Jurnal Kolaboratif Sains, Volume 8 No. 9, September 2025, 6031-6049

Jurnal Kolaboratif Sains
e-ISSN : 2623-2022

Homepage Journal: https://jurnal.unismuhpalu.ac.id/index.php/JKS

Analisis Bahaya, Risiko, Dan Pencegahan Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode Preliminary Hazard Analysis (PHA) Pada Pekerjaan Mechanical, Electrical, And Plumbing (MEP) Di Citra Mutiara-Nindya Beton KSO

Analysis of Hazards, Risks, and Prevention of Work Accidents Using the Preliminary Hazard Analysis (PHA) Method in Mechanical, Electrical, and Plumbing (MEP) Work at Citra Mutiara-Nindya Beton KSO

Wina Ratri A. Ismail[1]*, Dr. Laksmyn Kadir[2], Ayu Rofia Nurfadillah[3]
[1,2,3]Fakultas Olahraga dan Kesehatan, Universitas Negeri Gorontalo

***Corresponding Author: Email :** winatriismail@gmail.com

Artikel Penelitian

Article History:
Received: 29 Jun, 2025
Revised: 19 Aug, 2025
Accepted: 29 Sep, 2025

Kata Kunci:
PHA; Bahaya, Risiko, MEP

Keywords:
PHA; Hazard, Risk, MEP

DOI: 10.56338/jks.v8i9.8735

ABSTRAK

MEP merupakan pekerjaan yang memiliki risiko serta bahaya yang lebih tinggi dikarenakan melibatkan sistem mekanis, kelistrikan, dan perpipaan yang saling berintegrasi. Hasil wawancara awal di Citra Mutiara-Nindya Beton KSO terdapat kecelakaan kerja ringan seperti tertusuk paku, tersandung material, tergores, dan terjatuh pada lubang yang digali saat malam hari karena kurangnya pencahayaan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis bahaya, risiko, dan pencegahan kecelakaan kerja dengan menggunakan metode Preliminary hazard analysis (PHA) pada pekerjaan di Citra Mutiara-Nindya Beton KSO. Jenis penelitian ini merupakan penelitian kualitatif yang tujuannya untuk menganalisis bahaya, risiko dan pencegahan kecelakaan kerja di Citra Mutiara-Nindya Beton KSO dengan menggunakan metode Preliminary Hazard Analysis (PHA). Subjek penelitian ini adalah 1 orang HSE, 3 orang pekerja yang bekerja pada bidang Mechanical, electrical, and plumbing (MEP) dan 1 orang penanggung jawab yang ada di bidang MEP. Hasil penelitian menunjukkan bahaya yang paling banyak pada pekerjaan ini adalah bahaya fisik. Risiko yang paling banyak adalah tertimpa material, dengan kategori very high. Pecengahaan kecelakaan kerja dengan melakukan pengendalian eliminasi, subtitusi, pengendalian administratif, pengendalian teknik, dan menggunakan APD. Disarankan untuk pekerja MEP harus memiliki kesadaran tinggi terhadap potensi bahaya di lingkungan kerja, penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), serta partisipasi aktif dalam setiap briefing keselamatan.

ABSTRACT

MEP is a job that has higher risks and dangers because it involves integrated mechanical, electrical, and piping systems. The results of initial interviews at Citra Mutiara-Nindya Beton KSO showed minor work accidents such as being stabbed by nails, tripping over materials, being scratched, and falling into holes dug at night due to lack of lighting. The purpose of this study is to analyze the hazards, risks, and prevention of work accidents using the Preliminary Hazard Analysis (PHA) method at work at Citra Mutiara-Nindya Beton KSO. This type of research is a qualitative study whose purpose is to analyze the hazards, risks, and prevention of work accidents at Citra Mutiara-Nindya Beton KSO using the Preliminary Hazard Analysis (PHA) method. The subjects of this study were 1 HSE person, 3 workers working in the Mechanical, Electrical, and Plumbing (MEP) field and 1 person in charge in the MEP field. The results showed that the most common hazards in this job were physical hazards. The most common risk was being hit by materials, with a very high category. Preventing work accidents by implementing elimination controls, substitution, administrative controls, engineering controls, and using PPE. It is recommended that MEP workers have a high awareness of potential hazards in the work environment, use Personal Protective Equipment (PPE), and actively participate in every safety briefing.

PENDAHULUAN

Keselamatan merupakan faktor penting yang harus dijaga agar mampu mengantisipasi kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja yang dapat merugikan suatu perusahaan atau suatu instansi baik secara langsung maupun tidak langsung. Keselamatan kerja memiliki tujuan untuk melindungi pekerja atas keselamatan, terpeliharanya sumber-sumber produksi dengan baik sehingga dapat

digunakan secara efisien dan aman serta meningkatkan produksi, dan meningkatkan kesejahteraan hidup pekerja (Mudjimu, 2019).

Konstruksi memiliki risiko kecelakaan kerja yang tinggi. Untuk menjamin keselamatan dan kesehatan pekerja serta kenyamanan dalam bekerja, perlu dilakukan penerapan prosedur keselamatan dan kesehatan kerja (K3) terhadap semua pekerja. Dalam hal ini disiplin dalam penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) sangat krusial perannya (Damayanti et al., 2023).

Nindya Beton atau yang bekerja sama dengan PT. Citra Mutiara Bangun Persada. PT. Nindya beton merupakan anak perusahaan dari PT. Nindya Karya. PT. Nindya Karya berdiri pada tahun 1877 , Nindya Karya adalah Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak dalam bidang General Contractor, EPC dan Investment yang memiliki lima pilar bisnis utama kontruksi, energi, manufaktur, properti dan badan usaha jalan tol. Sebagai perusahaan konstruksi, Nindya telah membangun berbagai macam proyek bangunan di berbagai wilayah di Indonesia.

Berdasarkan hasil Observasi dan wawancara awal pada HSE Citra Mutiara-Nindya Beton KSO pekerjaan ini merupakan Proyek Pembangunan Gedung Labolatorium Kemaritiman Terpadu yang berlokasi di Universitas Negeri Gorontalo. Menurut observasi dan wawancara pada HSE, terdapat beberapa pekerjaan yang masih dijalankan yaitu pekerjaan arsitektur, finishing, pemasangan keramik, pekerjaan MEP, pekerjaan pemasangan kusen dan pemasangan plafond. Dari beberapa pekerjaan tersebut MEP merupakan pekerjaan yang memiliki risiko serta bahaya yang lebih tinggi. Karena, melibatkan sistem mekanis, kelistrikan, dan pemipaan yang saling berintegrasi.

METODE

Penelitian ini dilakukan pada PT.Citra Mutiara-Nindya Beton KSO , Proyek Pembangunan Gedung Laboratorium Kemaritiman Terpadu yang berlokasi di Universitas Negeri Gorontalo. Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari hingga bulan Maret 2025. Jenis penelitian ini merupakan penelitian dengan pendekatan kualitatif yang ditujukkan untuk mendapatkan informasi mengenai bahaya, risiko dan pencegahan kecelakaan kerja di Citra Mutiara-Nindya Beton KSO dengan menggunakan metode Preliminary Hazard Analysis (PHA).

Dalam penelitian ini peneliti sebagai instrumen utama sekaligus pengumpul data. Dimana peneliti melakukan pembelajaran sekaligus menjadi pengamat penuh.

