

## Kelelahan Kerja pada Pekerja Tambang: Apa saja Faktor-faktornya? dan Bagaimana pengukurannya? (Systematic Literature Review pada Data Publikasi Internasional: 2019-2024)

Jenny Dwitha Ramdhani<sup>a</sup>, Tisa Meutia Soraya<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Praktisi Layanan Kesehatan, Kota Balikpapan, Indonesia

<sup>b</sup>Ked. Fisik dan Rehabilitasi Medik, Fakultas Kedokteran, Universitas Airlangga,  
Surabaya, Indonesia

\*[jdwitha@gmail.com](mailto:jdwitha@gmail.com)

**Kata Kunci:**  
kelelahan  
kerja, pekerja  
tambang,  
*systematic  
literature  
review*

**Abstrak.** Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kelelahan kerja pada pekerja tambang dan mengkaji model pengukurannya melalui tinjauan literatur sistematis dari publikasi internasional, khususnya lima tahun terakhir (2019-2024). Studi ini menggunakan metode *Systematic Literature Review (SLR)* pada database SCOPUS dan WoS, menghasilkan 13 artikel yang disinsentis. Hasil SLR menunjukkan bahwa faktor-faktor utama penyebab kelelahan kerja meliputi kurang tidur, beban kerja berat, shift kerja, kondisi lingkungan yang buruk seperti suhu tinggi dan kebisingan, serta kebiasaan individu. Pengukuran kelelahan menggunakan berbagai metode, baik objektif seperti *reaction time* dan detak jantung, maupun subjektif seperti kuesioner *Multidimensional Fatigue Inventory-20 (MFI)*, *NASA-TLX*, *Borg's Ratings of Perceived Exertion (RPE)*, dan *Karolinska sleepiness scale*. Rekomendasi penelitian mencakup intervensi komprehensif untuk mengurangi kelelahan dan meningkatkan kesejahteraan pekerja, seperti penyesuaian jadwal kerja, perbaikan kondisi kerja fisik, dan program kesehatan. Temuan ini menekankan pentingnya pendekatan multidimensi dalam penilaian kelelahan kerja dan mengarahkan penelitian masa depan pada pengembangan teknologi pemantauan kelelahan real-time yang lebih canggih serta eksplorasi perbedaan regional dan budaya dalam persepsi dan penanganan kelelahan kerja.

**Keywords:**  
*fatigue,  
mineworker,  
systematic  
literature  
review*

**Abstract.** The mining industry, which plays a significant role in national economies, faces substantial occupational health and safety challenges, with high rates of accidents and fatalities. This study aims to identify the factors causing work fatigue among mining workers and to evaluate the models used to measure it through a systematic literature review of international publications over the past five years (2019-2024). The study employed a *Systematic Literature Review (SLR)* methodology to filter articles from the SCOPUS and WoS databases, resulting in 13 relevant articles. The findings indicate that the primary factors contributing to work fatigue include lack of sleep, heavy workloads, shift work, poor environmental conditions such as high temperatures and noise, and individual habits. Fatigue measurement methods varied, encompassing both objective measures such as *reaction time* and *heart rate*, and subjective tools such as *Multidimensional Fatigue Inventory-20 (MFI)*, *NASA-TLX*, *Borg's Ratings of Perceived Exertion (RPE)*, and *Karolinska sleepiness scale*. Practice recommendations include comprehensive interventions to reduce fatigue and enhance worker well-being, such as adjusting work schedules, improving physical working conditions, and implementing health programs. The study underscores the importance of a multidimensional approach in assessing work fatigue.

