

# **Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada Pekerjaan Instalasi *Air Conditioner Variable Refrigerant Volume* (ACVRV) di Hotel Menggunakan Metode *HIRARC***

**Indra Hardiansya<sup>\*1</sup>, Windy Stefani, S.T., M.Eng.<sup>\*</sup>**

**\* Politeknik Negeri Batam**

**Program Studi Teknik Mesin**

**Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia**

**<sup>1</sup>ihardian354@email.com**

## **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan menganalisis risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada pekerjaan instalasi Air Conditioner Variable Refrigerant Volume (ACVRV) di proyek pembangunan salah satu hotel di Kota Batam menggunakan metode Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC). Pekerjaan instalasi ACVRV memiliki berbagai potensi bahaya seperti jatuh dari ketinggian, tersengat listrik, tertimpa material, dan kebocoran refrigeran yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja. Metode penelitian dilakukan melalui observasi lapangan, penyebaran kuesioner, dokumentasi, dan studi literatur terhadap aktivitas pekerjaan instalasi ACVRV. Tahapan penelitian meliputi identifikasi bahaya, penilaian risiko berdasarkan nilai *likelihood* dan *severity*, serta penyusunan rekomendasi pengendalian berdasarkan *Hierarchy of Control*. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 11 potensi bahaya yang teridentifikasi, dengan 8 potensi bahaya (72,73%) termasuk kategori *High Risk* dan 3 potensi bahaya (27,27%) termasuk kategori *Medium Risk*. Risiko tertinggi ditemukan pada aktivitas *wiring* dengan nilai *Risk Rating* sebesar 13,12, diikuti pemasangan unit *indoor*, penggunaan APD, *vacuum*, serta *testing and commissioning* yang termasuk kategori *High Risk*. Rekomendasi pengendalian difokuskan pada penerapan prosedur *Lock Out Tag Out* (LOTO), penggunaan *scaffolding* sesuai standar, penyusunan *lifting plan*, pemeriksaan peralatan secara berkala, serta peningkatan kepatuhan penggunaan APD. Hasil penelitian membuktikan bahwa metode HIRARC mampu mengidentifikasi potensi bahaya, menentukan prioritas risiko, dan menyusun rekomendasi pengendalian secara sistematis pada pekerjaan instalasi ACVRV.

**Kata kunci: K3, HIRARC, ACVRV, Risiko Kerja, Konstruksi**

## **Abstract**

This study aims to analyze Occupational Safety and Health (OSH) risks associated with the installation of Variable Refrigerant Volume Air Conditioners (ACVRV) at a hotel construction project in Batam City using the Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC) method. ACVRV installation work involves various potential hazards, such as falls from heights, electric shock, being struck by materials, and refrigerant leaks, which can lead to workplace accidents. The research methodology involved field observations, questionnaire distribution, documentation, and a literature review of ACVRV installation activities. The research stages included hazard identification, risk assessment based on likelihood and severity scores, and the formulation of control recommendations based on the Hierarchy of Control. The results showed that 11 potential hazards were identified, with 8 (72.73%) classified as High Risk and 3 (27.27%) as Medium Risk. The highest risk was found in wiring activities, with a Risk Rating of 13.12, followed by indoor unit installation, PPE use, vacuum operations, and testing and commissioning—all of which were classified as High Risk. Control recommendations focused on the implementation of Lockout-Tagout (LOTO) procedures, the use of scaffolding in accordance with standards, the preparation of lifting plans, periodic equipment inspections, and improved compliance with PPE use. The study results demonstrated that the HIRARC method is capable of identifying potential hazards, prioritizing risks, and systematically formulating control recommendations for ACVRV installation work.

**Keywords: Occupational Safety and Health, HIRARC, ACVRV, Work Risk, Construction**

## 1 Pendahuluan

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan aspek penting dalam setiap aktivitas industri dan proyek konstruksi karena bertujuan melindungi tenaga kerja dari potensi kecelakaan maupun penyakit akibat kerja serta menjaga produktivitas perusahaan[1]. Pada sektor konstruksi, penerapan K3 menjadi semakin penting karena pekerjaan melibatkan berbagai aktivitas berisiko tinggi, seperti pekerjaan di ketinggian, penggunaan peralatan listrik, pengangkatan material, dan pengoperasian peralatan mekanik[2]. Apabila potensi bahaya tersebut tidak diidentifikasi dan dikendalikan secara sistematis, risiko kecelakaan kerja dapat meningkat dan menimbulkan kerugian bagi pekerja maupun perusahaan[3].

Sektor konstruksi merupakan salah satu sektor dengan tingkat kecelakaan kerja tertinggi dibandingkan sektor industri lainnya. Berdasarkan data Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia (2023), jumlah kecelakaan kerja mencapai 370.747 kasus[4]. Tingginya angka tersebut menunjukkan bahwa identifikasi bahaya dan pengendalian risiko perlu dilakukan secara sistematis sebelum pekerjaan dilaksanakan agar potensi kecelakaan dapat diminimalkan.

Sistem *Air Conditioner Variable Refrigerant Volume* (ACVRV) banyak digunakan pada bangunan bertingkat karena memiliki efisiensi energi, fleksibilitas pengaturan suhu, serta mampu melayani beberapa *unit indoor* dengan satu *unit outdoor*. Namun, proses instalasinya melibatkan berbagai aktivitas berisiko tinggi, seperti pekerjaan di ketinggian, pengangkatan unit *indoor* dan *outdoor*, instalasi kelistrikan, proses *brazing*, *pressure test*, *vacuum*, *refrigerant charging*, serta *testing* dan *commissioning*. Aktivitas-aktivitas tersebut berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja seperti pekerja terjatuh, tertimpa material, sengatan listrik, luka bakar, hingga paparan refrigeran apabila tidak disertai penerapan K3 yang memadai[5].