HASIL

Hasil Analisis PHA

Tabel 1 Identifikasi bahaya pada proyek pembangunan gedung Laboratorium Kemaritiman Terpadu

No	Jenis Kegiatan	Bahaya
1.	MEP (*Mechanical, Electrical, Plumbing*)	1) Bahaya Fisik Ketinggian Kurang Penerangan Getaran Kebisingan Terimpa Material
		2) Bahaya Kimia Paparan Debu Bahan Kimia
		3) Bahaya Listrik Arus Listrik Kebakaran

		4) Bahaya Ergonomi Postur Kerja
		5)Bahaya Mekanik Terjepit Terbentur Terpeleset

Tabel 2 Penilaian risiko dan level risiko menggunakan metode PHA pada proyek pembangunan gedung Laboratorium Kemaritiman Terpadu

No	Jenis Kegiatan	Bahaya	Risiko	Probability	Consequence	Exposure	Nilai Risiko	Level
1.	MEP (*Mechanical, Electrical, Plumbing*)	Bahaya Fisik Ketinggian	Risiko jatuh ketika bekerja diketinggian saat pemasangan alat.	6	15	3	270	*Priority 1*
		Kurang Penerangan	Kesulitan melihat bahaya, mengoperasikan peralatan dengan benar, dan berpotensi kontak dengan benda berbahaya, sekaligus menghambat pergerakan saat bekerja.	3	5	1	15	*Acceptable*
		Getaran	Mati rasa, kesemutan, pucat pada jari, nyeri, dan kehilangan kekuatan genggaman genggaman. Paparan jangka panjang dapat menyebabkan kerusakan permanen pada saraf, pembuluh darah, tulang, dan otot	3	10	10	300	*Priority 1*
		Kebisingan	Gangguan pendengaran akibat kebisingan	0,5	15	6	45	*Priority 3*
		Tertimpa Material	Tertimpa peralatan atau material	6	10	6	360	*Very high*
		Bahaya	Debu yang terhirup dapat	1	15	6	180	*Subtantial*

No	Jenis Kegiatan	Bahaya	Risiko	Probability	Consequence	Exposure	Nilai Risiko	Level
		Kimia Paparan Debu	menyebabkan iritasi saluran pernapasan, batuk, sesak napas, alergi, dan bahkan penyakit paru-paru jangka panjang seperti pneumoconiosis (termasuk silikosis dan asbestosis).					
		Bahan Kimia	Terpapar bahan kimia pembersih atau perekat pipa yang berbahaya jika terhirup atau terkena kulit	0,5	5	1	2,5	*Acceptable*
		Bahaya Listrik Arus Listrik Kebakaran	Sengatan Listrik ketika terjadi kontak langsung maupun tidak langsung dengan konduktor yang memiliki tegangan. Korsleting saat terjadi kesalahan pemasangan kabel sehingga perpotensi menyebabkan kebakaran	1 0,5	50 50	1 2	50 50	*Priority 3* *Priority 3*
		Bahaya Ergonomi	Posisi kerja yang tidak ergonomis akan menyebabkan cedera muskuloskeletal	3	15	6	180	*Priority 1*

No	Jenis Kegiatan	Bahaya	Risiko	Probability	Consequence	Exposure	Nilai Risiko	Level
		Postur Kerja						
		Bahaya Mekanik Terjepit	Terjepit atau terluka selama proses pemasangan pipa	6 3 6	15 5 5	1 1 3	90 90	*Subtantial*
		Terbentur	Memar dan lebam akibat terbentur pipa atau peralatan	3	5	1	15	*Acceptable*
		Terpeleset	Terpeleset tumpahan air selama proses pemasangan pipa.	6	5	3	90	*Subtantial*

Tabel 3 Tindakan pencegaan risiko pada proyek pembangunan gedung Laboratorium Kemaritiman Terpadu

No	Jenis Kegiatan	Bahaya	Risiko	Level	Tindakan Pencegahan
1.	MEP (*Mechanical, Electrical, Plumbing*)	Bahaya Fisik Ketinggian	Risiko jatuh ketika bekerja diketinggian saat pemasangan alat.	*Priority 1*	Melakukan penanganan secepatnya
		Kurang Penerangan	Kesulitan melihat bahaya, mengoperasikan peralatan dengan benar, dan berpotensi kontak dengan benda berbahaya, sekaligus menghambat pergerakan saat bekerja.	*Acceptable*	Melakukan kegiatan seperti biasa
		Getaran	Mati rasa, kesemutan, pucat pada jari, nyeri,	*Priority 1*	Melakukan penanganan

No	Jenis Kegiatan	Bahaya	Risiko	Level	Tindakan Pencegahan
			dan kehilangan kekuatan genggaman genggaman. Paparan jangka panjang dapat menyebabkan kerusakan permanen pada saraf, pembuluh darah, tulang, dan otot		secepatnya
		Kebisingan	Gangguan pendengaran akibat kebisingan	*Priority 3*	Memerlukan perhatian
		Tertimpa Material	Tertimpa peralatan atau material	*Very high*	Penghentian aktivitas sampai ting kat risiko yang dikurangi
		Bahaya Kimia Paparan Debu	Debu yang terhirup dapat menyebabkan iritasi saluran pernapasan, batuk, sesak napas, alergi, dan bahkan penyakit paru-paru jangka panjang seperti pneumoconiosis (termasuk silikosis dan asbestosis).	*Subtantial*	Mengharuskan ada perbaikan
		Bahan Kimia	Terpapar bahan kimia pembersih atau perekat pipa yang berbahaya jika terhirup atau terkena kulit	*Acceptable*	Lakukan kegiatan seperti biasa
		Bahaya Listrik Arus Listrik	Sengatan Listrik ketika terjadi kontak langsung maupun tidak langsung dengan konduktor yang memiliki tegangan.	*Priority 3*	Memerlukan perhatian

No	Jenis Kegiatan	Bahaya	Risiko	Level	Tindakan Pencegahan
		Kebakaran	Korsleting saat terjadi kesalahan pemasangan kabel sehingga perpotensi menyebabkan kebakaran	*Priority 3*	Memerlukan perhatian
		Bahaya Ergonomi Postur Kerja	Posisi kerja yang tidak ergonomis akan menyebabkan cedera muskuloskeletal	*Priority 1*	Memerlukan penanganan
		Bahaya Mekanik Terjepit	Terjepit atau terluka selama proses pemasangan pipa	*Subtantial*	Mengharuskan ada perbaikan
		Terbentur	Memar dan lebam akibat terbentur pipa atau peralatan	*Acceptable*	Lakukan kegiatan seperti biasa
		Terpeleset	Terpeleset tumpahan air selama proses pemasangan pipa.	*Subtantial*	Mengharuskan ada perbaikan

PEMBAHASAN

Identifikasi bahaya dalam pekerjaan MEP

Bahaya pertama dibidang di bidang MEP adalah bahaya ketinggian yang mana bahaya ini bisa menyebabakan risiko terjatuh.

Bahaya kedua yang ada di MEP yaitu bahaya kurang penerangan karena pekerjaan dibidang ini seringkali dilakukan di lokasi-lokasi yang secara alami minim cahaya atau belum memiliki sistem penerangan permanen.

Bahaya ketiga yaitu getaran, dibidang MEP seringkali terbaikan padahal dampaknya bisa serius bagi pekerja. Bahaya getaran dalam pekerjaan MEP sangat umum karena penggunaan alat berat dan bertenaga seperti bor, gerinda, atau jackhammer yang menghasilkan Hand-Arm Vibration (HAV) intens.

Bahaya keempat adalah bahaya kebisingan yang merupakan risiko sangat umum baik yang berasal dari peralatan maupun sistem yang sedang dipasang atau diuji pekerja MEP.

Bahaya kelima yakni tertimpa material yang merupakan salah satu risiko paling umum dan serius dalam pekerjaan MEP di lokasi konstruksi. Pekerja MEP berisiko tertimpa material karena sering bekerja di bawah area kerja lain di proyek bertingkat atau di area pemasangan yang berhimpitan dengan material lain yang tidak stabil.

Bahaya yang keenam yaitu paparan debu merupakan salah satu risiko kesehatan signifikan yang melekat pada pekerjaan MEP. Pekerja MEP menghadapi bahaya paparan debu serius karena harus

beraktivitas di lingkungan konstruksi umum yang sarat debu dari penggalian, pemotongan, atau pembongkaran.

Bahaya ketuju yaitu bahaya paparan bahan kimia yang menjadi risiko nyata dan bervariasi, tergantung pada jenis pekerjaan, material yang digunakan, dan tahap proyek.

