

FAKTOR RISIKO KELELAHAN KERJA PADA PEKERJA SEKTOR KONSTRUKSI JALAN TOL

Alifia Putri Milenia^{1*}, Salsabila Purnamasari², Rezania Asyfiradayati³

Universitas Muhammadiyah Surakarta^{1,2,3}

*Corresponding Author : alifiamilenia@gmail.com

ABSTRAK

Kelelahan merupakan kondisi yang lazim dialami oleh pekerja di sektor konstruksi. Kelelahan dapat berdampak signifikan terhadap kesehatan dan kesejahteraan pekerja, meningkatkan risiko kecelakaan, cedera, dan penyakit akibat kerja. Kelelahan dipengaruhi oleh berbagai faktor, beberapa di antaranya adalah usia pekerja, paparan suhu panas, dan kapasitas vital paksa paru. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan usia, iklim kerja, dan kapasitas vital paksa paru dengan kelelahan kerja pada pekerja konstruksi jalan tol. Penelitian ini menggunakan desain penelitian *cross-sectional*. Penelitian berlokasi di lokasi Proyek Pembangunan Jalan Tol PT. X yang dilaksanakan pada bulan Juli 2024. Populasi pada penelitian ini merupakan para pekerja konstruksi proyek pembangunan jalan tol pada periode Bulan Juni 2024 yang terekam dalam laporan hasil pemeriksaan kesehatan PT X. Sampel pada penelitian ini berjumlah 32 pekerja dan 8 titik pengukuran iklim kerja. Teknik pengambilan sampel menggunakan metode *total sampling*. Variabel independen penelitian ini berupa usia pekerja, iklim kerja, dan kapasitas vital paksa paru pekerja. Variabel dependen berupa nilai kelelahan kerja. Analisis data dilakukan menggunakan uji korelasi *rank spearman*. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan antara usia pekerja dengan kelelahan kerja ($p=0,013$), tingkat iklim kerja dengan kelelahan kerja ($p=0,011$), dan kapasitas vital paksa paru pekerja dengan kelelahan kerja ($p=0,046$). Semakin tinggi usia pekerja dan tingkat iklim kerja, maka akan semakin tinggi pula nilai kelelahan kerja pekerja. Selain itu, semakin tinggi kapasitas vital paksa paru pekerja, maka akan semakin rendah nilai kelelahan kerja pekerja.

Kata kunci : iklim kerja, kapasitas vital paksa, kelelahan kerja, usia pekerja

ABSTRACT

Fatigue is a condition commonly experienced by workers in the construction sector. Fatigue can have a significant impact on workers' health and well-being, increasing the risk of accidents, injuries and occupational diseases. Fatigue is influenced by various factors, some of which are worker age, exposure to hot temperatures, and forced vital capacity of the lungs. The aim of this study was to determine the relationship between age, work climate, and forced vital capacity of the lungs with fatigue in toll road construction workers. This study used a cross-sectional research design. The research was conducted at the site of PT X Toll Road Construction Project, which was carried out in July 2024. The population in this study were construction workers on a toll road construction project in the period of June 2024 recorded in the PT X health examination report. The sample in this study consisted of 32 workers and 8 work climate measurement points. The sampling technique used in this study was total sampling method. The independent variables of this study are age of workers, work climate and forced vital capacity of workers' lungs. The dependent variable is the level of work fatigue. Data analysis was performed using Spearman's rank correlation test. The results showed a relationship between the age of workers with fatigue ($p=0.013$), the level of work climate with fatigue ($p=0.011$), and the forced vital capacity of workers' lungs with fatigue ($p=0.046$). The higher the age of workers and the level of work climate, the higher the value of workers' fatigue. In addition, the higher the forced vital capacity of workers' lungs, the lower the value of workers' fatigue.

Keywords : forced vital capacity, work climate, work fatigue, worker age

PENDAHULUAN

Kelelahan merupakan kondisi yang lazim dialami oleh pekerja di sektor konstruksi (Umer et al., 2023). Kondisi ini dapat mengurangi kemampuan pekerja dalam melaksanakan tugas-

tugas fisik secara optimal (Gu & Guo, 2022). Kelelahan pada pekerja konstruksi juga menjadi salah satu faktor penting penyebab perilaku tidak aman akibat penurunan kesadaran mereka terhadap keselamatan kerja sehingga berpotensi menyebabkan kecelakaan kerja (Winanda et al., 2017; Z. Zhang et al., 2023). Penelitian Ibrahim menunjukkan bahwa ketika tingkat kewaspadaan pekerja menurun maka risiko terjadinya kecelakaan di tempat kerja akan meningkat (Ibrahim et al., 2023). Sebuah studi yang dilakukan oleh Adane dkk. menunjukkan bahwa pada industri konstruksi bangunan, kelelahan menjadi salah satu penyebab utama cedera pada para pekerja konstruksi (Adane et al., 2013).

