

INTEGRASI HIRARC-JHA UNTUK RISIKO K3 PADA *FLUSHING PIPELINE* PT ALFAJA TEKNIKA MANDIRI

Bambang Parijoto¹, Edison C Sembiring², Soehatman Ramli³, Sugiarto³
Universitas Sahid

bambang.parijoto@gmail.com¹, doktorcholia@gmail.com²,
soehatmanramli@yahoo.com³, sugiarto.env@gmail.com⁴

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memadukan metode HIRARC (*Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control*) dan JHA (*Job Hazard Analysis*) dalam mengidentifikasi, menilai, dan mengendalikan risiko keselamatan pada pekerjaan *flushing pipeline* di sektor hulu migas. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif-kuantitatif dengan studi kasus di PT Alfaja Teknik Mandiri pada Oktober 2025. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi terstruktur, wawancara semi-terstruktur, telaah dokumen (SOP, *permit to work*, *risk register*), dan studi pustaka. Instrumen penelitian berupa formulir HIRARC, lembar JHA, dan *checklist* observasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 12 kelompok risiko, diperoleh nilai rata-rata kemungkinan, keparahan, dan frekuensi berkisar 3,3–3,9 (skala 1–5) dengan kategori sedang hingga tinggi. Risiko prioritas meliputi sambungan selang/pipa tidak kencang, tekanan berlebihan saat *flushing*, slip/trip pada area kerja, paparan bahan kimia, risiko listrik, keterbatasan oksigen, dan human error. Integrasi HIRARC dan JHA menghasilkan pengendalian operasional yang lebih terstruktur dan aplikatif, serta selaras dengan ISO 45001:2018 dan ISO 31000:2018. Penelitian ini menyimpulkan bahwa model integrasi tersebut efektif dalam meningkatkan pengelolaan risiko dan dapat direplikasi pada pekerjaan sejenis.

Kata Kunci: **HIRARC; Job Hazard Analysis; flushing pipeline; risiko K3; migas**

ABSTRACT

This study aims to integrate HIRARC (Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control) and JHA (Job Hazard Analysis) to identify, assess, and control occupational safety risks in pipeline flushing activities in the upstream oil and gas sector. This research employed a descriptive quantitative approach using a case study at PT Alfaja Teknik Mandiri in October 2025. Data were collected through structured observation, semi-structured interviews, document review (SOPs, permits to work, risk registers), and literature study. The research instruments included HIRARC forms, JHA worksheets, and observation checklists. The results indicate that 12 risk groups obtained average likelihood, severity, and frequency scores ranging from 3.3 to 3.9 (scale 1–5), categorized as moderate to high risk. Priority risks include loose hose/pipe connections, over-pressure during flushing, slip/trip hazards, chemical exposure, electrical risks, oxygen deficiency, and human error. The integration of HIRARC and JHA provides structured and practical operational controls aligned with ISO 45001:2018 and ISO 31000:2018. This study concludes that the integrated model effectively improves risk management and can be replicated in similar industrial activities.

Keywords: HIRARC; Job Hazard Analysis; Flushing Pipeline; OSH Risk; Oil and Gas

PENDAHULUAN

Industri hulu minyak dan gas bumi merupakan sektor dengan karakteristik risiko tinggi, sehingga penerapan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) menjadi elemen penting dalam menjamin keberlangsungan operasi serta perlindungan tenaga kerja (International Labour Organization, 2022). Aktivitas operasional seperti pemeliharaan dan pra-commissioning jaringan pipa memiliki potensi bahaya yang signifikan, di antaranya pelepasan tekanan secara tiba-tiba, fenomena hose whipping, kebocoran fluida berbahaya, serta paparan bahan kimia (Bureau of Safety and Environmental Enforcement, 2001). Dalam konteks Indonesia, penguatan implementasi K3 didukung oleh Undang-Undang No. 1 Tahun 1970 serta Peraturan Pemerintah No. 50 Tahun 2012 tentang Sistem Manajemen K3 yang menekankan pentingnya pendekatan sistematis dalam identifikasi bahaya, penilaian, dan pengendalian risiko (Presiden Republik Indonesia, 1970).

Selain regulasi nasional, standar internasional seperti ISO 45001:2018 menekankan integrasi K3 dalam proses organisasi, termasuk keterlibatan pekerja serta perbaikan berkelanjutan dalam sistem manajemen (International Organization for Standardization, 2018; Nento et al., 2025). Namun demikian, implementasi K3 di berbagai organisasi masih menghadapi tantangan, khususnya terkait budaya keselamatan dan konsistensi penerapan prosedur kerja (Sopian et al., 2025; Wardaningtyas & Khakim, 2025).