© 2024 JACE. This work is licensed under CC -BY 4.0

## 1. PENDAHULUAN

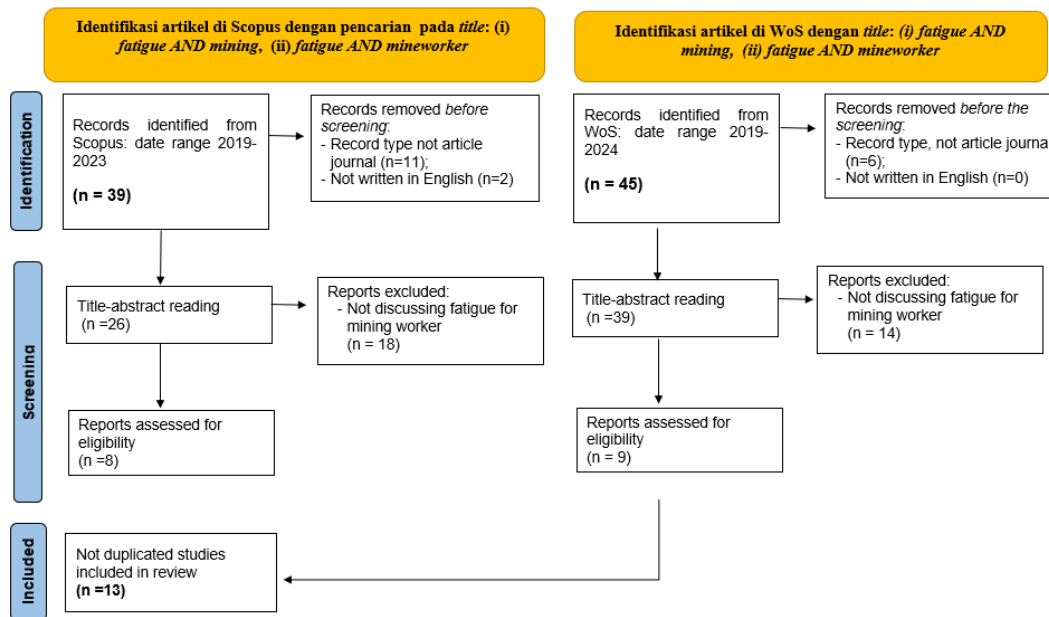
Industri pertambangan, selain memiliki peran yang besar dalam ekonomi negara, disisi lain memiliki tantangan kesehatan dan keselamatan kerja yang besar. Industri ini berpotensi menghasilkan angka kecelakaan yang tinggi, dalam bentuk cedera dan juga kematian (Florez-Salas et al., 2023). Sektor pertambangan memiliki tingkat rentang resiko kecelakaan kerja yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata di semua industri. Organisasi Perburuhan Internasional (ILO) mencatat bahwa meskipun pertambangan hanya mempekerjakan 1% dari tenaga kerja global, industri ini menyumbang 8% dari kematian terkait pekerjaan setiap tahunnya (Noraishah Ismail et al., 2021). Artinya, kelelahan kerja memiliki andil besar secara teori dan praktik terhadap resiko kecelakaan kerja pada industri pertambangan (T. Bauerle et al., 2018). Aktivitas yang berbahaya seperti pengeboran, peledakan, pemuatan, dan pengangkutan sangat berkontribusi terhadap tingginya angka fatalitas ini (Asare et al., 2023).

Penelitian tentang faktor dan dampak kelelahan kerja di industri pertambangan telah banyak dilakukan. Namun, studi yang menyajikan temuan komprehensif tentang faktor- faktor kelelahan kerja, dan bagaimana model pengukurannya di industri ini masih belum ditemukan, khususnya lima tahun terakhir. Ini penting dalam ranke melihat bagaimana trend terakhir peneliti memberikan perhatian pada topik ini. Untuk itu, penelitian ini akan menyajikan secara komprehensif faktor- faktor yang menjadi penyebab kelelahan kerja pada pekerja industri pertambangan, konteks pekerja yang menjadi subjek penelitian, serta model pengukuran kelelahan kerja pada pekerja tambang.

Studi ini dilakukan melalui tinjauan literatur sistematis atau *systematic literature review* dari database publikasi global (SCOPUS dan WoS) pada lima tahun terakhir (2019-2024). Pertanyaan penelitian yang akan dijawab dalam studi ini adalah: (i) apa saja konteks pekerja yang menjadi subjek penelitian kelelahan kerja pada pekerja di perusahaan tambang? (ii) apa faktor- faktor yang berperan dalam kelelahan kerja pada pekerja pertambangan? (iii) bagaimana cara pengukuran kelelahan kerja pada pekerja pertambangan?

## 2. METODE

Studi ini menggunakan metode tinjauan literatur sistematis atau *systematic literature review* (SLR) publikasi yang ada pada database SCOPUS dan WoS. Pencarian dilakukan terhadap artikel yang membahas faktor kelelahan kerja pada pekerja industri pertambangan. Pencarian dilakukan dengan menggunakan dua operator Boolean, yakni (i) “*fatigue AND mining*”, (ii) “*fatigue AND mineworker*”, pada menu pencarian judul artikel. Artikel berupa artikel jurnal, sedangkan artikel prosiding, dan chapter book dikesampingkan. Artikel khusus ditulis dalam Bahasa Inggris yang terbit pada periode tahun 2019 -2024. Pada pencarian awal, diperoleh 36 artikel di SCOPUS dan 44 di WoS. Kemudian dilakukan filtering dengan membaca judul dan abstrak untuk melihat kesesuaian isi artikel berdasarkan pertanyaan penelitian yang diajukan. Metode PRISMA (*Systematic Reviews and Meta-Analysis*) yang menggambarkan proses pencarian artikel tersaji dalam Gambar 1.