Berbagai metode analisis risiko, seperti *Job Safety Analysis* (JSA), *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Hazard and Operability Study* (HAZOP), dan *Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control* (HIRARC), telah banyak digunakan untuk mengidentifikasi serta mengendalikan risiko keselamatan kerja pada berbagai sektor industri. Perbandingan karakteristik metode tersebut disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1**  
**Perbandingan Metode Analisis Risiko Keselamatan Kerja**

| Metode | Fokus                                                   | Kelebihan                                                                                   | Kekurangan                                           |
|--------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| JSA    | Analisis setiap langkah pekerjaan                       | Detail pada aktivitas kerja                                                                 | Tidak melakukan penilaian risiko secara menyeluruh   |
| FMEA   | Analisis mode kegagalan                                 | Sangat baik untuk analisis komponen/peralatan                                               | Kurang fokus pada identifikasi bahaya pekerjaan      |
| HAZOP  | Analisis deviasi proses                                 | Cocok untuk industri proses                                                                 | Membutuhkan tim ahli dan proses yang kompleks        |
| HIRARC | Identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan pengendalian | Pendekatan yang komprehensif dalam identifikasi bahaya, penilaian, dan pengendalian risiko. | Sangat bergantung pada ketepatan identifikasi bahaya |

Sumber: Disusun penulis berdasarkan Yunita et al. (2024) dan berbagai referensi terkait.

Berdasarkan karakteristik pada Tabel 1, metode HIRARC dipilih karena mampu mengintegrasikan proses identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan penyusunan pengendalian risiko secara sistematis. Dibandingkan metode JSA, FMEA, dan HAZOP, HIRARC lebih sesuai diterapkan pada pekerjaan instalasi ACVRV karena mampu menentukan prioritas pengendalian berdasarkan nilai likelihood dan severity pada setiap aktivitas pekerjaan[6].

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa metode HIRARC efektif diterapkan pada proyek konstruksi maupun sektor industri dalam mengidentifikasi potensi bahaya serta menentukan prioritas pengendalian risiko[1][2][6][7]. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa pekerjaan instalasi sistem pendingin memiliki potensi bahaya yang didominasi oleh pekerjaan di ketinggian, pekerjaan kelistrikan, serta penggunaan refrigeran[5]. Meskipun demikian, penelitian yang secara khusus membahas analisis risiko keselamatan kerja pada pekerjaan instalasi ACVRV di proyek pembangunan hotel masih relatif terbatas[6][8]. Selain itu, sebagian besar penelitian sebelumnya menggunakan observasi lapangan sebagai dasar penilaian risiko, sedangkan penelitian ini mengombinasikan observasi lapangan, dokumentasi, dan penyebaran kuesioner kepada pekerja yang terlibat langsung dalam instalasi ACVRV sehingga penilaian nilai likelihood dan severity lebih mencerminkan kondisi aktual di lapangan.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini difokuskan pada analisis risiko keselamatan dan kesehatan kerja pada pekerjaan instalasi ACVRV di proyek pembangunan salah satu hotel di Kota Batam menggunakan metode Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC). Analisis dilakukan terhadap aktivitas penggunaan

APD, pemasangan hanger dan bracket, pemasangan unit indoor, pemasangan unit outdoor, brazing, wiring, pressure test, vacuum, refrigerant charging, serta testing dan commissioning.

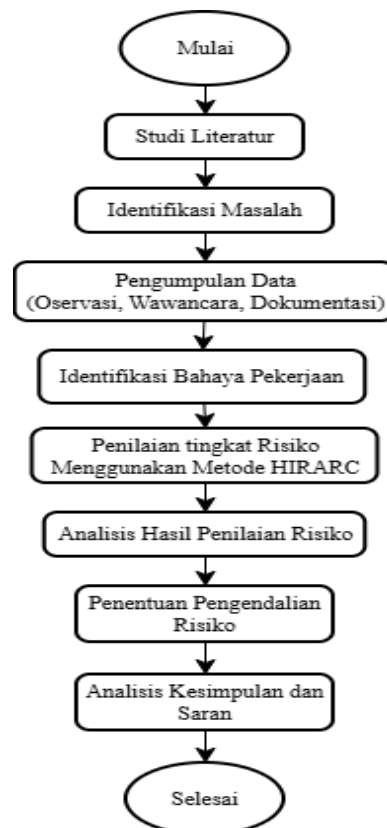
Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi potensi bahaya pada setiap aktivitas pekerjaan, menilai tingkat risiko berdasarkan nilai likelihood dan severity, serta menyusun rekomendasi pengendalian risiko menggunakan prinsip Hierarchy of Control. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi masukan bagi perusahaan dalam meningkatkan penerapan sistem K3 pada pekerjaan instalasi ACVRV, sekaligus menjadi referensi akademik mengenai penerapan metode HIRARC pada sektor konstruksi, khususnya pekerjaan mekanikal dan elektrik di proyek pembangunan gedung.

## 2 Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif dengan metode campuran (*mixed methods*) melalui penerapan metode *Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC)*. Pendekatan ini mengombinasikan data kualitatif dan kuantitatif sehingga mampu memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai potensi bahaya, tingkat risiko, serta rekomendasi pengendalian pada pekerjaan instalasi ACVRV. Metode *HIRARC* dipilih karena mampu mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko, serta menentukan pengendalian risiko secara sistematis sesuai dengan prinsip hirarki pengendalian risiko (*Hierarchy of Control*)[6][7].

Penelitian dilaksanakan pada proyek pembangunan salah satu hotel di Kota Batam yang sedang melakukan instalasi sistem ACVRV pada periode 25 Juni 2026 sampai dengan 31 Juli 2026. Objek penelitian meliputi seluruh aktivitas instalasi, yaitu pemasangan *hanger* dan *bracket*, pemasangan *indoor unit* dan *outdoor unit*, instalasi pipa refrigeran, instalasi pipa drainase, pemasangan kabel daya dan kabel kontrol, *pressure test*, *vacuum*, pengisian refrigeran (*refrigerant charging*), serta *testing and commissioning*. Seluruh aktivitas dianalisis menggunakan metode *HIRARC* untuk mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko, dan menyusun rekomendasi pengendalian.

Penelitian dilaksanakan melalui tahapan yang sistematis, dimulai dari identifikasi permasalahan, studi literatur, pengumpulan data lapangan, identifikasi bahaya, penilaian risiko, penyusunan rekomendasi pengendalian, hingga penarikan kesimpulan.



Gambar 1: Diagram Alir Penelitian Berdasarkan Tahapan Metode HIRARC

Gambar 1 menunjukkan alur penelitian yang diawali dengan identifikasi permasalahan dan studi literatur, dilanjutkan dengan pengumpulan data melalui observasi lapangan, kuesioner, dokumentasi, dan studi literatur. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan tahapan HIRARC sehingga menghasilkan rekomendasi pengendalian risiko sesuai kondisi aktual di lapangan.