Salah satu aktivitas non-rutin dengan tingkat risiko tinggi adalah pekerjaan *flushing pipeline*, yaitu proses pembersihan sistem perpipaan menggunakan fluida untuk menghilangkan kontaminan sebelum proses *commissioning* atau pergantian produk (American Petroleum Institute, 2021; Hydraulic Institute, 2021). Aktivitas ini melibatkan penggunaan sambungan sementara, pengaturan tekanan dan debit fluida, serta penggunaan bahan kimia yang berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja apabila tidak dikendalikan dengan tepat. Selain itu, faktor teknis seperti pembentukan wax pada pipa turut menambah kompleksitas operasional (Wen et al., 2025).

Dalam praktik manajemen risiko K3, metode HIRARC dan JHA banyak digunakan sebagai pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi dan mengendalikan bahaya kerja (Zahra & Sutrisno, 2022). HIRARC digunakan untuk mengevaluasi risiko pada tingkat aktivitas secara menyeluruh, sedangkan JHA lebih menekankan analisis risiko pada setiap langkah kerja secara rinci. Kedua metode tersebut selaras dengan prinsip manajemen risiko dalam ISO 31000:2018 yang mengedepankan pendekatan terstruktur, berbasis data, dan adaptif terhadap perubahan (Albrechtsen et al., 2019; Ambarwati et al., 2024; International Organization for Standardization., 2018; Nento et al., 2025; Sofia & Basuki, 2025; U.S. Department of Labor, 2024; Zahra & Sutrisno, 2022).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan HIRARC dan JHA mampu menurunkan tingkat risiko kerja di sektor industri, seperti pada proses pengelasan, manufaktur, dan konstruksi (Putri & Ariesyadi, 2023; Qamarani & Vikaliana, 2024; Rajkumar et al., 2021; Siregar et al., 2023). Namun, sebagian besar studi tersebut belum secara spesifik mengkaji integrasi kedua metode pada pekerjaan flushing pipeline di sektor hulu migas.

Berdasarkan kondisi tersebut, terdapat kesenjangan penelitian terkait penerapan integrasi HIRARC dan JHA pada aktivitas flushing pipeline yang memiliki karakteristik risiko khusus. Kebaruan penelitian ini terletak pada penggabungan kedua metode secara terstruktur untuk menghasilkan pemetaan risiko pada tingkat aktivitas serta pengendalian operasional pada tingkat langkah kerja yang saling terhubung (traceable).

Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah bagaimana mengidentifikasi, menilai, dan mengendalikan risiko keselamatan kerja secara komprehensif pada pekerjaan flushing pipeline melalui integrasi metode HIRARC dan JHA.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko, serta merumuskan pengendalian risiko yang efektif sesuai dengan hierarki pengendalian. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi teoritis dalam pengembangan metode manajemen risiko K3 serta kontribusi praktis bagi industri migas.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan strategi studi kasus pada kegiatan flushing pipeline di sektor hulu minyak dan gas bumi. Pendekatan ini dipilih untuk memperoleh gambaran empiris mengenai identifikasi bahaya, penilaian risiko, serta pengendalian risiko K3 melalui integrasi metode HIRARC dan JHA.

Penelitian dilaksanakan pada proyek flushing pipeline yang dikelola oleh PT Alfaja Teknik Mandiri (PT. ATM) pada bulan Oktober 2025. Pemilihan waktu penelitian disesuaikan dengan jadwal kegiatan pra-commissioning sehingga proses pengumpulan data dapat dilakukan pada kondisi operasional aktual.

Unit analisis dalam penelitian ini mencakup seluruh tahapan kegiatan flushing pipeline, mulai dari persiapan peralatan, pemasangan sambungan sementara, pelaksanaan flushing, hingga proses verifikasi dan serah terima pekerjaan. Partisipan penelitian terdiri dari operator, teknisi, supervisor, dan petugas K3 yang terlibat langsung dalam kegiatan tersebut, dengan kriteria memiliki pengalaman kerja relevan serta memahami prosedur operasional standar.

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa teknik yang saling melengkapi, yaitu:

1. Observasi langsung, untuk mengidentifikasi kondisi kerja, perilaku pekerja, serta potensi bahaya di lapangan menggunakan checklist berbasis HIRARC dan JHA.

2. Wawancara semi-terstruktur, untuk menggali informasi terkait pengalaman pekerja, potensi bahaya, serta kendala dalam penerapan pengendalian risiko.
3. Telaah dokumen, meliputi SOP, permit to work, dan risk register guna mengevaluasi kesesuaian antara prosedur dan praktik di lapangan.
4. Studi literatur, untuk memperkuat kerangka konseptual serta membandingkan hasil penelitian dengan praktik terbaik yang direkomendasikan secara internasional.

