

INTERAKSI IKLIM KERJA PANAS TERHADAP RESPONS FISIOLOGIS PADA KARYAWAN APRON DI BANDARA SULTAN HASANUDDIN MAKASSAR

Interaction of Hot Work Climate on Physiological Responses of Apron Employees at Sultan Hasanuddin Airport, Makassar

Nurul Mawaddah Syafitri^{1*}, Yulianah Rahmadani², Jumhur Salam², M. Anas³

¹Fakultas Kedokteran, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, Pd. Labu, Jakarta Selatan, DKI Jakarta, Indonesia, 12450.

²Program Studi Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Politeknik Kesehatan Megarezky, Makassar, Indonesia, 90234.

³Program Studi Hiperkes dan Keselamatan Kerja, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Makassar, Makassar, Indonesia, 90222

*Corresponding author: nurul.mawaddah.syafitri@upnvj.ac.id

ABSTRAK

Latar Belakang: Area apron bandara merupakan lingkungan kerja dengan paparan panas tinggi yang berpotensi menimbulkan gangguan fisiologis pada pekerja. Paparan ini, jika melebihi ambang batas adaptasi tubuh, dapat menyebabkan stres panas dan gangguan kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis interaksi antara iklim kerja panas dengan perubahan respons fisiologis pada karyawan apron di Bandara Sultan Hasanuddin Makassar.

Metode: Penelitian ini menggunakan desain cross-sectional dengan pendekatan deskriptif analitik. Sampel sebanyak 67 responden diambil secara *accidental* dari karyawan PT. Garuda Indonesia yang bekerja di area apron. Variabel bebas adalah iklim kerja panas (ISBB), dan variabel terikat adalah denyut nadi dan saturasi oksigen sebelum dan setelah bekerja. Analisis data menggunakan uji *paired samples t-test* dengan $p < 0,05$.

Hasil: Nilai ISBB rata-rata sebesar 29,9°C dikategorikan tidak memenuhi syarat. Terdapat peningkatan signifikan denyut nadi setelah bekerja ($p = 0,000$), serta penurunan signifikan saturasi oksigen ($p = 0,000$). Sebagian besar pekerja juga bekerja lebih dari 40 jam/minggu dan memiliki masa kerja yang panjang, yang turut memperbesar risiko terhadap beban panas.

Kesimpulan: Iklim kerja panas berpengaruh signifikan terhadap respons fisiologis pekerja di area apron, ditandai dengan peningkatan denyut nadi dan penurunan saturasi oksigen. Diperlukan pengendalian risiko dan pemantauan fisiologis secara berkala untuk melindungi kesehatan dan keselamatan kerja karyawan apron.

Kata Kunci: Apron bandara ; Denyut nadi ; Iklim panas; Keselamatan kerja; Saturasi oksigen

ABSTRACT

Background: The apron area of an airport is a high-heat work environment that poses significant physiological stress to workers. Excessive heat exposure can lead to heat strain and health risks. This study aimed to analyze the interaction between hot work climate and physiological responses among apron employees at Sultan Hasanuddin Airport, Makassar.

Methods: This was a cross-sectional study with an analytic-descriptive approach involving 67 purposively selected respondents from PT. Garuda Indonesia. The independent variable was the hot work climate

measured by WBGT index (ISBB), and the dependent variables were heart rate and oxygen saturation before and after work. Data were analyzed using paired samples *t*-test with a significance level of $p < 0.05$. **Results:** The average WBGT value was 29.9°C, exceeding the recommended threshold. A significant increase in heart rate ($p = 0.000$) and a significant decrease in oxygen saturation ($p = 0.000$) were found after work. Most workers had long working hours (>40 hours/week) and long tenure, increasing their heat exposure risk.

Conclusion: Hot work climate significantly affects the physiological responses of apron workers, as indicated by increased heart rate and decreased oxygen saturation. Risk control and regular physiological monitoring are essential to safeguard workers' health and safety.