Bahaya kedelapa dalam pekerjaan MEP, bahaya arus listrik adalah risiko paling umum. Bahaya arus listrik sangat umum dalam pekerjaan MEP karena keterlibatan langsung dalam pemasangan, pengkabelan, pengujian, dan pemeliharaan sistem listrik yang seringkali melibatkan penanganan kabel bertegangan tinggi, bahkan saat sistem belum sepenuhnya beroperasi.

Bahaya kesembilan, bahya kebakaran yang merupakan salah satu risiko paling krusial dan merusak dalam pekerjaan MEP. Risiko kebakaran sangat dominan dalam pekerjaan MEP karena berbagai faktor.

Bahaya kesepuluh dalam pekerjaan MEP, yaitu bahaya postur kerja yang menjadi risiko ergonomis sangat umum. Pekerja MEP sering menghadapi bahaya postur kerja yang buruk karena tuntutan pekerjaan di ruang terbatas seperti plenum plafon atau shaft, yang memaksa mereka membungkuk, berjongkok, atau memutar tubuh secara canggung.

Bahaya kesebelas dalam pekerjaan MEP, yaitu bahaya terjepit. Pekerja MEP berisiko tinggi terjepit karena berbagai faktor. Risiko timbul dari penanganan material besar dan berat seperti pipa dan panel listrik yang bisa bergeser atau jatuh.

Bahaya keduabelas dalam pekerjaan MEP, yaitu bahaya terbentur yang seringkali luput dari perhatian, meskipun tidak dapat menyebabkan cedera signifikan. Pekerja MEP berisiko terbentur karena sering beraktivitas di ruang kerja sempit dan terbatas seperti plenum plafon atau crawlspace, yang penuh dengan struktur dan instalasi menjulur seperti pipa atau ductwork.

Bahaya yang terakhir yakni terpeleset, bahaya terpeleset adalah risiko yang sangat umum dan dapat terjadi di berbagai lokasi kerja.

Analisis dan tingkat risiko kecelakaan kerja

Hasil analisis risiko berdasarkan tabel 4.2 kemudian dilakukan penilaian menggunakan Top Level Mishaps (TLMs). Top Level Mishaps merupakan pengelompokan bahaya-bahaya yang berdasarkan tingkat skor risiko K3 (AS/NZS 4360:2004, Risk Management Guidelines) sehingga didapatkankan.

Risiko tertimpa peralatan atau material termasuk dalam kategori very high hal ini menandakan bahwa kemungkinan terjadinya insiden tertimpa peralatan atau material sangat besar dan keparahan yang ditimbulkan akibat insiden tersebut sangat fatal.

Risiko mati rasa, kesemutan, pucat pada jari, nyeri, dan kehilangan kekuatan genggaman akibat getaran termasuk dalam kategori priority 1 hal ini mengindikasikan urgensi tertinggi karena gejala-gejala ini mengarah pada potensi dampak kesehatan kronis dan permanen seingga menyebabkan kecacatan, dan mempengaruhi kesejahteraan pekerja.

Risiko jatuh ketika bekerja diketinggian saat pemasangan alat termasuk dalam kategori priority 1 bahaya ini memiliki tingkat urgensi tertinggi dan memerlukan tindakan pengendalian segera dan tanpa penundaan. risiko jatuh ke tingkat yang serendah mungkin (Haslam, R. A., et al. 2005).

Risiko posisi kerja yang tidak ergonomis akan menyebabkan cedera muskuloskeletal termasuk dalam kategori substantial yang berarti kemungkinan terjadinya cukup besar dengan keparahan yang signifikan.

Risiko paparan debu dapat menyebabkan iritasi saluran pernapasan, batuk, sesak napas, alergi, dan bahkan penyakit paru-paru termasuk dalam kategori subtantial

Risiko terpeleset tumpahan air selama proses pemasangan pipa termasuk dalam kateogri substantial bahaya ini memiliki kemungkinan yang cukup besar untuk terjadi selama proses pemasangan pipa yang melibatkan penggunaan air atau cairan lain, dan keparahan akibat terpeleset dapat signifikan, berpotensi menyebabkan cedera seperti keseleo, memar, atau bahkan patah tulang.

Risiko memar dan lebam akibat terbentur pipa atau peralatan termasuk dalam kategori acceptable bahaya ini memerlukan analisis risiko yang mendalam untuk mengevaluasi kemungkinan, keparahan, dan efektivitas kontrol yang ada.

Risiko terjepit atau terluka selama proses pemasangan termasuk dalam kategori substantial mengindikasikan kemungkinan yang cukup tinggi dan dampak signifikan berupa cedera serius akibat aktivitas manual intensif, ruang kerja terbatas, koordinasi tim yang kurang, penggunaan alat bantu yang tidak tepat, ketergesaan, kurangnya pengalaman, atau kondisi lingkungan kerja yang tidak mendukung.

Risiko sengatan listrik ketika terjadi kontak langsung maupun tidak langsung dengan konduktor yang memiliki tegangan termasuk dalam kategori priority 3 bahaya ini memerlukan perhatian dan tindakan pengendalian.

Risiko gangguan pendengaran akibat kebisingan termasuk dalam kategori priority 3 menandakan bahwa gangguan pendengaran akibat kebisingan menandakan tingkat perhatian sedang yang memerlukan tindakan langsung untuk mencegah berbagai risiko lain dan melindungi kesehatan pendengaran jangka panjang pekerja.

Risiko korsleting saat terjadi kesalahan pemasangan kabel sehingga perpotensi menyebabkan kebakaran termasuk dalam kategori priority 3 menunjukkan bahwa bahaya ini memerlukan perhatian dan tindakan pengendalian.

Risiko terpapar bahan kimia pembersih atau perekat pipa yang berbahaya jika terhirup atau terkena kulit termasuk dalam kateogri acceptable bahwa tingkat risiko ini dinilai rendah dan dapat diterima dengan kondisi pengendalian yang ada.

Risiko kesulitan melihat bahaya, mengoperasikan peralatan dengan benar karena kurangnya penerangan termasuk dalam kateogri acceptable mengindikasikan bahwa tingkat risiko ini dianggap dapat diterima dengan kondisi tertentu dan mungkin tidak memerlukan tindakan perbaikan segera yang signifikan, namun pemantauan dan pemeliharaan kontrol yang ada tetap diperlukan.

Prioritas risiko kecelakaan kerja

Bahaya yang memerlukan perhatian dan tindakan pencegahan paling mendesak berdasarkan penilaian menggunakan Top Level Mishaps (TLMs) (AS/NZS 4360:2004, Risk Management Guidelines).

Very High (risiko tertimpa peralatan atau material), risiko ini memerlukan perhatian dan tindakan pengendalian yang sangat cepat dan efektif.

Priority 1 (Risiko jatuh ketika bekerja di ketinggian saat pemasangan alat, mati rasa akibat getaran dan posisi kerja yang tidak ergonomis akan menyebabkan cedera muskuloskeletal), risiko ini memiliki tingkat urgensi tertinggi.

Substantial (Terjepit atau terluka saat proses pemasangan pipa, terpeleset tumpahan air selama pemasangan pipa, paparan debu), risiko-risiko dalam kategori ini memerlukan perhatian serius dan tindakan perbaikan yang terstruktur.

Priority 3 (Risiko sengatan listrik dan korsleting, risiko gangguan pendengaran akibat kebisingaan), risiko-risiko priority 3 memerlukan perhatian dan tindakan pengendalian, namun dengan tingkat urgensi yang lebih rendah dibandingkan priority 1.

Acceptable (Risiko terpapar bahan kimia, terbentur, dan kurangnya penerangan), risiko ini dianggap dapat diterima dengan pengendalian saat ini.

Pencegahan kecelakaan kerja berdasarkan hasil PHA

Very High (Risiko tertimpa peralatan atau material)

Pencegahan dengan melakukan eliminasi, yaitu mengurangi kebutuhan akan pemindahan material secara manual yang sering berisiko contohnya pengangkutan material dengan alat bantu seperti lift material dan troli dorong, dan menghilangkan penggunaan material atau peralatan yang tidak

esensial, Contohnya seperti dilakukan penataan area kerja dengan prinsip 5R (Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, Rajin).