Gambar 1 Diagram PRISMA yang digunakan dalam SLR (diadaptasi dari Page et al., 2021)

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagaimana terlihat dalam Gambar 1, dari filtering terhadap 39 artikel awal yang ditemukan di database SCOPUS, 8 artikel digunakan untuk sistematik review. Sedangkan dari 45 artikel yang ditemukan dari database WoS, 9 digunakan untuk sistematik review. Total artikel akhir yang tak terduplikasi yang dihasilkan sebanyak 13 artikel, yang secara rinci terangkum dalam Tabel 1.

##### ***Pekerja Tambang yang menjadi Subjek Penelitian Kelelahan Kerja***

Penelitian mengenai kelelahan pekerja tambang telah dilakukan pada berbagai posisi kerja pada perusahaan tambang sebagai subjek penelitian. Stemn & Benyarku (2023) meneliti perspektif 1.131 pekerja tambang di lima tambang emas di Ghana mengenai kelelahan. Bauerle et al. (2022) melakukan tinjauan literatur tentang prevalensi dan mitigasi kelelahan pekerja tambang. Di Indonesia, Yekti & Muslim (2022) mengevaluasi 21 teknisi alat berat di dua bengkel tambang di Kalimantan, sementara Nurahma et al. (2022) meneliti hubungan antara beban kerja mental dan durasi tidur dengan kelelahan pada 123 operator Haul Dump Truck di tambang batu bara. Djamalus et al. (2021) mengevaluasi kelelahan mental 400 operator tambang batu bara di Kalimantan dan Sumatera setelah satu tahun pandemi COVID-19. Butlewski et al. (2020) menggunakan metodologi network thinking untuk memeriksa faktor-faktor kelelahan pekerja tambang. Mulyati et al. (2020) menganalisis kelelahan 28 operator high dump truck di perusahaan tambang Indonesia. Di Amerika Serikat, Drews et al. (2020) meneliti pengalaman dan manajemen kelelahan pada 44 operator alat angkut berat di Mountain West. Pelders & Nelson (2019) mempelajari kontributor kelelahan pada 154 pekerja tambang emas dan platinum di Afrika Selatan. Di China, Chen et al. (2023) menggunakan MPA-LSSVM untuk memantau kelelahan 20 pekerja tambang, sementara Chen et al. (2024) meneliti

tingkat kelelahan 6 pengemudi truk tambang berdasarkan fitur kardiovaskular dan otak. Li et al. (2022) mengukur kelelahan yang dipengaruhi oleh paparan kebisingan pada 13 pengemudi truk, dan Sun et al. (2022) menyelidiki efek kelelahan otak pada perhatian berkelanjutan 17 operator visual display.

### **Faktor Kelelahan Kerja yang Teridentifikasi pada Pekerja Tambang**

Penelitian tentang faktor-faktor penyebab kelelahan kerja pada pekerja tambang menunjukkan berbagai penyebab yang bervariasi sesuai dengan kondisi dan lokasi kerja. Stemn & Benyarku (2023) mengidentifikasi kurang tidur, pemulihan yang tidak tuntas, beban kerja, jam kerja, lingkungan kerja, pengerahan tenaga, lingkungan sosial, dan kebiasaan individu seperti merokok dan minum kopi sebagai faktor utama. Bauerle et al. (2022) mencatat bahwa tugas kerja yang monoton, lingkungan bawah tanah dan paparan cahaya, serta operasional kerja jarak jauh berkontribusi terhadap kelelahan. Yekti & Muslim (2022) menyoroti pergantian kerja dan kebugaran individu. Nurahma et al. (2022) menemukan bahwa umur, lama bekerja, dan durasi tidur mempengaruhi kelelahan. Djamalus et al. (2021) menyebut area kerja dan tingkat stres sebagai faktor kelelahan mental. Butlewski et al. (2020) menunjukkan suhu tinggi, kebisingan, getaran, udara miskin oksigen, gas tambang, kelembaban tinggi, dan organisasi kerja yang buruk sebagai penyebab. Mulyati et al. (2020) dan Drews et al. (2020) mencatat shift kerja dan jam kerja berlebih sebagai faktor penting. Pelders & Nelson (2019) mengidentifikasi faktor sosio demografi seperti umur, pendidikan, asal daerah, gaya hidup, serta faktor kesehatan, keselamatan, dan kesejahteraan termasuk riwayat penyakit dan stres. Chen et al. (2023) serta Chen et al. (2024) menemukan bahwa faktor pribadi seperti umur dan BMI, serta faktor lingkungan seperti suhu dan kelembaban relatif, memainkan peran signifikan. Li et al. (2022) menyoroti paparan kebisingan sebagai faktor utama, sementara Sun et al. (2022) menekankan kelelahan otak yang mempengaruhi perhatian berkelanjutan.