Keywords: Airport apron ; Heart rate ; Heat exposure ; Occupational safety ; Oxygen saturation

PENDAHULUAN

Kondisi lingkungan kerja memiliki pengaruh signifikan terhadap keselamatan dan kesehatan pekerja, khususnya di sektor pekerjaan luar ruang yang padat aktivitas fisik, seperti area apron bandara [1]. Apron merupakan zona operasional penting di bandara tempat dilakukannya parkir, bongkar muat, pengisian bahan bakar, dan pemeliharaan pesawat udara. Di area ini, pekerja terpapar langsung oleh berbagai bahaya fisik, seperti suhu panas yang ekstrem akibat paparan langsung sinar matahari dan radiasi permukaan [2]. Pekerja apron di bandara merupakan salah satu kelompok pekerja yang rentan terhadap paparan iklim kerja panas. Area apron, yang umumnya berupa hamparan aspal atau beton luas, cenderung menyerap dan memancarkan panas matahari secara signifikan. Selain itu, operasional pesawat yang melibatkan mesin jet dan aktivitas kendaraan pendukung lainnya juga berkontribusi pada peningkatan suhu lingkungan di area kerja ini. Paparan panas yang berlebihan dan berkelanjutan dapat menimbulkan berbagai respons fisiologi pada tubuh manusia, mulai dari mekanisme adaptif hingga kondisi stres panas yang membahayakan kesehatan dan keselamatan kerja [3].

Iklim kerja panas yaitu kombinasi antara suhu udara, kelembaban relatif, kecepatan aliran udara, serta radiasi panas yang dapat membebani sistem termoregulasi tubuh. Iklim kerja panas yang melebihi nilai ambang batas (NAB) dapat memicu respons fisiologis seperti peningkatan denyut nadi, penurunan saturasi oksigen, kelelahan dini, hingga risiko *heat stress* bahkan *heat stroke* jika tidak dikendalikan secara tepat [4–6]. Tubuh manusia memiliki mekanisme termoregulasi alami untuk mempertahankan suhu inti tubuh dalam rentang normal, yaitu sekitar 37°C. Namun, ketika beban panas dari lingkungan melebihi kapasitas tubuh untuk melepaskan panas (misalnya, melalui keringat dan evaporasi), suhu inti tubuh dapat meningkat. Peningkatan suhu inti ini memicu serangkaian perubahan fisiologis, seperti peningkatan laju denyut jantung, vasodilatasi kulit, dan peningkatan laju keringat. Pada kondisi stres panas, laju denyut jantung dapat meningkat 10–20 denyut per menit untuk setiap kenaikan 1°C suhu inti tubuh, dan produksi keringat dapat mencapai 1–2 liter per jam pada individu yang beraklimatisasi [7]. Meskipun respons ini bertujuan untuk mendinginkan tubuh, jika paparan panas terus berlanjut tanpa intervensi yang memadai, pekerja dapat mengalami dehidrasi, kelelahan panas, kram panas, bahkan *heat stroke* yang berpotensi fatal [8].

Kondisi lingkungan kerja yang panas tidak hanya berdampak langsung pada kesehatan fisik pekerja, tetapi juga dapat memengaruhi kinerja dan konsentrasi. Penurunan kewaspadaan, waktu reaksi yang melambat, dan peningkatan risiko kesalahan adalah beberapa konsekuensi dari stres panas yang dapat membahayakan keselamatan, mengingat sifat pekerjaan di apron yang menuntut ketelitian dan kecepatan [9]. Kecelakaan kerja di lingkungan apron dapat berakibat fatal, baik bagi pekerja maupun operasional penerbangan secara keseluruhan. Menurut data dari *International Labour Organization* (2023) bahwa diperkirakan pada tahun 2030, lebih dari 2% total jam kerja global akan hilang setiap tahunnya karena kondisi panas ekstrem yang tidak memungkinkan kerja fisik berlangsung secara optimal.