Instrumen penelitian terdiri dari formulir HIRARC, lembar kerja JHA, checklist observasi, serta panduan wawancara. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan teknik triangulasi untuk meningkatkan validitas hasil penelitian.

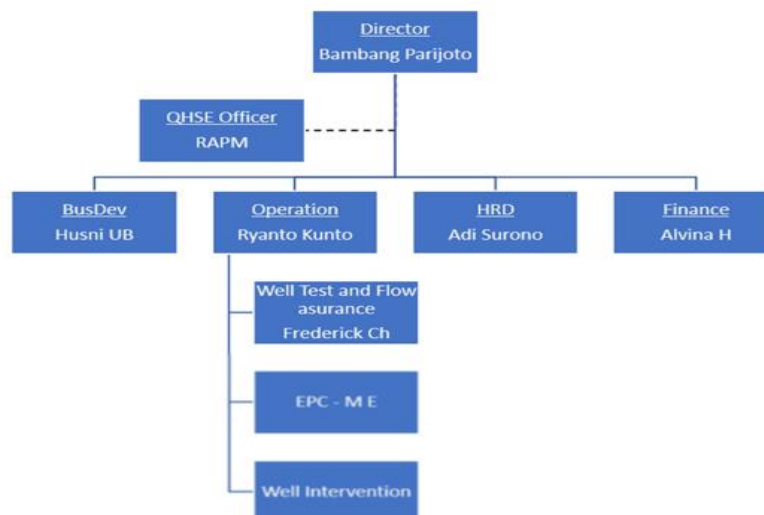
Analisis risiko dilakukan dengan mengacu pada prinsip manajemen risiko dalam ISO 31000:2018 serta sistem manajemen K3 ISO 45001:2018, sehingga hasil penelitian diharapkan bersifat sistematis, berbasis bukti, dan aplikatif dalam konteks industri.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

PT. Alfaja Teknik Mandiri (PT. ATM) merupakan perusahaan jasa teknik yang berdiri pada tahun 2024 dan berfokus pada *Engineering, Procurement, and Installation* (EPI) untuk sektor *Electrical, Programmable Logic Control* (PLC), *Instrumentation*, serta *Well Testing Piping Lines*. PT. ATM didirikan untuk menjawab kebutuhan jasa teknik terpadu di sektor energi Indonesia.

Visi perusahaan adalah menjadi penyedia jasa rekayasa teknik yang unggul, terpercaya, dan berkelanjutan, dengan misi menghadirkan solusi teknik inovatif, berorientasi pelanggan, berpijak pada keselamatan dan kualitas, mengembangkan SDM, membangun kemitraan strategis, serta menerapkan prinsip keberlanjutan.



Gambar 1. Struktur Organisasi PT ATM

Standar dan Spesifikasi

PT. ATM mengacu pada standar nasional dan internasional yang relevan, termasuk regulasi K3 nasional dan standar sistem manajemen internasional. Untuk pekerjaan *flushing*/komisioning pipa, praktik-baik yang lazim dipakai antara lain verifikasi *loop*, pemasangan instrumen ukur (debit/tekanan), *filtrasi in-line*, *dynamic flushing*, *back-flush* pada titik sensitif, *chemical cleaning*/pasivasi jika diperlukan, *sampling-testing* sampai memenuhi spesifikasi kebersihan, dan dokumentasi verifikasi untuk serah terima

Identifikasi Risiko (HIRARC–JHA)

Berdasarkan observasi dan diskusi lapangan di proyek *flushing* PT. ATM, proses dibagi menjadi beberapa tahapan. Dari setiap tahapan, potensi bahaya dan risiko disusun (contoh ringkas) berikut:

- **Persiapan alat/area:** peralatan tidak laik fungsi (pompa macet, selang bocor), paparan kimia saat pengisian, bahaya trip/slip, kekurangan APD.
- **Penyambungan peralatan:** leak pada sambungan sehingga memicu semburan bertekanan, risiko listrik (pompa listrik di lingkungan lembab), cedera tangan akibat torsi/perkakas.
- **Pengisian fluida: paparan kimia ke kulit/mata/napas;** tumpahan menyebabkan area licin.
- **Operasi *flushing*:** *over-pressure* memicu pipa/selang pecah; getaran/kebisingan; kegagalan pompa/*overheating*; *emergency* operasional.
- **Pemeriksaan hasil:** paparan residu kimia; penanganan limbah yang tidak sesuai.
- **Pembongkaran/pembersihan:** cedera ergonomis; paparan uap/foam kimia; sisa tumpahan menyebabkan lantai licin.

