

Integration of HIRADC Based on ISO 45001 and JSA for Risk Mitigation in Gold Jewelry Casting

Integrasi HIRADC Berbasis ISO 45001 dan JSA untuk Mitigasi Risiko Casting Perhiasan Emas

Rian Nurzaman¹⁾, Ari Agustian²⁾, Ade Ardiansyah³⁾, Rivan Sandika⁴⁾, Wildan Fauzi⁵⁾, Dini Yulianti⁶⁾

¹⁾Universitas Teknologi Bandung, Jl. Soekarno-Hatta No.378, Kb. Lega, Kota Bandung, 40235
Email: riannurzamanjmo@gmail.com

²⁾ Universitas Teknologi Bandung, Jl. Soekarno-Hatta No.378, Kb. Lega, Kota Bandung, 40235
Email: agustiawanari58@gmail.com

³⁾ Universitas Teknologi Bandung, Jl. Soekarno-Hatta No.378, Kb. Lega, Kota Bandung, 40235
Email: adeardiansyah418@gmail.com

⁴⁾ Universitas Teknologi Bandung, Jl. Soekarno-Hatta No.378, Kb. Lega, Kota Bandung, 40235
Email: mrivan723@gmail.com

⁵⁾ Universitas Teknologi Bandung, Jl. Soekarno-Hatta No.378, Kb. Lega, Kota Bandung, 40235
Email: wildanz227@gmail.com

⁶⁾ Universitas Teknologi Bandung, Jl. Soekarno-Hatta No.378, Kb. Lega, Kota Bandung, 40235
Email: diniyulianti@utb-univ.ac.id

Abstract: The casting area in the gold jewelry manufacturing industry has a high level of work risk due to exposure to high temperatures, hot materials, and chemicals. Although PT XYZ has implemented an Occupational Health and Safety Management System based on ISO 45001:2018, near-miss incidents continue to occur, necessitating an evaluation of the risk control system that has been applied. This research aims to evaluate the K3 risk management system and formulate control recommendations thru the integration of the Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC) method and Job Safety Analysis (JSA). The research uses a qualitative descriptive approach with a cross-sectional design. Data were obtained thru observation, in-depth interviews with five senior casting operators and one HSE Officer, as well as documentation studies of 81 near-miss data from the period of January 2024 to May 2026. The results of the HIRADC analysis show that the activities of moving hot cylinders and pouring molten metal have the highest risk levels with the Extreme Risk category (RR = 20), while the processes of calcination, gypsum unloading, and pickling fall into the High Risk category (RR = 12–16). Analysis using JSA shows that the high risk is influenced by unsafe actions, the use of PPE that does not yet match the job characteristics, and the suboptimal condition of the work facilities. Based on these results, control recommendations were formulated, including the improvement of the Local Exhaust Ventilation (LEV) system, the use of anti-fog face shields, the provision of gloves more suitable for precision work, and the refinement of SOPs and Work Instructions. The results of the residual risk assessment indicate that the proposed controls can reduce the risk level of all critical activities to the Low Risk category (RR = 2–4). Thus, the integration of the HIRADC and JSA methods can be used as an effective approach to identify potential hazards and develop more precise risk controls in the gold jewelry casting process.

Keywords: HIRADC, Job Safety Analysis, ISO 45001:2018, Gold Jewelry Casting, Ergonomic Mismatch

Abstrak: Area casting pada industri manufaktur perhiasan emas memiliki tingkat risiko kerja yang tinggi karena melibatkan paparan suhu tinggi, material panas, serta bahan kimia. Meskipun PT XYZ telah menerapkan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja berbasis ISO 45001:2018, kejadian *near-miss* masih terus terjadi sehingga diperlukan evaluasi terhadap sistem pengendalian risiko yang telah diterapkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sistem manajemen risiko K3

dan menyusun rekomendasi pengendalian melalui integrasi metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC) dan *Job Safety Analysis* (JSA). Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan rancangan *cross-sectional*. Data diperoleh melalui observasi, wawancara mendalam terhadap lima operator casting senior dan satu HSE Officer, serta studi dokumentasi terhadap 81 data near-miss periode Januari 2024 hingga Mei 2026. Hasil analisis HIRADC menunjukkan bahwa aktivitas pemindahan silinder panas dan penuangan logam cair memiliki tingkat risiko tertinggi dengan kategori *Extreme Risk* (RR = 20), sedangkan proses kalsinasi, pembongkaran gips, dan pickling termasuk kategori *High Risk* (RR = 12–16). Analisis menggunakan JSA menunjukkan bahwa tingginya risiko dipengaruhi oleh tindakan tidak aman, penggunaan APD yang belum sesuai dengan karakteristik pekerjaan, serta kondisi fasilitas kerja yang belum optimal. Berdasarkan hasil tersebut disusun rekomendasi pengendalian berupa peningkatan sistem *Local Exhaust Ventilation* (LEV), penggunaan *face shield* anti-kabut, penyediaan sarung tangan yang lebih sesuai untuk pekerjaan presisi, serta penyempurnaan SOP dan *Work Instruction*. Hasil penilaian residual risk menunjukkan bahwa usulan pengendalian tersebut dapat menurunkan tingkat risiko seluruh aktivitas kritis menjadi kategori *Low Risk* (RR = 2–4). Dengan demikian, integrasi metode HIRADC dan JSA dapat digunakan sebagai pendekatan yang efektif untuk mengidentifikasi potensi bahaya dan menyusun pengendalian risiko yang lebih tepat pada proses casting perhiasan emas.

Kata Kunci: HIRADC, Job Safety Analysis, ISO 45001:2018, Casting Perhiasan Emas, Ergonomic Mismatch.