Penelitian sebelumnya oleh Moohialidin (2022) pada pekerja konstruksi memberikan bukti empiris bahwa denyut jantung secara signifikan mempengaruhi respons fisiologis pekerja konstruksi yang terpapar kondisi cuaca yang sangat panas dan lembap. Studi ini merekomendasikan penerapan pendekatan pemantauan berkelanjutan sebagai sistem peringatan dini dalam kondisi cuaca yang sangat panas dan lembap [10]. Penelitian lainnya pada subjek pekerja pabrik pengolahan minyak daun cengkeh menunjukkan adanya korelasi sedang hingga kuat terhadap stres kerja dan respon fisiologis setelah bekerja termasuk suhu tubuh, denyut nadi, tekanan darah serta berat badan [11]. Sebuah studi juga membandingkan suhu tubuh dan beban fisiologi selama seseorang berjalan dalam kondisi panas dengan WBGT (*Wet Bulb Globe Temperature*) atau tekanan panas pada suhu 27,8°C, dan ditemukan beban fisiologis pada kardiovaskular, laju keringat yang tinggi dan suhu kulit yang tinggi [12]. Hasil studi sebelumnya membuktikan dampak kerugian iklim kerja panas terhadap kesejahteraan fisiologis pekerja.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana iklim kerja panas di area apron bandara berinteraksi dan memengaruhi respons fisiologi pada pekerjanya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam upaya peningkatan kesehatan, keselamatan, dan produktivitas pekerja di lingkungan kerja Apron Bandara Sultan Hasanuddin Makassar.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan deskriptif analitik menggunakan desain cross-sectional. Desain ini digunakan untuk mengevaluasi pengaruh interaksi paparan iklim kerja panas dengan perubahan respon fisiologis pada karyawan yang bekerja di area apron. Penelitian dilaksanakan di area apron Bandara Sultan Hasanuddin Makassar, khususnya pada lokasi kerja karyawan PT. Gapura Angkasa. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh karyawan apron PT. Gapura Angkasa sebanyak 176 orang. Sampel diambil secara *Accidental* sampling yaitu teknik pengambilan sampel berdasarkan kebetulan dan dianggap cocok sebagai sumber data. Total responden yang memenuhi syarat dan menyetujui *informed consent* untuk menjadi sampel dalam penelitian sebanyak 67 orang. *Informed consent* dijelaskan secara langsung oleh peneliti kepada responden sebelum diambil datanya dan menyerahkan dokumen persetujuan jika responden bersedia. Variabel dalam penelitian ini adalah Iklim kerja panas (diukur dengan indeks suhu bola basah (ISBB)), respon fisiologis yang meliputi: denyut nadi (sebelum dan sesudah kerja), dan saturasi oksigen (sebelum dan sesudah kerja).

Pekerja apron memiliki rotasi kerja pagi, siang dan malam. Pengumpulan data ditujukan pada pekerja yang melakukan shift pagi dan siang saja. Adapun untuk sampel pada penelitian ini dikhususkan pada pekerja Apron sebagai *loading master*, *GSE operator*, *GSE Mekanik*, *Porter* dan *Ramp Handling*. Pengambilan data dilakukan sebelum mereka bekerja yakni sebelum ada pesawat yang akan *take off/landing* di jadwal shiftnya dan setelah mereka melakukan pekerjaannya atau sedang tidak ada pesawat yang di *handle* di waktu tersebut. Pengukuran Iklim Kerja Panas (ISBB) dilakukan dengan menggunakan alat heat stress monitor yang mengukur suhu bola basah (*Wet Bulb*), suhu bola kering (*Dry Bulb*), dan suhu globe di 3 (tiga) waktu yaitu pagi (pukul 10.10-10.22 Wita), siang hari (pukul 12.10-12.22 Wita) dan sore hari (pukul 15.10-15.22 Wita). Nilai ISBB dihitung dengan rumus sesuai Permenaker No.5 Tahun 2018. Pengukuran Denyut Nadi dilakukan menggunakan alat digital (pulse oximeter) sebelum dan sesudah jam kerja. Pengukuran Saturasi Oksigen (SpO₂) dilakukan menggunakan alat pulse oximeter, diukur sebelum dan sesudah kerja. Data karakteristik responden seperti jenis kelamin, umur, masa kerja, dan lama kerja dikumpulkan melalui kuesioner yang dilakukan dengan wawancara ke pekerja.

