

Analisis Kecelakaan Fatal Akibat *Fatigue* pada Operator Alat Berat di Sektor Pertambangan dengan Pendekatan *Human Factors Analysis and Classification System* (HFACS)

Aulia Erid Angelica^{1*} Baiduri Widanarko²

^{1,2}Departemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia

Abstrak

Tingginya risiko kecelakaan fatal akibat kelelahan kerja (*occupational fatigue*) dan *micro-sleep* pada operator alat berat di sektor pertambangan menuntut analisis mendalam terhadap interaksi berbagai faktor sistemik organisasi guna merumuskan kebijakan manajemen keselamatan yang lebih efektif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor penyebab kecelakaan fatal yang melibatkan operator alat berat dengan menyoroti peran *fatigue* dalam konteks sistem keselamatan kerja di sektor pertambangan. Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus kualitatif dengan menganalisis satu kasus kecelakaan fatal berdasarkan dokumen Berita Acara Pemeriksaan (BAP) yang terjadi pada April 2019. Analisis dilakukan menggunakan kerangka *Human Factors Analysis and Classification System* (HFACS) untuk mengidentifikasi faktor penyebab kecelakaan pada berbagai level sistem, mulai dari tindakan operator hingga pengaruh organisasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa kecelakaan dipicu oleh hilangnya kewaspadaan akibat *micro-sleep* yang berkaitan dengan kondisi kelelahan operator. Kondisi tersebut diperburuk oleh kurangnya waktu istirahat sebelum bekerja, mekanisme pelaporan kesiapan kerja yang bersifat subjektif, kelemahan dalam pengawasan operasional, serta tidak adanya sistem manajemen kelelahan yang terstruktur dalam organisasi. Temuan penelitian menunjukkan bahwa kecelakaan yang berkaitan dengan *fatigue* tidak hanya disebabkan oleh faktor individu, tetapi juga dipengaruhi oleh kelemahan sistemik dalam pengelolaan keselamatan kerja. Oleh karena itu, pengendalian risiko kelelahan memerlukan pendekatan yang terintegrasi melalui penguatan sistem manajemen kelelahan, peningkatan kualitas supervisi, serta pengembangan budaya keselamatan yang mendukung pelaporan kondisi *fatigue* secara terbuka.

Kata Kunci: *Fatigue risk management*, HFACS, Kecelakaan alat berat, Kelelahan kerja, Keselamatan kerja

Abstract

The high risk of fatal accidents resulting from occupational fatigue and micro-sleep among heavy equipment operators in the mining sector demands a profound analysis of the interactions among various organizational systemic factors to formulate more effective safety management policies. This study aims to analyze the contributing factors of fatal accidents involving heavy equipment operators by highlighting the role of fatigue within the context of the occupational safety system in the mining sector. This study utilized a qualitative case study approach by analyzing a single fatal accident case based on the official Investigation Report (BAP) that occurred in April 2019. The analysis was conducted using the Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) framework to identify accident causal factors across various system levels, ranging from operator actions to organizational influences. The results of the analysis indicate that the accident was triggered by a loss of alertness due to micro-sleep associated with the operator's fatigue. This condition was exacerbated by inadequate rest time prior to work, a subjective fitness-for-duty reporting mechanism, deficiencies in operational supervision, and the absence of a structured fatigue management system within the organization. The research findings demonstrate that fatigue-related accidents are not merely caused by individual factors but are also influenced by systemic flaws in safety management. Therefore, fatigue risk mitigation requires an integrated approach through strengthening the fatigue management system, improving the quality of supervision, and developing a safety culture that supports open reporting of fatigue conditions.

Keywords: *Fatigue risk management*, Heavy equipment accidents, HFACS, Occupational fatigue, Occupational safety

Pendahuluan

Sektor pertambangan dikenal sebagai salah satu sektor industri dengan tingkat risiko keselamatan kerja yang tinggi. Aktivitas operasional yang melibatkan penggunaan alat berat, sistem kerja *shift*, serta jam kerja yang panjang dapat meningkatkan potensi terjadinya kecelakaan kerja. Salah satu faktor yang sering dikaitkan dengan kecelakaan kerja pada sektor

*Korespondensi:

Aulia Erid Angelica, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia, Jl. Lingkar Kampus Raya Universitas Indonesia, Kota Depok, Jawa Barat, 16424. Email : aulia.erid@ui.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.70304/jmsi.v5i02.121>