Kementerian Ketenagakerjaan Indonesia melalui program Jaminan Kecelakaan Kerja (JKK) BPJS-TK, menyatakan bahwa terdapat kejadian kecelakaan kerja oleh pekerja jasa konstruksi sebanyak 1363 kejadian pada Semester I Tahun 2023. Pada Semester II Tahun 2023 terdapat peningkatan kejadian kecelakaan kerja yaitu sebesar 1608 kejadian (Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia, 2024). Berdasarkan penelitian Zhang terhadap 606 pekerja konstruksi, sebanyak 49% pekerja melaporkan merasa lelah beberapa hari dalam tiga bulan terakhir, sementara 10% pekerja menyatakan merasa lelah hampir setiap hari. Hal ini menunjukkan bahwa kelelahan merupakan masalah umum di antara pekerja konstruksi (M. Zhang et al., 2015). Dalam industri konstruksi, kecelakaan yang disebabkan oleh kelelahan menyumbang sekitar 42,3% dari seluruh kecelakaan di kalangan pekerja (Jo & Kim, 2024).

Kelelahan kerja pada pekerja konstruksi dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain durasi jam kerja, masa kerja, usia, jenis aktivitas pekerjaan, kebiasaan merokok, jenis kelamin pekerja, iklim kerja panas, serta kapasitas vital paksa paru pekerja konstruksi (Pardyani & Susilowati, 2024; Restuadi et al., 2024; Wardhani P et al., 2018). Sebanyak 40,3% pekerja konstruksi lanjut menyatakan diri mereka mengalami kelelahan kerja. Setengah dari pekerja dengan usia lebih tua menyatakan bahwa mereka mengalami tingkat kelelahan kerja berat (Okumus et al., 2023; Park & Jeong, 2021). Penelitian Imbara menyatakan bahwa terdapat hubungan antara usia operator *dump truck* dengan kelelahan kerja yang dialami. Penelitian tersebut menyatakan bahwa semakin tinggi usia maka akan semakin tinggi tingkat kelelahan kerja yang dialami oleh para pekerja (Imbara et al., 2023).

Penelitian Xiong dan He dalam Hwang menyatakan para pekerja konstruksi sering kali terpapar iklim yang sangat panas sehingga hal ini dapat berdampak negatif terhadap para pekerja (Hwang et al., 2023). Paparan suhu panas ekstrem yang terus menerus dirasakan oleh para pekerja dapat mengakibatkan banyak dampak buruk bagi kesehatan seperti kelelahan, pusing, sakit kepala, pingsan, dan kehilangan konsentrasi (Amoadu et al., 2023; Budhathoki & Zander, 2019). Suhu yang melebihi 32°C berdampak buruk pada kinerja pekerja, menurunkan keterampilan, serta mengganggu koordinasi syaraf sensoris, sehingga mempengaruhi produktivitas dan kenyamanan kerja (Wicaksono et al., 2024). Penelitian Restuadi menyatakan bahwa ada hubungan antara iklim kerja dengan tingkat kelelahan kerja karyawan (Restuadi et al., 2024). Pekerja yang terlibat dalam aktivitas pengecoran berisiko mengalami gangguan fungsi paru. Penelitian menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara riwayat paparan lingkungan kerja yang berdebu dengan keluhan subjektif gangguan pernapasan oleh pekerja (Wardhani P et al., 2018). Boadu mengidentifikasi bahwa pekerja konstruksi sering mengalami masalah kesehatan pernapasan, termasuk batuk, dispnea, dan asma. Kondisi ini dapat menyebabkan penurunan KVP dan peningkatan kelelahan pada pekerja (Boadu et al., 2023).

Kelelahan dapat berdampak signifikan terhadap kesehatan dan kesejahteraan pekerja, meningkatkan risiko kecelakaan, cedera, dan penyakit akibat kerja. Ketika kelelahan kerja terus berlangsung dan menjadi kronis, hal ini dapat menyebabkan gangguan terkait pekerjaan serta dapat menurunkan kualitas hidup pekerja (Okumus et al., 2023). Kelelahan fisik berat dapat mempercepat timbulnya kelelahan mental akibat lebih banyaknya energi yang diperlukan untuk mempertahankan tingkat fungsi kognitif dalam melaksanakan identifikasi risiko (Xing et al., 2020). Proyek pengadaan jasa konstruksi jalan tol memiliki berbagai potensi bahaya

muncul selama proses pengerjaan proyek. Salah satunya kelelahan kerja para pekerja konstruksi akibat faktor usia, iklim kerja, dan kapasitas vital paksa paru pekerja. Berdasarkan latar belakang tersebut, diperlukan pengkajian untuk mengevaluasi hubungan antara usia, kondisi iklim kerja, serta kapasitas vital paksa paru dengan tingkat kelelahan kerja pada pekerja konstruksi jalan tol.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi hubungan antara faktor-faktor tersebut dengan kelelahan kerja yang dialami oleh pekerja di sektor konstruksi jalan tol.

