

## **Dampak Heat Strain terhadap Pekerja Industri: Kajian Literatur Tentang Risiko Kesehatan dan Upaya Mitigasi**

### **Impact of Heat Strain on Industrial Workers: Literature Review Health Risks and Mitigation Efforts**

**Cindy Tia Clairine<sup>1</sup>, Salsabila Firdausi<sup>1</sup>, Dea Callula Annaishauma Arifahmi<sup>1</sup>, Fauziah Nurusholihah<sup>1</sup>, Robby Firmansyah<sup>1</sup>, Januar Ariyanto<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta

Korespondensi Penulis : [2310713044@mahasiswa.upnvj.ac.id](mailto:2310713044@mahasiswa.upnvj.ac.id)

#### **ABSTRACT**

Heat Strain is a serious risk that can be caused by industrial workers exposed to high temperatures, humidity, and heavy physical activity. This literature review aims to evaluate the impact of heat strain on health, safety, and work productivity, and identify mitigation strategies. The literature review method is 16 scientific articles published in the last five years. Thematic analysis to identify impacts and mitigation strategies. The results show that heat strain can cause fatigue, cognitive impairment, decreased productivity, and increased risk of work accidents. Risk factors include environmental temperature, work duration, fluid consumption, and individual conditions. Effective mitigation efforts include Mitigation strategies include the use of PPE, improved ventilation, adjustment of work shifts, regular breaks, and worker education. A comprehensive mitigation strategy is needed that is integrated into K3 policies, work arrangements, cooling, and education. It is also recommended that the industry implement a heat management policy.

**Keywords :** heat strain, industrial workers, impact, occupational safety, mitigation

#### **ABSTRAK**

Heat Strain merupakan risiko serius yang dapat disebabkan oleh bagi pekerja industri yang terpapar suhu tinggi, kelembaban, dan aktivitas fisik berat. Kajian literatur ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak heat strain terhadap kesehatan, keselamatan, dan produktivitas kerja, serta mengidentifikasi strategi mitigasi yang relevan. Penelitian ini menggunakan metode kajian literatur terhadap 16 artikel ilmiah yang diterbitkan dalam lima tahun terakhir. Analisis dilakukan secara tematik untuk mengidentifikasi dampak dan strategi mitigasi. Hasil menunjukkan bahwa heat strain dapat menyebabkan dehidrasi, kelelahan, gangguan kognitif, penurunan produktivitas, serta peningkatan risiko kecelakaan kerja. Faktor risiko meliputi suhu lingkungan, durasi kerja, konsumsi cairan, dan kondisi individu. Upaya mitigasi yang efektif mencakup Strategi mitigasi mencakup penggunaan APD yang sesuai, perbaikan ventilasi, penyesuaian shift kerja, peningkatan hidrasi, istirahat teratur, serta edukasi pekerja. Diperlukan strategi mitigasi menyeluruh yang terintegrasi dalam kebijakan K3, mencakup pengaturan kerja, pendinginan, dan edukasi. Serta disarankan agar industri menerapkan kebijakan pengelolaan panas secara sistematis.

**Kata Kunci :** Heat Strain, Pekerja Industri, Faktor Risiko, Mitigasi

## PENDAHULUAN

Pada laporan dari International Labour Organization (ILO) tahun 2024, yang berjudul "Ensuring safety and health at work in a changing climate" mengungkapkan bahwa sekitar 2,41 miliar pekerja, atau 71 persen dari total populasi pekerja global, mengalami *heat strain* berlebih. Kondisi ini berkontribusi pada terjadinya 22,85 juta kasus cedera serta 18.970 kematian setiap tahun (International Labour Organization, 2024). Menurut WHO (2024), salah satu bahaya bagi kesehatan lingkungan dan para pekerja adalah tekanan panas. Tekanan panas atau *heat strain* dapat menjadi penyebab kematian manusia yang dapat memperburuk kondisi tubuh hingga penyakit jangka panjang (NIOSH, 2024). Kelompok yang paling berisiko terhadap *heat strain* berlebihan meliputi pekerja yang bekerja di luar ruangan, salah satunya seperti pekerja fisik, karena aktivitas mereka yang intens di bawah kondisi panas dapat menyebabkan stres panas (WHO, 2024).