Copyright © 2026, Jurnal Masyarakat Sehat Indonesia, E-ISSN: 2828-1381, P-ISSN: 2828-738X

ini adalah kelelahan kerja (*occupational fatigue*) yang dapat menurunkan kewaspadaan serta kemampuan pengambilan keputusan pekerja⁽¹⁾. Kondisi ini diperparah oleh tingginya tuntutan beban kerja di area pit tambang. Studi terbaru oleh Beribe dan Susilowati menunjukkan bahwa beban kerja yang masif berkorelasi linier dengan tingkat kelelahan, di mana ditemukan sekitar 92,35% pekerja pertambangan batubara mengalami gejala kelelahan akibat tingginya target operasional dan paparan lingkungan kerja yang monoton⁽²⁾.

Fatigue merupakan kondisi penurunan kapasitas fisik dan mental yang disebabkan oleh kurangnya waktu istirahat, jam kerja yang panjang, atau gangguan pola tidur⁽³⁾. Kekurangan tidur dapat secara signifikan memengaruhi fungsi kognitif, memperlambat waktu reaksi, serta meningkatkan risiko kesalahan operasional pada pekerjaan yang membutuhkan tingkat kewaspadaan tinggi⁽⁴⁾. Dampak kelelahan terhadap peningkatan kesalahan operasional ini didukung oleh temuan Yeow *et al.*, yang menyatakan bahwa sebesar 48,8% dari kesalahan manusia (*human error*) di lingkungan industri dipicu oleh kombinasi antara faktor kelelahan, stres, repetisi kerja, serta kondisi lingkungan kerja. Dalam kondisi tertentu, *fatigue* juga dapat memicu terjadinya *micro-sleep*, yaitu episode tidur singkat yang terjadi secara tidak sadar dan dapat berlangsung selama beberapa detik. Pada pekerjaan yang melibatkan pengoperasian kendaraan atau alat berat, kondisi ini dapat menimbulkan risiko kecelakaan yang serius.

Dalam kajian keselamatan modern, kecelakaan kerja tidak lagi dipahami sebagai akibat dari kesalahan individu semata. Sebaliknya, kecelakaan kerja dipandang sebagai hasil dari interaksi berbagai faktor dalam sistem organisasi yang meliputi kondisi kerja, praktik pengawasan, serta kebijakan manajemen⁽⁵⁾. Oleh karena itu, analisis kecelakaan memerlukan pendekatan yang mampu mengidentifikasi faktor penyebab pada berbagai tingkat organisasi. Sebagai bukti empiris di Indonesia, penelitian oleh Dahlan dan Widanarko pada sektor industri berisiko tinggi menunjukkan bahwa kelelahan kerja (baik akut maupun kronis) memiliki korelasi negatif yang signifikan terhadap performa pekerja. Kelelahan tersebut secara nyata meningkatkan perilaku berisiko (*at-risk behaviors*) di lapangan, dengan bentuk yang paling sering dilaporkan meliputi bekerja dalam kondisi mengantuk, terburu-buru, salah mengambil keputusan, hingga kecenderungan mengambil jalan pintas (*shortcut*) atau melompati urutan prosedur kerja yang krusial⁽⁶⁾. Hal ini dipertegas oleh Susanto dan Pasaribu yang menemukan bahwa tindakan tidak aman (*unsafe actions*) pada operator tambang berakar dari akumulasi kelelahan fisik yang berinteraksi dengan lemahnya pengawasan di lapangan serta kurangnya kepatuhan terhadap prosedur keselamatan akibat penurunan konsentrasi⁽⁷⁾.

Salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam analisis kecelakaan adalah *Human Factors Analysis and Classification System* (HFACS), yang dikembangkan oleh Shappell dan Wiegmann. Kerangka HFACS memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi faktor penyebab kecelakaan pada beberapa level sistem, mulai dari tindakan tidak aman yang dilakukan oleh operator hingga faktor organisasi yang berkontribusi terhadap terbentuknya kondisi tersebut⁽⁸⁾.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor penyebab kecelakaan fatal yang melibatkan operator alat berat dengan menyoroti peran kelelahan kerja serta faktor-faktor sistemik yang berkontribusi terhadap terjadinya insiden tersebut. Dalam taksonomi HFACS, kelelahan kerja ditempatkan sebagai bagian dari *Preconditions for Unsafe Acts* (Kondisi Prasyarat Tindakan Tidak Aman). Melalui pendekatan ini, kegagalan operator di lapisan terbawah dapat dirunut ke atas hingga mencapai kegagalan manajemen, seperti belum optimalnya implementasi program audit pencegahan kelelahan kerja (*Fatigue Risk Management System*) di tingkat organisasi⁽⁹⁾.