METODE

Jenis penelitian pada penelitian ini adalah penelitian kuantitatif observasional analitik dengan desain penelitian *cross-sectional*. Penelitian dilaksanakan di lokasi Proyek Pembangunan Jalan Tol PT X pada bulan Juli 2024. Populasi pada penelitian ini merupakan para pekerja konstruksi proyek pembangunan jalan tol pada periode Bulan Juni 2024 yang terekam dalam laporan hasil pemeriksaan kesehatan PT X. Sampel pekerja yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 32 pekerja konstruksi. Teknik pengambilan sampel berupa *total sampling*. Sampel lingkungan yang digunakan dalam penelitian ini berupa 8 titik pengukuran iklim kerja. Titik-titik pengukuran tersebut di antaranya dilakukan di Zona A1, Zona A2, Zona B1, Zona B2, Zona C1, Zona C2, Zona D1, dan Zona D2.

Penelitian ini menggunakan variabel bebas yang meliputi usia pekerja, tingkat iklim kerja, dan kapasitas vital paksa (KVP) paru pekerja, serta variabel terikat berupa nilai kelelahan kerja. Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari data sekunder. Sumber data diperoleh dari laporan hasil pengukuran lingkungan kerja serta pemeriksaan kesehatan PT. X pada Proyek Pembangunan Jalan Tol periode Juni 2024. Data yang terkumpul dianalisis melalui analisis univariat dan analisis bivariat. Uji korelasi *rank spearman* digunakan dalam analisis bivariat untuk menguji hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat.

HASIL

Tabel 1. Hasil Pengukuran Iklim Kerja ISBB

No.	Titik Pengukuran	ISBB (°C)	Kategori	Mean±SD
	Zona Konstruksi			30,39±1,062
1.	Zona A1	28,9	Di Atas NAB	
2.	Zona A2	32,16	Di Atas NAB	
3.	Zona B1	29,41	Di Atas NAB	
4.	Zona B2	30,36	Di Atas NAB	
5.	Zona C1	31,21	Di Atas NAB	
6.	Zona C2	31,1	Di Atas NAB	
7.	Zona D1	30,14	Di Atas NAB	
8.	Zona D2	29,8	Di Atas NAB	

Tabel 1 menunjukkan bahwa rata-rata hasil pengukuran ISBB di lingkungan konstruksi, yaitu 30,39°C. Nilai ISBB tertinggi pada lingkungan konstruksi berada di Zona A2 dengan tingkat ISBB sebesar 32,16°C. Nilai ISBB terendah pada penelitian ini berada di Zona A1 dengan tingkat ISBB sebesar 28,9°C.

Tabel 2 menunjukkan bahwa pada variabel usia, mayoritas pekerja konstruksi berada pada kategori dewasa dengan range usia pekerja, yaitu 21-60 tahun. Iklim kerja pada lingkungan konstruksi keseluruhan berada pada kategori di atas NAB dengan range nilai ISBB, yaitu 28,9-32,16°C. Pekerja di lingkungan konstruksi, sebagian besar memiliki nilai KVP paru yang berada dalam kategori restriksi sedang dengan range nilai 30-76,8%. Mayoritas pekerja

konstruksi berada pada kategori kelelahan kerja ringan dengan range nilai 199,43-556,47 milidetik.

Tabel 2. Distribusi Variabel Secara Kategorik dan Numerik

Variabel	Kategori Variabel	Mean±SD	Frekuensi	Persentase (%)
Usia (tahun)	Dewasa (19-44)	36,81±11,286	24	75
	Pra Lansia (45-59)		7	21,9
	Lansia (>59)		1	3,1
Iklim Kerja (°C)	Di Atas NAB	30,36±1,001	32	100
Kapasitas Vital Paksa (%KVP)	Restriksi Ringan	37,34±8,226	1	3,1
	Restriksi Sedang		31	96,9
Kelelahan Kerja (milidetik)	Normal (150-240)	337,47,56±104,318	3	9,4
	Ringan (>240-<410)		21	65,6
	Sedang (>580)		8	25

Tabel 3. Hasil Uji Korelasi Usia, Iklim Kerja dan Kapasitas Vital Paksa dengan Kelelahan Kerja

Variabel	Sig. (p-value)	R
Usia-Kelelahan Kerja	0,013	0,436
Iklim Kerja-Kelelahan Kerja	0,011	0,441
Kapasitas Vital Paksa-Kelelahan Kerja	0,046	-0,355

Tabel 3 menunjukkan hasil uji korelasi *rank spearman*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada variabel usia pekerja menghasilkan nilai p sebesar 0,013 sehingga bermakna secara signifikan dengan variabel kelelahan kerja. Usia pekerja memiliki nilai r sebesar 0,436 yang bermakna memiliki keeratan hubungan sedang dengan arah positif. Selain itu, variabel iklim kerja memiliki nilai p sebesar 0,011 sehingga bermakna secara signifikan dengan variabel kelelahan kerja. Nilai r pada variabel iklim kerja sebesar 0,441 sehingga bermakna memiliki keeratan hubungan sedang dengan arah positif. Kapasitas vital paksa pekerja menunjukkan nilai p sebesar 0,046 sehingga bermakna secara signifikan dengan variabel kelelahan kerja. Nilai r untuk kapasitas vital paksa sebesar -0,355 yang bermakna memiliki keeratan hubungan sedang dengan arah negatif.