Pencegahan dengan melakukan Substitusi, yaitu menggunakan material atau peralatan yang lebih ringan atau berukuran kecil dan mengganti metode penyimpanan yang berisiko dengan yang lebih aman.

Pencegahan dengan melakukan Pengendalian Teknis (Engineering Control), yaitu pertama memasang sistem pengaman (guarding) di area penyimpanan material akan secara efektif mencegah material jatuh dan melukai pekerja di bawahnya.

Pencegahan dengan melakukan Pengendalian Administratif, yaitu pencegahan kecelakaan terkait material memerlukan prosedur kerja yang terstandardisasi (SOP) untuk penyimpanan, pengangkatan, dan pemindahan material, yang harus diikuti dengan pelatihan rutin bagi pekerja mengenai identifikasi bahaya dan penggunaan alat.

Pencegahan dengan melakukan Alat Pelindung Diri (APD), yaitu Mewajibkan penggunaan helm keselamatan, sepatu keselamatan dengan pelindung jari dan sol anti-selip, dan sarung tangan pelindung yang sesuai saat bekerja dengan material dan peralatan.

Priority 1 (Risiko jatuh ketika bekerja di ketinggian saat pemasangan alat)

Pencegahan dengan melakukan eliminasi, yaitu melakukan sebagian atau seluruh pekerjaan pemasangan di permukaan tanah sebelum mengangkat alat ke ketinggian Contohnya menyusun dan merakit segmen-segmen cable tray atau struktur pendukung kabel yang digunakan untuk menata, menopang, dan melindungi kabel-kabel listrik atau kabel data dalam instalasi bangunan.

Pencegahan dengan melakukan substitusi, yaitu menggunakan platform kerja bergerak (Scissor Lift/Boom Lift) yang dilengkapi dengan pagar pengaman sebagai pengganti tangga.

Pencegahan dengan melakukan Pengendalian teknis (engineering control), yaitu pertama, memasang pagar pengaman (guardrail) yang sesuai standar pada setiap tepi area kerja adalah esensial untuk mencegah pekerja jatuh.

Pencegahan dengan melakukan Pengendalian administratif, yaitu menerapkan sistem perizinan kerja (work permit) wajib diberlakukan untuk setiap aktivitas di ketinggian, diikuti dengan prosedur kerja aman (SOP) yang jelas, termasuk penggunaan alat pelindung jatuh.

Pencegahan dengan melakukan Alat Pelindung Diri (APD), yaitu menggunakan full body harness yang selalu terhubung dengan lanyard yang sesuai (baik fall arrest atau fall restraint), dan pastikan terpasang pada titik jangkar yang kuat serta telah teruji keandalannya.

Priority 1 (Risiko mati rasa, kesemutan, pucat pada jari, nyeri, dan kehilangan kekuatan genggaman)

Pencegahan dengan melakukan eliminasi, yaitu menghilangkan penggunan alat atau proses kerja yang menghasilkan getaran tinggi dengan mengganti penggunaan alat bor beton manual bertenaga tinggi (yang menghasilkan getaran tinggi) dengan metode lain seperti sistem penempatan menggunakan bor berbasis teknologi hidrolik dengan getaran rendah contohnya bor dengan tenaga fluida.

Pencegahan dengan melakukan substitusi, yaitu mengganti alat bergetar tinggi dengan alat yang memiliki tingkat getaran lebih rendah atau dilengkapi dengan fitur peredam getaran contoh (vibration damping technology) seperti Mesin gerinda tangan (Angle G rinder) DeWalt DWE402 teknologi peredam getaran pada pegangan dan casing mesin untuk mengurangi efek getaran.

Pencegahan dengan melakukan Pengendalian teknis (engineering controls), yaitu menggunakan material peredam getaran (damping) pada pegangan alat atau permukaan kerja untuk menyerap energi getaran.

Pencegahan dengan melakukan Pengendalian administratif, yaitu pertama batasi waktu penggunaan alat bergetar sesuai standar keselamatan, lalu rotasi pekerja antar tugas untuk mengurangi paparan getaran berulang.

Pencegahan dengan melakukan Alat Pelindung Diri (APD), yaitu menyediakan dan mewajibkan penggunaan sarung tangan anti-getar yang sesuai standar untuk mengurangi transmisi getaran ke tangan.

Priority 1 (Risiko posisi kerja yang tidak ergonomis akan menyebabkan cedera muskuloskeletal)

Pencegahan dengan melakukan eliminasi, yaitu mendesain ulang tugas atau proses kerja untuk menghilangkan gerakan repetitif, posisi janggal, atau pembebanan berlebih contohnya seperti menggunakan alat pemotong pipa elektrik daripada pemotong manual yang membutuhkan gerakan tangan berulang, dan memberikan pelatihan kepada pekerja tentang postur tubuh yang benar, teknik angkat yang aman.

Pencegahan dengan melakukan substitusi, yaitu menggunakan alat bantu atau peralatan yang lebih ergonomis untuk mengurangi tekanan pada tubuh pekerja, mendukung postur alami, dan mencegah cedera contohnya gunakan troli atau gerobak dorong.

Pencegahan dengan melakukan Pengendalian teknis (engineering control), yaitu mendesain tempat kerja yang dapat disesuaikan agar sesuai dengan postur tubuh pekerja yang beragam.

Pencegahan dengan melakukan Pengendalian administratif, yaitu menerapkan rotasi kerja untuk mengurangi paparan terhadap tugas yang sama dalam waktu lama dan mengatur jadwal kerja dengan jeda istirahat yang cukup untuk pemulihan otot.

Pencegahan dengan melakukan Alat Pelindung Diri (APD), yaitu menggunakan penyangga punggung (back support) dapat dipertimbangkan sebagai upaya terakhir dan harus disertai dengan pelatihan yang tepat mengenai penggunaannya.

Substantial (Risiko terjepit atau terluka selama proses pamasangan pipa).

Pencegahan dengan melakukan eliminasi, yaitu pertama, lakukan sebagian besar perakitan pipa di area yang datar, luas, dan bebas dari bahaya terjepit sebelum memindahkannya ke lokasi pemasangan akhir.

Pencegahan dengan melakukan substitusi, yaitu pertama ganti alat manual yang berpotensi menyebabkan terjepit.

Pencegahan dengan melakukan Pengendalian teknik (engineering controls), yaitu menyediakan penyangga dan penahan yang kuat serta stabil untuk pipa selama pemasangan atau penyambungan guna mencegah pergerakan tak terduga.

Pencegahan dengan melakukan Pengendalian administratif, yaitu menyusun dan menerapkan SOP yang detail untuk setiap tahapan pemasangan pipa, termasuk identifikasi titik jepit potensial, dan memberikan pelatihan komprehensif kepada semua pekerja MEP tentang bahaya terjepit, teknik kerja aman, penggunaan APD, serta komunikasi efektif.

Pencegahan dengan melakukan Alat Pelindung Diri (APD), yaitu menggunakan sarung tangan keselamatan yang sesuai dengan jenis pekerjaan, idealnya yang dilengkapi pelindung tambahan pada punggung tangan dan jari untuk menahan gesekan atau benturan.

Substantial (Risiko terhirup debu dapat menyebabkan iritasi saluran pernapasan, batuk, sesak napas, alergi, dan bahkan penyakit)

Pencegahan dengan melakukan eliminasi, yaitu Jika memungkinkan, hilangkan proses atau aktivitas yang menghasilkan debu berbahaya contohnya mengganti metode dengan prefabrikasi, yaitu pipa sudah dipotong dan disiapkan di bengkel, sehingga tidak perlu dipotong di lapangan.

Pencegahan dengan melakukan substitusi, yaitu mengganti material yang menghasilkan debu berbahaya dengan material yang kurang berbahaya atau tidak berdebu.

Pencegahan dengan melakukan Pengendalian teknis (engineering controls), yaitu memastikan sirkulasi udara yang baik di seluruh area kerja untuk mengurangi konsentrasi debu secara umum.