### **Model Pengukuran Kelelahan Kerja pada Pekerja Tambang**

Pengukuran kelelahan kerja pada pekerja tambang dilakukan dengan berbagai metode yang mencakup pendekatan objektif dan subjektif. Stemn dan Benyarku (2023) menggunakan item pertanyaan obyektif yang diukur saat dan setelah bekerja. Yekti dan Muslim (2022) mengukur kelelahan secara fisiologis dengan metode *reaction time*, sedangkan Nurahma et al. (2022) menggunakan kuisisioner yang diadopsi dari *NASA-TLX* untuk mengukur beban kerja mental. Djamalus et al. (2021) menggunakan kuisisioner dari *Multidimensional Fatigue Inventory-20 (MFI)*, dan Mulyati et al. (2020) menggabungkan kuisisioner dari *IFRC survey* dan data sekunder dari *Fatigue Likelihood Scoring (FLS)*. Drews et al. (2020) menggunakan *focus group discussion (FGD)* untuk memahami pengalaman dan manajemen kelelahan. Pelders dan Nelson (2019) menggabungkan kuisisioner yang diadaptasi dari beberapa skala kelelahan dengan FGD. Chen et al. (2023) mengukur tingkat kelelahan subjektif menggunakan skala *Borg's Ratings of Perceived Exertion (RPE)*, sementara Chen et al. (2024) menggabungkan parameter objektif seperti *effective working time (EWT)* dan parameter subjektif seperti *RPE*. Li et al. (2022) menggunakan gabungan parameter objektif (*reaction timer*) dan subjektif (kuisisioner), sedangkan Sun et al. (2022) menggunakan kombinasi parameter fisiologis objektif seperti *reaction time*, detak jantung, dan parameter subjektif dari *Karolinska Sleepiness Scale* untuk mengukur kelelahan otak operator tambang.

Tabel 1. Tinjauan Literatur Sistematis Kelelahan Kerja pada Pekerja Tambang: 2019-2024

No	Penelitian-judul	Subjek	Faktor kelelahan kerja yang ditemukan.	Pengukuran Kelelahan Kerja	Temuan
1	Stemn & Benyarku, (2023)- <i>Mineworkers' perspective of fatigue: A study of the Ghanaian mining industry</i>	1.131 pekerja tambang di lima pertambangan emas di Ghana.	(i) kurang tidur, (ii) pemulihan tidak tuntas, (iii) beban kerja, (iv) jam kerja, (v) lingkungan kerja, (vi) pengerahan tenaga, (vii) lingkungan sosial, (viii) kecenderungan individu (merokok, minum kopi dll)	Item pertanyaan obyektif, yang diukur saat sedang bekerja dan setelah bekerja.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tingkat kelelahan bervariasi di berbagai tambang, bahkan di dalam perusahaan yang sama.</li> <li>▪ Pekerja kontrak lebih rentan terhadap kelelahan.</li> </ul>
2	Bauerle et al., (2022)- <i>The human factors of mineworker fatigue: An overview on prevalence, mitigation, and what's next.</i>	Literatur review	Potensi sumber kelelahan yang unik pada pekerjaan tambang adalah (i) tugas kerja yang monoton (ii) lingkungan bawah tanah dan paparan cahaya, (iii) operasional kerja jarak jauh	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Evaluasi strategi mitigasi kelelahan kerja pekerja tambang adalah (i) penjadwalan shift dan pelatihan, (ii) sistem manajemen risiko kelelahan di pertambangan, (iii) pengawasan tidur dan kelelahan pekerja tambang, (iv) intervensi pencahayaan, dan (v) otomatisasi.</li> </ul>
3	Yekti, Y. N. D., Muslim, (2022)- <i>Mediating Effects of Fitness-For-Work on Fatigue for Mining (Heavy Equipment) Technicians in Indonesia.</i>	21 teknisi alat berat di dua bengkel yang ada di lokasi pertambangan di Kalimantan, Indonesia.	(i) Pergantian kerja ( <i>work-shift</i> ), (ii) kebugaran individu ( <i>individual-fitness</i> )	Pengukuran secara fisionologis dengan metode <i>reaction time</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Terdapat pengaruh tingkat kebugaran bekerja (<i>individual-fitness</i>) terhadap kelelahan kerja (<i>fatigue</i>), yang dimediasi oleh kebugaran kerja (<i>fitness-for-work</i>)</li> </ul>
4	Nurahma et al., (2022)- <i>The Relationship Between Mental Workload and Sleep Quantity with</i>	123 operator <i>Haul Dump Truck</i> yang bekerja dengan sistem kerja shift dengan	(i) umur, (ii) lama bekerja, (iii) lama tidur (<7 jam dan ≥ 7jam)	Kuisisioner kelelahan kerja yang diadopsi dari <i>National Aeronautics</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Umur, lama bekerja, dan lama tidur (&lt;7 jam dan ≥ 7jam)</li> </ul>