Temuan tersebut konsisten dengan taksonomi bahaya pada *flushing/pigging* di literatur (Bureau of Safety and Environmental Enforcement, 2001), dan prinsip umum pengendalian risiko proses pra-commissioning (American Petroleum Institute, 2021; Hydraulic Institute, 2021).

Uji Validitas dan Reliabilitas

Validitas dilakukan terhadap instrumen yang berisi 48 butir yang menurunkan 12 kegiatan berisiko ke empat aspek penilaian (kemungkinan/*likelihood*, keparahan/*severity*, frekuensi, efektivitas pengendalian). Validitas butir dievaluasi melalui korelasi *Pearson* butir–total; $p < 0,05$ dan r -hit di atas r -tabel pada $N=20$ sebagai kriteria pass. Hasilnya menunjukkan 13 butir valid (Q4, Q7, Q9, Q11, Q15, Q18, Q23, Q25, Q27, Q30, Q33, Q35, Q41), sementara 35 butir belum memenuhi kriteria. Butir tidak valid direvisi/diperjelas (potensi ambiguitas, redudansi, atau misfit terhadap konstruk) dan/atau

diuji ulang dengan ukuran sampel yang lebih besar agar daya deteksi korelasi meningkat (Taber, 2017).

Selanjutnya, hasil Uji reliabilitas dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Tabel uji reliabilitas

<i>Reliability Statistics</i>	
<i>Cronbach's Alpha</i>	N of Items
.852	48

Reliabilitas internal *Cronbach's alpha* menghasilkan $\alpha = 0,852$ untuk 48 item—kategori baik untuk penelitian terapan K3 (Taber, 2017).

Penilaian Risiko dengan Metode HIRARC

Terlampir pada tabel berikut form hasil analisis HIRARC pada PT ATM.

Tabel 2. Hasil analisis form HIRARC

Risiko	Kemungkinan (LI)	Dampak (SI)	Frekuensi	Persentase SI/LI	Efektivitas Pengendalian	Simpulan Risiko
Peralatan tidak sesuai/rusak	3.40	3.80	3.50	111.8	3.58	Sedang-Tinggi
Koneksi selang/pipa tidak kencang	3.50	3.95	3.60	112.9	3.60	Sedang-Tinggi
Tergelincir di platform	3.30	4.00	3.40	121.2	3.75	Sedang-Tinggi
<i>Short Circuit</i> genset	3.30	3.80	3.65	115.2	3.70	Sedang
Paparan bahan kimia	3.45	3.80	3.40	110.1	3.45	Sedang
Tekanan berlebih saat flushing	3.50	3.53	3.42	100.9	3.68	Sedang
Penanganan bahan kimia berbahaya	3.58	3.45	3.40	96.4	3.45	Sedang
Kebisingan di sekitar pompa besar	3.55	3.60	3.63	101.4	3.30	Sedang
Permukaan kerja licin/tumpahan	3.45	3.68	3.70	106.44	3.70	Sedang-Tinggi
Kurangnya oksigen/akumulasi gas	3.45	3.70	3.60	107.4	3.37	Sedang
<i>Human Error</i>	3.29	3.95	3.35	120.1	3.70	Sedang
Tidak adanya <i>Work Permit</i>	3.60	3.85	3.65	106.9	3.25	Sedang-Tinggi

Berdasarkan Tabel diatas, tabulasi HIRARC 12 risiko utama diperoleh dengan rentang skor rata-rata kemungkinan/keparahan/frekuensi 3,3–3,9 (skala 1–5). Kategori risiko berkisar sedang sampai tinggi. Beberapa contoh hasil (diringkas dari tabel 4.4):

- Peralatan tidak sesuai/rusak: skor gabungan ~3,58 (sedang–tinggi).
- Koneksi selang/pipa tidak kencang: ~3,60 (sedang–tinggi).

- Tergelincir di platform: ~3,75 (sedang–tinggi).
- *Short circuit* genset: ~3,70 (sedang).
- Paparan bahan kimia: ~3,45 (sedang).
- Tekanan berlebih saat flushing: ~3,68 (sedang).
- Permukaan licin/tumpahan: ~3,70 (sedang–tinggi).
- Kurang oksigen/akumulasi gas (potensi *confined space*): ~3,37 (sedang).
- *Human error*: ~3,70 (sedang).
- Tanpa *Work Permit*: ~3,25 (sedang–tinggi).