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan, kuesioner (Google Form), dokumentasi, dan studi literatur. Kombinasi beberapa teknik tersebut bertujuan memperoleh data yang lebih lengkap serta meningkatkan validitas hasil penelitian melalui saling melengkapi antar sumber informasi. Metode pengumpulan data yang digunakan pada setiap tahapan *HIRARC* disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2**  
**Tahapan Pengumpulan Data**

| Tahapan               | Sumber Data               |
|-----------------------|---------------------------|
| Hazard Identification | Observasi, Dokumentasi    |
| Risk Assessment       | Kuisisioner (Google Form) |

Tahap *Hazard Identification* dilakukan melalui observasi langsung terhadap aktivitas pekerjaan serta didukung dokumentasi lapangan. Selanjutnya tahap *Risk Assessment* dilakukan menggunakan kuesioner untuk memperoleh nilai *Likelihood* dan *Severity* dari responden.

Responden penelitian dipilih menggunakan teknik *purposive sampling* berdasarkan keterlibatan langsung dalam pekerjaan instalasi ACVRV. Penelitian melibatkan delapan responden yang terdiri atas satu supervisor proyek, tiga teknisi senior, satu teknisi, dua tenaga magang, dan satu HSE Officer.. Seluruh responden dianggap memiliki pengetahuan serta pengalaman yang memadai mengenai aktivitas pekerjaan dan penerapan K3 sehingga mampu memberikan penilaian terhadap nilai *Likelihood* dan *Severity*.

**Tabel 3**  
**Responden Penelitian**

| Responden         | Jumlah | Pengalaman               | Peran                                                                                                                  |
|-------------------|--------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Supervisor Proyek | 1      | Berpengalaman 1-3 tahun  | Memberikan informasi proses pekerjaan dan sistem pengendalian                                                          |
| HSE Officer       | 1      | Berpengalaman 3-5 tahun  | Memberikan penilaian mengenai implementasi K3, identifikasi bahaya, serta efektivitas pengendalian risiko di lapangan. |
| Teknisi Senior    | 3      | Berpengalaman 1-5 tahun  | Memberikan penilaian risiko berdasarkan pengalaman kerja                                                               |
| Teknisi           | 1      | Berpengalaman 3-5 tahun  | Memberikan informasi kondisi aktual pekerjaan                                                                          |
| Tenaga Magang     | 2      | Berpengalaman <1-3 tahun | Memberikan penilaian berdasarkan keterlibatan dalam lingkungan proyek serta pemahaman terhadap penerapan K3.           |

Rincian instrumen penelitian yang digunakan pada proses pengumpulan data disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4**  
**Instrumen Penelitian**

| No | Instrumen               | Tujuan Penggunaan                                                                                                                                                            | Data yang Dihasilkan                                                                                                                     |
|----|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Lembar observasi        | Mengidentifikasi aktivitas pekerjaan, potensi bahaya, penggunaan APD, kondisi lingkungan kerja, dan pengendalian yang telah diterapkan selama proses instalasi ACVRV.        | Data hasil observasi lapangan yang digunakan pada tahap <i>Hazard Identification</i> .                                                   |
| 2  | Kuesioner (Google Form) | Mengumpulkan penilaian responden mengenai tingkat <i>Likelihood</i> , <i>Severity</i> , dan efektivitas pengendalian risiko pada setiap aktivitas pekerjaan instalasi ACVRV. | Data kuantitatif berupa skor <i>Likelihood</i> , <i>Severity</i> , dan efektivitas pengendalian yang diolah menggunakan Microsoft Excel. |
| 3  | Kamera (Dokumentasi)    | Mendokumentasikan survei lokasi, pekerja, kondisi sebelum bekerja, pelaksanaan pekerjaan, penggunaan APD, dan aktivitas instalasi ACVRV.                                     | Dokumentasi foto yang digunakan sebagai bukti penelitian dan lampiran laporan akhir studi.                                               |

Analisis data dilakukan menggunakan metode *HIRARC* yang terdiri atas tiga tahapan utama, yaitu *Hazard Identification*, *Risk Assessment*, dan *Risk Control*. Pada tahap *Hazard Identification*, potensi bahaya diidentifikasi berdasarkan hasil observasi, dokumentasi, dan studi literatur. Tahap *Risk Assessment* dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata *Likelihood* dan *Severity* dari seluruh responden sehingga diperoleh nilai *Risk Rating*. Selanjutnya, pada tahap *Risk Control* disusun rekomendasi pengendalian berdasarkan prinsip *Hierarchy of Control*.

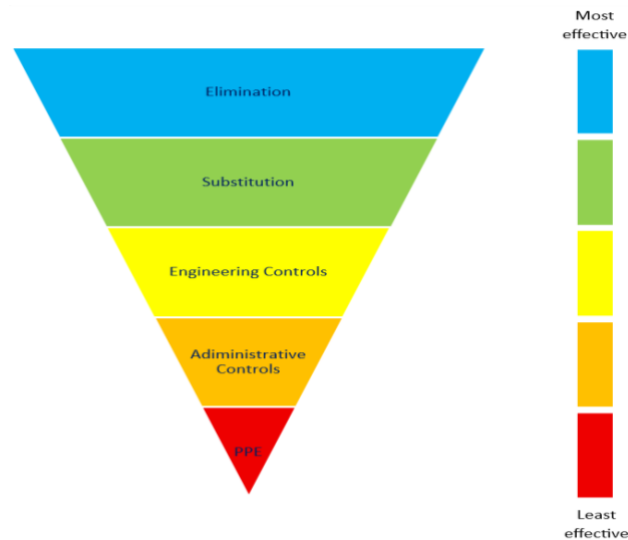
Nilai *Likelihood* dan *Severity* setiap potensi bahaya diperoleh dari rata-rata hasil penilaian seluruh responden menggunakan Persamaan (1). Nilai rata-rata tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung *Risk Rating* menggunakan Persamaan (2). Selain menghasilkan nilai tingkat risiko, penelitian ini juga mempertimbangkan efektivitas pengendalian yang telah diterapkan sebagai dasar penyusunan rekomendasi pengendalian yang lebih sesuai dengan kondisi lapangan.

$$x = \frac{\sum x_i}{n} \quad (1)$$

Keterangan,  $x$  = nilai rata-rata,  $x_i$  = nilai responden,  $n$  = jumlah responden

$$Risk\ Rating = Likelihood \times Severity \quad (2)$$

Tahap *Risk Control* dilakukan dengan menentukan rekomendasi pengendalian berdasarkan hirarki pengendalian risiko (*Hierarchy of Control*), yang meliputi eliminasi (*elimination*), substitusi (*substitution*), rekayasa teknik (*engineering control*), pengendalian administratif (*administrative control*), dan penggunaan alat pelindung diri (*personal protective equipment/PPE*).