Metode

Penelitian ini menerapkan metode studi kasus tunggal (*single case study*) dengan menganalisis satu kasus kecelakaan fatal berdasarkan dokumen Berita Acara Pemeriksaan (BAP) yang terjadi pada April 2019. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan eksplorasi

secara komprehensif terhadap interaksi antara faktor individu, operasional, dan organisasi yang berkontribusi dalam insiden di sektor pertambangan. Kasus yang dikaji secara spesifik adalah insiden tabrakan belakang (*rear-end collision*) yang melibatkan dua unit *rigid dump truck* Komatsu HD785 milik PT B, selaku mitra kerja kontraktor di area operasional tambang batubara terbuka PT K di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur. Insiden tersebut terjadi pada hari Sabtu, 27 April 2019, sekitar pukul 03.58–04.02 WITA pada giliran kerja (*shift*) malam, tepatnya di jalur aktif berjarak 72 meter dari *Front Loading Excavator* PC2000-25 Pit Roto Selatan Sektor C4. Kasus ini dipilih sebagai subjek studi karena memiliki kompleksitas interaksi yang kuat antara kondisi fisiologis individu berupa hilangnya kewaspadaan akibat fenomena *micro-sleep* pada kedua operator dengan berbagai kelemahan sistemik organisasi, seperti manipulasi data kesiapan kerja (*fit-for-duty*), deviasi pengawasan operasional di lapangan, serta belum adanya kebijakan manajemen kelelahan yang terstruktur.

Seluruh data tekstual, kronologi kejadian, hasil wawancara saksi, dan temuan klinis yang tercantum dalam dokumen BAP tersebut ditelaah dan diklasifikasikan menggunakan kerangka kerja *Human Factors Analysis and Classification System* (HFACS) melalui pendekatan pengodean kualitatif berbasis teori (*theory-driven qualitative coding*). Proses *coding* dilakukan dengan mengacu pada definisi operasional masing-masing kategori dalam kerangka HFACS untuk memastikan konsistensi klasifikasi data. Kodifikasi dilakukan secara bertahap untuk mengidentifikasi faktor penyebab kecelakaan pada empat tingkatan sistem penunjang keselamatan kerja, yaitu tindakan tidak aman (*unsafe acts*), kondisi prasyarat tindakan tidak aman (*preconditions for unsafe acts*), pengawasan tidak aman (*unsafe supervision*), hingga pengaruh organisasi (*organizational influences*).

Selain pengodean kualitatif, dilakukan pula penghitungan frekuensi kemunculan setiap kategori faktor untuk memberikan gambaran kontribusi relatif dari masing-masing level dalam kerangka HFACS. Pendekatan ini digunakan sebagai bentuk analisis semi-kuantitatif guna memperkuat interpretasi hasil dalam studi kasus. Guna memperkuat keabsahan analisis, hasil interpretasi berbasis dokumen ini diintegrasikan dengan dukungan teoritis (*theoretical support* atau *literature-based interpretation*) dari berbagai literatur ilmiah bereputasi terkait *fatigue*, manajemen kelelahan kerja, serta pengelolaan keselamatan dalam industri berisiko tinggi^{(1),(10)}.

Hasil

Berdasarkan hasil penelaahan terhadap dokumen resmi Berita Acara Pemeriksaan (BAP) Investigasi Kecelakaan Tambang berakibat Mati yang diterbitkan oleh Direktorat Teknik dan Lingkungan Minerba tertanggal 01 Mei 2019, penelitian ini menganalisis satu kasus kecelakaan fatal yang terjadi pada April 2019. Dokumen legal deskriptif hasil investigasi bersama ini merekonstruksi secara faktual bahwa kecelakaan tersebut melibatkan dua unit alat berat yang beroperasi di area tambang, yaitu *haul truck* yang dikendarai oleh operator dan unit alat berat lainnya yang berada pada jalur operasional yang sama. Insiden terjadi ketika *haul truck* bergerak tanpa adanya respons pengendalian yang memadai sehingga menabrak unit alat berat di depannya, yang mengakibatkan kecelakaan fatal bagi operator.