Tiga rasio SI/LI tertinggi (indikasi dampak relatif lebih besar dibanding kemungkinan) adalah tergelincir di *platform* (121,2%), *human error* (120,1%), dan *short circuit genset* (115,2%). Temuan ini menandakan bahwa konsekuensi dapat menjadi penentu prioritas kontrol walau *likelihood* tidak selalu paling tinggi—sesuai prinsip evaluasi risiko dalam HIRARC (Department of Occupational Safety and Health Ministry of Human Resources Malaysia, 2008).

Analisis Teknis dan Konteks K3

Integrity of connections (selang/pipa tidak kencang) dan *over-pressure* merupakan bahaya klasik pada *flushing*; kontrol rekayasa seperti *pressure relief/proof test*, *gauge* terkalibrasi, *whip-check restraint*, serta *double isolation & bleed* harus menjadi *hard control* prioritas (Bureau of Safety and Environmental Enforcement, 2001; U.S. Department of Labor, 2002).

Slip, trip, and fall di area basah/berminyak lazim muncul pada pekerjaan fluida; pembersihan segera (*good housekeeping*), alas anti-selip, rute kabel/selang yang rapi, serta pagar/*hand-rail* di *platform* perlu dipastikan (U.S. Department of Labor, 2002).

Risiko listrik (*short circuit* pada genset/pompa listrik) meningkat pada lingkungan lembab—*earth-leakage protection*, IP rating yang sesuai, inspeksi kabel, dan *lockout-tagout* saat pemasangan wajib diikuti (U.S. Department of Labor, 2002).

Paparan kimia perlu dikendalikan melalui *compatibility check*, *closed transfer*, *eyewash/safety shower*, dan pelatihan MSDS/SDS; praktik aman *chemical flushing* harus memperhitungkan material *compatibility* dan skenario waste handling (American Petroleum Institute, 2021).

Confined space (kurang oksigen/akumulasi gas) menuntut *gas testing*, ventilasi memadai, *rescue plan*, dan izin kerja khusus; integrasi dengan *permit-to-work* kritikal (International Organization for Standardization, 2018; U.S. Department of Labor, 2002).

Human error berkaitan dengan faktor organisasi: *toolbox meeting*, *supervision*, kompetensi, beban kerja, serta kejelasan SOP. ISO 45001:2018 menekankan faktor manusia dan budaya sebagai determinan efektivitas kontrol (International Organization for Standardization, 2018).

Prioritas Pengendalian

Merujuk hierarki pengendalian (National Institute for Occupational Safety and Health, 2024; U.S. Department of Labor, 2002), eliminasi/substitusi dan rekayasa harus diprioritaskan dibanding kontrol administratif/APD. Pada konteks ini:

1. Rekayasa: *pressure relief, pressure-test & rating verification, whip-check, pressure-rated hose & quick-coupler, guarding, noise control* di sekitar pompa besar, *drip tray* dan saluran *drainase*, serta *earthing* pada fluida hidrokarbon.
2. Administratif: *permit-to-work, lockout-tagout, toolbox meeting, buddy system* pada area terbatas, *checklist* pra-operasi, pengawasan kerja, serta penandaan area.
3. APD: *chemical-resistant gloves, face shield, goggles, hearing protection, anti-slip safety shoes, coveralls* tahan percikan kimia.

Hasil HIRARC menunjukkan pengendalian berjalan cukup baik (skor efektivitas 3,3–3,7), namun standarisasi dan pengawasan implementasi masih dapat ditingkatkan, khususnya pada inspeksi alat, kepatuhan work permit, dan pelatihan bahaya spesifik.

Penilaian Risiko dengan Metode JHA

Hasil JHA (Ringkasan)

Berdasarkan in-depth interview dan pemetaan langkah kerja, beberapa aktivitas kunci dan nilai risikonya (contoh ringkas dari tabel 4.6) adalah:

- Proses flushing (pengaliran fluida) → bahaya *over-pressure* (kebocoran/ledakan): skor 16 (ekstrem) → prioritas sangat tinggi; butuh tindakan rekayasa segera.
- Penanganan chemical berbahaya → paparan ke tubuh/lingkungan: skor 15 (tinggi) → kombinasi pengendalian teknis + administratif.
- Pemasangan selang/pipa → koneksi lepas → semburan fluida: skor 12 (tinggi) → inspeksi & verifikasi koneksi.
- Kesalahan prosedur (human error) → kerusakan alat/kecelakaan: skor 12 (tinggi) → pelatihan, *briefing*, dan supervisi.
- Risiko sedang (9–10) → misalnya bekerja di permukaan licin akibat tumpahan → kontrol terukur (pembersihan, alas anti-selip, *signage*).