Seperti yang ada di dalam penelitian yang berjudul "*Heat stress and heat strain among outdoor workers in El Salvador and Nicaragua*" membahas mengenai masalah tekanan panas yang dihadapi pekerja luar ruangan di El Salvador dan Nikaragua, terutama di industri tebu. Mereka terpapar suhu tinggi dan melakukan pekerjaan berat, yang meningkatkan suhu tubuh dan detak jantung. Beberapa pekerja mengalami suhu inti tubuh lebih dari 39°C, berisiko mengalami dehidrasi, kelelahan ekstrem, dan masalah ginjal. Pekerja dengan fungsi ginjal buruk menunjukkan suhu dan detak jantung lebih tinggi, menunjukkan hubungan antara panas dan gangguan ginjal (Petropoulos et al., 2023).

Berdasarkan tingginya kerentanan terhadap tekanan panas, rumusan masalah dalam kajian ini berkaitan dengan dampak heat strain terhadap kesehatan, keselamatan, dan produktivitas pekerja industri, serta strategi mitigasi yang dapat diterapkan untuk menurunkan risiko tersebut. Maka dari itu, artikel ini memfokuskan kepada pekerja industri karena mereka memiliki kondisi kesehatan yang cukup mengkhawatirkan, seperti pekerja

industri yang banyak terpapar sinar matahari langsung yang menyebabkan suhu panas yang tinggi atau para pekerja pabrik yang berada di dalam ruangan dengan banyaknya mesin panas disekitar para pekerja, dan alat pelindung diri (APD) yang kurang memadai (Douglas Trout et al., 2021). Kajian literatur ini bertujuan untuk mengeksplorasi dampak *heat strain* terhadap kesehatan fisik dan mental pekerja, produktivitas, serta keselamatan pekerja industri. Dengan menelaah penelitian terdahulu, kajian ini akan mengidentifikasi dampak, faktor risiko tekanan panas di tempat kerja, serta strategi mitigasi yang dapat diterapkan untuk mengurangi risiko yang ada. Diharapkan, hasil kajian literatur ini dapat memberikan landasan ilmiah bagi pengembangan kebijakan keselamatan dan kesehatan kerja di lingkungan industri yang rentan terhadap *heat strain*.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kajian literatur (literature review) dengan objek kajian berupa artikel ilmiah, jurnal, situs resmi kesehatan, dan laporan penelitian yang membahas topik terkait heat strain pada pekerja industri. Kajian ini dilaksanakan secara daring dengan mengakses berbagai database kredibel seperti Google Scholar, Garuda, Sinta, Arjuna, PubMed, dan ScienceDirect, pada periode Februari hingga Mei 2025. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh artikel ilmiah yang membahas isu heat strain pada pekerja industri. Sampel terdiri dari 16 artikel yang dipilih berdasarkan kriteria inklusi yaitu kesesuaian topik, penggunaan bahasa Indonesia atau Inggris, serta tahun publikasi dalam lima tahun terakhir. Pengumpulan data dilakukan secara sistematis menggunakan string pencarian Boolean (AND, OR, NOT) untuk mengoptimalkan hasil pencarian. Data yang dikumpulkan merupakan data sekunder, yang kemudian dianalisis secara kualitatif untuk mengidentifikasi pola, hubungan, dan tren terkait dampak heat strain dan strategi mitigasi yang telah diterapkan dalam berbagai studi.

## HASIL

Hasil penelitian ini diperoleh melalui studi literatur terhadap 16 jurnal dan artikel ilmiah yang dipublikasikan pada tahun 2020-2025 yang membahas mengenai *heat strain* pada pekerja industri. Bagian ini bertujuan untuk menyajikan temuan utama yang

berkaitan dengan kejadian *heat strain* pada pekerja industri, tanpa terlebih dahulu menafsirkan maknanya. Penyajian hasil dilakukan secara deskriptif tanpa analisis kritis yang akan dijelaskan pada pembagian pembahasan.