No	Penelitian-judul	Subjek	Faktor kelelahan kerja yang ditemukan.	Pengukuran Kelelahan Kerja	Temuan
	<i>Work Fatigue among Haul Dump Truck Operators in Coal Mining</i>	12 jam kerja, di perusahaan tambang batubara, Indonesia		<i>and Space Administration Task Load Index (NASA-TLX).</i>	memiliki korelasi dengan kelelahan kerja.
5	Djamalus et al., (2021)- <i>Mental fatigue and its associated factors among coal mining workers after one year of the COVID-19 pandemic in Indonesia.</i>	400 operator tambang batu bara di Indonesia, khususnya di Kalimantan dan Sumatera, Indonesia.	(i) Area kerja ( <i>hauling area</i> dan <i>pit area</i> ), (ii) tingkat stress.	Kuisisioner yang diadaptasi dari <i>Multidimensional Fatigue Inventory-20 (MFI)</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kondisi pit dan tingkat stres merupakan faktor dominan yang mempengaruhi kelelahan mental dan menjadi titik penanganan kelelahan mental pada operator pertambangan batubara di Kalimantan dan Sumatera.</li> </ul>
6	Butlewski et al., (2020)- <i>Use of the methodology of network thinking for a fatigue criteria investigation based on the example of mining companies.</i>	Studi ini menguji faktor-faktor kelelahan pekerja dengan menerapkan <i>network thinking methodology</i> .	(i) Suhu tinggi, (ii) kebisingan, (iii) getaran, (iv) udara miskin oksigen, (v) gas tambang, (vi) kelembaban tinggi, dan (vii) organisasi kerja yang buruk.	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Faktor-faktor aktif yang ditemukan dalam kelelahan kerja pekerja tambang yaitu suhu tinggi, kebisingan dan getaran, udara miskin oksigen dan gas pertambangan, kelembaban tinggi, dan organisasi kerja yang buruk.</li> </ul>
7	Mulyati et al., (2020)- <i>Fatigue Analysis of High Dump Truck Operators In Indonesia's Coal Mining Industry: A Case Study.</i>	28 operator <i>high dump truck</i> perusahaan tambang di Indonesia, dimana 14 bekerja pada shift siang dan 14 lainnya bekerja pada shift malam.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>IFRC survey</i>: shift kerja operator</li> <li>▪ <i>FLS</i>: jam kerja berlebih.</li> </ul>	<p><b>Gabungan</b></p> <p>(i) kuisisioner yang diadaptasi dari <i>Research Committee (IFRC) survey</i></p> <p>(ii) data sekunder <i>Fatigue Likelihood Scoring (FLS)</i> dari departemen <i>Safety Health Environment (SHE)</i> Department dan Human Resource Development <i>General Affair (HRDGA)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Berdasarkan <i>IFRC</i>, operator mengalami kelelahan rendah/ringan karena pengaruh tidak signifikan dari faktor-faktor terkait kelelahan</li> <li>▪ Berdasarkan <i>FLS</i>, tingkat kelelahan menunjukkan bahwa operator mengalami jam kerja berlebih.</li> </ul>