**Gambar 2: Hirarki Pengendalian Risiko**

Gambar 2 menunjukkan urutan prioritas pengendalian risiko berdasarkan *Hierarchy of Control*, yang dimulai dari metode paling efektif, yaitu eliminasi dan substitusi, kemudian rekayasa teknik, pengendalian administratif, hingga penggunaan APD sebagai lapisan perlindungan terakhir.

Skala *Likelihood* mengacu pada Tabel 5.

**Tabel 5**  
**Skala Likelihood**

| Nilai | Kriteria       | Penjelasan            |
|-------|----------------|-----------------------|
| 1     | Rare           | Jarang terjadi        |
| 2     | Unlikely       | Kemungkinan kecil     |
| 3     | Possible       | Mungkin terjadi       |
| 4     | Likely         | Sering terjadi        |
| 5     | Almost Certain | Sangat sering terjadi |

Skala *Severity* mengacu pada Tabel 6.

**Tabel 6**  
**Skala Severity**

| Nilai | Kriteria      | Penjelasan                |
|-------|---------------|---------------------------|
| 1     | Insignificant | Cedera ringan             |
| 2     | Minor         | Perlu pertolongan pertama |
| 3     | Moderate      | Cedera sedang             |
| 4     | Major         | Cedera berat              |
| 5     | Catastrophic  | Kematian                  |

Penentuan kategori risiko dilakukan menggunakan matriks HIRARC pada Tabel 7.

Tabel 7

Matriks Risiko HIRARC

| <b>Likelihood</b><br>↓<br><b>Severity</b> → | (1)<br>Insignificant | (2)<br>Minor | (3)<br>Moderate | (4)<br>Major | (5)<br>Catastrophic |
|---------------------------------------------|----------------------|--------------|-----------------|--------------|---------------------|
| (1) Rare                                    | 1 (Low)              | 2 (Low)      | 3 (Low)         | 4 (Medium)   | 5 (Medium)          |
| (2) Unlikely                                | 2 (Low)              | 4 (Low)      | 6 (Medium)      | 8 (Medium)   | 10 (High)           |
| (3) Possible                                | 3 (Low)              | 6 (Medium)   | 9 (Medium)      | 12 (High)    | 15 (High)           |
| (4) Likely                                  | 4 (Low)              | 8 (Medium)   | 12 (High)       | 16 (High)    | 20 (Extreme)        |
| (5) Almost Certain                          | 5 (Medium)           | 10 (High)    | 15 (High)       | 20 (Extreme) | 25 (Extreme)        |

Nilai *Risk Rating* yang diperoleh kemudian diklasifikasikan ke dalam empat kategori tingkat risiko untuk menentukan prioritas pengendalian. Matriks risiko ini digunakan dengan mengalikan nilai *likelihood* dan *severity* untuk memperoleh tingkat risiko pada setiap potensi bahaya. Semakin tinggi nilai *Risk Rating*, semakin besar tingkat risiko yang dihadapi sehingga diperlukan pengendalian yang lebih cepat dan tepat. Hasil penilaian tersebut menjadi dasar dalam menentukan prioritas tindakan pengendalian risiko pada pekerjaan instalasi ACVRV.

Tabel 8

Parameter Likelihood dari Tabel Matrik Risiko

| Kategori Likelihood | Frekuensi Kejadian                                  | Deskripsi Kemungkinan Terjadi                                    |
|---------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Rare (1)            | Terjadi ≤ 1 kali dalam lebih dari 1 tahun pekerjaan | Hampir tidak pernah ditemukan selama proyek berlangsung          |
| Unlikely (2)        | Terjadi sekitar 1 kali dalam 6–12 bulan             | Dapat terjadi pada kondisi tertentu tetapi sangat jarang         |
| Possible (3)        | Terjadi sekitar 1 kali dalam 1 bulan                | Pernah terjadi atau berpotensi terjadi selama pelaksanaan proyek |
| Likely (4)          | Terjadi sekitar 1 kali dalam 1 minggu               | Sering ditemukan pada aktivitas pekerjaan yang sama              |
| Almost Certain (5)  | Terjadi hampir setiap hari kerja                    | Sangat mungkin terjadi apabila tidak dilakukan pengendalian      |

Tabel 8 menunjukkan parameter keseringan digunakan sebagai pedoman dalam menentukan nilai *likelihood* pada setiap potensi bahaya yang ditemukan selama pekerjaan instalasi ACVRV. Penilaian dilakukan berdasarkan frekuensi kemungkinan terjadinya suatu kejadian berbahaya selama pelaksanaan pekerjaan. Penilaian menggunakan skala 1-5 mulai dari *Rare* hingga *Almost Certain*. Semakin sering suatu bahaya berpotensi terjadi, maka semakin tinggi nilai *likelihood* yang diberikan. Parameter ini membantu menghasilkan penilaian risiko yang lebih objektif dan konsisten selama proses analisis.