PEMBAHASAN

Usia dan Kelelahan Kerja

Usia pekerja menjadi parameter penting dalam tingkat kelelahan kerja yang dialami oleh para pekerja. Hal tersebut diakibatkan pekerja pada kelompok usia yang lebih tua (35-45 tahun) mengalami lebih banyak ketidaknyamanan pada tubuh dibandingkan pekerja pada kelompok yang lebih muda (Okumus et al., 2023). Pekerja dengan usia lanjut memiliki lebih banyak masalah kesehatan akibat kerja dibandingkan pekerja dengan usia yang lebih muda (Park & Jeong, 2021). Seiring bertambahnya usia para pekerja, serat, massa otot, fungsi jantung, serta kemampuan fisik pekerja cenderung mengalami penurunan, yang berdampak pada menurunnya kapasitas fisik tubuh. Penurunan kapasitas fisik ini memengaruhi pekerja yang berusia lebih tua, terutama mereka yang pekerjaannya menuntut kekuatan fisik, sehingga mereka lebih mudah merasa lelah. Aktivitas fisik yang berkelanjutan dapat menyebabkan kelelahan otot dan memicu rasa nyeri, yang pada akhirnya dapat menciptakan ketidakseimbangan antara tuntutan pekerjaan dan kapasitas kerja, sehingga meningkatkan risiko kelelahan (Bláfoss et al., 2019; Umer et al., 2023). Pekerja konstruksi dengan usia yang lebih tua rentan mengalami kelelahan yang lebih parah dibandingkan pekerja dengan usia lebih muda akibat menurunnya kapasitas fisik (M. Zhang et al., 2015). Kapasitas kerja dan ketahanan

seseorang dapat dipengaruhi oleh faktor usia akibat adanya perubahan fungsi faal tubuh. Pekerja dengan usia lebih muda memiliki kemampuan untuk melakukan pekerjaan berat dengan lebih baik, sedangkan pada pekerja usia lanjut, kemampuan melakukan pekerjaan berat menurun karena tubuh lebih cepat merasa lelah serta kurang dapat bergerak secara gesit. Hal ini dapat memengaruhi kinerja dari para pekerja (Boekoesoe et al., 2023; M. Zhang et al., 2015).

Pekerja konstruksi yang berusia lebih tua cenderung menghadapi kesulitan yang lebih besar dalam memulihkan kondisi fisik setelah melaksanakan pekerjaan dengan beban kerja fisik yang tinggi dibandingkan dengan pekerja yang lebih muda. Selain itu, pekerja yang lebih tua juga memiliki kemungkinan lebih tinggi untuk mengalami masalah kesehatan bawaan yang dapat memperburuk tingkat kelelahan (M. Zhang et al., 2015). Para pekerja tersebut lebih rentan terhadap kecelakaan kerja dibandingkan pekerja dengan usia lebih muda di tempat kerja. Kejadian kecelakaan berat atau fatal pada pekerja dengan usia lebih tua jauh lebih banyak daripada pekerja yang lebih muda (Peng & Chan, 2019, 2020). Masalah ini menjadi lebih serius khususnya bagi pekerja dengan usia yang lebih tua. Hal tersebut dikarenakan semakin tua usia para pekerja maka akan semakin rentan mengalami kelelahan (Umer et al., 2023).

Usia para pekerja konstruksi yang bervariasi menghasilkan tingkat kelelahan yang bervariasi pula. Usia pekerja termuda berada pada usia 21 tahun dan usia pekerja paling tua yaitu 60 tahun. Mayoritas pekerja sektor konstruksi pada penelitian ini merupakan pekerja yang berada pada kategori usia dewasa. Penelitian ini menunjukkan bahwa usia pekerja terbukti secara signifikan berhubungan dengan kelelahan kerja. Usia pekerja memiliki arah hubungan positif dengan pekerja. Hal ini bermakna bahwa semakin tinggi usia pekerja maka akan semakin tinggi pula tingkat kelelahan kerjanya. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Fitriana juga menyatakan bahwa ada hubungan antara usia pekerja dengan perasaan kelelahan kerja pada pekerja konstruksi di proyek parkir (*elevated*) TMII, Jakarta (Fitriana, 2023). Penelitian oleh Kinasih juga menyatakan bahwa faktor usia berhubungan dengan kelelahan kerja, semakin tua usia seseorang maka akan semakin menurun pula kapasitas fisik tubuh yang mereka miliki (Kinasih et al., 2023). Penelitian Septyanda menyatakan bahwa ada hubungan antara usia dengan tingkat kelelahan pada operator alat berat di Proyek Thamrin Nine Jakarta (Septyanda & Lestari, 2021).