No	Penelitian-judul	Subjek	Faktor kelelahan kerja yang ditemukan.	Pengukuran Kelelahan Kerja	Temuan
8	Drews et al., (2020)- <i>The Experience and Management of Fatigue: A Study of Mine Haulage Operators.</i>	44 operator alat angkut berat di dua perusahaan pertambangan di Mountain West Amerika Serikat		<i>Focus group discussion (FGD)</i>	
9	Pelders & Nelson, (2019)- <i>Contributors to fatigue of mine workers in the South African gold and platinum sector.</i>	154 pekerja: 48 manajer, 23 serikat pekerja perwakilan, dan 83 pekerja tambang, di lima operasional tambang emas dan platinum di Afrika Selatan.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Faktor sosio demografi: umur, pendidikan, asal daerah, gaya hidup (merokok, hutang, alcohol, kebiasaan tidur, dll)</li> <li>▪ Faktor kesehatan, keselamatan dan kesejahteraan: kesehatan, riwayat penyakit, riwayat kecelakaan, kepuasan kerja, stress.</li> </ul>	Gabungan : (i) kuisisioner yang diadaptasi dari (a) <i>the Samne Perelli fatigue scale</i> , (b) <i>Karolinska sleepiness scale</i> , (c) <i>Falling asleep at work, sufficient sleep</i> , (ii) <i>focus group discussion (FGD)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kelelahan merupakan risiko terhadap kesehatan, keselamatan, kesejahteraan, dan produktivitas pekerja tambang.</li> <li>▪ Jam kerja yang diperpanjang merupakan penyebab utama kelelahan yang diidentifikasi oleh para peserta, namun kelelahan juga dikaitkan dengan karakteristik sosio-demografis, gaya hidup, kesehatan, dan kebugaran.</li> </ul>
10	Chen et al., (2023)- <i>Monitoring and detecting coal miners' fatigue status using MPA-LSSVM in the vision of smart mine</i>	20 pekerja di perusahaan tambang batubara Baoji City, propinsi Shaanxi, China.	(i) Umur, (ii) tinggi badan, (iii) berat badan, (iii) BMI, (iv) <i>heart rate (HR)</i> , (v) tekanan darah.	Tingkat kelelahan subjektif pekerja tambang dengan skala <i>Borg's Ratings of Perceived Exertion (RPE)</i> (Chen et al., 2023)	Model <i>Marine Predators Algorithm (MPA)</i> berbasis <i>Least Squares Support Vector Machine (LSSVM)</i> dapat secara akurat dan efektif mengidentifikasi status kelelahan pekerja tambang.
11	Chen et al., (2024)- <i>Research on the fatigue level of underground mine truck drivers with integration of cardiovascular and brain features</i>	6 orang laki-laki, berusia antara 28 dan 45 tahun, yang telah bekerja selama >5 tahun, di pertambangan batubara China.	(i) faktor lingkungan (yaitu suhu, kelembaban relatif, laju aliran udara, dan radiasi matahari), (ii) faktor pribadi (yaitu usia, lemak tubuh, konsumsi alkohol, dan kebiasaan merokok), dan (iii) faktor pekerjaan (misalnya jam kerja per hari dan intensitas kerja).	Gabungan (i) parameter objektif: <i>effective working time (EWT)</i> , (ii) parameter subjektif: <i>Rating of perceived exertion (RPE)</i>	Waktu kerja efektif merupakan indikator untuk menetapkan metode kuantitatif dalam menentukan keadaan kelelahan kerja di lingkungan paparan kebisingan berdasarkan evaluasi komprehensif sistem fuzzy.

No	Penelitian-judul	Subjek	Faktor kelelahan kerja yang ditemukan.	Pengukuran Kelelahan Kerja	Temuan
12	Li et al., (2022)- <i>Quantification study of working fatigue state affected by coal mine noise exposure based on fuzzy comprehensive evaluation.</i>	13 <i>truck driver</i> pada perusahaan pertambangan, yang tidak mengonsumsi kafein dan alkohol 24 jam terakhir, di China.	Paparan kebisingan	Gabungan (i) parameter objektif: <i>reaction timer</i> , (ii) parameter subjektif: kuisisioner.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tingkat kelelahan pengemudi truk tambang pada pukul 13.00 mengalami kelelahan paling parah.</li> <li>▪ Pengurangan jam kerja siang hari bagi pengemudi truk tambang bawah tanah dapat secara efektif mengurangi terjadinya kelelahan.</li> </ul>
13	Sun et al., (2022)- <i>An investigation of the effects of brain fatigue on the sustained attention of intelligent coal mine VDT operators.</i>	17 operator <i>visual display terminal (VDT)</i> di sebuah perusahaan tambang, di China.	-	Gabungan (i) parameter objektif fisiologis: <i>reaction time</i> , tingkat kesalahan, durasi tugas, frekuensi fusi kedipan, detak jantung, aktivitas elektrodermal, dan frekuensi berkedip, (ii) parameter subjektif: kuisisioner <i>Karolinska Sleepiness Scale</i>	Terdapat penurunan efisiensi operasional dan keselamatan operator VDT di tambang akibat kelelahan otak, yang memperkaya penelitian di bidang kelelahan otak dalam operasional VDT.