Hasil investigasi menunjukkan bahwa sebelum kejadian, operator diduga mengalami kondisi penurunan kewaspadaan saat mengoperasikan kendaraan. Berdasarkan keterangan yang tercantum dalam dokumen investigasi, operator kemungkinan mengalami *micro-sleep*, yaitu kondisi tidur singkat yang terjadi secara tidak sadar dalam waktu beberapa detik. Kondisi ini menyebabkan operator kehilangan kemampuan untuk merespons situasi operasional secara tepat pada saat kendaraan sedang berjalan. Fenomena *micro-sleep* diketahui berkaitan erat dengan kondisi kelelahan kerja yang dapat menurunkan tingkat kewaspadaan serta kemampuan kognitif pekerja.

Analisis lebih lanjut terhadap kondisi operator sebelum bekerja menunjukkan adanya indikasi kurangnya waktu istirahat yang memadai. Kurang tidur atau kualitas tidur yang buruk dapat menyebabkan penurunan konsentrasi, memperlambat waktu reaksi, serta meningkatkan kemungkinan terjadinya kesalahan operasional, terutama pada pekerjaan yang membutuhkan tingkat kewaspadaan tinggi seperti pengoperasian kendaraan atau alat berat. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kelelahan kerja menjadi salah satu faktor penting yang berkontribusi terhadap terjadinya kecelakaan dalam kasus ini.

Untuk memahami faktor penyebab kecelakaan secara lebih komprehensif, analisis dilakukan menggunakan kerangka *Human Factors Analysis and Classification System* (HFACS) yang memungkinkan identifikasi faktor penyebab kecelakaan pada berbagai level sistem organisasi. Melalui pendekatan ini, kecelakaan tidak hanya dipahami sebagai akibat dari tindakan individu, tetapi juga sebagai hasil dari interaksi berbagai faktor dalam sistem kerja.

Pada level tindakan tidak aman (*unsafe acts*), kecelakaan dipicu oleh hilangnya kendali operator terhadap kendaraan yang dioperasikannya. Kondisi tersebut diduga terjadi karena operator mengalami *micro-sleep* saat mengemudikan *haul truck* sehingga tidak mampu merespons kondisi di depannya secara tepat waktu. Akibatnya, kendaraan terus bergerak tanpa adanya tindakan pengendalian yang memadai hingga akhirnya terjadi tabrakan dengan unit alat berat lain yang berada di jalur operasional.

Pada level *preconditions for unsafe acts*, kondisi kelelahan operator menjadi faktor yang memengaruhi terjadinya tindakan tidak aman tersebut. Informasi yang diperoleh dari dokumen investigasi menunjukkan bahwa operator tidak memiliki waktu istirahat yang cukup sebelum memulai pekerjaan. Kurangnya waktu tidur dapat mengganggu fungsi kognitif dan menurunkan kemampuan pekerja dalam mempertahankan kewaspadaan selama bekerja, sehingga meningkatkan risiko terjadinya kesalahan operasional.

Selain faktor individu, analisis juga menunjukkan adanya kelemahan pada level *unsafe supervision*. Dalam kasus ini, pengawasan operasional tidak berjalan secara optimal karena supervisor tidak berada di lokasi kerja pada saat kejadian. Fungsi pengawasan sebagian didelegasikan kepada pekerja lain yang tidak memiliki otoritas formal sebagai pengawas. Kondisi ini menunjukkan adanya keterbatasan dalam sistem supervisi yang berpotensi meningkatkan risiko terjadinya tindakan tidak aman di lapangan.

Pada level pengaruh organisasi (*organizational influences*), beberapa faktor organisasi turut berkontribusi dalam menciptakan kondisi yang memungkinkan terjadinya kecelakaan. Salah satu faktor yang teridentifikasi adalah sistem insentif yang berorientasi pada pencapaian target produksi. Sistem tersebut berpotensi mendorong pekerja untuk tetap bekerja meskipun dalam kondisi kelelahan demi mempertahankan produktivitas kerja. Selain itu, tidak ditemukan adanya sistem manajemen kelelahan yang terstruktur dalam organisasi yang secara khusus dirancang untuk mengidentifikasi, memantau, dan mengendalikan risiko *fatigue* pada pekerja.

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa kecelakaan yang terjadi tidak hanya dipicu oleh kesalahan individu, tetapi juga dipengaruhi oleh berbagai faktor sistemik yang melibatkan kondisi pekerja, praktik pengawasan, serta kebijakan organisasi. Temuan ini sejalan dengan konsep kecelakaan organisasi yang menyatakan bahwa insiden keselamatan kerja umumnya merupakan hasil dari interaksi berbagai kelemahan dalam sistem keselamatan kerja, bukan semata-mata akibat kesalahan manusia.