**Tabel 1. Hasil Penelitian**

<b>Judul/Author</b>	<b>Tempat Penelitian</b>	<b>Tujuan Penelitian</b>	<b>Hasil Penelitian</b>
Targeting workload to ameliorate risk of heat stress in industrial sugarcane workers(Lucas et al., 2023).	Pabrik gula Ingenio San Antonio (ISA) di Chichigalpa, Nikaragua.	Mengukur beban kerja fisiologis dan menilai efek dari menerima intervensi istirahat, keteduhan, dan hidrasi untuk mengurangi risiko.	Pekerja perempuan memiliki beban kerja lebih tinggi daripada pekerja laki-laki. Waktu istirahat diatur setiap jam, akses air dan tempat teduh yang tampak dapat mengurangi beban kerja fisiologis.
Faktor Yang Berhubungan dengan Keluhan Heat Strain pada Pekerja Pabrik Tahu Kota Gorontalo (Puasa et al., 2025).	Di pabrik tahu Kota Gorontalo.	Mengetahui hubungan antara tekanan panas, suhu tubuh, dan Indeks Massa Tubuh (IMT) dengan keluhan heat strain.	Hubungan signifikan ditemukan antara Tekanan panas dan heat strain ( $p = 0,004$ ), suhu tubuh dan heat strain ( $p = 0,000$ ), IMT dan heat strain ( $p = 0,002$ ).
Pengaruh Tekanan Panas terhadap Kelelahan Kerja pada Pekerja <i>Shaping Folding</i> (Wardani et al., 2023).	Unit 2 bagian shaping folding PT. X.	Mengetahui pengaruh tekanan panas terhadap kelelahan kerja.	Ada pengaruh signifikan antara tekanan panas dan kelelahan kerja ( $p = 0,000$ ).
Hubungan Intensitas Kebisingan dan Iklim Kerja Panas dengan Produktivitas Kerja pada Pekerja Bagian Weaving di PT Iskandartex Surakarta (Trisyaa Pramesti et al., 2023).	PT Iskandartex Surakarta bagian <i>weaving</i> .	Mengetahui dan menganalisa hubungan intensitas kebisingan dan iklim kerja panas terhadap produktivitas kerja.	Tidak adanya hubungan signifikan antara intensitas kebisingan dan iklim kerja panas dengan produktivitas kerja.
Practical cooling interventions for	Sawmill (pabrik kayu) di Trang,	Mengevaluasi	Kedua strategi berhasil menurunkan

preventing heat strain in indoor factory workers in Thailand (Bach et al., 2024).	Thailand yang mengolah pohon karet menjadi kayu ekspor yang digunakan untuk konstruksi dan furniture.	efektivitas dua strategi pendinginan untuk mengurangi beban psikologi dan produktivitas selama shift 9 jam bekerja.	suhu tubuh dan denyut jantung, tetapi OASIS lebih efektif dibandingkan dengan VEST.
Faktor yang Berhubungan dengan Keluhan Heat Strain pada Pekerja Pabrik Tahu di Kecamatan Jelutung (Diandri Saputra et al., 2022).	Pabrik tahu di Kecamatan Jelutung.	Mengetahui faktor apa saja yang berhubungan dengan keluhan heat strain pada pekerja.	Tekanan panas dan mengkonsumsi air minum merupakan faktor yang berhubungan dengan adanya kejadian heat strain.
Analisis Heat Strain pada Pekerja Pembangunan Kapal PT. IKI (Persero) Makassar (Nadia et al., 2023).	PT. Industri Kapal Indonesia (Persero), Makassar, Sulawesi Selatan.	Mengetahui hubungan antara konsumsi air minum dan lama kerja dengan kejadian heat strain.	Terdapat hubungan signifikan antara konsumsi air minum dengan heat strain ( $p = 0,001$ ). Tidak terdapat hubungan signifikan antara lama kerja dengan heat strain ( $p = 0,455$ ).
Hubungan Beban Kerja Fisik dan Durasi Kerja dengan Kejadian Heat Strain pada Pekerja Industri Kerupuk (Anggraini, 2022).	Industri kerupuk di Desa Kincang Wetan kabupaten Madiun.	Menganalisa hubungan beban kerja fisik dan durasi lama bekerja terhadap kejadian heat strain.	Hasil dari penelitian terdapat 16 responden dengan mengalami kejadian heat strain ringan, sedangkan 24 responden mengalami kejadian heat strain berat. Sehingga dapat disimpulkan bahwa beban kerja memiliki hubungan dengan kejadian heat strain.
An Occupational Heat Stress and Hydration Assessment of Agricultural Workers in North Mexico. (Wagoner et al., 2020).	Meksiko Utara.	Menilai paparan panas dari populasi pekerja pertanian yang bermigrasi di Meksiko Utara pada saat musim panen anggur.	WBGT lebih tinggi secara signifikan pada musim panen dan pra-panen. Selain itu, mayoritas pekerja mengalami dehidrasi setelah bekerja dan rata-rata suhu tubuh pekerja tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.
Hubungan Antara PPE, WPS, BBS dan Kompetensi Welder terhadap Penerapan K3	Bengkel las Adi Jaya.	Mengetahui hubungan antara efektivitas penggunaan Personal Protective	Adanya hubungan yang signifikan antara efektivitas penggunaan PPE, penerapan PPS, dan