Tabel 9

Parameter Severity dari Tabel Matriks Risiko

| Kategori Severity | Dampak terhadap Pekerja                                                                              | Dampak terhadap Peralatan dan Proses Kerja                                                    |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Insignificant (1) | Cedera ringan yang tidak memerlukan perawatan medis dan pekerja dapat langsung melanjutkan pekerjaan | Tidak menyebabkan kerusakan peralatan maupun gangguan terhadap pekerjaan                      |
| Minor (2)         | Cedera ringan yang memerlukan pertolongan pertama (P3K)                                              | Menyebabkan gangguan kecil pada pekerjaan dan kerusakan peralatan ringan                      |
| Moderate (3)      | Cedera sedang yang memerlukan perawatan medis atau istirahat kerja sementara                         | Menyebabkan keterlambatan pekerjaan dan kerusakan peralatan tingkat sedang                    |
| Major (4)         | Cedera berat yang memerlukan perawatan intensif atau rawat inap                                      | Menyebabkan penghentian sebagian pekerjaan serta kerusakan peralatan yang signifikan          |
| Catastrophic (5)  | Menyebabkan kematian atau cacat permanen pada pekerja                                                | Menyebabkan penghentian pekerjaan dalam skala besar serta kerugian material yang sangat besar |

Tabel 9 menunjukkan parameter keparahan digunakan sebagai acuan dalam menentukan nilai *severity* terhadap setiap potensi bahaya yang telah diidentifikasi. Penilaian dilakukan dengan mempertimbangkan tingkat cedera yang dapat dialami pekerja, dampak terhadap peralatan kerja, serta gangguan terhadap kelancaran proses pekerjaan. Semakin besar konsekuensi yang ditimbulkan oleh suatu kejadian, maka semakin tinggi nilai *severity* yang diberikan. Parameter ini digunakan untuk membedakan tingkat dampak dari setiap potensi bahaya sehingga hasil penilaian risiko dapat dilakukan secara lebih terukur, konsisten, dan sesuai dengan kondisi pekerjaan instalasi ACVRV.

**Tabel 10**  
**Kategori Tingkat Risiko**

| Nilai Risiko | Kategori       | Penjelasan                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1-4          | Risiko Rendah  | Risiko masih dapat diterima dan memiliki dampak yang relatif kecil terhadap keselamatan kerja. Pengendalian yang telah ada umumnya sudah memadai, namun tetap diperlukan pemantauan untuk mencegah peningkatan risiko.                                                 |
| 5-9          | Risiko Sedang  | Risiko memerlukan perhatian dan tindakan pengendalian tambahan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja. Pengendalian harus direncanakan dan didokumentasikan dengan baik.                                                                             |
| 10-16        | Risiko Tinggi  | Risiko memiliki potensi menimbulkan kecelakaan kerja yang serius sehingga memerlukan tindakan pengendalian segera. Aktivitas kerja harus diawasi secara ketat dan dilakukan perbaikan terhadap sumber bahaya yang ditemukan.                                           |
| 17-25        | Risiko Ekstrem | Risiko berada pada tingkat yang tidak dapat diterima karena berpotensi menyebabkan cedera berat atau kematian. Tindakan pengendalian harus segera dilakukan dan pekerjaan sebaiknya tidak dilanjutkan sampai risiko berhasil dikurangi ke tingkat yang dapat diterima. |

Untuk meningkatkan keabsahan data, penelitian menerapkan triangulasi sumber dan triangulasi metode. Triangulasi sumber dilakukan dengan membandingkan informasi yang diperoleh dari supervisor proyek, teknisi senior, teknisi, dan tenaga magang. Sementara itu, triangulasi metode dilakukan dengan membandingkan hasil observasi lapangan, dokumentasi, dan kuesioner sehingga diperoleh data yang saling mendukung. Apabila ditemukan perbedaan informasi, dilakukan proses klarifikasi kepada responden yang memiliki kompetensi paling relevan terhadap aktivitas pekerjaan sehingga diperoleh data yang konsisten, valid, dan dapat dipertanggungjawabkan sebagai dasar analisis penelitian.

### 3 Analisa Data dan Pembahasan

Penelitian ini menghasilkan data mengenai karakteristik responden, identifikasi potensi bahaya, penilaian tingkat risiko, serta rekomendasi pengendalian pada pekerjaan instalasi ACVRV di proyek pembangunan hotel di Kota Batam. Seluruh hasil dianalisis menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control* (HIRARC).

Berdasarkan hasil penyebaran kuesioner, penelitian ini melibatkan 8 responden yang terdiri atas seorang supervisor, tiga teknisi senior, seorang teknisi, dua peserta magang, dan seorang HSE Officer yang terlibat dalam pekerjaan instalasi ACVRV. Komposisi karakteristik responden berdasarkan jabatan disajikan pada Tabel 11.

**Tabel 11**  
**Karakteristik Responden Berdasarkan Jabatan**

| Karakteristik  | Jumlah   | Persentase  |
|----------------|----------|-------------|
| Supervisor     | 1        | 12,5%       |
| Teknisi Senior | 3        | 37,5%       |
| Teknisi        | 1        | 12,5%       |
| Magang         | 2        | 25%         |
| HSE Officer    | 1        | 12,5%       |
| <b>Total</b>   | <b>8</b> | <b>100%</b> |

Hasil pada Tabel 11 menunjukkan bahwa responden didominasi oleh teknisi senior (37,5%), diikuti tenaga magang (25%), sedangkan supervisor, teknisi, dan HSE Officer masing-masing sebesar 12,5%. Komposisi tersebut menunjukkan bahwa penilaian risiko diperoleh dari berbagai tingkatan pekerjaan yang terlibat langsung dalam instalasi ACVRV.

Selain berdasarkan jabatan, karakteristik responden juga dianalisis berdasarkan lama pengalaman kerja karena pengalaman merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kemampuan responden dalam mengenali potensi bahaya dan menilai tingkat risiko pada setiap aktivitas pekerjaan. Distribusi responden berdasarkan lama bekerja disajikan pada Tabel 12.

**Tabel 12**  
**Karakteristik Responden Berdasarkan Pengalaman Kerja**

| Lama bekerja | Jumlah   | Persentase  |
|--------------|----------|-------------|
| <1 tahun     | 1        | 12,5%       |
| 1–3 tahun    | 4        | 50,00%      |
| 3–5 tahun    | 3        | 37,5%       |
| >5 tahun     | 0        | 0,00%       |
| <b>Total</b> | <b>8</b> | <b>100%</b> |

Mayoritas responden memiliki pengalaman kerja 1–3 tahun (50%), diikuti pengalaman kerja 3–5 tahun (37,5%). Variasi pengalaman tersebut menunjukkan bahwa responden memiliki tingkat pengalaman yang cukup beragam sehingga mampu memberikan penilaian risiko berdasarkan pengalaman praktis selama proses instalasi ACVRV.