Data dianalisis secara deskriptif menggunakan distribusi frekuensi, rerata, dan simpangan baku. Untuk melihat perbedaan respon fisiologis sebelum dan sesudah kerja, digunakan uji beda berpasangan (*paired samples t-test*). Uji statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS versi 22, dengan tingkat

signifikansi ditetapkan pada $p < 0,05$. Adapun penelitian ini telah mendapat persetujuan etik dari Komite Etik Penelitian Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.

HASIL

Karakteristik karyawan area Apron Bandara Sultan Hasanuddin Makassar dijabarkan dalam tabel dibawah ini :

Tabel 1. Karakteristik Karyawan Area Apron Bandara Sultan Hasanuddin Makassar

Karakteristik Responden	Frekuensi	
	n	%
Jenis Kelamin		
Pria	67	100
Wanita	0	0
Umur (Tahun)		
46-55	7	10.4
36-45	11	16.4
26-35	25	36.3
17-25	24	35.8
Masa Kerja		
Lama	39	58.2
Baru	28	41.8
Lama Kerja		
Tidak Memenuhi	60	89.6
Memenuhi	7	10.4
Total	67	100

Tabel 1 menunjukkan karakteristik responden yang merupakan karyawan di area apron Bandara Sultan Hasanuddin Makassar, dengan seluruh responden berjenis kelamin pria (100%). Berdasarkan kelompok usia, mayoritas responden berada pada rentang usia 17–25 tahun (38,3%) dan 26–35 tahun (35,8%), yang mencerminkan dominasi tenaga kerja usia muda dan produktif. Sebagian besar responden memiliki masa kerja yang tergolong lama (58,2%), menunjukkan adanya pengalaman kerja yang cukup dalam menjalankan tugas di area apron. Berdasarkan durasi kerja per minggu, hanya 7 responden (10,4%) yang memenuhi ketentuan jam kerja normal yaitu 40 jam/minggu, sementara 89,6% lainnya bekerja melebihi 40 jam/minggu, yang menunjukkan tingginya beban kerja pada mayoritas karyawan apron.

Kemudian untuk pengukuran iklim kerja yang dilakukan pada pagi, siang dan sore hari menunjukkan Indeks Suhu Basah dan Bola (ISBB) yang berbeda-beda.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Iklim Kerja Panas Area Apron Bandara Sultan Hasanuddin Makassar

Lokasi	Jam Sampling	ISBB (°C)	Ket
Apron Bandara Sultan Hasanuddin Makassar	10.10-10.22	30,7	Cuaca Mendung
	12.10-12.22	30,5	
	15.10-15.22	28,5	
ISBB rata-rata		29,9	Tidak memenuhi syarat

Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran iklim kerja panas berdasarkan nilai Indeks Suhu Basah dan Bola (ISBB) di area apron Bandara Sultan Hasanuddin Makassar pada tiga waktu berbeda. Nilai ISBB yang diukur pada pukul 10.10–10.22, 12.10–12.22, dan 15.10–15.22 masing-masing adalah 30,7°C, 30,5°C, dan 28,5°C, dengan rata-rata ISBB sebesar 29,9°C. Meskipun pada saat pengukuran cuaca dalam kondisi mendung, nilai ISBB tetap melampaui batas ambang aman yang direkomendasikan untuk pekerjaan sedang di iklim tropis (sekitar 28°C). Hal ini sesuai dengan standar NAB pada iklim kerja di Permenaker No. 5 Tahun 2018. Oleh karena itu, nilai rata-rata ISBB dinyatakan "tidak memenuhi syarat", yang mengindikasikan bahwa lingkungan kerja di apron memiliki potensi risiko terhadap kesehatan pekerja akibat iklim kerja panas.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Denyut Nadi pada Karyawan Area Apron Bandara Sultan Hasanuddin Makassar