Pencegahan dengan melakukan Pengendalian administratif, yaitu pertama kembangkan dan terapkan Prosedur Operasional Standar (SOP) yang detail untuk semua aktivitas penghasil debu, termasuk penanganan material dan pembersihan.

Pencegahan dengan melakukan Alat Pelindung Diri (APD), yaitu menyediakan dan mewajibkan pekerja untuk menggunakan respirator yang sesuai dengan jenis dan tingkat paparan debu (misalnya, masker debu sekali pakai, respirator setengah wajah atau penuh wajah dengan filter partikulat).

Substantial (Risiko terpeleset tumpahan air selama proses pemasangan pipa)

Pencegahan dengan melakukan eliminasi, yaitu pertama, kurangi penggunaan air atau cairan lain sebisa mungkin dalam setiap proses kerja.

Pencegahan dengan melakukan substitusi, yaitu menggunakan cairan pembersih atau pelumas yang kurang licin.

Pencegahan dengan melakukan Pengendalian teknis (engineering control), yaitu memastikan drainase yang efektif di area kerja sangat penting agar tidak ada genangan air dan menggunakan lantai dengan permukaan anti-selip akan secara signifikan meningkatkan traksi.

Pencegahan dengan melakukan pengendalian administratif, yaitu merapkan prosedur kerja yang menjaga area tetap kering dan bersih, serta memastikan tumpahan air segera dibersihkan. Selain itu, memasang rambu-rambu peringatan di area licin untuk meningkatkan kewaspadaan pekerja.

Pencegahan dengan melakukan Alat Pelindung Diri (APD), yaitu mewajibkan penggunaan sepatu keselamatan dengan sol anti-selip.

Priority 3 (Risiko sengatan listrik ketika terjadi kontak langsung maupun tidak langsung dengan konduktor yang memiliki tegangan)

Pencegahan dengan melakukan substitusi, yaitu mematikan sumber listrik (lockout/tagout) sebelum melakukan pekerjaan pada peralatan atau instalasi listrik.

Pencegahan dengan melakukan substitusi, yaitu menggunakan peralatan dengan tegangan yang lebih rendah jika memungkinkan.

Pencegahan dengan melakukan pengendalian teknis (engineering control), yaitu pastikan isolasi yang baik pada semua konduktor dan peralatan listrik, serta melakukan grounding (pentanahan) yang efektif untuk mengalirkan arus listrik berlebih dengan aman.

Pencegahan dengan melakukan pengendalian administratif, yaitu menerapkan prosedur lockout/tagout (LOTO) yang ketat untuk memastikan energi berbahaya telah diisolasi sebelum pekerjaan dimulai.

Pencegahan dengan melakukan Alat Pelindung Diri (APD), yaitu mewajibkan penggunaan APD yang sesuai untuk pekerjaan listrik (sarung tangan isolasi, sepatu isolasi, pelindung wajah) saat bekerja dengan atau di dekat peralatan listrik bertegangan.

Priority 3 (Gangguan pendengaran akibat kebisingan)

Pencegahan dengan melakukan eliminasi yaitu menghilangkan sumber kebisingan dengan mengganti peralatan atau proses yang sangat bising dengan alternatif yang lebih tenang.

Pencegahan dengan melakukan substitusi, yaitu mengganti peralatan yang bising dengan model yang lebih rendah tingkat kebisingannya.

Pencegahan dengan melakukan Pengendalian teknis (engineering controls), yaitu mengisolasi mesin atau peralatan bising dalam ruangan atau penutup kedap suara guna meredam suara yang keluar.

Pencegahan dengan melakukan Pengendalian administratif, yaitu pertama atur jadwal kerja untuk membatasi durasi paparan pekerja terhadap kebisingan tinggi, dan lakukan rotasi pekerja antar area dengan tingkat kebisingan yang berbeda.

Pencegahan dengan melakukan Alat Pelindung Diri (APD), yaitu menyediakan dan mewajibkan penggunaan pelindung telinga yang sesuai, seperti earplug atau earmuff, untuk mengurangi tingkat kebisingan yang mencapai telinga pekerja. Pastikan APD sesuai dengan tingkat kebisingan dan digunakan dengan benar.

Priority 3 (Risiko korsleting saat terjadi kesalahan pemasangan kabel sehingga berpotensi menyebabkan kebakaran)

Pencegahan dengan melakukan eliminasi, yaitu memastikan bahwa hanya personel yang kompeten dan terlatih yang melakukan pemasangan kabel.

Pencegahan dengan melakukan substitusi, yaitu Menggunakan material kabel yang sesuai standar dan memiliki kualitas baik.

Pencegahan dengan melakukan Pengendalian teknis (engineering control)n yaitu pertama pastikan ukuran kabel sesuai dengan beban listrik yang akan dialirkan untuk menghindari overload dan panas berlebih.

Pencegahan dengan melakukan Pengendalian administratif, yaitu mengembangkan dan menerapkan standar serta prosedur pemasangan kabel yang jelas sebagai panduan utama.

Pencegahan dengan melakukan Alat Pelindung Diri (APD), yaitu mewajibkan penggunaan APD yang sesuai (sarung tangan, pelindung mata) selama pemasangan kabel.

Acceptable (Risiko kesulitan melihat bahaya, mengoperasikan peralatan dengan benar, dan berpotensi kontak dengan benda berbahaya, sekaligus menghambat pergerakan saat bekerja)

Pencegahan dengan melakukan eliminasi, yaitu menghilangkan sumber bahaya visual atau kebutuhan akan visibilitas tinggi dalam kondisi minim cahaya.

Pencegahan dengan melakukan substitusi, yaitu mengganti peralatan atau material yang memerlukan visibilitas tinggi dengan alternatif yang lebih aman atau mudah dioperasikan dalam kondisi kurang ideal. Contohnya, menggunakan peralatan dengan fitur pencahayaan terintegrasi atau material yang lebih mudah terlihat.

Pencegahan dengan melakukan Pengendalian teknis (engineering controls), yaitu pertama pasang sistem penerangan yang memadai sesuai standar, mencakup pencahayaan umum dan tugas, untuk memastikan setiap sudut area kerja terang.

Pencegahan dengan melakukan Pengendalian administratif, yaitu pertama kembangkan SOP yang jelas dan rinci untuk pengoperasian peralatan dan pergerakan di area dengan visibilitas terbatas, termasuk langkah-langkah untuk memastikan pekerja dapat melihat dengan aman.

Pencegahan dengan melakukan Alat Pelindung Diri (APD), yaitu pekerja wajib menggunakan kacamata pelindung yang sesuai, dengan lensa jernih dan tidak tergores. Lensa dengan lapisan anti-silau atau peningkatan kontras perlu dipertimbangkan untuk kondisi cahaya spesifik.

Acceptable (Risiko memar dan lebam akibat terbentur pipa atau peralatan)

Pencegahan dengan melakukan eliminasi, yaitu pertama lakukan perakitan atau pemotongan pipa di area yang lapang dan aman. Kedua, pertimbangkan menggunakan alat atau mekanisme khusus yang memungkinkan pekerja tidak harus terlalu dekat dengan potensi titik bentur pemasangan pipa, terutama unuk pipa yang berukuran besar.

Pencegahan dengan melakukan substitusi, yaitu menggunakan material pipa atau fitting yang lebih ringan, karena ini akan mengurangi energi benturan jika terjadi kontak tidak disengaja.

Pencegahan dengan melakukan Pengendalian teknis (engineering control), yaitu desain dan atur area kerja dengan cermat agar terdapat ruang gerak yang memadai dan jalur lalu lintas yang jelas, sehingga mengurangi kemungkinan pekerja bersentuhan secara tidak sengaja dengan material atau peralatan.

Pencegahan dengan melakukan Pengendalian Administratif, yaitu pertama susun dan terapkan SOP yang jelas mengenai cara mengangkat, memindahkan, dan memasang pipa serta peralatan plumbing dengan aman, dengan penekanan pada penghindaran kontak yang tidak perlu.