Hasil observasi menunjukkan bahwa pekerjaan instalasi ACVRV memiliki beberapa sumber bahaya utama, yaitu pekerjaan di ketinggian, pengangkatan material, pekerjaan kelistrikan, penggunaan api pada proses brazing, tekanan refrigeran, serta ruang kerja yang terbatas. Temuan observasi tersebut menjadi dasar dalam proses identifikasi bahaya menggunakan metode HIRARC. Hasil identifikasi bahaya pada setiap aktivitas pekerjaan ditunjukkan pada Tabel 13.

**Tabel 13**  
**Hasil Identifikasi Bahaya**

| No | Aktivitas                     | Potensi Bahaya     | Risiko yang Ditimbulkan                               | Penyebab                                              |
|----|-------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1  | Penggunaan APD                | APD tidak lengkap  | Cedera akibat tidak terlindungi dari bahaya kerja     | Pekerja tidak menggunakan APD sesuai ketentuan        |
| 2  | Pemasangan hanger dan bracket | Jatuh dari tangga  | Pekerja terjatuh dari ketinggian                      | Tangga atau scaffolding tidak stabil                  |
| 3  | Pemasangan unit indoor        | Unit terjatuh      | Tertimpa material                                     | Teknik pengangkatan atau pengikatan unit kurang baik  |
| 4  | Pemasangan unit indoor        | Pekerja terjatuh   | Cedera akibat jatuh dari ketinggian                   | Pijakan kerja tidak aman saat bekerja di plafon       |
| 5  | Pemasangan unit outdoor       | Unit terjatuh      | Tertimpa material                                     | Pengangkatan unit tidak sesuai prosedur               |
| 6  | Brazing                       | Luka bakar         | Cedera akibat percikan api                            | Percikan api mengenai pekerja saat proses brazing     |
| 7  | Wiring                        | Sengatan listrik   | Cedera akibat kontak dengan arus listrik              | Instalasi listrik atau kabel masih bertegangan        |
| 8  | Pressure Test                 | Kegagalan tekanan  | Cedera akibat tekanan tinggi                          | Tekanan melebihi batas atau sambungan pipa tidak baik |
| 9  | Vacuum                        | Sengatan listrik   | Cedera akibat kontak dengan listrik                   | Sistem grounding atau instalasi listrik tidak memadai |
| 10 | Refrigerant Charging          | Paparan refrigeran | Frostbite atau gangguan pernapasan                    | Kontak langsung atau kebocoran refrigeran             |
| 11 | Testing and Commissioning     | Sengatan listrik   | Cedera akibat kontak dengan panel listrik bertegangan | Panel listrik masih aktif saat pengujian              |

Tabel 13 menunjukkan bahwa Potensi bahaya tersebut menunjukkan bahwa instalasi ACVRV tidak hanya melibatkan risiko mekanik, tetapi juga risiko kelistrikan, ergonomi, kebakaran, serta paparan bahan kimia berupa refrigeran. Oleh karena itu identifikasi bahaya perlu dilakukan pada setiap tahapan pekerjaan agar seluruh potensi risiko dapat dikendalikan sejak awal.

Hasil pengolahan data kuesioner menunjukkan bahwa setiap aktivitas pekerjaan memiliki tingkat risiko yang berbeda sesuai dengan karakteristik pekerjaan yang dilakukan. Aktivitas yang berkaitan dengan pekerjaan di ketinggian, pengangkatan material, pekerjaan kelistrikan, serta penggunaan refrigeran cenderung memperoleh nilai risiko lebih tinggi dibandingkan aktivitas lainnya karena memiliki nilai *Likelihood* maupun *Severity* yang relatif besar.

Tabel 14

## Hasil Penilaian Risiko Berdasarkan Rata-rata Penilaian Responden

| Aktivitas            | Potensi Bahaya     | Existing Control | Mean L | Mean S | Risk Rating | Kategori |
|----------------------|--------------------|------------------|--------|--------|-------------|----------|
| Penggunaan APD       | APD tidak lengkap  | APD standar      | 2,87   | 4,00   | 11,50       | High     |
| Pemasangan hanger    | Jatuh dari tangga  | Safety Helmet    | 2,50   | 4,25   | 10,62       | High     |
| Indoor               | Unit terjatuh      | Safety Shoes     | 2,37   | 3,25   | 7,71        | Medium   |
| Indoor               | Pekerja terjatuh   | Tangga           | 2,87   | 4,12   | 11,85       | High     |
| Outdoor              | Unit terjatuh      | SOP Lifting      | 2,50   | 4,00   | 10,00       | High     |
| Brazing              | Luka bakar         | APD              | 3,00   | 3,37   | 10,12       | High     |
| Wiring               | Sengatan listrik   | Sarung tangan    | 3,00   | 4,38   | 13,14       | High     |
| Pressure Test        | Kegagalan tekanan  | Pressure Gauge   | 2,12   | 2,62   | 5,57        | Medium   |
| Vacuum               | Sengatan listrik   | Grounding        | 2,87   | 4,00   | 11,50       | High     |
| Refrigerant Charging | Paparan refrigeran | Masker           | 2,25   | 2,87   | 6,46        | Medium   |
| Commissioning        | Sengatan listrik   | APD              | 2,62   | 4,12   | 10,82       | High     |

Data pada Tabel 14 menunjukkan bahwa aktivitas wiring memiliki nilai *Risk Rating* tertinggi sebesar 13,14, diikuti oleh aktivitas pekerja terjatuh saat pemasangan unit indoor sebesar 11,85, penggunaan APD dan proses vacuum masing-masing sebesar 11,50, serta aktivitas commissioning sebesar 10,82. Selain itu, aktivitas pemasangan hanger (10,62), brazing (10,12), dan pemasangan unit outdoor (10,00) juga termasuk dalam kategori *High Risk*. Tingginya nilai risiko pada aktivitas-aktivitas tersebut dipengaruhi oleh kombinasi nilai *Likelihood* dan *Severity* yang relatif tinggi sehingga diperlukan tindakan pengendalian segera sesuai dengan prinsip *Hierarchy of Control*.

Untuk memberikan gambaran mengenai proses penilaian risiko menggunakan metode HIRARC, berikut disajikan contoh perhitungan pada aktivitas wiring dengan potensi bahaya sengatan listrik. Contoh ini menunjukkan tahapan mulai dari penilaian *Likelihood* dan *Severity* oleh responden hingga diperoleh nilai *Risk Rating*.

