, rompi safety, & sepatu keselamatan)
	Material yang berat	Pegal atau MSDs	Low	S Mengganti pengangkat manual dengan penggunaan alat A Mengevaluasi SOP terkait batas beban yang diangkat manual
	Postur yang kurang baik	Pegal atau MSDs	Low	R Sosialisasi dan pengecekan berkala terkait postur kerja.
		Kelelahan fisik	Low	A Pemberian waktu istirahat yang cukup dan rotasi kerja

Tabel 11 Pengendalian Risiko pada Area Solar Cell (Lanjutan)

Aktivitas Kerja	Bahaya	Risiko	Risk Level	Rekomendasi Perbaikan
	Tidak menggunakan APD sesuai ketentuan	Cidera	Low	Pengecekan berkala dan memberikan teguran A kepada pekerja yang tidak menggunakan APD secara lengkap
				Menyelesaikan pekerjaan dengan cara tidak menggunakan bor (paku, sekrup tanpa bor) Mengganti alat bor dengan alat yang lebih stabil seperti bor rotary hammer Menggunakan bor listrik yang disertai sensor keamanan, serta memastikan mata bor dalam kondisi baik Mengadakan pelatihan alat Memastikan pekerja menggunakan APD secara lengkap (pelindung wajah, sarung tangan, & earplug)
Mengenai bagian tubuh	Luka atau cidera		Moderate	R A P
Mesin yang bising	Gangguan pendengaran		Moderate	S P
Instalasi kabel	Tray cable terinstall di lantai	Tersandung atau terjatuh	Low	S R A
				Mengganti letak tray cable menjadi diatas dinding atau langit-langit Memasang pelindung dan klip Membuat rambu atau tanda di sekitar tray cable
Terjepit saat instalasi	Cidera		Moderate	S R P
				Mengganti baut dengan jenis yang lebih aman (ujung bulat) untuk mengurangi risiko Menggunakan alat bantu seperti kunci pas atau pengencang Menggunakan APD (sarung tangan & sepatu keselamatan)
Postur yang kurang baik	Pegal atau MSDs		Low	R
	Kelelahan fisik		Low	A

Tabel 12 Pengendalian Risiko pada Area Solar Cell (Lanjutan)

Aktivitas Kerja	Bahaya	Risiko	Risk Level	Rekomendasi Perbaikan
	Tidak menggunakan APD sesuai ketentuan	Cidera	Low	Pengecekan berkala dan memberikan teguran A kepada pekerja yang tidak menggunakan APD secara lengkap
				Mengganti tangga dengan yang lebih kokoh Memperbaiki bagian yang rusak atau longgar dan memasang penahan tangga Menggunakan APD (sepatu keselamatan anti-slip atau helm)
	Tangga tidak kokoh	Risiko jatuh dari ketinggian, cidera, kematian	High	S R P
	Asap mengenai mata saat proses pengelasan	Gangguan penglihatan	Low	S P
				Mengganti proses las yang lebih bersih dan minim asap seperti las tig Menggunakan APD (kacamata pelindung dan masker)
	Terkena percikan api saat proses pengelasan	Luka	Low	P
				Menggunakan APD (pelindung wajah, sarung tangan)
Instalasi Inverter	Inverter meledak	Cidera, kematian	High	S R A
				Menggunakan inverter dengan desain yang lebih aman Memastikan inverter terpasang dan terisolasi dengan benar Inspeksi rutin dan pemeliharaan terjadwal
	Aliran listrik yang mengalir	Tersetrum	High	S A
				SOP yang jelas serta melakukan pemeriksaan dan uji coba rutin
	Menghasilkan panas	Luka	Low	P
				Menggunakan APD (sarung tangan dan pakaian anti panas)