PENDAHULUAN

Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) berbasis standar internasional ISO 45001:2018 menuntut komitmen industri modern untuk melakukan identifikasi bahaya dan penilaian risiko secara proaktif dan berkelanjutan (Anindya et al., 2026). Di dalam sektor manufaktur perhiasan dan emas, aspek keselamatan kerja menjadi sangat krusial karena karakteristik operasionalnya yang melibatkan risiko bernilai tinggi sekaligus bermutu ekstrem. Area produksi, khususnya pada bagian *casting* (pengecoran) dan peleburan, menjadi jantung operasional yang menghadapkan pekerja pada temperatur tinggi di atas 1000°C, bahaya mekanis bertekanan, hingga interaksi harian dengan bahan kimia korosif (Pertiwi et al., 2026). Pada tingkat ideal, sertifikasi ISO 45001:2018 yang disandang oleh perusahaan seharusnya mampu menciptakan lingkungan kerja yang aman dan meminimalkan seluruh potensi cedera melalui pengendalian risiko yang terstruktur (Syahabuddin, 2025).

Namun demikian, pemantauan berkala terhadap indikator keselamatan proaktif di area *casting* dan peleburan menunjukkan tren yang mengkhawatirkan sepanjang periode Januari 2024 hingga Mei 2026. Berdasarkan rekapitulasi data *safety log* internal departemen HSE perusahaan, terdapat akumulasi 81 insiden hampir celaka (*near-miss*) yang tidak pernah bereskalasi menjadi cedera fatal tetapi terus berulang secara konstan. Grafik insiden menunjukkan grafik yang meningkat, di mana pada tahun 2024 tercatat 24 kejadian *near-miss*, melonjak menjadi 38 kejadian pada tahun 2025, dan telah menyentuh angka 19 kejadian hanya dalam durasi lima bulan pertama pada tahun 2026. Secara lebih rinci, frekuensi tinggi ini didominasi oleh empat kejadian berulang, yaitu percikan logam emas cair saat penuangan manual (29 kasus), letupan skala kecil akibat sisa kelembaban pada *flask* kalsinasi (18 kasus), paparan debu *investment* berbahaya akibat kegagalan *local exhaust ventilation* saat pembongkaran gips (22 kasus), serta luka gores ringan dan percikan bahan kimia korosif saat proses pembersihan larutan asam *pickle* (12 kasus) (Raihan Januar Anggoro & Syadzadhiya Qothrunada Z. Nisa, 2023). Manifestasi dari tingginya intensitas insiden tak terduga ini memberikan indikasi kuat adanya titik buta (*blind spot*) dalam efektivitas pengendalian risiko harian yang berjalan di lapangan (H. Pratama et al., 2025). Dalam skala regional, adanya

kesenjangan implementasi antara kebijakan K3 teoritis dengan mitigasi dinamis di lantai produksi manufaktur sering kali memicu titik buta serupa di Asia Tenggara, yang menegaskan urgensi evaluasi komparatif terhadap efektivitas sistem manajemen risiko harian secara berkala (Kathayat et al., 2025)."

Kesenjangan antara regulasi sistem dan aplikasi praktis tersebut terjadi karena dokumen *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC) eksisting perusahaan umumnya disusun menggunakan kacamata makro yang hanya memetakan potensi bahaya berdasarkan area kerja secara keseluruhan (Fikri Taufiqurrahman et al., 2026). Karakteristik HIRADC yang terlalu generalis ini dikritik oleh beberapa peneliti terdahulu yang menyatakan bahwa penilaian risiko makro sering kali gagal menangkap variabilitas tindakan tidak aman (*unsafe action*) yang melekat pada setiap gerakan fisik dan urutan kerja personal operator (Nurriwanti et al., 2023). Di sisi lain, teori piramida kecelakaan kerja oleh Heinrich menegaskan bahwa di balik setiap kecelakaan fatal terdapat ratusan insiden *near-miss* yang tidak tertangani. Oleh karena itu, mengabaikan laporan *near-miss* pada aktivitas pengecoran emas sama saja dengan mengabaikan sinyal awal terjadinya kecelakaan fatal yang dapat menimbulkan kerugian finansial yang masif sekaligus ancaman keselamatan jiwa pekerja.

Untuk menjembatani celah metodologis tersebut, gagasan utama yang diajukan dalam penelitian ini adalah melakukan pemodelan integrasi sekuensial antara metode HIRADC di level makro manajemen dengan metode *Job Safety Analysis* (JSA) di level mikro operasional (N. A. Pratama & Apsari, 2024). Melalui integrasi ini, dokumen HIRADC digunakan sebagai kompas penunjuk arah untuk menyaring aktivitas dengan status risiko tertinggi (*High* dan *Extreme*), yang kemudian langsung dibedah secara mendalam menggunakan JSA langkah demi langkah (*step-by-step*) (Jordan Syah Gustav et al., 2025). Kebaruan (*novelty*) sekaligus kekhasan dari penelitian ini terletak pada lokalisasi dan spesifikasi objek penelitian yang berfokus pada industri manufaktur perhiasan emas. Sejauh literatur yang ditemukan, mayoritas penelitian HIRADC-JSA terdahulu didominasi oleh sektor konstruksi, pertambangan, atau manufaktur alat berat, sedangkan penelitian yang membedah kompleksitas bahaya pengecoran logam mulia yang memadukan keahlian presisi tangan (*craftsmanship*) dengan mesin termal canggih masih sangat terbatas.