Tabel 15

## Contoh Perhitungan Penilaian Risiko pada Aktivitas Wiring (Sengatan Listrik)

| Responden | Likelihood | Severity |
|-----------|------------|----------|
| R1        | 3          | 5        |
| R2        | 1          | 2        |
| R3        | 3          | 5        |
| R4        | 4          | 5        |
| R5        | 4          | 4        |
| R6        | 3          | 4        |
| R7        | 2          | 5        |
| R8        | 4          | 5        |
| Rata Rata | 3,00       | 4,38     |

Berdasarkan hasil penilaian delapan responden terhadap aktivitas wiring dengan potensi bahaya sengatan listrik diperoleh total skor *Likelihood* sebesar 24 dan total skor *Severity* sebesar 35. Nilai rata-rata *Likelihood* dan *Severity* dihitung menggunakan Persamaan (3) sehingga diperoleh Mean *Likelihood* sebesar 3,00 dan Mean *Severity* sebesar 4,38. Selanjutnya nilai *Risk Rating* dihitung menggunakan Persamaan (6) dengan mengalikan nilai rata-rata *Likelihood* dan *Severity* sehingga diperoleh nilai 13,14.

$$x = \frac{\sum x_i}{n} \quad (3)$$

$$L = \frac{3+1+3+4+4+3+2+4}{8} = \frac{24}{8} = 3,00 \quad (4)$$

$$S = \frac{5+2+5+5+4+4+5+5}{8} = \frac{35}{8} = 4,375 \approx 4,38 \quad (5)$$

$$RR = L \times S = 3,00 \times 4,38 = 3,14 \quad (6)$$

Berdasarkan matriks risiko HIRARC, nilai Risk Rating sebesar 13,14 termasuk dalam kategori High Risk, sehingga aktivitas wiring memerlukan tindakan pengendalian segera sesuai prinsip Hierarchy of Control.

Untuk memberikan gambaran mengenai distribusi tingkat risiko pada seluruh aktivitas pekerjaan, hasil penilaian risiko kemudian dikelompokkan berdasarkan kategori risiko sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 16.

**Tabel 16**  
**Distribusi Tingkat Risiko**

| Kategori | Jumlah Potensi Bahaya | Persentase |
|----------|-----------------------|------------|
| Low      | 0                     | 0,00%      |
| Medium   | 3                     | 27,27%     |
| High     | 8                     | 72,73%     |
| Extreme  | 0                     | 0,00%      |
| Total    | 11                    | 100%       |

Berdasarkan Tabel 16, sebanyak 8 potensi bahaya (72,73%) termasuk kategori High Risk, sedangkan 3 potensi bahaya (27,27%) termasuk kategori Medium Risk. Tidak ditemukan potensi bahaya pada kategori Low Risk maupun Extreme Risk. Dominasi kategori High Risk menunjukkan bahwa sebagian besar aktivitas instalasi ACVRV memiliki tingkat risiko yang tinggi sehingga diperlukan penerapan pengendalian yang lebih efektif melalui rekayasa teknik (engineering control), pengendalian administratif (administrative control), dan peningkatan kepatuhan penggunaan APD agar tingkat risiko dapat diturunkan ke kategori yang dapat diterima.

**Tabel 17**  
**Hasil Pengendalian Risiko Berdasarkan Metode HIRARC**

| Aktivitas               | Potensi Bahaya     | Rekomendasi Pengendalian        | Parameter Keberhasilan                                | Cara Pengukuran                                                                                        |
|-------------------------|--------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Penggunaan APD          | APD tidak lengkap  | Pengawasan penggunaan APD       | Persentase pekerja menggunakan APD lengkap            | $(\text{Jumlah pekerja menggunakan APD lengkap} \div \text{jumlah pekerja yang diamati}) \times 100\%$ |
| Pemasangan hanger       | Jatuh dari tangga  | Menggunakan scaffolding standar | Persentase scaffolding yang lolos inspeksi            | $(\text{Scaffolding layak pakai} \div \text{total scaffolding}) \times 100\%$                          |
| Pemasangan unit indoor  | Unit terjatuh      | Menggunakan alat bantu angkat   | Persentase pengangkatan sesuai SOP                    | $(\text{Jumlah pengangkatan sesuai SOP} \div \text{total pengangkatan}) \times 100\%$                  |
| Pemasangan unit indoor  | Pekerja terjatuh   | Menggunakan full body harness   | Persentase pekerja menggunakan harness                | $(\text{Pekerja memakai harness} \div \text{pekerja di ketinggian}) \times 100\%$                      |
| Pemasangan unit outdoor | Unit terjatuh      | Lifting plan dan signalman      | Persentase pengangkatan sesuai lifting plan           | $(\text{Pengangkatan sesuai lifting plan} \div \text{total pengangkatan}) \times 100\%$                |
| Brazing                 | Luka bakar         | APAR dan pelindung wajah        | Kepatuhan penggunaan APD tahan panas                  | $(\text{Pekerja memakai APD lengkap} \div \text{total pekerja brazing}) \times 100\%$                  |
| Wiring                  | Sengatan listrik   | Prosedur LOTO                   | Persentase pekerjaan yang menerapkan LOTO             | $(\text{Pekerjaan menggunakan LOTO} \div \text{total pekerjaan wiring}) \times 100\%$                  |
| Pressure Test           | Kegagalan tekanan  | Safety valve                    | Persentase pressure test sesuai SOP                   | $(\text{Pressure test sesuai SOP} \div \text{total pressure test}) \times 100\%$                       |
| Vacuum                  | Sengatan listrik   | Pemeriksaan grounding           | Persentase instalasi yang lolos pemeriksaan grounding | $(\text{Grounding memenuhi standar} \div \text{total pemeriksaan}) \times 100\%$                       |
| Refrigerant Charging    | Paparan refrigeran | Leak detector                   | Jumlah kebocoran refrigeran                           | Total kejadian kebocoran selama pekerjaan                                                              |
| Testing & Commissioning | Sengatan listrik   | Prosedur LOTO                   | Persentase commissioning sesuai prosedur LOTO         | $(\text{Commissioning menggunakan LOTO} \div \text{total commissioning}) \times 100\%$                 |

Hasil analisis menunjukkan bahwa parameter keberhasilan digunakan sebagai indikator untuk mengevaluasi efektivitas rekomendasi pengendalian yang diusulkan. Pengukuran dilakukan berdasarkan persentase kepatuhan terhadap penerapan pengendalian, seperti penggunaan APD, penerapan prosedur Lock Out Tag Out (LOTO), penggunaan scaffolding sesuai standar, dan pelaksanaan lifting plan. Persentase kepatuhan dihitung menggunakan rumus:  $(\text{jumlah kegiatan yang memenuhi kriteria pengendalian} \div \text{jumlah kegiatan yang diamati}) \times 100\%$ . Karena penelitian ini hanya sampai pada tahap penyusunan rekomendasi pengendalian berdasarkan metode HIRARC, maka parameter keberhasilan tersebut merupakan usulan indikator evaluasi yang dapat digunakan oleh perusahaan pada tahap implementasi..