<p>Bidang Pekerjaan Fabrikasi Logam pada Proses Welding (Makomulamin et al., 2025).</p>		<p><i>Equipment</i> (PPE), spesifikasi <i>Welding Procedure Standard</i> (WPS), <i>Behaviour Based Safety</i> (BBS), dan kompetensi welder terhadap penerapan K3 di dalam proses pengelasan.</p>	<p>kompetensi Welder terhadap penerapan K3 di dalam proses pengelasan.</p>
<p>Heat stress and heat strain among outdoor workers in El Salvador and Nicaragua (Petropoulos et al., 2023).</p>	<p>El Salvador dan Nikaragua.</p>	<p>Memeriksa tingkat <i>heat stress</i> dan <i>heat strain</i> yang dialami oleh pekerja <i>outdoor</i> di El Salvador dan Nikaragua yang bekerja di 5 industri.</p>	<p>Secara keseluruhan, pekerja tebu terutama di Nikaragua mengalami suhu tubuh dan detak jantung yang tertinggi. Tetapi, beberapa pekerja di industri lain juga mengalami suhu tubuh yang tinggi.</p>
<p>Perceptions of workplace heat exposure and adaption behaviors among Chinese construction workers in the context of climate change (Han et al., 2021).</p>	<p>Tempat konstruksi di China.</p>	<p>Mengidentifikasi faktor-faktor terkait persepsi panas dan respons perilaku pekerja.</p>	<p>Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar pekerja menyadari risiko kesehatan akibat panas ekstrem, tetapi mereka memiliki pemahaman yang terbatas tentang perubahan iklim.</p>
<p>Comparing thermal strain in outdoor maintenance and indoor service workers in the mining industry during summer (Taggart et al., 2023a)</p>	<p>Pertambangan Australia bagian barat laut.</p>	<p>Membandingkan tingkat ketegangan panas (thermal strain) pekerja pemeliharaan dan pekerja layanan di pertambangan selama musim panas.</p>	<p>Pekerja layanan mengalami denyut jantung, tingkat dehidrasi, stres, dan ketidaknyamanan termal lebih tinggi dibandingkan pekerja pemeliharaan. Lalu, tidak ditemukan perbedaan signifikan dalam fungsi kognitif atau ketangkasan manual antara kedua kelompok.</p>
<p>Impact of living and working in the heat on cognitive and psycho-physiological responses in outdoor fly-in-fly-out tradesmen: a mining industry</p>	<p>Pertambangan wilayah barat laut Australia.</p>	<p>Menilai fungsi kognitif kompleks, ketangkasan manual, serta respons psikofisiologis pekerja.</p>	<p>Hasilnya, termoregulasi perilaku berperan penting dalam respons fisiologis dan kognitif saat bekerja di kondisi panas.</p>

study (Taggart et al., 2023b).			
Symptoms of heat illness and water consumption habits in mine industry workers over the summer months in Australia (TAGGART et al., 2024).	Di berbagai lokasi tambang di Australia (Western Australia, dll).	Menilai prevalensi gejala heat illness (penyakit akibat panas) dan kebiasaan konsumsi air selama musim panas.	Sebagian besar pekerja mengalami gejala heat illness (77,5%) dan banyak yang minum lebih sedikit dari jumlah yang direkomendasikan (hanya 2-4 L dan 1-2 L).
Kenyamanan Termal dan Faktor Individu yang Mempengaruhi Kejadian Heat Strain Pada Pekerja <i>Labelling Canning</i> (Fadhila et al., 2021).	<i>Area labelling canning</i> .	Mengetahui pengaruh kenyamanan termal, tingkat aktivitas fisik, usia, lama bekerja, status gizi, tingkat aklimatisasi, penggunaan obat, konsumsi cairan terhadap heat strain, serta memberikan rekomendasi.	Tidak ada pengaruh signifikan <i>heat strain</i> pada variabel usia, lama bekerja, dan status gizi. Sedangkan adanya pengaruh <i>heat strain</i> pada variabel kondisi kesehatan, penggunaan obat, dan konsumsi cairan.