2. Pengendalian Risiko pada Area *Panel* Listrik

Tabel 13 Pengendalian Risiko pada Area *Panel* Listrik

Aktivitas Kerja	Bahaya	Risiko	Risk Level	Rekomendasi Perbaikan
Lingkungan Kerja	Letak panel listrik yang berdekatan dengan lift	Menurunkan konsentrasi	Low	R Memasang tanda atau rambu yang menandakan bahaya dan mengingatkan untuk menjaga jarak aman A Adanya izin apabila ingin masuk ke panel listrik
				R Memasang tanda atau rambu yang menandakan bahaya dan mengingatkan untuk menjaga jarak aman A Adanya izin apabila ingin masuk ke panel listrik
	Sirkulasi udara yang kurang baik	Tumbuh jamur dan bau tidak	Low	R Menambahkan ventilasi di panel listrik A Kebijakan pemeliharaan berkaitan dengan pembersihan dan pemantauan secara berkala
				R Memasang tanda atau rambu yang menandakan bahaya dan mengingatkan untuk menjaga jarak aman A Adanya izin apabila ingin masuk ke panel listrik
Kebocoran	Terjadi korsleting listrik	High	S Penggunaan komponen atau teknologi baru A Menetapkan jadwal pengecekan dan pemeliharaan rutin	
			S Mengubah layout panel listrik agar lebih compact sehingga akses lebih mudah R Memasang ventilasi atau kipas ekstraktor A Menetapkan prosedur kerja yang jelas di sekitar ruang panel	
Proses Interkoneksi	Sisa arus listrik	Tersetrum	High	S Mengganti alat atau perangkat dengan alat baru yang lebih aman R Memasang sistem pemutus dan pemisah sirkuit yang tepat untuk memutus secara otomatis A Menetapkan prosedur penggunaan dan pemeliharaan alat yang jelas
				R Memasang tanda atau rambu yang menandakan bahaya dan mengingatkan untuk menjaga jarak aman A Adanya izin apabila ingin masuk ke panel listrik
	Tidak menggunakan APD sesuai ketentuan	Cidera	Low	A Pengecekan berkala dan memberikan teguran kepada pekerja yang tidak menggunakan APD secara lengkap

3. Pengendalian Risiko pada Keseluruhan Proyek

Tabel 14 Pengendalian Risiko pada Keseluruhan Proyek

Aktivitas Kerja	Bahaya	Risiko	Risk Level	Rekomendasi Perbaikan
Lingkungan Kerja	Tidak terdapat rambu K3	Lalai akan kecelakaan kerja	Low	R Memasang rambu K3 di lokasi strategis A Inspeksi rutin untuk memastikan keberadaan dan kejelasan rambu K3
				R Memasang rambu K3 di lokasi strategis A Inspeksi rutin untuk memastikan keberadaan dan kejelasan rambu K3
	Orang awam tidak mengetahui adanya proyek	Pihak tidak berkepentingan masuk ke dalam proyek	Low	S Mempertimbangkan penggunaan rambu K3 yang lebih besar dan mencolok R Memasang tanda atau rambu untuk menandakan adanya proyek A Inspeksi rutin untuk memastikan keberadaan dan kejelasan rambu K3
				R Memasang tanda atau rambu yang menandakan bahaya dan mengingatkan untuk menjaga jarak aman A Adanya izin apabila ingin masuk ke panel listrik
Debu dan polusi udara	Gangguan pernapasan & penglihatan	Moderate	P Menggunakan APD (masker & kacamata pelindung)	
			R Memasang tanda atau rambu yang menandakan bahaya dan mengingatkan untuk menjaga jarak aman A Adanya izin apabila ingin masuk ke panel listrik	
Banyak kabel yang terpasang di lokasi proyek	Adanya kemungkinan korsleting listrik	High	S Memastikan kabel memiliki lapisan pelindung tambahan R Menempatkan kabel di tempat yang aman A Menetapkan SOP pemasangan dan pemeliharaan kabel	
			R Memasang tanda atau rambu yang menandakan bahaya dan mengingatkan untuk menjaga jarak aman A Adanya izin apabila ingin masuk ke panel listrik	
Kabel berserakan di lantai	Kabel berisiko rusak	Low	S Memastikan kabel memiliki lapisan pelindung tambahan R Menetapkan aturan manajemen kabel yang baik	
			R Menempatkan kabel di tempat yang aman	
Akses menuju toilet yang jauh dan sulit	Merasa tidak nyaman	Low	S Mempertimbangkan penyediaan toilet portabel atau alternatif lain	
			R Memasang tanda atau police line P Memasang bodyharness apabila dibutuhkan	
Dinding pengaman yang tidak terlalu tinggi	Risiko terjatuh dari ketinggian	Low	R Memasang tanda atau police line P Memasang bodyharness apabila dibutuhkan	
			R Memasang tanda atau rambu yang menandakan bahaya dan mengingatkan untuk menjaga jarak aman A Adanya izin apabila ingin masuk ke panel listrik	
Ruang istirahat yang kurang layak dan kondusif	Terpapar debu, polusi, dan air hujan	Low	S Mengganti ruangan istirahat menjadi ruangan indoor A Pemeliharaan rutin untuk memastikan kebersihan dan keamanan ruangan	
			R Memasang tanda atau rambu yang menandakan bahaya dan mengingatkan untuk menjaga jarak aman A Adanya izin apabila ingin masuk ke panel listrik	