Denyut Nadi	Sebelum bekerja		Setelah bekerja	
	n	%	n	%
Rendah	4	6,0	1	1,5
Tinggi	4	6,0	11	16,4
Normal	59	88,1	55	82,1
Total	67	100,0	67	100,0

Tabel 3 menunjukkan distribusi denyut nadi karyawan sebelum dan setelah bekerja di area apron Bandara Sultan Hasanuddin Makassar. Sebelum bekerja, mayoritas responden (88,1%) memiliki denyut nadi dalam kategori normal, sementara 6,0% berada dalam kategori rendah dan 6,0% lainnya tinggi. Setelah bekerja, proporsi karyawan dengan denyut nadi normal menurun menjadi 82,1%, sementara yang mengalami peningkatan denyut nadi (kategori tinggi) naik signifikan menjadi 16,4%.

Berdasarkan data pengukuran, beberapa responden mengalami peningkatan denyut nadi setelah bekerja, namun masih dalam kategori normal yakni berkisar ≥ 60 -100 kali permenit. Berikut penyajian dalam tabel:

Tabel 4. Hasil Uji *Paired Samples Test* pada Perubahan Denyut Nadi Karyawan Area Apron Bandara Sultan Hasanuddin Makassar Sebelum dan Setelah Bekerja

	Mean	Std. Deviation	t	P-Value
Denyut Nadi sebelum-Denyut Nadi setelah bekerja	-7,358	13,901	-4.333	0,000

Tabel 4 menunjukkan hasil uji Paired Samples Test yang dilakukan untuk mengetahui perbedaan denyut nadi karyawan sebelum dan setelah bekerja di area apron. Hasil analisis menunjukkan nilai rata-rata perbedaan denyut nadi sebesar -7,358 dengan simpangan baku 13,901, nilai t sebesar -4,333 dan p-value sebesar 0,000. Karena nilai $p < 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara denyut nadi sebelum dan setelah bekerja. Nilai rata-rata yang negatif menunjukkan adanya peningkatan denyut nadi setelah bekerja, yang mengindikasikan adanya respons fisiologis tubuh terhadap beban kerja fisik atau kondisi lingkungan kerja yang panas di area apron.

Pengukuran SP_{O_2} yang dilakukan sebelum dan setelah pekerja melakukan pekerjaannya. Saturasi oksigen tergolong normal jika saturasi oksigen 95-100% dan tergolong kurang bila saturasi oksigen 85-94%. Hasil pengukuran dapat dilihat dari penyajian data sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Pengukuran Saturasi Oksigen (SPO₂) pada Karyawan Area Apron Bandara Sultan Hasanuddin Makassar

SP0 ₂	Sebelum bekerja		Setelah bekerja	
	n	%	n	%
Kurang	0	0,0	1	1,5
Normal	67	0,0	66	98,5
Total	67	100,0	67	100,0

Tabel 5 menunjukkan hasil pengukuran saturasi oksigen (SpO₂) sebelum dan setelah bekerja. Sebelum bekerja, seluruh responden (100%) memiliki saturasi oksigen dalam kategori normal. Setelah bekerja, terjadi sedikit penurunan, di mana satu responden (1,5%) mengalami saturasi oksigen kurang dari normal, sementara sisanya (98,5%) tetap dalam batas normal. Meskipun penurunan ini relatif kecil secara persentase, hal ini tetap mengindikasikan adanya potensi gangguan oksigenasi tubuh akibat aktivitas fisik di bawah paparan iklim kerja panas.