### ***Kontribusi Praktis-Teoritis dan Potensi Penelitian Dimasa Depan***

Implikasi praktis dari penelitian tentang kelelahan kerja pada pekerja tambang terkait dengan perlunya intervensi yang komprehensif untuk mengurangi kelelahan dan meningkatkan kesejahteraan pekerja disektor pertambangan. Identifikasi faktor-faktor seperti kurang tidur, beban kerja berat, shift kerja, kondisi lingkungan yang buruk, dan kebiasaan individu menunjukkan bahwa manajemen perusahaan harus mengadopsi kebijakan yang mendukung kesehatan dan keselamatan kerja. Ini termasuk penyesuaian jadwal kerja untuk memastikan waktu istirahat yang cukup, perbaikan kondisi kerja fisik seperti ventilasi dan pengendalian suhu, serta program kesehatan yang mendorong gaya hidup sehat. Secara teoritis, temuan ini menambah pemahaman tentang berbagai faktor kelelahan kerja dan menekankan pentingnya pendekatan multidimensi dalam penilaiannya. Metode pengukuran yang beragam, dari kuesioner subjektif hingga pengukuran fisiologis, menunjukkan bahwa penilaian kelelahan harus menggabungkan berbagai alat untuk mendapatkan gambaran lengkap. Potensi penelitian di masa depan bisa fokus pada pengembangan teknologi pemantauan kelelahan real-time yang lebih canggih dan penelitian longitudinal untuk memahami efek jangka panjang dari berbagai intervensi. Selain itu, penelitian lebih lanjut dapat mengeksplorasi perbedaan regional dan budaya dalam persepsi dan penanganan kelelahan kerja, serta mengkaji efektivitas intervensi spesifik pada berbagai kelompok pekerja tambang di seluruh dunia.

### **5. KESIMPULAN**

Studi SLR ini memberikan gambaran bagaimana penelitian dilakukan dalam area kelelahan kerja pada pekerja tambang, khususnya dalam lima tahun terakhir. Faktor-faktor utama yang teridentifikasi meliputi kurang tidur, beban kerja berat, shift kerja, kondisi lingkungan yang buruk (seperti suhu tinggi, kebisingan, dan paparan gas tambang), serta kebiasaan individu. Studi ini juga menemukan bahwa metode pengukuran kelelahan kerja pada pekerja tambang menggunakan pendekatan yang beragam, mencakup alat objektif seperti reaction time dan detak jantung, serta kuisisioner subjektif seperti *Multidimensional Fatigue Inventory-20 (MFI)*, *NASA-TLX*, *Borg's Ratings of Perceived Exertion (RPE)*, dan *Karolinska sleepiness*. Implikasi praktis dari temuan ini menekankan pentingnya intervensi yang komprehensif untuk mengurangi kelelahan dan meningkatkan kesejahteraan pekerja, termasuk penyesuaian jadwal kerja, perbaikan kondisi kerja fisik, dan program kesehatan. Secara teoritis, temuan ini memperkaya pemahaman tentang multifasetnya kelelahan kerja dan menekankan pentingnya pendekatan multidimensi dalam penilaiannya. Penelitian di masa depan diharapkan dapat mengembangkan teknologi pemantauan kelelahan real-time yang lebih canggih, serta mengeksplorasi perbedaan regional dan budaya dalam persepsi dan penanganan kelelahan kerja, dan mengkaji efektivitas intervensi spesifik pada berbagai kelompok pekerja tambang di seluruh dunia.