Tabel 15 Pengendalian Risiko pada Keseluruhan Proyek (Lanjutan)

Aktivitas Kerja	Bahaya	Risiko	Risk Level	Rekomendasi Perbaikan
	Peralatan berserakan di lantai	Peralatan cepat rusak	Low	R Menempatkan peralatan di tempat yang aman
	Terpapar sinar matahari dalam waktu yang lama	Radiasi kulit	High	E Pertimbangan mengganti jadwal kerja
				S Mengganti pakaian kerja dengan UPF (Ultraviolet Protection Factor) yang tinggi atau pakaian berlengan panjang dan celana panjang
		Kelelahan mata dan fisik	Low	R Menyediakan tempat berteduh bagi pekerja
			Low	A Mengatur jadwal istirahat secara berkala yang memungkinkan pekerja beristirahat di tempat teduh
	Tersambar petir	Tidak sadarkan diri, hingga kematian	High	R Memasang sistem deteksi petir
				A Menyediakan tempat untuk berlindung
			High	A Menghentikan semua aktivitas outdoor hingga kondisi kembali kondusif
	Genangan Air	Berisiko terpeleket	Moderate	R Memperbaiki lantai yang tidak rata atau licin
				A Menggunakan APD (sepatu keselamatan anti-slip)

5. Analisis Data

5.1 Analisis Identifikasi Bahaya

1. Area Solar Cell

Di area Solar Cell, tiga aktivitas utama adalah instalasi mounting dan rail, instalasi PV, dan instalasi kabel. Setiap aktivitas memiliki bahaya yang berbeda. Instalasi mounting dan rail dapat menyebabkan risiko terjepit atau tergores oleh komponen mounting dan rail, serta risiko pegal dan kelelahan fisik akibat postur kerja yang buruk dan penggunaan APD yang tidak konsisten. Instalasi PV berpotensi menimbulkan bahaya jatuhnya material PV atau material berat selama mobilisasi, dengan risiko cedera serius dan gangguan muskuloskeletal, yang bisa diperparah oleh ketidakpatuhan dalam menggunakan APD.

2. Area Panel Listrik

Proses interkoneksi dalam instalasi Solar Cell penting namun penuh dengan risiko. Salah satunya adalah potensi tersetrum dari sisa arus listrik pada

inverter, yang bisa membahayakan pekerja. Penggunaan APD yang tidak tepat dapat meningkatkan risiko cedera. Lingkungan kerja di sekitar panel Solar Cell juga rentan terhadap bahaya seperti penempatan lift yang tidak aman, kurang ventilasi, potensi kebocoran, dan ruang yang sempit, yang dapat menurunkan konsentrasi dan meningkatkan risiko koslet listrik serta kekurangan oksigen.