Pencegahan dengan melakukan Alat Pelindung Diri (APD), yaitu pekerja wajib menggunakan sarung tangan yang sesuai untuk melindungi tangan dari gesekan dan benturan ringan.

Acceptable (Risiko terpapar bahan kimia pembersih atau perekat pipa yang berbahaya jika terhirup atau terkena kulit)

Pencegahan dengan melakukan eliminasi, yaitu menggunakan bahan pembersih atau perekat yang kurang berbahaya jika memungkinkan.

Pencegahan dengan melakukan substitusi, yaitu menggunakan bahan dengan kandungan VOC (Volatile Organic Compounds) yang lebih rendah.

Pencegahan dengan melakukan Pengendalian teknis (engineering control), yaitu pertama memastikan ventilasi yang memadai di seluruh area kerja akan membantu mengurangi konsentrasi uap atau partikel bahan kimia di udara. Kedua, menggunakan alat penyalur bahan kimia yang tertutup sangat krusial untuk meminimalkan pelepasan bahan kimia ke lingkungan, sehingga mengurangi paparan langsung terhadap pekerja.

Pencegahan dengan melakukan Pengendalian Administratif yaitu dimulai dengan mengembangkan dan menerapkan prosedur kerja yang aman untuk penggunaan dan penanganan setiap jenis bahan kimia.

Pencegahan dengan melakukan Alat Pelindung Diri (APD), yaitu mewajibkan penggunaan sarung tangan pelindung yang sesuai, kacamata pelindung, dan masker dengan filter yang tepat sesuai dengan jenis bahan kimia yang digunakan.

KESIMPULAN

Bahaya yang ada di lingkungan kerja Citra Mutiara-Nindya Beton KSO pada pekerja Mechanical, Electrical, and Plumbing (MEP) yaitu Bahaya material berat, ergonomi, ketinggian, Paparan debu, kebisingan, kurang penerangan, getaran, arus listrik, pemasangan kabel, kebakaran, pemasangan pipa, dan bahan kimia.

Risiko yang ada di lingkungan kerja Citra Mutiara-Nindya Beton KSO pada pekerja Mechanical, Electrical, and Plumbing (MEP) seperti tertimpa peralatan atau material, posisi kerja yang tidak ergonomis akan menyebabkan cedera muskuloskeletal, risiko jatuh ketika bekerja diketinggian saat pemasangan alat, sengatan listrik ketika terjadi kontak langsung maupun tidak langsung dengan konduktor yang memiliki tegangan, korsleting saat terjadi kesalahan pemasangan kabel sehingga perpotensi menyebabkan kebakaran, kebakaran akibat arus lebih yang terjadi akibat sistem tidak dirancang dengan benar, terjepit atau terluka selama proses pemasangan pipa, tertimpa material ketika tidak terpasang dengan benar, dan terpapar bahan kimia pembersih atau perekat pipa yang berbahaya jika terhirup atau terkena kulit.

Prioritas risiko dimulai dengan kategori Very High untuk risiko tertimpa peralatan/material, kemudian kateogri Priority 1 yang mencakup risiko jatuh dari ketinggian, mati rasa akibat getaran, dan posisi kerja tidak ergonomis, kategori Substantial seperti risiko terjepit/terluka saat pemasangan pipa, terpeleset, dan paparan debu. Selanjutnya kategori Priority 3 seperti risiko sengatan listrik/korsleting dan gangguan pendengaran akibat bising dan terakhir kategori Acceptable dengan risiko paparan bahan kimia, terbentur, dan kurang penerangan.

Pencegahan kecelakaan kerja yang ada di lingkungan kerja Citra Mutiara-Nindya Beton KSO pada pekerja Mechanical, Electrical, and Plumbing (MEP) dilakukan dengan berbagai strategi yaitu eliminasi, substitusi, pengendalian teknis (engineering control) dan pengendalian administratif.

SARAN

Saran bagi pekerja. Pekerja MEP harus memiliki kesadaran tinggi terhadap potensi bahaya di lingkungan kerja. Ini mencakup pemahaman mendalam tentang prosedur keselamatan yang berlaku, penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) yang tepat dan sesuai standar, serta partisipasi aktif dalam setiap briefing keselamatan atau pelatihan yang diadakan.

Saran bagi tempat penelitian. Perusahaan atau proyek MEP memiliki tanggung jawab untuk menciptakan dan memelihara lingkungan kerja yang aman. Ini dapat dilakukan dengan investasi dalam sistem manajemen keselamatan kerja yang komprehensif, termasuk identifikasi bahaya dan penilaian risiko yang rutin dan sistematis. Saran bagi penelitian selanjutnya

Penelitian lebih lanjut bisa lebih berfokus pada identifikasi metode analisis risiko yang paling efektif dan praktis untuk diterapkan dalam konteks pekerjaan MEP yang kompleks dan multidisiplin.

DAFTAR PUSTAKA

A. Purnomo, M. W. Nugroho, and T. Yulianto, “Pengendalian biaya dan waktu proyek gedung SMK Dwija Bhakti Jombang dengan menggunakan Metode Earned Value,” Tecnoscienza, vol. 4, no. 1, pp. 39–52, 2019.

Abdul Fattah. (2023). Dampak sistem drainase efektif terhadap keselamatan kerja di area konstruksi. Jurnal Infrastruktur dan Lingkungan, 10(1), 55-63.

Abdurrozzaq, H. Bonaraja, P, dkk (2022). Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Https://Medium.Com/.

Afra Faradilla Ihsan. (2022). Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode FMEA pada Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh Struktur Elevated. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Agung H, S. Restiyana, A (2022). Identifikasi Bahaya dengan Metode Preliminary Hazard Analysis (PHA) pada Peternakan Ayam Petelur: Studi Kasus di Cahaya Farm. Prosiding Seminar Nasional Pembangunan dan Pendidikan Vokasi Pertanian 355-372.

Alfiansah, Y. Kurniawan, dkk (2020). Analisis Upaya Manajemen K3 dalam Pencegahan dan Pengendalian Kecelakaan Kerja pada Proyek Konstruksi PT. X Semarang. Jurnal Kesehatan Masyarakat.

Arifin. Ahmad Z. Harianto, F (2020). Pengaruh Penerapan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Serta Lingkungan Kerja Terhadap Produktivitas Kerja Di Surabaya. Rekayasa: Jurnal Teknik Sipil

Arman, U. D., dkk. (2022). Identifikasi Penyebab Kecelakaan Kerja Konstruksi Menggunakan Accident Root Cause Tracing Model (ARCTM) dan Fault Tree Analysis (FTA). Cantilever, 11(1), 17-28.

Armia Putri, B., Halim, R., & Suryani Nasution, H. (2021). Studi kualitatif gangguan pendengaran akibat bising / noise induced hearing loss (NIHL) pada marshaller di Bandar Udara Sultan Thaha Kota Jambi tahun 2020. Jurnal Kesmas Jambi, 5(1), 41– 53.

Asdar, M. (2020). Penerapan Preliminary Hazard Analysis dan Fault Tree Analysis untuk Mengidentifikasi Bahaya Kerusakan dan Penyebab Kegagalan Mesin Crusher di PT. Prima Karya Manunggal.