## PEMBAHASAN

Secara internasional, perhatian terhadap isu *heat strain* semakin meningkat, dengan berbagai penelitian yang dilakukan untuk mencari solusi praktis dalam mengurangi dampak negatifnya terhadap pekerja. Menurut (WHO, 2024), *heat strain* merupakan kondisi darurat kesehatan dengan tingkat kematian yang tinggi. NIOSH (2024) menyebutkan bahwa kondisi ini dipicu oleh kombinasi faktor lingkungan kerja seperti suhu tinggi, aktivitas fisik berat, panas dari mesin, serta penggunaan alat pelindung diri (APD) yang tidak sesuai. Faktor-faktor tersebut menyebabkan akumulasi panas dalam tubuh yang dapat memicu gangguan kesehatan jangka panjang dan meningkatkan risiko cedera kerja. Pekerja yang paling rentan adalah mereka yang terpapar panas baik di dalam maupun luar ruangan, khususnya dalam kondisi seperti kelembaban tinggi, minimnya ventilasi, serta kurangnya adaptasi terhadap panas. Risiko semakin besar pada individu dengan kondisi medis tertentu, usia lanjut, atau riwayat *heat strain* (NIOSH, 2024).

*Heat strain* merangsang tubuh untuk berkeringat guna menurunkan

suhu inti, namun respons ini juga menyebabkan kehilangan cairan yang dapat mengarah pada dehidrasi (Saputra et al., 2022). Selain dehidrasi, *heat strain* dapat menimbulkan komplikasi serius seperti *heat stroke*, *rhabdomyolysis*, kram, iritasi kulit, hingga kecelakaan kerja akibat gangguan konsentrasi dan kelelahan (NIOSH, 2024). Dalam jangka panjang, paparan panas berlebihan juga berpotensi memicu penyakit kronis seperti gangguan kardiovaskular, pernapasan, dan ginjal (ILO, 2024). Menurut Occupational Safety and Health Administration (OSHA), sebagian besar kematian terkait panas terjadi pada hari-hari awal bekerja di lingkungan panas karena tubuh belum memiliki toleransi terhadap suhu tinggi. Proses adaptasi tubuh terhadap panas ini dikenal sebagai aklimatisasi panas, dan kurangnya aklimatisasi merupakan faktor risiko utama untuk hasil yang fatal. Untuk memahami bagaimana tubuh merespons paparan panas, OSHA dalam artikelnya yang berjudul *Heat-Illness Prevention Plan* menjelaskan Heat Balance Equation, yaitu pendekatan fisiologis dan matematis yang menggambarkan bagaimana tubuh manusia

mempertahankan suhu inti yang stabil dalam berbagai kondisi lingkungan kerja. Persamaan ini dinyatakan sebagai:

**Tabel 2. Tabel Rumus Heat Balance Equation**

$$S = (M - W) \pm C \pm R \pm K - E$$

S adalah akumulasi panas dalam tubuh M adalah panas yang dihasilkan dari metabolisme tubuh akibat aktivitas fisik, W adalah kerja eksternal, C adalah panas yang ditransfer melalui konveksi, R adalah panas dari radiasi, K adalah panas yang ditransfer melalui konduksi, dan E adalah kehilangan panas melalui evaporasi atau keringat (Cramer & Jay, 2019; Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Jika nilai **S** positif, maka ini menunjukkan bahwa panas yang dihasilkan dan diterima tubuh melebihi panas yang hilang, terutama melalui penguapan, sehingga dapat menyebabkan peningkatan suhu inti tubuh atau *heat strain*. Rumus ini bertujuan untuk menilai potensi stres panas di lingkungan kerja, standar ISO 7243:2017 merekomendasikan penggunaan indeks Wet Bulb Globe Temperature (WBGT), yang dapat mempertimbangkan suhu udara, kelembapan, kecepatan angin, dan radiasi termal sebagai indikator utama dalam mengevaluasi risiko pada *heat strain*.