Berdasarkan data pengukuran, ada responden yang mengalami perubahan SP0₂ setelah bekerja, namun masih dalam kategori normal yakni berkisar 95-100%. Berikut penyajian dalam tabel:

Tabel 6. Hasil Uji *Paired Samples Test* pada Perubahan Saturasi Oksigen (SpO₂) Karyawan Area Apron Bandara Sultan Hasanuddin Makassar Sebelum dan Setelah Bekerja

		Mean	Std. Deviation	t	P-Value
SP0 ₂ sebelum-bekerja	SP0 ₂ setelah	-7,358	13,901	-4.333	0,000

Tabel 6 menyajikan hasil uji *Paired Samples Test* terhadap perubahan saturasi oksigen (SpO₂) karyawan sebelum dan setelah bekerja. Nilai rata-rata perbedaan tercatat sebesar -7,358 dengan simpangan baku 13,901, nilai *t* sebesar -4,333, dan *p-value* sebesar 0,000. Karena nilai *p* < 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara nilai SpO₂ sebelum dan setelah bekerja. Nilai rata-rata negatif menunjukkan adanya penurunan saturasi oksigen setelah bekerja, yang mengindikasikan kemungkinan pengaruh kerja fisik atau paparan panas di lingkungan apron terhadap penurunan fungsi pernapasan atau efisiensi oksigenasi tubuh pada karyawan.

PEMBAHASAN

Iklim kerja panas merupakan kombinasi dari suhu udara, kelembaban relatif, kecepatan angin, dan radiasi panas yang dapat menciptakan beban panas fisiologis pada pekerja, terutama dalam aktivitas fisik di luar ruangan [13]. Di area apron bandara, kombinasi antara aspal yang menyerap panas, paparan langsung sinar matahari, serta aktivitas mesin pesawat yang menghasilkan panas tambahan menjadikan lokasi ini sebagai salah satu zona kerja dengan risiko stres panas yang tinggi. Pekerja di area ini secara konsisten terpapar suhu ekstrem, sehingga menuntut tubuh mereka untuk bekerja lebih keras dalam menjaga homeostasis suhu internal.

Secara fisiologis, ketika tubuh terpapar panas, sistem termoregulasi akan aktif melalui vasodilatasi dan peningkatan produksi keringat guna melepas panas ke lingkungan [13,14]. Namun, proses ini akan meningkatkan kerja jantung karena aliran darah ke kulit bertambah. Denyut jantung dapat meningkat sekitar 10–20 denyut per menit untuk setiap kenaikan 1°C suhu inti tubuh [15,16]. Peningkatan ini merupakan bentuk adaptasi tubuh, tetapi jika berlangsung dalam waktu lama atau dengan beban kerja tinggi, dapat menyebabkan kelelahan jantung dan peningkatan risiko gangguan kardiovaskular [17]. Respons inilah yang terlihat dalam hasil penelitian, di mana terdapat peningkatan denyut nadi yang

signifikan setelah bekerja. Penelitian sebelumnya pada pekerja konstruksi yang bekerja di luar ruangan (*outdoor*) memberikan efek terjadinya fluktuasi denyut jantung terutama bergantung pada paparan sinar matahari dan pola kerja. Denyut jantung sekitar 25-30 bpm lebih tinggi saat terpapar sinar matahari [18].

Dari aspek karakteristik responden, mayoritas pekerja berada dalam kelompok usia produktif muda (17–35 tahun), yang secara teori memiliki kapasitas adaptasi fisiologis yang masih optimal. Namun, temuan penting yang tidak bisa diabaikan adalah sebesar 89,6% responden bekerja lebih dari 40 jam/minggu, dan sebagian besar merupakan pekerja dengan masa kerja lama (58,2%). Durasi kerja yang panjang tanpa manajemen waktu istirahat yang efektif dapat menurunkan cadangan energi, memperberat kerja jantung, serta menyebabkan akumulasi beban panas (*heat load*) yang tidak diimbangi dengan waktu pemulihan yang cukup [19–21].