Iklim Kerja dan Kelelahan Kerja

Tingkat iklim kerja tertinggi pada lingkungan konstruksi berada pada lingkungan konstruksi Zona A2. Karakteristik lingkungan kerja di konstruksi yang sebagai besar memiliki permukaan berupa beton juga dapat mempengaruhi tingkat iklim kerja. Material seperti aspal dan beton memiliki kemampuan menyerap dan menyimpan panas, yang kemudian dilepaskan ke lingkungan sekitarnya. Hal ini dapat menciptakan kondisi kerja yang sangat panas, terutama di siang hari (Novianti et al., 2024). Sumber iklim kerja panas pada lingkungan proyek berasal dari paparan langsung sinar matahari serta panas yang dihasilkan dari alat-alat berat yang digunakan. Penelitian Wicaksono menyatakan bahwa rata-rata tingkat iklim kerja di industri konstruksi sebesar 35,5°C (Wicaksono et al., 2024). Rata-rata tingkat iklim kerja pada lingkungan konstruksi penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan rata-rata tingkat iklim kerja pada penelitian Wicaksono *et al.* Iklim kerja di industri konstruksi dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti suhu, kelembaban, dan kecepatan angin. Hal tersebut dikarenakan industri konstruksi tidak memiliki lingkungan yang terkendali. Sebagian besar pekerjaan pada industri konstruksi dilakukan di luar ruangan (Hwang et al., 2023).

Lingkungan kerja yang panas menyebabkan pekerja mengalami peningkatan beban kerja dalam bentuk tekanan panas. Tekanan ini, ditambah dengan panas yang dihasilkan oleh tubuh melalui proses metabolisme, dapat mempercepat timbulnya kelelahan kerja, terutama jika kondisi tersebut berlangsung dalam jangka waktu yang lama (Boekoesoe et al., 2023). Iklim

kerja panas berpotensi menyebabkan *heat exhaustion* atau kelelahan akibat paparan tekanan panas. Kondisi ini terjadi akibat kehilangan cairan dan elektrolit tubuh yang signifikan melalui produksi keringat yang berlebihan. Tekanan panas juga dapat meningkatkan suhu kulit dan mengganggu fungsi sistem saraf pusat, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap timbulnya kelelahan (Wulandari et al., 2016). Efisiensi kerja yang menurun akibat kelelahan kerja yang dialami para pekerja konstruksi karena perubahan iklim dapat meningkatkan risiko bahaya tak terduga (Hwang et al., 2023). Iklim kerja panas berhubungan positif dengan kecelakaan kerja. Sebagian besar kecelakaan tersebut terjadi akibat peningkatan kelelahan kerja (Boonruksa et al., 2020).

Penelitian ini menyatakan iklim kerja terbukti secara signifikan berhubungan dengan kelelahan kerja. Iklim kerja memiliki arah hubungan positif dengan kelelahan kerja. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat iklim kerja maka akan semakin tinggi pula tingkat kelelahan kerja. Kelelahan kerja yang terjadi pada pekerja konstruksi, salah satunya berasal dari iklim kerja panas yang melewati NAB. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Wicaksono yang menyatakan bahwa terdapat hubungan signifikan antara iklim kerja dan kelelahan kerja pada pekerja konstruksi PT. X Semarang (Wicaksono et al., 2024). Selain itu, penelitian Irwanto menyebutkan adanya hubungan yang signifikan antara iklim kerja panas dengan kelelahan pada pekerja. Semakin tinggi tingkat iklim kerja maka akan semakin menimbulkan kelelahan kerja fisik yang semakin cepat dan berat (Irwanto, 2020). Penelitian ini juga selaras dengan hasil penelitian Suwignyo yang menyatakan bahwa iklim kerja panas mempengaruhi tingkat kelelahan pada operator yang berkorelasi kuat dengan arah hubungan positif, maka semakin tinggi tingkat iklim kerja panas maka akan semakin tinggi tingkat kelelahan pekerja (Suwignyo & Ningsih, 2021).

Kapasitas Vital Paksa Paru dan Kelelahan Kerja

Kapasitas vital paksa paru para pekerja konstruksi seluruhnya berada pada kategori restriksi. Mayoritas pekerja berada pada kategori restriksi sedang. Sektor konstruksi menjadi sektor penyumbang emisi PM-10 tertinggi kedua pada penelitian Setyono. Konstruksi memberi risiko tinggi bagi kesehatan para pekerjanya mempertimbangkan rutinitas dan waktu interaksi yang cukup lama pada situs konstruksi (Setyono et al., 2020). Kadar partikulat yang tinggi telah dikaitkan dengan meningkatnya efek buruk pada pernapasan dan jantung (Ogunleye et al., 2022). Stoleski mengevaluasi fungsi paru pada pekerja konstruksi menunjukkan bahwa nilai rata-rata parameter spirometri, termasuk kapasitas vital paksa, secara signifikan lebih rendah pada pekerja konstruksi dibandingkan dengan kelompok kontrol. Penelitian tersebut mengindikasikan bahwa penurunan parameter fungsi paru berkorelasi dengan meningkatnya tingkat kelelahan di kalangan pekerja, yang disebabkan oleh tuntutan fisik pekerjaan mereka serta gangguan pernapasan akibat paparan lingkungan kerja (Stoleski et al., 2021). Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat KVP paru pada pekerja di antaranya yaitu, konsentrasi partikulat, usia pekerja, dan juga karakteristik debu (He et al., 2022).