Didasari oleh urgensi dan kebaruan tersebut, penelitian ini secara spesifik bertujuan untuk mengevaluasi dan merancang ulang sistem manajemen risiko K3 di area *casting* melalui penyelarasan HIRADC berbasis ISO 45001:2018 dan JSA. Proses pembongkaran bahaya mikro akan divalidasi secara empiris melalui observasi langsung terhadap 5 operator pengecoran senior serta wawancara mendalam bersama 1 orang HSE Officer perusahaan (Dwi Permana & Siregar, n.d.). Output konstruktif yang ditargetkan dari penelitian ini adalah sebuah rancangan pembaruan *Standard Operating Procedure* (SOP) keselamatan kerja penuangan dan kalsinasi yang praktis, komprehensif, serta berbasis pada hierarki pengendalian risiko internasional. Melalui hasil akhir ini, diharapkan perusahaan tidak hanya mampu mempertahankan kepatuhan terhadap sertifikasi ISO 45001, melainkan secara nyata dapat menekan angka kejadian hampir celaka hingga mencapai titik *zero accident* di lapangan.

METODOLOGI

Penelitian ini didesain secara ilmiah dengan mengadopsi tiga prinsip utama metode ilmiah, yaitu rasional, empiris, dan sistematis, melalui jenis pendekatan deskriptif kualitatif dengan rancangan studi kasus *cross-sectional* (Jordan Syah Gustav et al., 2025). Aspek rasionalitas dalam penelitian ini diwujudkan melalui penalaran logis akademik dalam menerapkan pemodelan integrasi sekuensial, di mana metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC) berbasis ISO 45001:2018 digunakan untuk memetakan risiko di tingkat makro manajemen, sedangkan *Job Safety Analysis* (JSA) diaplikasikan untuk

membongkar variabilitas bahaya di tingkat mikro operasional (N. A. Pratama & Apsari, 2024). Sementara itu, pemenuhan unsur empiris didasarkan pada fakta nyata di lapangan yang dapat diamati dan direkam secara objektif, meliputi tindakan tidak aman (*unsafe action*) personal operator serta kondisi aktual interaksi kerja dengan mesin termal berisiko tinggi (Dwi Permana & Siregar, n.d.). Seluruh tahapan operasional riset ini dijalankan secara sistematis menggunakan urutan kronologis yang terstruktur guna mengurai titik buta (*blind spot*) keselamatan kerja, sebagaimana disajikan pada skema diagram alur pada Gambar 1.



Gambar 1 Skema Diagram Alir Penelitian

Gambar 1 menunjukkan alur penelitian yang digunakan dalam penelitian ini. Penelitian diawali dengan analisis risiko menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC). Selanjutnya, aktivitas yang memiliki tingkat risiko High dan Extreme dianalisis lebih lanjut menggunakan metode *Job Safety Analysis* (JSA) untuk menyusun usulan pengendalian risiko. Alur tersebut menggambarkan tahapan penelitian mulai dari identifikasi bahaya hingga evaluasi residual risk secara sistematis.

Penelitian dilaksanakan di area casting dan peleburan PT XYZ selama periode Januari hingga Mei 2026. Kegiatan penelitian meliputi pengumpulan data *near-miss*, observasi

lapangan, wawancara, serta penyusunan usulan pengendalian risiko sesuai dengan kondisi proses produksi di perusahaan (Pertiwi et al., 2026; Syahabuddin, 2025).

Populasi penelitian meliputi seluruh pekerja pada area produksi *casting*. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan metode *purposive sampling* dengan mempertimbangkan pengalaman kerja dan keterlibatan responden pada proses pengecoran perhiasan emas (Fikri Taufiqurrahman et al., 2026). Berdasarkan kriteria tersebut, informan penelitian terdiri atas lima operator *casting* senior dan satu orang HSE Officer yang memahami penerapan keselamatan dan kesehatan kerja di perusahaan. Karakteristik responden, jenis data yang digunakan, serta instrumen pengumpulan data disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Matriks Subjek, Sumber Data, dan Alat Pengumpulan Data Kerja

No	Sumber Data / Informan	Jumlah	Jenis Data	Teknik Pengumpulan	Alat / Instrumen
1	Operator <i>Casting</i> Senior	5 Orang	Primer (<i>Unsafe Action</i> & Langkah Kerja)	Observasi & Wawancara	<i>Checklist</i> & Lembar Kerja JSA
2	HSE Officer Perusahaan	1 Orang	Primer (Validasi & Regulasi K3)	Wawancara Mendalam	Panduan Wawancara
3	Dokumen Internal HSE	-	Sekunder Data <i>Safety Log</i> (2024–2026)	Studi Dokumentasi	Rekapitulasi 81 Kasus <i>Near-Miss</i>
4	Manajemen Perusahaan	-	Sekunder (HIRADC Eksisting)	Studi Dokumentasi	Dokumen HIRADC Makro Perusahaan

Berdasarkan data pada Tabel 1, informan penelitian dipilih menggunakan metode *purposive sampling* dengan melibatkan lima operator *casting* senior dan satu orang HSE Officer. Pemilihan informan tersebut bertujuan untuk memperoleh informasi dari sisi pelaksana pekerjaan dan pihak yang memahami penerapan keselamatan dan kesehatan kerja di perusahaan sehingga data yang diperoleh dapat saling melengkapi (H. Pratama et al., 2025).

Pengumpulan data primer dilakukan melalui observasi langsung di area *casting* menggunakan lembar inspeksi keselamatan kerja serta wawancara kepada informan penelitian untuk memperoleh informasi mengenai potensi bahaya dan kondisi kerja di lapangan (Nurriwanti et al., 2023). Data sekunder diperoleh dari dokumen HSE berupa rekapitulasi kejadian *near-miss* periode Januari 2024 hingga Mei 2026. Data tersebut menunjukkan terdapat 81 kejadian *near-miss* yang menjadi dasar dalam pelaksanaan analisis risiko pada penelitian ini (Raihan Januar Anggoro & Syadzadhiya Qothrunada Z. Nisa, 2023).