Banyak kasus nyata mengenai *heat strain* telah dilaporkan dalam berbagai studi epidemiologis dan observasi lapangan, yang semakin menyoroti betapa serius dan mendesaknya permasalahan ini untuk segera ditangani secara sistematis. Khususnya dalam sektor industri, manufaktur, dan industri pengolahan makanan, para pekerja menghadapi beban kerja fisik yang tinggi dalam kondisi termal yang kurang mendukung, menjadikan mereka kelompok yang sangat rentan. Selain faktor suhu lingkungan, dua faktor penting lainnya turut memperparah kondisi, yakni rendahnya konsumsi air oleh pekerja dan tingginya Indeks Massa Tubuh (IMT) atau obesitas pada sebagian besar tenaga kerja. Obesitas diketahui dapat meningkatkan beban metabolik tubuh,

sehingga memperbesar risiko terkena *heat strain*. Kasus ini menunjukkan bahwa *heat strain* tidak dapat dianggap remeh dan memerlukan pendekatan komprehensif dalam penanganannya, termasuk perbaikan kondisi kerja, pengaturan waktu kerja, penyediaan fasilitas hidrasi yang memadai, serta edukasi mengenai pentingnya menjaga kebugaran tubuh (Diandri Saputra et al., 2022)

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Karena bersifat sekunder dan bergantung pada data dari studi sebelumnya, terdapat keterbatasan dalam konsistensi metode dan konteks antar studi. Selain itu, sebagian literatur yang digunakan berasal dari luar negeri, sehingga relevansinya terhadap kondisi lokal perlu diuji lebih lanjut. Meskipun berbagai studi telah mengungkapkan dampak serius *heat strain* terhadap kesehatan dan produktivitas pekerja, penelitian ini juga terbatas pada data yang bersifat lokal dan kontekstual seperti kasus pabrik tahu, sehingga generalisasi hasil ke sektor atau wilayah lain perlu dilakukan dengan hati-hati. Selain itu, sebagian besar studi menggunakan metode observasional yang membatasi kemampuan untuk mengidentifikasi hubungan sebab-akibat secara langsung antara faktor risiko dan kejadian *heat strain* (Diandri Saputra et al., 2022).

Variabel penting seperti status kesehatan dasar, pola konsumsi cairan, serta variasi aktivitas fisik harian juga belum tercatat secara sistematis. Perusahaan sebaiknya mulai menerapkan langkah-langkah pencegahan seperti menyediakan area istirahat yang sejuk, air minum yang cukup, serta penjadwalan kerja yang memperhatikan suhu lingkungan. Pelatihan rutin mengenai bahaya panas dan cara pencegahannya juga penting agar pekerja lebih sadar dan siap menghadapi risiko. Dengan

penerapan strategi yang menyeluruh dan berkelanjutan, diharapkan risiko kesehatan akibat panas dapat ditekan, dan produktivitas kerja tetap terjaga.

## SIMPULAN

Kajian literatur ini memperlihatkan bahwa heat strain berpengaruh signifikan terhadap kesehatan dan keselamatan pekerja industri, khususnya dalam lingkungan kerja dengan suhu tinggi. Oleh karena itu, diperlukan strategi mitigasi yang menyeluruh yang mencakup pengaturan kerja, penyediaan alat pendingin, pencegahan penyakit jangka panjang, serta edukasi pekerja. Hasil kajian ini menegaskan pentingnya integrasi langkah-langkah tersebut dalam kebijakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) untuk menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan adaptif terhadap perubahan iklim di luar ruangan maupun pengendalian suhu di dalam ruangan. Penelitian lanjutan dapat

difokuskan pada pengembangan kebijakan K3 berbasis bukti yang lebih komprehensif, termasuk penyusunan panduan praktis yang aplikatif dan kajian efektivitas strategi mitigasi dalam berbagai sektor industri.