Elaborasi Kontrol pada Aktivitas Kritis

- **Flushing/over-pressure (ekstrem):** *proof pressure & relief, pressure surge control, quick-shutoff valve, flow control* untuk kecepatan minimal “menyapu”, alarm/indikator tekanan, *emergency shutdown*, serta *witnessing* oleh pengawas K3 (American Petroleum Institute, 2021; Bureau of Safety and Environmental Enforcement, 2001)
- **Penanganan chemical (tinggi):** *closed system transfer, spill kit, containment, MSDS/SDS briefing, eyewash/safety shower*, pelatihan penanganan tumpahan, dan *waste management* sesuai spesifikasi bahan.

- **Pemasangan selang/pipa (tinggi):** *rating & compatibility check, torque & tightness verification, whip-check, visual inspection* berjenjang (sebelum–selama–sesudah), serta *lockout–tagout* saat pemasangan.
- **Human error (tinggi):** standarisasi SOP/JHA, *checklist* pra-operasi, *toolbox meeting* harian, *competency matrix operator*, dan *coaching on site*.

Secara metodologis, JHA menerjemahkan prioritas dari HIRARC (makro) menjadi butir tindakan operasional siap eksekusi (mikro) di lapangan (Department of Occupational Safety and Health Ministry of Human Resources Malaysia, 2008; U.S. Department of Labor, 2002). Integrasi ini sejalan dengan prinsip ISO 31000:2018 (terstruktur, berbasis data, dan adaptif) serta ISO 45001:2018 (operasi yang dikendalikan dan documented information) (International Organization for Standardization., 2018; International Organization for Standardization, 2018).

PEMBAHASAN

Temuan inti studi ini adalah bahwa risiko sedang–tinggi pada *flushing pipeline* terutama berkait integritas sambungan, tekanan, slip/trip, paparan kimia, listrik, dan *human error*—sejalan dengan literatur teknis BSEE tentang risiko *flushing/pigging* serta pedoman *good practice* pra-commissioning (American Petroleum Institute, 2021; Bureau of Safety and Environmental Enforcement, 2001; Hydraulic Institute, 2021). Secara metodologis, HIRARC efektif memetakan prioritas risiko, sedangkan JHA menguatkan penerjemahan kontrol operasional di tingkat langkah kerja (Department of Occupational Safety and Health Ministry of Human Resources Malaysia, 2008; U.S. Department of Labor, 2002). Bukti empiris Indonesia di sektor konstruksi/manufaktur juga menunjukkan penurunan kategori risiko setelah implementasi HIRARC/JHA (Putri & Ariesyadi, 2023; Qamarani & Vikaliana, 2024; Siregar et al., 2023; Zahra & Sutrisno, 2022).

Faktor Teknis Kritis pada Flushing

Keberhasilan *flushing* sangat dipengaruhi oleh kecepatan aliran minimum (agar partikel terangkat), kontrol tekanan, filtrasi *in-line*, dan verifikasi kebersihan melalui *sampling–testing; back-flush* kadang diperlukan pada titik sensitif (American Petroleum Institute, 2021; Hydraulic Institute, 2021). Pada pipa minyak, deposisi *wax* menambah kompleksitas (Wen et al., 2025). Implikasi K3-nya: *compatibility check* bahan, kontrol termal/hidrolik, serta prosedur pembuangan residu yang aman. Dengan demikian, pengendalian tidak boleh semata administratif/APD; rekayasa menjadi *first line of defense* (National Institute for Occupational Safety and Health, 2024).

Dimensi Organisasi dan Budaya Keselamatan

Human error yang menonjol di data menandakan pentingnya kompetensi, supervisi, dan komunikasi. *Toolbox meeting* harian sebelum pekerjaan, *permit-to-work* ketat, serta *coaching* terbukti mengurangi deviasi prosedur (International Organization

for Standardization, 2018; U.S. Department of Labor, 2002). ISO 45001:2018 menekankan bahwa perilaku dan budaya keselamatan memediasi efektivitas pengendalian teknis; artinya, *design of work* dan *design of organization* harus harmonis agar kontrol tidak “bocor” oleh perilaku (International Organization for Standardization, 2018).

Validitas–Reliabilitas Instrumen dan Keterbatasan

Hasil validitas menunjukkan 13 item valid dari 48 item, sementara reliabilitas $\alpha=0,852$ menunjukkan konsistensi internal yang baik. Ke depan, butir non-valid perlu direvisi (perjelas konstruksi, kurangi ambiguitas, sesuaikan skala) lalu re-test. Disarankan meningkatkan jumlah responden pada uji psikometrik berikutnya untuk kekuatan inferensial yang lebih baik (Taber, 2017). Selain itu, bila penilaian risiko melibatkan beberapa asesor, kappa antar-penilai perlu diestimasi (Koo & Li, 2016).