Analisis data diawali dengan identifikasi bahaya dan penilaian risiko menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC). Tingkat

risiko ditentukan berdasarkan nilai *Risk Rating* (RR) yang diperoleh dari hasil perkalian nilai *Likelihood* (L) dan *Severity* (S) sesuai matriks penilaian risiko ISO 45001:2018 (Skripnik et al., 2023). Aktivitas yang memiliki tingkat risiko *High* dan *Extreme* kemudian dianalisis lebih lanjut menggunakan metode *Job Safety Analysis* (JSA). Analisis ini dilakukan untuk mengidentifikasi potensi bahaya pada setiap langkah kerja berdasarkan hasil observasi dan wawancara sehingga dapat diketahui penyebab terjadinya *unsafe action* maupun *unsafe condition* (Nurriwanti et al., 2023).

Berdasarkan hasil analisis tersebut, disusun usulan pengendalian yang mengacu pada hierarki pengendalian risiko, meliputi eliminasi, substitusi, rekayasa teknik, pengendalian administratif, dan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD). Usulan pengendalian kemudian dituangkan dalam bentuk rancangan pembaruan *Standard Operating Procedure* (SOP) dan *Work Instruction* (WI) pada proses *casting*. Selanjutnya dilakukan penilaian *residual risk* untuk mengetahui perubahan tingkat risiko setelah usulan pengendalian diterapkan sebagai skenario perbaikan (Anindya et al., 2026).

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Analisis Hasil Penilaian Risiko Makro (HIRADC)

Tahap awal analisis risiko dilakukan menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC) untuk mengidentifikasi bahaya dan menilai tingkat risiko pada seluruh proses *casting* perhiasan emas. Analisis dilakukan terhadap 12 tahapan proses kerja yang terdapat pada area casting. Penilaian tingkat risiko dilakukan dengan menghitung nilai *Risk Rating* (RR), yaitu hasil perkalian antara nilai *Likelihood* (L) sebagai tingkat kemungkinan terjadinya bahaya dengan nilai *Severity* (S) sebagai tingkat keparahan dampak yang ditimbulkan. Penilaian tersebut mengacu pada matriks risiko dalam ISO 45001:2018. Rumus perhitungan *Risk Rating* disajikan pada Persamaan (1). (1).

$$RR = L \times S \quad (1)$$

Penilaian risiko menggunakan matriks 5×5 . Berdasarkan matriks tersebut, nilai $RR \geq 15$ dikategorikan sebagai *Extreme Risk*, nilai RR 10–14 sebagai *High Risk*, nilai RR 5–9 sebagai *Medium Risk*, dan nilai $RR \leq 4$ sebagai *Low Risk*. Hasil penilaian risiko disusun berdasarkan data near-miss, hasil observasi awal, serta dokumen perusahaan, kemudian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Lembar Penilaian Risiko Makro (HIRADC) Eksisting PT XYZ

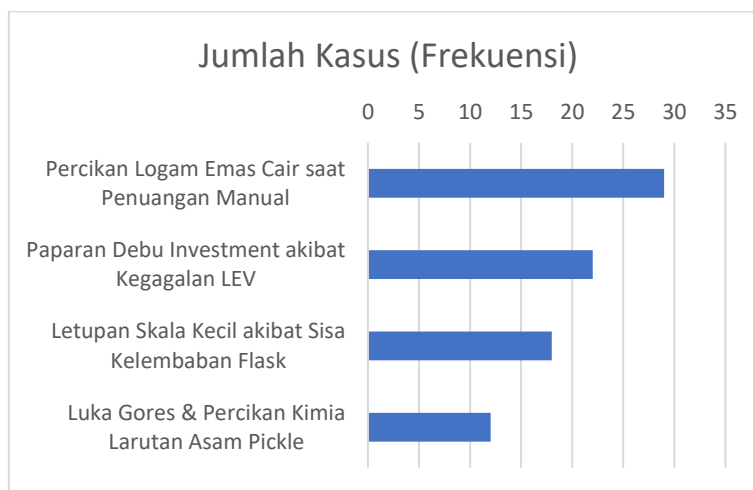
No	Tahapan Aktivitas Kerja Spesifik	Potensi Bahaya (Hazard Source)	Jenis Bahaya	L	S	RR	Kategori Risiko
1	Pengadukan <i>investment slurry</i> dan pengisian silinder	Pelepasan partikel debu respirabel silika	Kimia/ Pernapasan	3	3	9	Medium Risk
2	Proses kalsinasi cetakan di dalam tungku pembakaran (<i>burnout oven</i>)	Letupan skala kecil akibat sisa kelembaban pada <i>flask</i> kalsinasi	Fisik/ Termal	4	3	12	High Risk

No	Tahapan Aktivitas Kerja Spesifik	Potensi Bahaya (Hazard Source)	Jenis Bahaya	L	S	RR	Kategori Risiko
3	Pemindahan silinder <i>flask</i> membara dari tungku menuju ruang peleburan	Radiasi termal ekstrem, kegagalan mekanis alat penjepit	Fisik/ Termal	5	4	20	Extreme Risk
4	Peleburan & penuangan logam pada mesin pengecoran vakum induksi	Percikan logam emas cair saat penuangan manual ($>1000^{\circ}\text{C}$)	Fisik/ Mekanis	5	4	20	Extreme Risk
5	Pendinginan konveksi paksa menggunakan media kipas angin	Radiasi panas sisa, pelepasan uap fasa cair	Fisik	3	2	6	Medium Risk
6	Penghancuran gips makro melalui metode pencelupan (<i>quenching</i>)	Ledakan uap ekspansif (<i>thermal shock vapor</i>)	Fisik/ Mekanis	4	4	16	High Risk
7	Pembersihan residu gips mikro menggunakan mesin <i>steam high pressure</i>	Paparan debu <i>investment</i> akibat kegagalan <i>local exhaust ventilation</i>	Mekanis/ Pernapasan	4	4	16	High Risk
8	Descaling lapisan oksida melalui proses pengasaman (<i>pickling</i>)	Percikan bahan kimia korosif dan ujung <i>sprue</i> tajam	Kimia/ Mekanis	4	3	12	High Risk
9	Pembersihan sisa cairan asam menggunakan air mengalir	Percikan air terkontaminasi sisa asam	Kimia	3	2	6	Medium Risk
10	Pemotongan komponen perhiasan dari batang pohon emas	Slip mata pisau tang potong, ujung tajam	Mekanis	3	2	6	Medium Risk
11	Pemolesan friksi permukaan menggunakan <i>magnetic tumbler</i>	Penetrasi jarum baja mikro (<i>micro-pins</i>)	Mekanis	3	2	6	Medium Risk