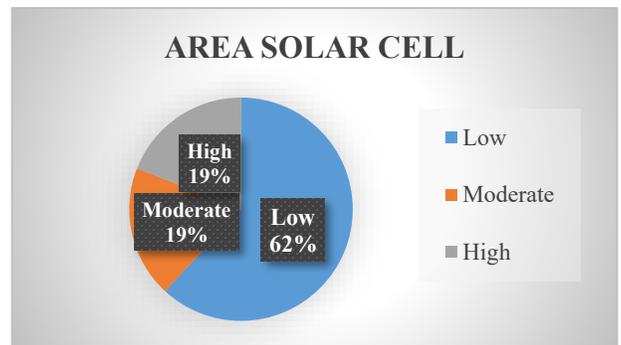
3. Keseluruhan Proyek

Proyek instalasi solar panel menghadapi tantangan lingkungan yang mempengaruhi keselamatan dan produktivitas pekerja, termasuk kurangnya rambu K3, kehadiran orang asing, debu dan polusi udara, kabel berserakan, pekerjaan di ketinggian tanpa pengaman, peralatan yang tidak tertata baik, serta paparan langsung sinar matahari dan hujan petir yang meningkatkan risiko kecelakaan dan masalah kesehatan.

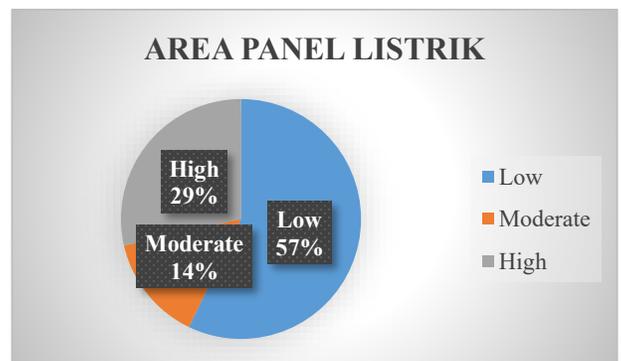
5.2 Analisis Penilaian Risiko

Berikut merupakan analisis penilaian risiko aktivitas kerja pada proyek instalasi *Solar Panel*:

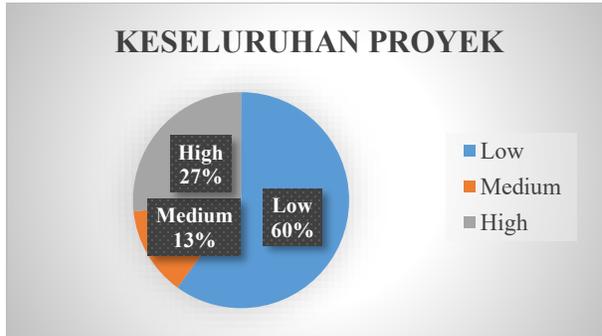
1. Area Solar Cell



2. Area Panel Listrik



3. Keseluruhan Proyek



5.3 Analisis Penilaian Risiko

Berikut merupakan analisis *determining control* aktivitas kerja pada proyek instalasi *Solar Panel*:

1. *Determining Control* pada Area Solar Cell

Pada area Solar Cell, terdapat risiko moderate dan high yang perlu diperbaiki. Risiko cedera saat mobilisasi material (moderate) dapat diatasi dengan APD seperti helm dan sepatu safety. Risiko luka saat penggunaan bor baterai (moderate) dapat diatasi dengan eliminasi bor, substitusi dengan bor stabil, engineering control dengan bor ber-sensor, serta pelatihan dan APD lengkap. Risiko gangguan pendengaran (moderate) dapat diatasi dengan bor yang lebih tenang dan earplug. Risiko cedera akibat terjepit baut (moderate) dapat diatasi dengan baut aman dan alat bantu serta APD. Risiko jatuh dari tangga (high) dapat diatasi dengan tangga kokoh, perbaikan tangga, dan APD. Risiko tersetrum dari inverter (high) dapat diatasi dengan inverter aman, instalasi benar, SOP, pemeriksaan rutin, dan APD anti panas.