Pembahasan

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa kelelahan kerja memiliki peran penting dalam terjadinya kecelakaan fatal yang dianalisis. Kondisi *micro-sleep* yang dialami operator menunjukkan adanya tingkat kelelahan yang tinggi akibat kurangnya waktu istirahat sebelum

bekerja. Kondisi ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa kurang tidur secara signifikan meningkatkan risiko kesalahan operasional dan kecelakaan kerja ^{(4),(11)}.

Selain faktor individu, penelitian ini juga mengidentifikasi adanya kelemahan dalam sistem pengawasan operasional. Ketidakhadiran supervisor di lokasi kerja serta delegasi pengawasan kepada pekerja lain yang tidak memiliki otoritas formal menunjukkan adanya *inadequate supervision*, yang dalam kerangka HFACS dikategorikan sebagai salah satu faktor laten yang dapat berkontribusi terhadap terjadinya kecelakaan ⁽⁸⁾.

Temuan lain yang penting adalah pengaruh sistem insentif terhadap perilaku pekerja. Dorongan untuk mencapai target produksi dapat membuat pekerja cenderung mengabaikan kondisi kelelahan yang mereka alami. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem insentif yang terlalu berfokus pada produktivitas tanpa mempertimbangkan aspek keselamatan dapat meningkatkan risiko kelelahan dan kecelakaan kerja

Dalam konteks manajemen keselamatan modern, pendekatan yang lebih proaktif diperlukan untuk mengendalikan risiko kelelahan kerja. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan adalah *Fatigue Risk Management System (FRMS)*, yaitu sistem manajemen yang dirancang untuk mengidentifikasi, memantau, dan mengendalikan risiko kelelahan secara sistematis dalam organisasi ⁽¹⁰⁾.

Selain pendekatan manajerial, penggunaan teknologi juga dapat membantu dalam mendeteksi kondisi kelelahan pekerja secara lebih objektif. Sistem deteksi kewaspadaan berbasis sensor dalam kendaraan telah terbukti mampu mengidentifikasi tanda-tanda kelelahan operator dan memberikan peringatan dini sebelum terjadi kecelakaan.

Budaya organisasi juga memiliki peran penting dalam pengelolaan risiko kelelahan. Lingkungan kerja yang tidak mendukung pelaporan kondisi kelelahan secara jujur dapat menyebabkan pekerja menyembunyikan kondisi mereka karena takut dianggap tidak produktif. Oleh karena itu, pengembangan *just culture* yang mendorong keterbukaan dan pembelajaran dari kesalahan menjadi faktor penting dalam membangun sistem keselamatan yang efektif.

Kesimpulan

Penelitian ini menganalisis secara mendalam faktor penyebab kecelakaan fatal pada operator alat berat dengan menempatkan kelelahan kerja (*fatigue*) sebagai bentuk kegagalan sistem dalam keselamatan pertambangan. Melalui kerangka kerja *Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)*, studi ini memberikan bukti nyata bahwa fenomena *micro-sleep* di lapangan bukanlah sekadar kelalaian individu (*active failure*). Sebaliknya, hilangnya kesadaran sesaat tersebut merupakan ujung dari akumulasi kelemahan laten yang berakar dari kebijakan organisasi. Justifikasi ilmiah dalam riset ini memperlihatkan adanya kontradiksi yang nyata: di satu sisi ada prosedur keselamatan, namun di sisi lain, target produksi berbasis *Hour Meter* justru menekan operator untuk mengabaikan kondisi fisik mereka hingga memanipulasi data kesiapan kerja (*fit-for-duty*). Ketika kejujuran dalam pelaporan *fatigue* kalah oleh tuntutan produktivitas, dan diperparah oleh longgarnya pengawasan pada jam-jam kritis subuh, maka runtuhnya lapisan pertahanan keselamatan menjadi sulit dihindari.