No	Tahapan Aktivitas Kerja Spesifik	Potensi Bahaya (Hazard Source)	Jenis Bahaya	L	S	RR	Kategori Risiko
12	Pengeringan akhir produk menggunakan alat <i>thermal hair dryer</i>	Kontak elektrik pendek, paparan bising kontinu	Elektrik/Fisik	2	2	4	Low Risk

Evaluasi mendalam terhadap Tabel 2 memperlihatkan bahwa aktivitas pemindahan silinder *flask* panas serta proses penuangan manual menempati hierarki risiko tertinggi dengan nilai $RR = 20$ (*Extreme Risk*). Tingginya nilai parameter ini dipicu oleh interaksi fisik langsung operator dengan material bersuhu ekstrem di atas 1000°C dalam ruang produksi yang padat (Pertwi et al., 2026).

Selain itu, aktivitas kalsinasi (Nomor 2), pembongkaran gips menggunakan tekanan tinggi (Nomor 7), dan proses pengasaman *pickle* (Nomor 8) masuk dalam kategori *High Risk*. Untuk memvalidasi korelasi antara matriks risiko makro HIRADC dengan kondisi riil di lantai produksi, dilakukan klusterisasi terhadap rekapitulasi data *safety log* internal departemen HSE perusahaan periode Januari 2024 hingga Mei 2026. Distribusi akumulasi 81 insiden hampir celaka (*near-miss*) yang terekam pada area kerja spesifik tersebut disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2 Skema Diagram Alir Penelitian

Analisis tren kronologis pada Gambar 2 menunjukkan peningkatan grafik yang mengkhawatirkan: tercatat 24 kejadian *near-miss* pada tahun 2024, melonjak menjadi 38 kejadian pada tahun 2025, dan telah menyentuh angka 19 kejadian hanya dalam durasi lima bulan pertama pada tahun 2026. Data mempertegas bahwa frekuensi tertinggi didominasi oleh percikan logam emas cair saat penuangan manual (29 kasus), disusul oleh paparan debu *investment* akibat malfungsi *local exhaust ventilation* (LEV) saat pembongkaran gips (22 kasus), letupan akibat sisa kelembaban pada *flask* kalsinasi (18 kasus), serta luka gores ringan dan percikan zat korosif saat proses pembersihan larutan asam *pickle* (12 kasus) (Raihan Januar Anggoro & Syadzadhiya Qothrunada Z. Nisa, 2023).

Tingginya jumlah kejadian *near-miss* menunjukkan bahwa pengendalian risiko yang diterapkan di area *casting* belum berjalan secara optimal. Kondisi ini mengindikasikan masih terdapat potensi bahaya yang belum dapat dikendalikan secara efektif, baik yang berasal dari

perilaku kerja maupun kondisi lingkungan kerja (H. Pratama et al., 2025). Berdasarkan Teori Piramida Kecelakaan Kerja Heinrich, kejadian *near-miss* merupakan peringatan awal yang tidak boleh diabaikan. Apabila kejadian tersebut terus berulang tanpa adanya tindakan perbaikan, maka risiko terjadinya kecelakaan kerja yang menyebabkan cedera pada operator akan semakin meningkat (Jordan Syah Gustav et al., 2025). Oleh karena itu, diperlukan evaluasi terhadap pengendalian risiko yang telah diterapkan agar potensi kecelakaan kerja dapat diminimalkan.

Analisis Bahaya Mikro Menggunakan Job Safety Analysis (JSA)

Hasil analisis menggunakan HIRADC memberikan gambaran tingkat risiko pada setiap aktivitas kerja. Namun, metode tersebut belum dapat menjelaskan secara rinci penyebab terjadinya potensi bahaya pada setiap tahapan pekerjaan. Oleh karena itu, pada aktivitas yang memiliki tingkat risiko *High* dan *Extreme* dilakukan analisis lanjutan menggunakan Job Safety Analysis (JSA). Melalui observasi dan wawancara, setiap langkah kerja dianalisis untuk mengidentifikasi tindakan tidak aman (*unsafe action*) dan kondisi tidak aman (*unsafe condition*) yang berpotensi menyebabkan terjadinya *near-miss* maupun kecelakaan kerja (Mulyadin et al., 2025). Hasil analisis terhadap lima operator casting senior selanjutnya disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Lembar Analisis Bahaya Mikro (JSA) pada Urutan Kerja Kritis Pengecoran Emas