Ashrae. (2017). Ashrae Handbook — Hvac Systems and Equipment. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

As/Nzs 4360:2004, Risk Management Guidelines
Asrory, Fahriza, F. Wisnugroho. Anthonius,D (2021). Identifikasi Bahaya Dengan Metode Preliminary Hazard Analysis (Pha) Pada Workshop Politeknik Sinar Mas Berau Coal Kabupaten Berau, Kalimantan Timur. Jurnal Inkofar 21-28.
Bara Ferdiansyah. (2024). Analisis Postur Kerja Terhadap Keluhan Musculoskeletal Disorders (MSDs) Pada Pekerja Golongan Lokomotif di UPT Balai Yasa Lahat. Skripsi
Bertalanffy, L. V. (1968). General System Theory: Foundations, Development, Applications. George Braziller.
Boyce, P. R. (2014). Human Factors in Lighting. CRC Press.
Bovenzi, M. (2010). A review of epidemiologic studies on the relationship between exposure to hand-arm vibration and vascular and neurological diseases. International Archives of Occupational and Environmental Health, 83(4), 335-345.
Budianto, A., Santoso, B., & Hidayat, R. (2020). Efektivitas respirator dalam melindungi pekerja dari paparan debu. Jurnal Kesehatan dan Keselamatan Kerja, 10(3), 120-128.
Damayanti, E. Wahyuningsih, A (2023). Determinan Tindakan Tidak Aman pada Pekerja Proyek. Indonesian Journal of Conservation (2023) 12(1) 173-183
Doda, D.V.D. Pangaribuan, M (2022). Dasar kesehatan dan keselamatan kerja: Hazard/Bahaya di tempat kerja.
E. Damayanti, dkk (2023). Determinan Tindakan Tidak Aman pada Pekerja Proyek.Indonesian Journal of Conservation 12 (1) (2023) 173-183. https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/ijc Determinan
European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA). (2020). Work-related Musculoskeletal Disorders: Prevalence, Costs and Demographics in the EU.
F. Masyarakat, U. Sriwijaya (2024). Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Pada Pekerja Area Cleaning Container Di Pt. Masaji Tatanan Kontainer Indoneisa Cabang Palembang.
Flora Ninta Tarigan, S., Abudi, R. & Agustina Malahika, J. (2023) 'Identifikasi Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Pada Pengoprasian Incinerator Identification Of Occupational Health And Safety Risks In Incinerator Operation'. Jambura Health and Sport Journal, 5(1), pp. 42–55.
Foster, J., Smith, R., & Clarke, D. (2019). Effectiveness of mobile elevated work platforms in fall prevention. Safety Science, 117, 45-52.
Garcia, M., Lopez, R., & Martinez, J. (2019). Construction site layout optimization to reduce collision hazards. Journal of Construction Engineering and Management, 145(4), 04019015.
Griffin, M. J., & McDowell, T. (2019). Effectiveness of vibration damping technologies in power tools. Journal of Safety Research, 70, 15-22.
Harahap, N., & Utami, T. N. (2022). Pembangunan Kesehatan Multidisiplin Faktor yang Berhubungan dengan Kecelakaan Kerja Pekerja Bengkel Mobil di Kecamatan Padang Bolak Kabupaten Padang Lawas Utara Prosiding Nasional FORIKES 2022 : Pembangunan Kesehatan Mult. 1, 78–82.
Haslam, R. A., Hide, S. A., Gibb, A. G. F., Gyi, D. E., Pavitt, T., Atkinson, S., & Duff, A. R. (2005). Contributing factors in construction accidents. Applied Ergonomics, 36(4), 401–415.
Haryanto, R., & Prasetyo, D. (2022). Penggunaan sistem otomatis dalam pemindahan pipa besar untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja. Jurnal Teknik Industri, 24(1), 45-53.
Haworth, N., & Hughes, S. (2012). The International Labour Organization. In Handbook of Institutional Approaches to International Business. https://doi.org/10.4337/9781849807692.00014
Heinrich, HW (1931). Pencegahan Kecelakaan Industri: Pendekatan Ilmiah . McGraw-Hill.
Hendrawan, A., & Putri, S. (2021). Pengaruh sistem tertutup dan penyemprotan air dalam pengendalian debu di industri pertambangan. Jurnal Teknik Industri, 23(2), 110-118.
Hidayat, T., et al. (2022). Efektivitas penggunaan alat pelindung diri pada pekerjaan instalasi pipa.

Jurnal Kesehatan dan Keselamatan Kerja, 10(3), 120-128.
Hopkin, P. (2018). Dasar-dasar Manajemen Risiko: Memahami, Mengevaluasi, dan Menerapkan Manajemen Risiko yang Efektif . Kogan Page.
Indrayani, R., Hartanti, R. I., Soejoso, A. D. P., Wahyuningtias, N. H., Hasna, A. J. L., Henary, P. R., Fakhruddin, I. K., & Pratiwi, D. E. (2020). Keluhan subyektif non-auditory pada pekerja konstruksi Pt. X Kabupaten Gresik. Jurnal Ikesma, 16(2), 67–76.
Irwan (2021). Ilmu Kesehatan Masyarakat. Yogyakarta: Zahir Publishing.
Intanghina. (2019). Tinjauan Pustaka Tinjauan Pustaka. Convention Center Di Kota Tegal, 9.
International Electrotechnical Commission (IEC). (2018). IEC 60364 – Electrical Installations for Buildings.
Ismail, R. A., Rahman, H., Epidemiologi, P., Masyarakat, F. K., Indonesia, U. M., & K, E. P. K. (2024). (Mechanical Electrical Plumbing) di proyek rs upt vertikal Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Muslim Indonesia Article history : Received : 2 Juli 2024
Johnson, R., & Lee, S. (2016). Effectiveness of guarding systems in preventing falling object injuries in warehouses. Journal of Safety Research, 57, 23-31
Kartini, dkk (2023). Keselamatan Dan Kesehatan Kerja.
Kravetz, Zachary, and Rainald Schmidt-kastner. 2023. “IBRO Neuroscience Reports New Aspects for the Brain in Hartnup Disease Based on Mining of High-Resolution Cellular MRNA Expression Data for SLC6A19.” 14(December 2022): 393–97.
Kumar, S. (2018). Pemantauan kualitas udara untuk evaluasi pengendalian debu. International Journal of Industrial Ergonomics, 68, 102-110.
Kurniawidjaja, S. (2010). Manajemen Risiko Kesehatan dan Keselamatan Kerja. Jakarta: Dian Rakyat.
Kurniawidjaja, L. M., Lestari, F., Tejamaya, M., & Ramdhan, D. H. (2021). Konsep Dasar Toksikologi Industri. In Fkm Ui.
Kurniawan, A., Santoso, B., & Wibowo, R. (2020). Pengaruh eliminasi peralatan tidak penting terhadap efisiensi dan keselamatan kerja di industri manufaktur . Jurnal Teknik Industri Indonesia, 12(2), 89-98.
Lee, S., et al. (2020). The effectiveness of training and standard operating procedures in reducing vibration exposure. Journal of Occupational Health, 62(1), e12107.
Manurung, E. (2020). Perencanaan K3 Pekerjaan Bidang Konstruksi. Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS) (2020) 49-54
M. R. Firmansyah, M. W. Nugroho, T. Yulianto, and A. Majid, “Analisis Time Schedule Proyek Rehabilitasi Gedung Puskesmas Tambakrejo - Jombang,” REAKTIP J. Rekayasa dan Apl. Tek. Sipil, vol. 1, no. 1, pp. 47–56, 2021, [Online]. Available: http://ejournal.unhasy.ac.id/index.php/reaktip/article/view/1609
Mayandari, W.R. Inayah, Z. (2023). Faktor Dominan yang Mempengaruhi Kecelakaan Kerja Terhadap Kejadian Kecelakaan Pada Pekerja Konstruksi. Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan.
Mauliddiyah, N. L. (2021). Analisis Struktur Kovarians tentang Indikator Kesehatan pada Lansia yang Tinggal di Rumah dengan Fokus pada Persepsi Kesehatan Subyektif.
Martinez, L., Gomez, R., & Torres, P. (2017). Impact of personal protective equipment on reducing occupational injuries in manufacturing industries. Journal of Occupational Health and Safety, 33(4), 210-218.
Melinda, D. Fathimah, A. Asnifatima, A (2021). Analisis Risisko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Di Area Utility Pt Kalbe Milko Indonesia Kecamatan Caringin Kabupaten Bogor Tahun 2018.
Miller, T., Johnson, R., & Smith, L. (2018). Use of mechanical aids to reduce injury risk in pipe installation. Safety Science, 102, 45-52.
Nguyen, T., & Tran, P. (2017). Reducing fall hazards by performing assembly work at ground level in construction. Journal of Construction Safety, 14(1), 25-33.