Paparan jangka panjang terhadap bahan-bahan berbahaya, seperti debu silika dan *Particulate Not Otherwise Specified* (PNOS), yang umum ditemukan di lingkungan kerja konstruksi, ditemukan memiliki korelasi negatif yang signifikan dengan parameter pernapasan seperti FVC. Pekerja yang terpapar kondisi ini tidak hanya mengalami penurunan fungsi paru-paru tetapi juga melaporkan tingkat kelelahan yang lebih tinggi, yang menunjukkan bahwa gangguan pernafasan secara langsung berkontribusi terhadap tingkat kelelahan secara keseluruhan (Stoleski et al., 2021; Tavakol et al., 2017). Pekerja konstruksi rentan terpapar PNOS dan silika dalam jumlah berlebih, sehingga rentan mengalami penurunan fungsi paru-paru. Hal tersebut membuat pekerja dapat dikategorikan sebagai kelompok berisiko tinggi terhadap penyakit pernapasan (Tavakol et al., 2017). Penelitian menunjukkan bahwa paparan jangka panjang terhadap polusi, debu, dan bahan berbahaya pada pekerja dapat menyebabkan

gangguan fungsi paru-paru. Kondisi ini berhubungan dengan peningkatan tingkat kelelahan, akibat meningkatnya upaya fisiologis tubuh untuk mempertahankan oksigenasi dan efisiensi pernapasan yang optimal (Arini, 2020; Widiyaristi et al., 2023).

Kapasitas vital paksa paru berhubungan secara signifikan dengan kelelahan kerja pada penelitian ini. Kapasitas vital paksa paru memiliki arah hubungan negatif dengan kelelahan kerja. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat kapasitas vital paksa paru maka akan semakin rendah tingkat kelelahan kerja. Seluruh responden pada penelitian ini memiliki kapasitas vital paksa paru yang tidak normal, sehingga seluruhnya mengalami restriksi paru. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Sulastris yang menyatakan bahwa ada hubungan yang signifikan antara kelelahan kerja dengan nilai kapasitas vital paksa (KVP) paru pada pekerja garmen wanita PT Vinsa Mandira Utama Sukoharjo (Sulastris, 2012).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa usia pekerja, tingkat iklim kerja, dan kapasitas vital paksa paru pekerja berhubungan dengan nilai kelelahan kerja. Usia pekerja dan tingkat iklim kerja memiliki arah hubungan positif dengan nilai kelelahan kerja. Semakin tinggi usia pekerja dan tingkat iklim kerja, maka akan semakin tinggi pula nilai kelelahan kerja pekerja. Sedangkan kapasitas vital paksa paru pekerja memiliki arah hubungan negatif dengan nilai kelelahan kerja. Semakin tinggi kapasitas vital paksa paru pekerja, maka akan semakin rendah nilai kelelahan kerja pekerja.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan penuh rasa hormat, peneliti menyampaikan apresiasi yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam proses pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terimakasih secara khusus ditujukan kepada dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, serta masukan konstruktif yang sangat membantu dalam menyusun dan menyempurnakan penelitian ini. Peneliti juga mengucapkan terimakasih kepada PT X di Proyek Pembangunan Jalan Tol atas izin, kerja sama, serta akses data yang diberikan, yang sangat berperan dalam kelancaran proses pengumpulan data. Tidak lupa, peneliti juga berterimakasih kepada keluarga dan sahabat atas segala bentuk dukungan moral, semangat, dan doa yang terus mengiringi hingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adane, M. M., Gelaye, K. A., Beyera, G. K., Sharma, H. R., & Yalew, W. W. (2013). *Occupational Injuries Among Building Construction Workers in Gondar City, Ethiopia. Occupational Medicine & Health Affairs*, 01(05), 1000125. <https://doi.org/10.4172/2329-6879.1000125>
- Amoadu, M., Ansah, E. W., Sarfo, J. O., & Hormenu, T. (2023). *Impact of climate change and heat stress on workers' health and productivity: A scoping review. The Journal of Climate Change and Health*, 12, 100249. <https://doi.org/10.1016/j.joclim.2023.100249>
- Arini, P. (2020). *Relation of Worker Characteristics and Personal Dust Level to The Vital Lung Capacity of Workers in The Furniture Industry. The Indonesian Journal of Public Health*, 15(1), 49–59.
- Bláfoss, R., Sundstrup, E., Jakobsen, M. D., Brandt, M., Bay, H., & Andersen, L. L. (2019). *Physical workload and bodily fatigue after work: cross-sectional study among 5000 workers. European Journal of Public Health*, 29(5), 837–842. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckz055>