No	Langkah Kerja	Potensi Bahaya Mikro	Tindakan/Kondisi Tidak Aman Terdeteksi	Dampak Cedera / Kecelakaan Kerja
1	Proses kalsinasi cetakan di dalam oven pembakaran	Ekspansi termal mendadak, tekanan gas uap air terperangkap	Operator mempercepat durasi pengeringan alami cetakan gips sebelum dimasukkan ke oven pembakaran (<i>burnout oven</i>).	Letupan skala kecil yang merusak dinding oven dan memicu keretakan cetakan silinder.
2	Penuangan logam mulia cair secara manual pada ruang vakum	Turbulensi logam cair suhu $>1000^{\circ}\text{C}$, radiasi area fasial	Operator sengaja menaikkan kaca pelindung wajah (<i>face shield</i>) karena berembun; pemosisian kemiringan cawan terlalu tinggi.	Percikan logam emas cair pada area wajah, tangan, serta cedera kornea mata akibat paparan termal.
3	Pembongkaran residu gips cetakan menggunakan <i>steam high pressure</i>	Dispersi materi partikulat silika bebas bebas ke udara pernapasan	Operator tetap melakukan pembersihan saat daya isap LEV menurun; penggunaan masker respirator kain biasa (bukan standar N95).	Inhalasi debu <i>investment</i> berbahaya, sesak napas akut, dan risiko silikosis jangka panjang.
4	Descaling lapisan oksida pada bak larutan asam <i>pickle</i>	Kontak dermal zat korosif, tusukan ujung <i>sprue</i> pohon emas yang tajam	Operator merogoh atau memindahkan pohon emas secara tergesa-gesa menggunakan alat bantu pendek tanpa sarung tangan pelindung bahan kimia.	Luka gores ringan pada jari yang langsung terkontaminasi percikan larutan asam korosif (iritasi akut).

Tabel 3 menunjukkan bahwa tingginya potensi kecelakaan kerja pada proses *casting* dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu penggunaan APD yang belum sesuai dengan karakteristik pekerjaan serta kondisi fasilitas kerja yang belum optimal. Pada proses penuangan logam dan pembersihan asam *pickling*, masih ditemukan operator yang tidak menggunakan *face shield* atau memilih tidak menggunakan sarung tangan selama bekerja (Nurriwanti et al., 2023). Berdasarkan hasil wawancara, kondisi tersebut terjadi karena APD yang tersedia dinilai kurang nyaman digunakan dan mengurangi kepekaan jari saat menangani produk perhiasan emas yang berukuran kecil serta memiliki detail yang rumit. Penggunaan sarung tangan yang tebal menyebabkan operator kesulitan melakukan pekerjaan yang membutuhkan ketelitian tinggi sehingga sebagian operator memilih tidak menggunakannya agar proses kerja tetap berjalan dengan baik (Dwi Permana & Siregar, n.d.). Selain faktor perilaku kerja, hasil observasi juga menunjukkan adanya kondisi tidak aman berupa menurunnya kinerja *Local Exhaust Ventilation* (LEV) pada area pembongkaran gips. Kondisi tersebut menyebabkan debu *investment* tidak tersedot secara optimal sehingga meningkatkan potensi paparan debu terhadap operator.

Strategi Pengendalian Risiko dan Implikasinya

Hasil analisis menggunakan metode HIRADC dan JSA menunjukkan bahwa upaya peningkatan keselamatan dan kesehatan kerja pada proses *casting* tidak cukup hanya melalui penggunaan APD, tetapi juga memerlukan perbaikan pada aspek rekayasa teknik dan pengendalian administrative (N. A. Pratama & Apsari, 2024). Oleh karena itu, rekomendasi pengendalian disusun mengacu pada hierarki pengendalian risiko dalam ISO 45001:2018 agar pengendalian yang diusulkan dapat mengurangi potensi bahaya secara lebih efektif.

Berdasarkan hasil analisis HIRADC dan JSA, usulan pengendalian difokuskan pada aktivitas yang memiliki tingkat risiko *High* dan *Extreme*. Pengendalian yang diusulkan mengacu pada sistem pengendalian risiko dengan mempertimbangkan kondisi aktual proses *casting* di perusahaan. Tujuannya adalah untuk mengurangi potensi bahaya yang teridentifikasi pada setiap aktivitas kerja melalui perbaikan aspek rekayasa teknik, prosedur kerja, dan penggunaan APD yang sesuai.

Apabila daya isap LEV berada di bawah batas yang ditentukan, sistem dirancang untuk menghentikan pengoperasian mesin steam sehingga paparan debu *investment* dapat diminimalkan. Usulan ini disusun sebagai upaya mengurangi potensi paparan debu yang selama ini menjadi penyebab 22 kejadian *near-mis* (Raihan Januar Anggoro & Syadzadhiya Qothrunada Z. Nisa, 2023).

Pengendalian berikutnya diusulkan pada proses pengasaman (*pickling*). Hasil observasi menunjukkan bahwa operator masih berpotensi mengalami percikan larutan asam dan luka gores saat memasukkan maupun mengangkat pohon emas dari bak perendaman. Untuk mengurangi risiko tersebut, diusulkan penggunaan bak perendaman yang dilengkapi *fume hood* tertutup dengan pintu akrilik geser sehingga paparan uap dan percikan larutan asam dapat diminimalkan. Selain itu, disediakan alat penjepit (*tongs extension*) yang lebih panjang agar operator tidak perlu melakukan kontak langsung dengan larutan asam selama proses kerja. Pengendalian ini diharapkan dapat mengurangi potensi terjadinya kejadian *near-miss* pada proses pengasaman.

Pada proses kalsinasi, hasil identifikasi menunjukkan bahwa masih terdapat potensi letupan akibat sisa kadar air yang terperangkap di dalam cetakan (*flask*). Untuk mengurangi risiko tersebut, diusulkan penambahan prosedur pemeriksaan kadar air menggunakan *moisture analyzer* sebelum silinder dimasukkan ke dalam tungku kalsinasi. Pemeriksaan ini

bertujuan untuk memastikan bahwa kadar air pada cetakan telah memenuhi persyaratan sehingga potensi terbentuknya uap bertekanan di dalam silinder dapat dikurangi.