## SARAN

Disarankan penelitian selanjutnya dilakukan dengan pendekatan langsung di lapangan menggunakan data primer, sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai kondisi kerja dan risiko heat strain di lingkungan lokal. Penelitian juga perlu mempertimbangkan pengukuran kondisi fisiologis pekerja dan faktor-faktor seperti kebiasaan minum, jenis pakaian kerja, dan durasi paparan panas dengan pendekatan metodologis yang lebih kuat dan komprehensif dalam penelitian selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, M. T. (2022). Hubungan Beban Kerja Fisik dan Durasi Kerja dengan Kejadian Heat Strain Pada Pekerja Industri Kerupuk. *Jurnal Ilmiah Kesehatan*, 21(2). <https://doi.org/10.33221/jikes.v21i2.1706>
- Bach, A. J. E., Thepaksorn, P., Hom Thepaksorn, E. K., Borg, D. N., Rutherford, S., Osborne, N. J., Darssan, D., & Phung, D. (2024). Practical cooling interventions for preventing heat strain in indoor factory workers in Thailand. *American Journal of Industrial Medicine*, 67(6), 556–561. <https://doi.org/10.1002/ajim.23589>
- Cramer, M. N., & Jay, O. (2019). Partitioned calorimetry. *Journal of Applied Physiology*, 126(2), 267–277. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00191.2018>
- Diandri Saputra, Subakir, & Abul Ain Hapis. (2022). FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN KELUHAN HEAT STRAIN PADA PEKERJA PABRIK TAHU DI KECAMATAN JELUTUNG. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 2(12). <https://ejournal.stpmataram.ac.id/JIP/article/view/1492>
- Douglas Trout, M. M., Brenda Jacklitsch, P. M., Scott Earnest, P. P. C., Elizabeth Garza, M. C., & J'ette Novakovich, P. M. M. (2021, May 7). *Take Action Now to Prevent Heat-Related Illness at Work | Blogs | CDC*. Centers for Disease Control and Prevention. <https://blogs.cdc.gov/niosh-science-blog/2021/05/07/heat-stress-2021/>
- Fadhila, A. N., Santiasih, I., Am, D., Disrinama, M., Studi, P., Keselamatan, T., & Kerja, K. (2021). KENYAMANAN TERMAL DAN FAKTOR INDIVIDU YANG MEMPENGARUHI KEJADIAN HEAT STRAIN PADA PEKERJA LABELLING CANNING. *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 13. <https://envirotek.upnjatim.ac.id/index.php/envirotek/article/view/99>
- Han, S.-R., Wei, M., Wu, Z., Duan, S., Chen, X., Yang, J., Borg, M. A., Lin, J., Wu, C., & Xiang, J. (2021). Perceptions of workplace heat exposure and adaption behaviors among Chinese construction workers in the context of climate

- change. *BMC Public Health*, 21(1), 2160.  
<https://doi.org/10.1186/s12889-021-12231-4>
- International Labour Organization. (2024, April 22). *Ensuring safety and health at work in a changing climate* | International Labour Organization. International Labour Organization. <https://www.ilo.org/publications/ensuring-safety-and-health-work-changing-climate>
- International Labour Organization. (2025, April 8). *Be cautious of excessive heat!* | International Labour Organization. International Labour Organization. <https://www.ilo.org/resource/training-material/be-cautious-excessive-heat>
- Lucas, R. A., Skinner, B. D., Arias-Monge, E., Jakobsson, K., Wesseling, C., Weiss, I., Poveda, S., Cerda-Granados, F. I., Glaser, J., Hansson, E., & Wegman, D. H. (2023). Targeting workload to ameliorate risk of heat stress in industrial sugarcane workers. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 49(1), 43–52. <https://doi.org/10.5271/sjweh.4057>
- Makomulamin, Nila Puspita Sari, & Alfina Mutiara Sany. (2025). HUBUNGAN ANTARA PPE, WPS, BBS DAN KOMPETENSI WELDER TERHADAP PENERAPAN K3 BIDANG PEKERJAAN FABRIKASI LOGAM PADA PROSES WELDING. *Al-Tamimi Kesmas: Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat (Journal of Public Health Sciences)*, 13(2), 251–260. <https://doi.org/10.35328/kesmas.v13i2.2799>
- Manal Azzi, Andreas Flouris, Halshka Graczyk, Balint Nafradi, & Natasha Scott. (2024, July 25). *Heat at work: Implications for safety and health* | International Labour Organization. International Labour Organization. <https://www.ilo.org/publications/heat-at-work-implications-safety-and-health>
- Nadia, N., Syam, N., & Rahman, R. (2023). Analisis Heat Strain Pada Pekerja Pembangunan Kapal PT.IKI (Persero) Makassar. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada*, 12(2), 324–330. <https://doi.org/10.35816/jiskh.v12i2.1079>
- National Institute for Occupational Safety and Health. (2024, July 11). *Heat Stress and Workers* | Heat | CDC. Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/niosh/heat-stress/about/>
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (n.d.-a). *Heat - Overview: Working in Outdoor and Indoor Heat Environments* | Occupational Safety and Health Administration. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Retrieved May 31, 2025, from <https://www.osha.gov/heat-exposure>
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (n.d.-b). *Heat Stress Guide* | Occupational Safety and Health Administration. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Retrieved May 31, 2025, from <https://www.osha.gov/emergency-preparedness/guides/heat-stress>
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (n.d.-c). *Heat-Illness Prevention Plan*. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Retrieved May 31, 2025, from <https://www.osha.gov/sites/default/files/2021-07/Model%20Heat%20Illness%20Prevention%20Plan.pdf>
- Ojha, A., Shayesteh, S., Sharifironizi, A., Liu, Y., & Jebelli, H. (2024). Worker-centric heat strain analysis: Integrating physiological signals with ensemble learning and domain adaptation. *Automation in Construction*, 166, 105670. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105670>
- Petropoulos, Z. E., Keogh, S. A., Jarquín, E., López-Pilarte, D., Amador Velázquez, J. J., García-Trabanino, R., Amador Sánchez, M. R., Guevara, R., Gruener, A., Allen, D. R., Leibler, J. H., Delgado, I. S.,