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Pramesthi et al.[1], Azmi dan Kartadipura[2], serta Nuriah dan Rudyarti[7], yang menunjukkan bahwa pekerjaan dengan potensi bahaya tinggi memerlukan identifikasi bahaya yang sistematis dan pengendalian berdasarkan prioritas risiko menggunakan metode HIRARC. Hasil penelitian ini juga memiliki kesamaan dengan penelitian Nurhayati dan Purnomo[8] pada industri pengolahan makanan laut yang menunjukkan bahwa sebagian besar potensi bahaya berada pada kategori risiko sedang hingga tinggi sehingga memerlukan penerapan pengendalian administratif, rekayasa teknik, serta penggunaan APD secara konsisten. Hal tersebut menunjukkan bahwa metode HIRARC maupun HIRADC mampu diterapkan pada berbagai jenis industri untuk menentukan prioritas pengendalian risiko.

Secara keseluruhan, Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode HIRARC mampu memberikan dasar yang sistematis dalam menentukan prioritas pengendalian risiko sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam meningkatkan penerapan keselamatan dan kesehatan kerja pada pekerjaan instalasi ACVRV.

#### 4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control* (HIRARC) pada pekerjaan instalasi *Air Conditioner Variable Refrigerant Volume* (ACVRV) di proyek pembangunan hotel di Kota Batam, diperoleh sebanyak 11 potensi bahaya yang berasal dari berbagai aktivitas pekerjaan, yaitu penggunaan APD, pemasangan hanger, pemasangan unit indoor, pemasangan unit outdoor, proses *brazing*, *wiring*, *pressure test*, *vacuum*, *refrigerant charging*, dan *testing & commissioning*. Potensi bahaya yang teridentifikasi meliputi pekerja terjatuh dari ketinggian, unit terjatuh, sengatan listrik, luka bakar, kegagalan tekanan, serta paparan refrigeran. Hasil penilaian risiko berdasarkan rata-rata (*mean*) nilai *Likelihood* dan *Severity* dari responden menunjukkan bahwa terdapat 6 potensi bahaya (54,55%) yang termasuk kategori High Risk dan 5 potensi bahaya (45,45%) yang termasuk kategori Medium Risk, sedangkan kategori Low Risk dan Extreme Risk tidak ditemukan. Risiko dengan kategori tinggi didominasi oleh pekerjaan di ketinggian dan pekerjaan kelistrikan, sehingga menjadi prioritas utama dalam penerapan pengendalian.

Berdasarkan hasil tersebut, metode HIRARC mampu mengidentifikasi potensi bahaya, menentukan tingkat risiko, serta menetapkan prioritas pengendalian pada setiap aktivitas pekerjaan instalasi ACVRV secara sistematis. Rekomendasi pengendalian disusun berdasarkan prinsip *Hierarchy of Control* yang meliputi eliminasi, substitusi, rekayasa teknik (*engineering control*), pengendalian administratif (*administrative control*), dan penggunaan alat pelindung diri (APD). Penerapan pengendalian seperti Penggunaan scaffolding sesuai standar, penerapan prosedur Lock Out Tag Out (LOTO), penyusunan lifting plan, penggunaan peralatan sesuai prosedur kerja, serta peningkatan kepatuhan penggunaan APD menjadi rekomendasi utama untuk menurunkan tingkat risiko kecelakaan kerja.

#### Daftar Pustaka

- [1] S. A. Pramesthi, R. Anwar, and L. Susanti, "Risk Analysis of Occupational Safety and Health Analysis Using the HIRARC Method at Building Construction," *Astonjadro*, vol. 14, no. 2, pp. 484–497, 2025, doi: 10.32832/astonjadro.v14i2.17359.
- [2] A. Azmi and R. Kartadipura, "THE RISK ANALYSIS OF OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY ON THE GIRDER RUKAM HILIR BRIDGE CONSTRUCTION PROJECT," *CERUCUK*, vol. 7, p. 67, Nov. 2023, doi: 10.20527/crc.v7i2.9586.
- [3] N. Pratama and D. Herwanto, "Analisis Penerapan Metode Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) di PT YZ," *Ind. J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 9, pp. 835–842, Jul. 2025, doi: 10.37090/indstrk.v9i3.2165.
- [4] Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia, "Kecelakaan Kerja Tahun 2023." Accessed: May 10, 2026. [Online]. Available: <https://satudata.kemnaker.go.id/data/kumpulan-data/1728>

- [5] W. S. Saputra and R. Assessment, "S i l i t e k," vol. 04, no. 02, pp. 193–208, 2024.
- [6] Y. Yunita, A. Ekayuliana, and F. Wijayanti, "Identification Of Potential Hazards Using The Hazard Identification Risk Assessment And Risk Control (HIRARC) Method, Case Study: PT. X Dentifikasi Potensi Bahaya Menggunakan Metode Hazard Identification Risk Assessment And Risk Control (HIRARC), Studi Kasus: PT. X," vol. 6, no. 6, p. 2024, 2024.
- [7] A. N. Nuriah and E. Rudyarti, "OSH risk analysis with hazard identification risk assessment and control (HIRARC) method at NPK Fertilizer Production Department of PT X," *Period. Occup. Saf. Heal.*, vol. 2, no. 2, pp. 113–129, 2024, doi: 10.12928/posh.v2i2.9202.
- [8] Radityazty Dahayu Nurhayati and Yayok Suryo Purnomo, "Analisis Risiko K3 dengan Metode HIRADC pada Industri Pengolahan Makanan Laut di Jawa Timur," *INSOLOGI J. Sains dan Teknol.*, vol. 2, no. 3, pp. 450–461, 2023, doi: 10.55123/insologi.v2i3.1883.