Selain pengendalian melalui rekayasa teknik, penelitian ini juga mengusulkan perbaikan pada aspek pengendalian administratif. Berdasarkan hasil analisis JSA, beberapa tahapan kerja masih belum dijelaskan secara rinci dalam dokumen yang digunakan perusahaan. Oleh karena itu, dilakukan penyusunan rancangan pembaruan *Standard Operating Procedure* (SOP) pada proses *casting* serta *Work Instruction* (WI) yang lebih rinci untuk setiap aktivitas kritis. Dokumen tersebut memuat urutan kerja, potensi bahaya, tindakan pengendalian, serta penggunaan APD yang sesuai sehingga diharapkan dapat menjadi pedoman bagi operator dalam melaksanakan pekerjaan secara aman dan konsisten.

Pada aspek penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), hasil wawancara menunjukkan bahwa sebagian operator tidak menggunakan APD tertentu karena dinilai mengurangi kepekaan jari saat menangani produk perhiasan yang berukuran kecil dan memiliki detail yang rumit. Berdasarkan kondisi tersebut, diusulkan penggunaan *face shield* anti-fogging serta sarung tangan rajut anti-sayat berlapis nitril tipis (*Level 5 cut-and-chemical resistant gloves*). APD tersebut dipilih karena mampu memberikan perlindungan terhadap potensi bahaya tanpa mengurangi ketelitian operator dalam melakukan pekerjaan.

Seluruh usulan pengendalian kemudian dievaluasi menggunakan penilaian residual risk dengan matriks penilaian yang sama seperti pada tahap HIRADC. Hasil penilaian menunjukkan bahwa usulan pengendalian yang disusun berpotensi menurunkan tingkat risiko pada aktivitas yang sebelumnya berada pada kategori *High Risk* dan *Extreme Risk*. Dengan demikian, rekomendasi pengendalian yang diusulkan dapat menjadi masukan bagi perusahaan dalam upaya meningkatkan penerapan keselamatan dan kesehatan kerja pada proses casting.

Sebagai bagian dari usulan pengendalian administratif, hasil analisis menggunakan JSA digunakan sebagai dasar dalam penyempurnaan *Standard Operating Procedure* (SOP) proses *casting* dan penyusunan *Work Instruction* (WI) yang lebih rinci. Dokumen tersebut memuat beberapa penyesuaian prosedur kerja, salah satunya adalah penambahan jadwal istirahat dan protokol hidrasi setiap 60 menit untuk mengurangi kelelahan operator akibat paparan suhu tinggi di sekitar oven kalsinasi (Anindya et al., 2026). Selain itu, dilakukan usulan penggunaan APD yang lebih sesuai dengan karakteristik pekerjaan, yaitu *face shield* anti fogging dan sarung tangan rajut anti-sayat berlapis nitril tipis (*Level 5 cut-and-chemical resistant gloves*). Pemilihan APD tersebut bertujuan untuk tetap memberikan perlindungan kepada operator tanpa mengurangi ketelitian saat menangani produk perhiasan yang berukuran kecil dan memiliki detail yang rumit (Fikri Taufiqurrahman et al., 2026).

Untuk mengetahui pengaruh usulan pengendalian terhadap tingkat risiko, dilakukan penilaian *residual risk* menggunakan matriks penilaian yang sama seperti pada tahap analisis risiko awal. Nilai *Residual Risk Rating* (RRSisa) diperoleh dari hasil perkalian nilai *Likelihood* Sisa (LSisa) dan *Severity* Sisa (SSisa). Hasil perhitungan tersebut selanjutnya dibandingkan dengan nilai risiko awal untuk melihat perubahan tingkat risiko setelah usulan pengendalian diterapkan. Perbandingan hasil penilaian disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Usulan Rekomendasi Pengendalian Baru dan Matriks Penilaian Risiko Sisa

No	Aktivitas Kerja Kritis yang Diintervensi	Perhitungan Risiko Murni (Awal)	Rekomendasi Kontrol Baru	Perhitungan Risiko Sisa (Akhir)	Target Level Efektif
1	Proses penuangan logam cair secara manual	L=5, S=4 RR = 20 (Extreme)	Penyediaan <i>face shield anti-fogging</i> reflektif dan pembaruan sudut kemiringan cawan tuang pada SOP.	L=1, S=4 RR = 4 (Low)	Aman / Dapat Diterima
2	Pembongkaran residu gips (<i>devesting</i>)	L=4, S=4 RR = 16 (High)	Integrasi sensor LEV otomatis, perawatan berkala filter, dan wajib respirator standar N95.	L=1, S=3 RR = 3 (Low)	Aman / Dapat Diterima
3	Proses kalsinasi cetakan di dalam tungku	L=, S=3 RR = 12 (High)	Implementasi pengujian alat <i>moisture analyzer</i> gips sebelum siklus oven 13 jam dimulai.	L=1, S=3 RR = 3 (Low)	Aman / Dapat Diterima
4	Pengasaman pohon emas (<i>pickling process</i>)	L=4, S=3 RR = 12 (High)	Pemasangan <i>fume hood</i> tertutup, sarung tangan nitril-polyurethane, dan <i>tongs extension</i> .	L=1, S=2 RR = 2 (Low)	Aman / Dapat Diterima

Berdasarkan hasil perbandingan pada Tabel 4, tingkat risiko pada seluruh aktivitas kritis mengalami penurunan setelah dilakukan penilaian terhadap usulan pengendalian. Nilai *Likelihood* yang semula berada pada skala 4 dan 5 menurun menjadi skala 1 (Rare) berdasarkan hasil penilaian *residual risk*. Penurunan tersebut diperoleh melalui usulan pengendalian berupa peningkatan sistem ventilasi, modifikasi alat bantu kerja, serta penggunaan APD yang lebih sesuai dengan karakteristik pekerjaan (H. Pratama et al., 2025).