Rekomendasi Manajerial dan Teknis

1. Standarisasi kontrol rekayasa: *pressure relief & surge control, proof test, whip-check, guarding, noise abatement, drip tray/drainage, earthing* fluida hidrokarbon.
2. Pengendalian administratif prioritas: *permit-to-work* untuk *flushing/chemical/confined space; lockout–tagout; toolbox meeting; checklist* pra-operasi; *buddy system* pada area terbatas.
3. Peningkatan kompetensi: pelatihan bahaya spesifik (*over-pressure, chemical handling, hose management*), *coaching operator*, dan *refresher* berkala.
4. Penyempurnaan SOP & JHA: pastikan *traceability* dari *risk register* → butir JHA → SOP. Cantumkan parameter operasional (tekanan, debit, suhu, waktu flushing, kriteria kelulusan *sampling–testing*).
5. Audit & pembelajaran: audit K3 tematik untuk *flushing; incident learning; near-miss reporting* yang non-punitif; *management review* periodik.

SIMPULAN

Studi ini menunjukkan bahwa integrasi HIRARC–JHA efektif untuk: (1) memetakan risiko *flushing pipeline* pada level proses/aktivitas dan (2) menurunkannya menjadi butir kontrol operasional yang actionable pada level langkah kerja. Berbasis penilaian risiko yang konsisten (rata-rata skor 3,3–3,9; kategori sedang–tinggi) dan reliabilitas instrumen yang baik ($\alpha=0,852$), risiko prioritas yang harus ditangani oleh perusahaan meliputi integritas sambungan (hose/pipe), over-pressure, slip/trip, paparan kimia, risiko listrik, potensi defisiensi oksigen pada area terbatas, dan human error. Rangkaian kontrol yang direkomendasikan menempatkan rekayasa sebagai lini utama (*pressure relief & proof test, whip-check, guarding, sistem drainase/kebersihan, pengendalian kebisingan, earthing* pada fluida hidrokarbon), diikuti kontrol administratif (*permit-to-work* yang ketat untuk *flushing/chemical/ruang* terbatas; *lockout–tagout; toolbox meeting; checklist* pra-operasi; *buddy system*), serta APD spesifik bahaya.

Secara sistemik, penerapan model ini selaras dengan ISO 45001:2018 (integrasi K3 dan partisipasi pekerja) dan ISO 31000:2018 (proses manajemen risiko yang terstruktur, berbasis informasi terbaik, dan adaptif). Untuk keberlanjutan, kami merekomendasikan: (i) standarisasi *traceability* dari *risk register* → JHA → SOP → *evidence audit*; (ii) peningkatan kompetensi pekerja pada bahaya spesifik (*over-pressure, hose management, chemical handling, confined space*); (iii) audit tematik dan mekanisme pembelajaran insiden/near-miss yang non-punitif; serta (iv) penyempurnaan instrumen (revisi butir tidak valid dan penambahan ukuran reliabilitas antar-penilai). Dengan demikian, organisasi dapat mengalokasikan sumber daya pada kontrol yang memberi leverage keselamatan tertinggi, mengurangi ketergantungan pada kontrol administratif/APD, dan memperkuat bukti kepatuhan terhadap regulasi nasional dan standar internasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Albrechtsen, E., Solberg, I., & Svensli, E. (2019). The application and benefits of job safety analysis. *Safety Science*, 113, 425–437. <https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2018.12.007>
- Ambarwati, R., Dedy, Dijaya, R., & Anshory, I. (2024). A multi-method study of risk assessment and human risk control for power plant business continuity in Indonesia. *Results in Engineering*, 21, 101863. <https://doi.org/10.1016/J.RINENG.2024.101863>
- American Petroleum Institute. (2021). *Pipeline inspection, repair, and alteration (API RP 1160 / API RP 1173)*. <https://www.api.org/products-and-services/standards/important-standards-announcements/recommended-practice-1160>
- Bureau of Safety and Environmental Enforcement. (2001). *Assessment of current pipeline flushing and decommissioning requirements (TAP-352)*.
- Department of Occupational Safety and Health Ministry of Human Resources Malaysia. (2008). *Guidelines for Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC)*.
- Hydraulic Institute. (2021). *Hydraulic systems best practices for flushing and cleaning*. <https://www.pumps.org/>
- International Labour Organization. (2022). *A Call For Safer and Healthier Working Environments*.
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 31000:2018 - Risk management — Guidelines*. <https://www.iso.org/standard/65694.html>
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems—Requirements with guidance for use*. <https://www.iso.org/standard/63787.html>
- Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *Journal of Chiropractic Medicine*, 15(2), 155–163. <https://doi.org/10.1016/J.JCM.2016.02.012>