- Boadu, E. F., Okeke, S. R., Boadi, C., Osei Bonsu, E., & Addo, I. Y. (2023). *Work-related respiratory health conditions among construction workers: a systematic narrative review*. *BMJ Open Respiratory Research*, 10(1), e001736. <https://doi.org/10.1136/bmjresp-2023-001736>
- Boekoesoe, L., Prasetya, E., Gagarin Gyardani Samani, Zul Fikar Ahmad, & Siti Surya Indah Nurdin. (2023). Faktor Risiko yang Berhubungan dengan Kelelahan Kerja dengan Metode *Fatigue Assessment Scale* (FAS) pada Pekerja Konstruksi. *Jambura Journal of Epidemiology*, 2(1), 27–36.
- Boonruksa, P., Maturachon, T., Kongtip, P., & Woskie, S. (2020). *Heat Stress, Physiological Response, and Heat-Related Symptoms among Thai Sugarcane Workers*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 6363. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176363>
- Budhathoki, N. K., & Zander, K. K. (2019). *Socio-Economic Impact of and Adaptation to Extreme Heat and Cold of Farmers in the Food Bowl of Nepal*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(9), 1578. <https://doi.org/10.3390/ijerph16091578>
- Fitriana, N. I. M. (2023). Hubungan Durasi Kerja dan Usia Pekerja dengan Perasaan Kelelahan Kerja. *Jurnal Lentera Kesehatan Masyarakat*, 2(2), 53–61. <https://doi.org/10.69883/jlkm.v2i2.27>
- Gu, J., & Guo, F. (2022). *How fatigue affects the safety behaviour intentions of construction workers an empirical study in Hunan, China*. *Safety Science*, 149, 105684. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105684>
- He, W., Jin, N., Deng, H., Zhao, Q., Yuan, F., Chen, F., Zhang, H., & Zhong, X. (2022). *Workers' Occupational Dust Exposure and Pulmonary Function Assessment: Cross-Sectional Study in China*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17), 11065. <https://doi.org/10.3390/ijerph191711065>
- Hwang, J., Jeong, J., Lee, M., Jeong, J., & Lee, J. (2023). *Establishment of outdoor thermal comfort index groups for quantifying climate impact on construction accidents*. *Sustainable Cities and Society*, 91, 104431. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104431>
- Ibrahim, A., Nnaji, C., Namian, M., Koh, A., & Techera, U. (2023). *Investigating the impact of physical fatigue on construction workers' situational awareness*. *Safety Science*, 163, 106103. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106103>
- Imbara, S. F., Badriah, D. L., Iswarawanti, D. N., & Mamlukah, M. (2023). Faktor-faktor yang berhubungan dengan kelelahan kerja pada operator dump truck mining dept saat shift malam di PT. X Cirebon 2023. *Journal of Health Research Science*, 3(02), 175–188. <https://doi.org/10.34305/jhrs.v3i02.940>
- Irwanto, B. S. P. (2020). *Analysis of Mental and Physical Fatigue Risk Factors in Utility Unit of Petrochemical Company*. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 9(1), 21. <https://doi.org/10.20473/ijosh.v9i1.2020.21-29>
- Jo, D., & Kim, H. (2024). *The Influence of Fatigue, Recovery, and Environmental Factors on the Body Stability of Construction Workers*. *Sensors*, 24(11), 3469. <https://doi.org/10.3390/s24113469>
- Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia. (2024, February). *Kecelakaan Kerja Tahun 2023*. Satu Data Ketenagakerjaan. <https://satudata.kemnaker.go.id/data/kumpulan-data/1728>
- Kinasih, R. W., Kurniawan, B., & Ekawati, E. (2023). Hubungan Faktor Individu dan Beban Kerja Fisik dengan Kelelahan Kerja Subektif pada Petugas Kebersihan Kabupaten Banjarnegara. *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 22(4), 223–227. <https://doi.org/10.14710/mkmi.22.4.223-227>