2. *Determining Control* pada Area Panel Listrik

Pada area panel listrik terdapat dua risiko utama yang perlu diperhatikan, yaitu korsleting listrik akibat kebocoran (high) dan kekurangan oksigen (moderate). Untuk korsleting listrik, rekomendasi perbaikan meliputi penggunaan teknologi baru (substitution) dan penetapan jadwal pengecekan rutin (administrative). Untuk kekurangan oksigen, perbaikan mencakup perubahan layout panel listrik (substitution), pemasangan ventilasi atau kipas ekstraktor (engineering control), dan penetapan prosedur kerja yang jelas (administrative). Risiko tersetrum akibat sisa arus listrik dapat diatasi dengan prosedur kerja yang jelas (substitution), pemasangan sistem pemutus sirkuit otomatis (engineering control), dan penetapan

prosedur penggunaan serta pemeliharaan alat yang jelas (administrative).

3. *Determining Control* pada Keseluruhan Proyek

Pada area Solar Cell terdapat dua risiko utama: gangguan pernapasan dan penglihatan akibat debu (moderate), serta korsleting listrik karena banyak kabel (high). Untuk gangguan pernapasan dan penglihatan, gunakan masker dan kacamata pelindung (PPE). Untuk korsleting listrik, pastikan kabel memiliki pelindung tambahan (substitution), ditempatkan di lokasi aman (engineering control), dan ada SOP pemasangan serta pemeliharaan (administrative). Risiko radiasi kulit (high) bisa diatasi dengan mengganti jadwal kerja (elimination), menggunakan pakaian dengan UPF tinggi (substitution), dan menyediakan tempat berteduh (engineering control). Risiko tersambar petir (high) bisa diatasi dengan sistem deteksi petir dan tempat berlindung (engineering control), serta menghentikan aktivitas outdoor saat kondisi tidak aman (administrative). Risiko terpeleket akibat genangan air dapat diatasi dengan memperbaiki lantai (engineering control) dan menggunakan sepatu safety anti-slip (PPE).

6. Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini.

1. Instalasi Solar Panel menghadapi berbagai bahaya dan risiko yang perlu diperhatikan. Penelitian ini berfokus pada lokasi, yaitu di area solar cell, area panel listrik, dan keseluruhan proyek. Terdapat beberapa bahaya yang berpotensi terjadi di lokasi tersebut. Faktor lingkungan juga menjadi penyebab adanya potensi bahaya, seperti ventilasi buruk, kebocoran, dan kabel yang berantakan menambah risiko. Pada lokasi proyek masih kurangnya rambu K3 dan paparan cuaca ekstrem juga meningkatkan bahaya. Oleh karena itu, manajemen harus memperhatikan dan menerapkan langkah-langkah perlindungan guna menciptakan lingkungan kerja yang aman.
2. Pengendalian risiko meliputi penggunaan APD, penggantian alat dengan yang lebih aman, dan perbaikan prosedur kerja. Di area Solar Cell, risiko cedera dapat dikurangi dengan APD, alat yang lebih aman, tangga kokoh, inverter aman, dan SOP yang jelas. Di area panel listrik, teknologi baru, ventilasi yang baik, dan prosedur kerja diperlukan untuk mengurangi risiko tersetrum dan kekurangan oksigen. Pada keseluruhan proyek, risiko seperti gangguan

pernapasan, korsleting listrik, radiasi kulit, dan bahaya petir memerlukan APD, penataan kabel aman, jadwal kerja yang diperhitungkan, tempat berteduh, sistem deteksi petir, dan perbaikan lantai. Rekomendasi ini disusun dengan mempertimbangkan hierarki pengendalian risiko, mulai dari penghapusan risiko hingga penggunaan peralatan pelindung diri dan pengaturan lingkungan kerja yang aman.