- McClellan, M. D., Friedman, D. J., Brooks, D. R., & Scammell, M. K. (2023). Heat stress and heat strain among outdoor workers in El Salvador and Nicaragua. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 33(4), 622–630. <https://doi.org/10.1038/s41370-023-00537-x>
- Puasa, J., Flora Ninta Tarigan, S., Rivai Nakoe, M., Kesehatan Masyarakat, J., Ung, F., & Penelitian, A. (2025). Faktor Yang Berhubungan dengan Keluhan Heat Strain pada Pekerja Pabrik Tahu Kota Gorontalo Factors Related to Heat Strain Complaints in Tofu Factory Workers in Gorontalo City. *Jurnal Kolaboratif Sains*, 8(3), 1449–1458. <https://jurnal.unismuhpalu.ac.id/index.php/JKS>
- Taggart, S. M., Girard, O., Landers, G. J., Ecker, U. K. H., & Wallman, K. E. (2023a). Comparing thermal strain in outdoor maintenance and indoor service workers in the mining industry during summer. *PLOS ONE*, 18(10), e0292436. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0292436>
- Taggart, S. M., Girard, O., Landers, G. J., Ecker, U. K. H., & Wallman, K. E. (2023b). Impact of living and working in the heat on cognitive and psycho-physiological responses in outdoor fly-in fly-out tradesmen: a mining industry study. *Frontiers in Physiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1210692>
- TAGGART, S. M., GIRARD, O., LANDERS, G. J., & WALLMAN, K. E. (2024). Symptoms of heat illness and water consumption habits in mine industry workers over the summer months in Australia. *Industrial Health*, 62(4), 2023–0139. <https://doi.org/10.2486/indhealth.2023-0139>
- The International Organization for Standardization (ILO). (2017, August). *ISO 7243:2017 - Ergonomics of the thermal environment — Assessment of heat stress using the WBGT (wet bulb globe temperature) index*. The International Organization for Standardization (ILO). <https://www.iso.org/standard/67188.html>
- Trisyaa Pramesti, N., Rante Ada, Y., Rinawati, S., Vokasi, S., & Sebelas Maret, U. (2023). HUBUNGAN INTENSITAS KEBISINGAN DAN IKLIM KERJA PANAS DENGAN PRODUKTIVITAS KERJA PADA PEKERJA BAGIAN WEAVING DI PT ISKANDARTEX SURAKARTA. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 11(4). <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkm>
- Tustin, A. W., Lamson, G. E., Jacklitsch, B. L., Thomas, R. J., Arbury, S. B., Cannon, D. L., Gonzales, R. G., & Hodgson, M. J. (2018). Evaluation of Occupational Exposure Limits for Heat Stress in Outdoor Workers — United States, 2011–2016. *MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report*, 67(26), 733–737. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6726a1>
- Wagoner, R. S., López-Gálvez, N. I., de Zapien, J. G., Griffin, S. C., Canales, R. A., & Beamer, P. I. (2020). An Occupational Heat Stress and Hydration Assessment of Agricultural Workers in North Mexico. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(6), 2102. <https://doi.org/10.3390/ijerph17062102>
- Wardani, A. F. K., Rinawati, S., Dewi, A. B. C., Firmansyah, F., Marlina, E., & Rachmawati, S. (2023). Pengaruh Tekanan Panas Terhadap Kelelahan Kerja pada Pekerja Shaping Folding. *Journal of Industrial Hygiene and Occupational Health*, 7(2), 167–175. <https://doi.org/10.21111/jihoh.v7i2.9136>
- World Health Organization (WHO). (2024, May 28). *Heat and health*. World Health Organization (WHO). <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-heat-and-health>