Ningsih, W, dkk (2020). Deskripsi Pelaksanaan Kesehatan Dan Keselamatan Kerja (K3) Di Perusahaan Panca Jaya. JEMAP (2020) 2(2) 267

NIOSH. (2018). Silica, Crystalline. National Institute for Occupational Safety and Health.

NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health). (2019). Criteria for a Recommended Standard: Occupational Exposure to Hand-Arm Vibration.

Nissa Un, Amalia S. (2018). Pengaruh Keselamatan dan Kesehatan Kerja terhadap Kinerja Karyawan. Jurnal Riset Bisnis dan Investasi, 3(3), 69.

Nofirza, N., Sulaiman, F., & Purnamasari, Y. (2016). Kajian Ergonomi Postur Kerja untuk mencegah Gangguan Muskuloskeletal . Gudang UIN Sumatera Utara.

Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (2016). Safety and Health Program Management Guidelines. U.S. Department of Labor.

Pambudi, P. E., & Kristiyana, S. (2021). Alat Penghindar Kecelakaan Akibat Sengatan Arus Listrik Pada Instalasi Listrik Tegangan 220 Volt. Seminar ABDIMAS INDONESIA. https://eprints.akprind.ac.id/747/%0Ahttps://eprints.akprind.ac.id/747/1/Jurnal Proteksi sengatan arus listrik.pdf

Ponda, H. Fatma, N.F (2019). Identifikasi Bahaya, Penilaian Dan Pengendalian Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Departemen Foundry Pt. Sicamindo. Journal Heuristic .

Pramuditta, L., & Kunaefi, T. D. (2016). Pengaruh Paparan Getaran Mesin Terhadap Kelelahan Dan Hand Arm Vibration Syndrome (Havs) Pada Pekerja Di Industri Beton Pracetak (Studi Kasus PT SCG Pipe And Precast Indonesia). Jurnal Tehnik Lingkungan, 22(2), 42–51. https://doi.org/10.5614/j.tl.2016.22.2.5

Punnett, L., & Wegman, D. H. (2004). Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate. Journal of Electromyography and Kinesiology, 14(1), 13-23.

Putra, I., Yuliana, N. P. I., & Sukarmawati, Y. (2022). Analisis Biaya K3 Pada Pekerjaan Mekanikal Elektrikal Plumbing Pada Proyek Konstruksi Perumahan Sadana. 00, 1–7.

Putri, AD, & Sari, NM (2022). Analisis Faktor Penyebab Terpeleset di Lokasi Konstruksi. Jurnal Keselamatan dan Kesehatan Kerja , 8(1), 45-52.

Pratiwi (2021). Jurnal kesehatan kerja. Poli teknik kesehatan (2021) 12-25.

R. Ariyani, dkk (2021). Analisa Potensi Kecelakaan Kerja Pada Pt. Pln (Persero) Sumbawa Menggunakan Metode Hazard and Operability Study (Hazop). JurnalIndustri&TeknologiSamawa.

Rahmawati, D., & Santoso, B. (2018). Implementation of work permits and safety procedures in high-altitude work. Jurnal Keselamatan dan Kesehatan Kerja Indonesia, 6(3), 112-120.

Rahman, F., Abdullah, M., & Santoso, B. (2019). Substitusi peralatan manual dengan mekanis untuk meningkatkan keselamatan kerja. Jurnal Keselamatan dan Kesehatan Kerja Indonesia, 7(2), 78-86.

Rama, H. F. S., & Bhaskara, A. (2022). Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Pada Proyek Pembangunan Dengan Metode Fmea Dan Hazop. Rang Teknik Journal, 5(1), 110–115. https://doi.org/10.31869/rtj.v5i1.2844

Rika Widianita, D. (2023). Risiko Kesehatan Paparan Kerja Terhadap Bahan Kimia Beracun Di Tempat Kerja Tambang Batubara Ahmad. AT-TAWASSUTH: Jurnal Ekonomi Islam, VIII(I), 1–19.

Rumah Struktur. (2023). Panduan Keselamatan Kerja dalam Proyek MEP. Diakses dari https://rumahstruktur.co.id/panduan-keselamatan-kerja-dalam-proyek-mep/

Rosento, R. Resti Y. dkk (2021). Pengaruh Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Terhadap Produktivitas Kerja Karyawan (2021) 2/.

Salsabila, N. N., Dihartawan, Saputra, N. (2020). Analisis Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) pada pekerja informal pabrik dimsum. Jurnal Keperawatan dan Kesehatan Masyarakat, 9(2), 169–179.

Sanders, M. S., & McCormick, E. J. (1993). Human Factors in Engineering and Design (7th ed.).

McGraw-Hill.
Sari, D., & Nugroho, H. (2019). Pengaruh metode penyimpanan material terhadap keselamatan kerja di industri manufaktur . Jurnal Keselamatan dan Kesehatan Kerja Indonesia, 6(1), 45-54.
Sugiyono. 2012. Metode Penelitian Kombinasi (Mix Methods). Bandung: Alfabeta.
Sutanto, A., & Wijaya, B. (2019). Implementation of standard operating procedures and training to reduce workplace accidents in material handling. Jurnal Keselamatan dan Kesehatan Kerja Indonesia, 7(2), 78-86.
Syarifuddin, S. Anwar, A. Indori, P (2020). Analisis Kesehatan Dan Kecelakaan Kerja Dengan Metode Fault Tree Analysis (Fta) Pada Area Stasiun Pengumpul Di Pt Pertamina Ep Asset 1 Rantau Field. Industrial Engineering Journal (2020) 9(2).
Sholihah, M. (2020). Hubungan Paparan Debu Dengan Faal Paru Pekerja Di PT Konstruksi X. Universitas Airlangga.Skripsi
Tarwaka. (2014). Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3): Manajemen dan Implementasi K3 di Tempat Kerja (Edisi 2). Surakarta: Harapan Press.
Teknologi, i. (2025). Analisis faktor-faktor penyebab kecelakaan akibat kerja pada pekerja konstruksi : literature review analysis of factors causing work-related accidents in construction workers : literature review. 1(1).
Tri, B., Putra, P., Yang, F., Kesadaran, M., Terhadap, P., Kecelakaan, P., Di, K., Kontruksi, B., Perkapalan, P., Surabaya, N., Hamid, I. M., Syamzidan, M., Politeknik, R., Negeri, P., Fu'ad, S., Politeknik, A., Denny, S., & Radianto, O. (2023). Faktor Yang Memperngaruhi Kesadaran Pekerja Terhadap Pelaporan Kecelakaan Kerja Di Bidang Kontruksi. Journal of Student Research (JSR), 1(4), 207–214.
Wang, L., & Li, H. (2020). Engineering controls for fall prevention in elevated work areas. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 26(3), 450-459.
Wibisono, M. A., & Jawwad, M. A. S. (2024). Analisis dan Upaya Preventif Risiko Tingkat Kebisingan Pekerjaan MEP (Mechanical, Electrical, Plumbing) Konstruksi Rumah Susun di Ibu Kota Negara. Konstruksi: Publikasi Ilmu Teknik, Perencanaan Tata Ruang Dan Teknik Sipil, 2(3), 100–109.
Widodo, A., & Susanto, D. (2019). Pengaruh sistem penyangga pipa terhadap pencegahan kecelakaan kerja. Jurnal Teknik Konstruksi, 17(1), 23-31.
Wulandari, S. (2020). Penggunaan penyangga punggung sebagai alat pelindung diri: Manfaat dan batasan. Jurnal Keselamatan dan Kesehatan Kerja, 8(1), 56-63.
Yuda, H.N (2019). Pengaruh debu bauksit sebagai substitusi material, Universitas Islam Indonesia. Skrispi
Zeinfahmi, dkk. (2019). Penilaian dan Pengendalian Risiko Kecelakaan Pada Pekerjaan Atap di Gedung Bertingkat. Jurnal Pengembangan Humaniora dan Rekayasa , 2(2), 83-93.