Daftar Pustaka

- [1] Irzal, Dasar-dasar Kesehatan dan Keselamatan Kerja, Edisi 1, Jakarta: Kencana, 2016.
- [2] H. Luri and D. L. Rinawati, "Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja dengan Menggunakan Job Hazard Analysis (Studi Kasus: PT Pertamina EP Asset 4 Field Cepu)," *Industrial Engineering Online Journal*, 8(1), pp. 1-11, 2019.
- [3] P. Kawatu, Bahan Ajar Kesehatan dan Keselamatan Kerja, FKM Unsrat, 2011.
- [4] R. C. P. Mandagi, R. C. Sondakh and S. S. Maddusa, "Hubungan Kelelahan Kerja dengan Kejadian Kecelakaan Kerja di PT. Putra Karangetang Desa Popontolen Kabupaten Minahasa Selatan," *KESMAS*, 11(5), 2022.
- [5] P. K. Suma'mur, Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja, Jakarta, 2009.
- [6] Bird and F. J. Germain, Practical Loss Control Leadership, USA: Institute Publishing, 1990.
- [7] S. Lestari, A. Kadir and E. Qomariyah, "Pengaruh Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) terhadap Produktivitas Kerja Karyawan pada SPBU Hj. Nurmiati Puuwatu," *Business UHO: Jurnal Administrasi Bisnis*, 5, 2020.
- [8] A. Hidayatullah and S. S. Tjahjawati, "Pengaruh Keselamatan dan Kesehatan Kerja terhadap Produktivitas Kerja Karyawan," *Jurnal Riset Bisnis & Investasi*, 3, 2017.
- [9] H. Tannady, Manajemen Sumber Daya Manusia (I), Expert, 2017.
- [10] D. S. Widodo, Keselamatan & Kesehatan Kerja Manajemen & Implementasi di Tempat Kerja (I), Penebar Media Pustaka, 2021.
- [11] R. Harrianto, Buku Ajar Kesehatan Kerja, Jakarta: EGC, 2010.
- [12] S. Ramli, Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja OHSAS 18001, Jakarta: Dian Rakyat, 2010.
- [13] Supriyadi and F. Ramdan, "Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko pada Divisi Boiler menggunakan Metode Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC)," *Journal of Industrial Hygiene and Occupational Health*, 1(2), pp. 161-177, 2017.
- [14] Tarwaka, Kesehatan dan Keselamatan Kerja Manajemen dan Implementasi K3 di Tempat Kerja, Surakarta: HARAPAN PRESS, 2008.
- [15] A. S. Nitisemito, Manajemen Personalia, Jakarta: Ghalia Indonesia, 2004.
- [16] A. A. P. Mangkunegara, Manajemen Sumber Daya Manusia Perusahaan, Bandung: Remaja Rosdakarya, 2017.
- [17] Sedarmayanti, Tata Kerja dan Produktivitas Kerja, Bandung: CV Mandar Maju, 2011.
- [18] Candrianto, Pengenalan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (I), Literasi Nusantara, 2020.
- [19] R. N. Nando and F. Yuamita, "Analisis Kesehatan dan Keselamatan Kerja dengan Metode Hazard dan Operability Pada Area Kerja Lantai Produksi CV. Lebu Berkah Jaya," *Journal of Industrial Engineering UPY*, 1(1), 2021.
- [20] M. Tranter, Occupational Hygiene and Risk Management, National Library of Australia, 2004.
- [21] F. Yunxiao and L. Ming, "Design of Hazards List Based on Hazard Components for Chinese Coal-Mine," *Procedia Engineering*, pp. 264-270, 2012.
- [22] Veland and Aven, "Improving The Risk Assessment of Critical Operations to Better Reflect Uncertainties and The Unforeseen," *Journal Safety Science*, pp. 206-212, 2015.
- [23] A. Lokobal, Manajemen Risiko Pada Perusahaan Jasa Pelaksana Konstruksi di Provinsi Papua (Studi Kasus di Kabupaten Sarmi), Manado: Universitas Sam Ratulangi, 2014.