- Novianti, T. C., Samri, A. S., & Nisa, S. (2024). Analisis Urban Heat Island Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 di Kota Tangerang. *Journal of Plano Studies*, 1(1), 12–20. <https://doi.org/10.36982/jops.v1i1.4065>
- Ogunleye, T. J., Taiwo, A. M., Akinhanmi, T. F., Oyediran, L. O., & Arowolo, T. A. (2022). *Assessment of air quality, health status and lung function of workers from selected poultry management systems in Ogun State, Nigeria. Clinical Epidemiology and Global Health*, 18, 101159. <https://doi.org/10.1016/j.cegh.2022.101159>
- Okumus, D., Fariya, S., Tamer, S., Gunbeyaz, S. A., Yildiz, G., Kurt, R. E., & Barlas, B. (2023). *The impact of fatigue on shipyard welding workers' occupational health and safety and performance. Ocean Engineering*, 285, 115296. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.115296>
- Pardyani, I., & Susilowati, I. H. (2024). Stress Kerja dan Kualitas Tidur Sebagai Determinan Utama Kelelahan Kerja pada Pekerja Konstruksi. *Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes*, 15(2), 197–202.
- Park, H. J., & Jeong, B. Y. (2021). *Older male construction workers and sustainability: Work-related risk factors and health problems. Sustainability (Switzerland)*, 13(23). <https://doi.org/10.3390/su132313179>
- Peng, L., & Chan, A. H. S. (2019). *A meta-analysis of the relationship between ageing and occupational safety and health. Safety Science*, 112, 162–172. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.10.030>
- Peng, L., & Chan, A. H. S. (2020). *Adjusting work conditions to meet the declined health and functional capacity of older construction workers in Hong Kong. Safety Science*, 127, 104711. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104711>
- Restuadi, H., Suryati, T., Dinaryanti, R. S., & Djupri, D. R. (2024). Hubungan Status Gizi dan Iklim Kerja dengan Tingkat Kelelahan Kerja. *Journal of Language and Health*, 5(1), 31–38.
- Septyanda, B., & Lestari, P. W. (2021). Faktor Individu Terjadinya Kelelahan Kerja Pada Operator Alat Berat. *HIGEIA (Journal of Public Health Research and Development)*, 5(2), 259–269.
- Setyono, P., Himawan, W., & Nancy, N. (2020). Estimasi Emisi Partikulat (PM10) akibat Ragam Aktivitas Urban di Kota Surakarta. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(3), 556–564.
- Stoleski, S., Minov, J., Mijakoski, D., Bislimovska, D., Atanasovska, A., & Karadzinska-Bislimovska, J. (2021). *Lung Function Impairment in Construction Workers – Influence of Smoking and Exposure Duration. Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 9(E), 406–414. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2021.6145>
- Sulastri, N. (2012). *Hubungan Kelelahan Kerja dengan Kapasitas Vital Paksa Paru pada Pekerja Garment PT. Vinsa Mandira Utama Sukoharjo* [Undergraduate Thesis]. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Suwignyo, & Ningsih, R. R. A. (2021). Pengaruh Iklim Kerja Panas dan Pencahayaan Terhadap Tingkat Kelelahan pada Operator Di PLTD Karang Asam Samarinda Tahun 2019. *Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes*, 12, 195–198.
- Tavakol, E., Azari, M., Zendehdel, R., Salehpour, S., Khodakrim, S., Nikoo, S., & Saranjam, B. (2017). *Risk Evaluation of Construction Workers' Exposure to Silica Dust and the Possible Lung Function Impairments. Tanaffos*, 16(4), 295–303.
- Umer, W., Yu, Y., Fordjour Antwi Afari, M., Anwer, S., & Jamal, A. (2023). *Towards automated physical fatigue monitoring and prediction among construction workers using physiological signals: An on-site study. Safety Science*, 166, 106242. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106242>
- Wardhani P, A. K., Rachmawati, S., & Rinawati, S. (2018). Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Gejala Gangguan Sistem Pernapasan Akibat Paparan Debu Silika (SiO₂) pada

- Area Hand Moulding I, Hand Moulding II, Hand Moulding III, Felling Dan Melting Pekerja Pabrik 1 Pengecoran PT Barata Indonesia (Persero). *Jurnal Kesehatan*, 11(1), 56–65. <https://doi.org/10.23917/jk.v11i1.7008>
- Wicaksono, H. P., Lestanyo, D., & Setyaningsih, Y. (2024). Kelelahan yang Terjadi pada Pekerja Konstruksi. *Media Publikasi Promosi Kesehatan Indonesia (MPPKI)*, 7(5), 1254–1258. <https://doi.org/10.56338/mppki.v7i5.5143>
- Widiyaristi, D., Sunarsih, E., Flora, R., Windusari, Y., Zulkarnain, M., & Suheryanto, S. (2023). *Risk Factors Affecting Pulmonary Disorders of Workers In Indonesia: Literature Review 2017-2022*. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 14(3), 263–280. <https://doi.org/10.26553/jikm.2023.14.3.263-280>
- Winanda, L. A. R., Adi, T. W., Anwar, N., & Wahyuni, F. S. (2017). *Construction safety monitoring based on the project's characteristic with fuzzy logic approach*. 3rd International Conference on Construction and Building Engineering: Smart Construction Towards Global Challenges (ICONBUILD), 070009. <https://doi.org/10.1063/1.5011578>
- Wulandari, K., Widjasena, B., & Ekawati. (2016). Hubungan Beban Kerja Fisik Manual dan Iklim Kerja Terhadap Kelelahan Pekerja Konstruksi Bagian Project Renovasi Workshop Mekanik. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(3), 425–435.
- Xing, X., Zhong, B., Luo, H., Rose, T., Li, J., & Antwi-Afari, M. F. (2020). *Effects of physical fatigue on the induction of mental fatigue of construction workers: A pilot study based on a neurophysiological approach*. *Automation in Construction*, 120, 103381. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103381>
- Zhang, M., Murphy, L. A., Fang, D., & Caban-Martinez, A. J. (2015). *Influence of fatigue on construction workers' physical and cognitive function*. *Occupational Medicine*, 65(3), 245–250. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqu215>
- Zhang, Z., Xiang, T., Guo, H., Ma, L., Guan, Z., & Fang, Y. (2023). *Impact of physical and mental fatigue on construction workers' unsafe behavior based on physiological measurement*. *Journal of Safety Research*, 85, 457–468. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2023.04.014>