Implikasi dari studi ini mengarah pada pentingnya mengubah paradigma manajemen kelelahan tradisional yang pasif menjadi lebih proaktif dalam industri risiko tinggi. Berdasarkan hasil analisis, intervensi konkret yang dapat direkomendasikan adalah evaluasi ulang sistem insentif produksi agar selaras dengan waktu istirahat operator, serta pemanfaatan teknologi pemantauan waktu-nyata (*real-time fatigue detection devices*) untuk mencegah kecelakaan sebelum terjadi fatalitas. Meski demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan karena baru berbasis pada studi kasus tunggal. Oleh karena itu, pengembangan riset selanjutnya disarankan untuk memperluas cakupan pada variasi kasus operasional yang berbeda, serta menguji efektivitas integrasi sistem deteksi berbasis kecerdasan buatan (*AI-driven driver monitoring system*) demi menciptakan ekosistem keselamatan tambang yang lebih adaptif.

Saran

Berdasarkan hasil analisis yang telah dipaparkan, rekomendasi strategis yang diusulkan bagi organisasi berfokus pada tiga aspek utama. Pertama, implementasi *Fatigue Risk Management System* (FRMS) sebagai bagian integral dari sistem manajemen keselamatan perusahaan guna memfasilitasi penjadwalan kerja yang adaptif dan pemantauan risiko kelelahan secara berkesinambungan. Kedua, eskalasi efektivitas supervisi operasional alat berat, khususnya pada masa transisi *shift* malam, yang disertai dengan evaluasi komprehensif terhadap kebijakan insentif produktivitas agar tidak mengabaikan hak pemulihan sirkadian pekerja. Ketiga, akselerasi budaya keselamatan proaktif melalui penguatan transparansi sistem pelaporan kesiapan kerja (*fit-for-duty*), guna memastikan restrukturisasi iklim kerja yang aman di mana pekerja dapat melaporkan kondisi *fatigue* secara objektif tanpa adanya disinsentif atau konsekuensi negatif dari pihak manajemen.

Daftar Pustaka

1. Williamson A, Lombardi DA, Folkard S, Stutts J, Courtney TK, Connor JL. The link between fatigue and safety. *Accid Anal Prev*. 2011 Mar;43(2):498–515. doi:10.1016/j.aap.2009.11.011
2. Paulus Belan Beribe C, Hapsari Susilowati I. Pengaruh Faktor Risiko Kelelahan pada Pekerja Pertambangan Batu Bara di PT.X. *Jurnal Cahaya Mandalika*. 2024 Jan 17;3(3):1038.
3. Grandjean E. Fatigue in industry. *Occup Environ Med*. 1979 Aug 1;36(3):175–86. doi:10.1136/oem.36.3.175
4. Åkerstedt T, Wright KP. Sleep Loss and Fatigue in Shift Work and Shift Work Disorder. *Sleep Med Clin*. 2009 Jun;4(2):257–71. doi:10.1016/j.jsmc.2009.03.001
5. Reason J. *Managing the Risks of Organizational Accidents*. Routledge; 2016. doi:10.4324/9781315543543
6. Dahlan A, Widanarko B. A Study on the Impact of Occupational Fatigue on Human Performance among Oil and Gas Workers in Indonesia. *Kesmas: Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*. 2022 Feb 1;17(1). doi:10.21109/kesmas.v17i1.5390
7. Susanto A, Pasaribu GC. Faktor Tindakan Tidak Aman pada Pekerja Pertambangan: Tinjauan Literatur Sistematis The Factors Associated with Unsafe Actions on Mining Workers: Systematic Literature Review. *Jurnal Keselamatan Kesehatan Kerja dan Lingkungan [Internet]*. 2025;06(1):2025. Available from: <http://jk31.fkm.unand.ac.id/index.php/jk31/index>
8. Shappell SA, Wiegmann DA. *The Human Factors Analysis and Classification System-HFACS*. 2000.
9. Kurniawan AR, Setiawan DS, Tambunan RP. Pengembangan Sistem Analisa Data Kecelakaan untuk Industri Pertambangan dengan Menggunakan Metode Human Factor Analysis and Classification System (HFACS). *Indonesian Mining Professionals Journal*. 2024 Mar 28;5(2):71–82. doi:10.36986/impj.v5i2.117
10. Lerman SE, Eskin E, Flower DJ, George EC, Gerson B, Hartenbaum N, et al. Fatigue Risk Management in the Workplace. *J Occup Environ Med*. 2012 Feb;54(2):231–58. doi:10.1097/JOM.0b013e318247a3b0
11. Philip P, Sagaspe P, Moore N, Taillard J, Charles A, Guilleminault C, et al. Fatigue, sleep restriction and driving performance. *Accid Anal Prev*. 2005 May;37(3):473–8. doi:10.1016/j.aap.2004.07.007