- National Institute for Occupational Safety and Health. (2024). *Hierarchy of controls. Centers for Disease Control and Prevention*.
<https://www.cdc.gov/niosh/hierarchy-of-controls/about/index.html>
- Nento, H. P., Lahasan, R. D., & Salim, T. A. (2025). Pengaruh Manajemen Resiko Terhadap Stabilitas Keuangan Usaha UMKM dalam Situasi Ekonomi yang Tidak Menentu. *Jurnal Manajemen Keuangan Sektor Publik (J-MKSP)*, 1(1), 1–12.
<https://e-journal.unbitago.ac.id/home/index.php/J-MKSP/article/view/289>
- Presiden Republik Indonesia. (1970). *Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja*.
https://jdih.kemnaker.go.id/asset/data_puu/peraturan_file_32.pdf
- Putri, G. N., & Ariesyadi, H. D. (2023). Analysis of Occupational Safety and Health (K3) Risk Management in Construction Industry (Case Study: Construction of Natural Gas Transmission Pipelines). *Devotion : Journal of Research and Community Service*, 4(9), 1895–1907. <https://doi.org/10.59188/DEVOTION.V4I9.565>
- Qamarani, A. S., & Vikaliana, R. (2024). Application of the hazard identification risk assessment and risk control method in the welding frame body process (a case study in Indonesian company). *JENIUS : Jurnal Terapan Teknik Industri*, 5(1), 1–13. <https://doi.org/10.37373/JENIUS.V5I1.457>
- Rajkumar, I., Subash, K., Raj Pradeesh, T., Manikandan, R., & Ramaganesh, M. (2021). Job safety hazard identification and risk analysis in the foundry division of a gear manufacturing industry. *Materials Today: Proceedings*, 46, 7783–7788.
<https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2021.02.326>
- Siregar, I. M., Larasati, A., & Muid, A. (2023). Analysis of the Implementation of Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) in the Work Environment Against Work Accidents (Case Study of PT XYZ). *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 22(2), 203–212.
<https://journals.ums.ac.id/index.php/jiti/article/view/22810/8888>
- Sofia, S., & Basuki, M. (2025). Analisis Potensi Bahaya Menggunakan Metode Job Safety Analysis (JSA) dan Job Hazard Analysis (JHA) Pada Proses Nickel Chain di Pertambangan Nikel. *Nusantara of Engineering (NOE)*, 8(01), 36–44.
<https://doi.org/10.29407/NOE.V8I01.23138>
- Sopian, A. O., Suroso, & Anggela, F. P. (2025). Pengaruh Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan Disiplin Kerja Terhadap Produktifitas Kerja Karyawan PT. PLN (PERSERO) UPT Karawang. *Publik: Jurnal Manajemen Sumber Daya Manusia, Administrasi Dan Pelayanan Publik*, 12(2), 788–802.
<https://doi.org/10.37606/PUBLIK.V12I2.1810>
- Taber, K. S. (2017). The Use of Cronbach's Alpha When Developing and Reporting Research Instruments in Science Education. *Research in Science Education*, 48(6), 1273–1296. <https://doi.org/10.1007/S11165-016-9602-2>
- U.S. Department of Labor. (2002). *OSHA 3071 2002 (Revised)*.
- U.S. Department of Labor. (2024). *Job Hazard Analysis*. www.osha.gov/contactus
- Wardaningtyas, T., & Khakim, M. S. (2025). Implementasi Kebijakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja: Studi Pada PT Gramasurya Yogyakarta. *PUBLIK: Jurnal*

- Manajemen Sumber Daya Manusia, Administrasi Dan Pelayanan Publik*, 12(4).
Wen, J., Lu, Y., Jia, Y., Luo, H., You, C., Huang, Z., Wang, C., & Luo, Y. (2025). Progress on Wax Deposition Characteristics and Prediction Methods for Crude Oil Pipelines. *Processes*, 13(6), 1651. <https://doi.org/10.3390/PR13061651>
Zahra, F. S., & Sutrisno, S. (2022). Analisis Bahaya dan Penilaian Risiko Menggunakan Metode HIRARC PT. Cahaya Mekanindo Perkasa. *SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, 20(1), 255–264. <https://doi.org/10.24014/SITEKIN.V20I1.19762>