### **6. DAFTAR PUSTAKA**

- Asare, B. Y.-A., Robinson, S., Powell, D., & Kwasnicka, D. (2023). Health and related behaviours of fly-in fly-out workers in the mining industry in Australia: a cross-sectional study. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 96(1), 105–120. <https://doi.org/10.1007/s00420-022-01908-x>
- Bauerle, T., Dugdale, Z., & Poplin, G. (2018). Mineworker fatigue: A review of what we know and future decisions. *Min Eng*, 70(3), 33. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5983045/>
- Bauerle, T. J., Sammarco, J. J., Dugdale, Z. J., & Dawson, D. (2022). The human factors of mineworker fatigue: An overview on prevalence, mitigation, and what's next. *American Journal of Industrial*

- Medicine*, 65(11), 832–839. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ajim.23301>
- Butlewski, M., Dahlke, G., Drzewiecka-Dahlke, M., Hankiewicz, K., Gorny, A., & Gajšek, B. (2020). Use of the methodology of network thinking for a fatigue criteria investigation based on the example of mining companies. *Tehnički Vjesnik*, 27(4), 1037–1043.
- Chen, Y., Li, S., Jiang, S., Liu, Y., & Chai, P. (2024). Research on the fatigue level of underground mine truck drivers with integration of cardiovascular and brain features. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 89, 105315.
- Chen, Y., Lu, C., Tian, S., Gu, Q., Jiang, S., Li, X., & Zou, Y. (2023). Monitoring and detecting coal miners' fatigue status using MPA-LSSVM in the vision of smart mine. *Process Safety and Environmental Protection*, 179, 774–783.
- Djamalus, H., Utomo, B., Djaja, I. M., & Nasri, S. M. (2021). Mental fatigue and its associated factors among coal mining workers after one year of the COVID-19 pandemic in Indonesia. *Kesmas: Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional (National Public Health Journal)*, 16(4).
- Drews, F. A., Rogers, W. P., Talebi, E., & Lee, S. (2020). The Experience and Management of Fatigue: A Study of Mine Haulage Operators. *Mining, Metallurgy & Exploration*, 37(6), 1837–1846. <https://doi.org/10.1007/s42461-020-00259-w>
- Florez-Salas, J. L. T., Ramos-Saira, E. M., Joo-García, C. E., Ramos-Alave, R., Del Carpio-Delgado, F., & Laura-De La Cruz, K. M. (2023). *Safety and Occupational Health Management System in Mining to Reduce Fatal Accidents in the Mining Industry BT - Perspectives and Trends in Education and Technology* (A. Mesquita, A. Abreu, J. V. Carvalho, C. Santana, & C. H. P. de Mello (eds.); pp. 57–67). Springer Nature Singapore.
- Li, B., Wang, E., Shang, Z., Xu, G., Ali, M., Wang, H., Wu, Q., & Niu, Y. (2022). Quantification study of working fatigue state affected by coal mine noise exposure based on fuzzy comprehensive evaluation. *Safety Science*, 146, 105577.
- Mulyati, T., Sentia, P. D., Maulana, A., & Erwan, F. (2020). FATIGUE ANALYSIS OF HIGH DUMP TRUCK OPERATORS IN INDONESIA'S COAL MINING INDUSTRY: A CASE STUDY. *Malaysian Journal of Public Health Medicine*, 20(Special1), 38–44.
- Noraishah Ismail, S., Ramli, A., & Abdul Aziz, H. (2021). Research trends in mining accidents study: A systematic literature review. *Safety Science*, 143, 105438. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105438>
- Nurahma, A. P., Paskarini, I., Dwiyantri, E., & Sutanto, S. (2022). The Relationship Between Mental Workload and Sleep Quantity with Work Fatigue among Haul Dump Truck Operators in Coal Mining. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 11(3), 333–342.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pelders, J., & Nelson, G. (2019). Contributors to fatigue of mine workers in the South African gold and platinum sector. *Safety and Health at Work*, 10(2), 188–195.
- Stemn, E., & Benyarku, C. A. (2023). Mineworkers' perspective of fatigue: A study of the Ghanaian mining industry. *Safety Science*, 162, 106095. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106095>
- Sun, L., Guo, Z., Yuan, X., Wang, X., Su, C., Jiang, J., & Li, X. (2022). An investigation of the effects of brain fatigue on the sustained attention of intelligent coal mine VDT operators. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17), 11034.
- Yekti, Y. N. D., Muslim, K. (2022). Mediating Effects of Fitness-For-Work on Fatigue for Mining (Heavy Equipment) Technicians in Indonesia. *Industrial Engineering & Management Systems*, 21(4), 547-556. <https://doi.org/10.7232/iems.2022.21.4.547>