Hasil penilaian juga menunjukkan bahwa nilai risiko yang sebelumnya berada pada kategori *High Risk* dan *Extreme Risk* ($RR \geq 12$) menurun menjadi kategori *Low Risk* dengan rentang nilai $RR = 2$ hingga $RR = 4$. Hasil ini menunjukkan bahwa usulan pengendalian yang disusun berpotensi mengurangi risiko pada aktivitas *casting* apabila diterapkan secara konsisten. Selain meningkatkan aspek keselamatan kerja, pengendalian tersebut juga diharapkan dapat mengurangi potensi cedera pada operator, meminimalkan kemungkinan terjadinya produk cacat akibat gangguan selama proses produksi, serta mendukung penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja di perusahaan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penerapan metode HIRADC dan *Job Safety Analysis* (JSA) mampu memberikan gambaran yang lebih rinci mengenai potensi

bahaya pada proses *casting* perhiasan emas di PT XYZ. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa aktivitas pemindahan silinder panas, proses penuangan logam cair, pembongkaran gips, dan proses *pickling* merupakan aktivitas dengan tingkat risiko tertinggi. Analisis menggunakan JSA menunjukkan bahwa sebagian besar penyebab *near-miss* berasal dari tindakan tidak aman operator, penggunaan APD yang kurang sesuai dengan karakteristik pekerjaan, serta belum optimalnya pengendalian teknis pada beberapa fasilitas produksi.

Penelitian mengusulkan beberapa perbaikan berupa peningkatan sistem ventilasi lokal (*Local Exhaust Ventilation*), penggunaan *face shield* anti kabut, penyediaan sarung tangan yang lebih ergonomis, serta penyempurnaan SOP dan *Work Instruction*. Setelah dilakukan evaluasi terhadap usulan pengendalian, tingkat risiko pada seluruh aktivitas kritis menurun menjadi kategori *Low Risk*. Dengan demikian, integrasi metode HIRADC dan JSA dapat menjadi pendekatan yang efektif dalam meningkatkan keselamatan kerja pada proses *casting* perhiasan emas sekaligus mendukung keberlangsungan produktivitas perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anindya, A., Lestantyo, D., & Setyaningsih, Y. (2026). Literature Review of Occupational Health and Safety in Oil Palm Plantations. *KESANS: International Journal of Health and Science*, 5(8), 1506–1515. <https://doi.org/10.54543/kesans.v5i8.643>
- Fikri Taufiqurrahman, Tahara Dilla Santi, & Dedi Andria. (2026). Penilaian Risiko Menggunakan Metode Hazard Identification Risk Assesment and Determining Control (HIRADC) pada Petugas di IGD & IPLS RSUD Meuraxa Tahun 2025. *INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 5(2), 427–437. <https://doi.org/10.55123/insologi.v5i2.7653>
- Jordan Syah Gustav, Rizqy Kartika Sari, Ayu Prima Kartika, Nabylla Sharfina Sekar Nurriwanti, & Warda Yussy Rha. (2025). Hazard Identification and OHS Risk Assessment at Animal Feed Company. *International Journal Of Health Science*, 5(2), 304–318. <https://doi.org/10.55606/ijhs.v5i2.5621>
- Kathayat, A., Baharudin, M. R., Lee, W. W. S., & Mohd Tohir, M. Z. (2025). OSH risk management policies between North America and Southeast Asia—a comparative review. In *Frontiers in Public Health* (Vol. 13). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1642941>
- Dwi Permana, S., & Siregar, T. (n.d.). *Manajemen Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Perawat Menggunakan Hazard Identification Risk Assessment And Risk Control Occupational Health and Safety Risk Management for Nurses Using Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control* (Vol. 04, Number 2). Retrieved <http://jk3l.fkm.unand.ac.id/index.php/jk3l/index>
- Mulyadin, A., Yusmardono, Bharka, E., & Kasih, T. P. (2025). Analysis of occupational hazards and risks using HIRADC & JSA Methods Case Study: Asbestos demolition In Erevelde Menteng Pulo. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1564(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1564/1/012070>
- Nurriwanti, N. S. S., Wahyudiono, Y. D. A., Paskarini, I., & Handayani, A. P. S. (2023). Hazard Identification and Risk Assessment of Sensor Maintenance Work Activity on The Suramadu Bridge Steel Box Girder Area. *Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 12(2), 227–236. <https://doi.org/10.20473/ijosh.v12i2.2023.227-236>
- Pertiwi, D. S., Putri, T. S., Maryam, K. F., & Parapat, R. Y. (2026). Identification and Control of Occupational Hazards in Recycled Paper Production Using the HIRADC Method. *Indonesian Journal of Multidisciplinary on Social and Technology*, 4(2), 1835–1845. <https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i2.10047>

- Pratama, H., Andesta, D., Dahda, S. S., & Industri, J. T. (2025). Analisis Potensi Bahaya Kerja Dengan Metode JSA Dan HIRARC Di Workshop Fabrikasi. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, 4(4), 1654–1663.
- Pratama, N. A., & Apsari, A. E. (2024). Analisis K3 Pada Aktivitas Pemotongan Ayam Dengan Menggunakan Metode JSA dan HIRARC. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, 3(2), 115–124.
- Raihan Januar Anggoro, & Syadzadhiya Qothrunada Z. Nisa. (2023). Analisis Identifikasi Bahaya K3 dengan Metode HIRARC pada Unit Recycle Industri Tekstil Nonwoven. *INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 2(3), 430–439. <https://doi.org/10.55123/insologi.v2i3.1874>
- Skripnik, I., Savelev, D., Kaverzneva, T., & Rumyantseva, N. (2023). Implementation of a risk-based OHS management system at IMC mining company. *E3S Web of Conferences*, 376. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337605031>
- Syhabuddin, A. (2025). Improvement Pada Risk Level Proyek Perbaikan Jalan Aspal Hotmix Menggunakan Metode Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC). *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, 4(4), 2212–2223.