Selain denyut nadi, indikator saturasi oksigen (SpO_2) juga menunjukkan perubahan, meskipun dalam jumlah kecil. Penurunan SpO_2 setelah bekerja dapat mencerminkan peningkatan aktivitas metabolik dan kebutuhan oksigen akibat kerja fisik, yang tidak selalu diimbangi dengan ventilasi efektif, terlebih jika pekerja mengalami kelelahan otot pernapasan [22]. Penelitian sebelumnya yakni paparan panas saat olahraga intens menyebabkan penurunan saturasi oksigen pada otot dan otak, baik selama aktivitas maupun masa pemulihan. Hal ini menunjukkan bahwa panas membatasi suplai oksigen ke jaringan aktif [23]. Paparan panas juga dapat mempercepat laju napas (hiperventilasi), namun pada kondisi tertentu menyebabkan pertukaran gas di alveolus menjadi kurang efisien, sehingga saturasi oksigen bisa menurun meski hanya beberapa persen. Studi menyebutkan bahwa pekerja di lingkungan panas yang melakukan aktivitas fisik menengah hingga berat memiliki risiko penurunan saturasi oksigen hingga 2–3% dibandingkan kondisi istirahat, khususnya bila disertai dehidrasi ringan [24].

Kondisi serupa dilaporkan dalam laporan kasus *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH, 2020), di mana seorang pekerja luar ruang di Texas mengalami peningkatan denyut jantung dari 85 menjadi 130 bpm dalam 90 menit kerja tanpa istirahat yang memadai pada suhu lingkungan 34°C dan kelembaban 70%. Ia kemudian mengalami pusing dan sesak napas ringan, dan saturasi oksigennya turun ke 93% [25]. Walaupun nilai yang masih dalam batas normal, tetapi menunjukkan bahwa beban panas lingkungan sudah mulai memengaruhi fungsi fisiologisnya. Kasus ini menegaskan pentingnya pemantauan dini terhadap parameter seperti denyut nadi dan SpO_2 sebagai indikator awal *heat strain*.

Berdasarkan prinsip ergonomi dan keselamatan kerja, paparan panas termasuk ke dalam risiko yang harus dikendalikan melalui penerapan hirarki pengendalian bahaya. Upaya ini mencakup rekayasa teknis (misalnya, pemasangan kanopi, ventilasi mekanik di titik istirahat), pengaturan kerja-istirahat berbasis ISBB, penyediaan cairan rehidrasi secara berkala, serta pelatihan kepada pekerja mengenai tanda-tanda *heat stress*. Permenaker No. 5 Tahun 2018 menekankan pentingnya pemantauan beban panas kerja menggunakan metode ISBB dan penyesuaian beban kerja sesuai rekomendasi. Adapun standar internasional ISO 7243 juga mengatur bahwa beban panas kerja yang melebihi ambang batas memerlukan intervensi administratif dan teknis segera.

Lebih jauh, pekerja dengan masa kerja lama dan jam kerja tinggi cenderung mengembangkan aklimatisasi parsial terhadap panas, namun aklimatisasi ini tidak bersifat permanen dan bisa menurun jika tidak dijaga dengan manajemen kesehatan kerja yang baik [26]. Dalam konteks ini, pelaksanaan pemantauan fisiologis berkala (seperti pengecekan denyut nadi dan SpO_2 harian atau mingguan) serta pembatasan shift kerja bisa menjadi strategi mitigasi yang efektif [27]. Dengan mempertimbangkan hasil penelitian dan teori yang relevan, dapat disimpulkan bahwa perubahan denyut nadi dan SpO_2 bukan hanya merupakan reaksi sementara terhadap panas, melainkan sinyal penting dari keseimbangan fisiologis yang terganggu akibat interaksi antara faktor lingkungan dan karakteristik pekerja. Deteksi dini terhadap gangguan ini sangat penting untuk mencegah berkembangnya *heat-related illness*, seperti kelelahan panas (*heat exhaustion*), kram panas, bahkan *heat stroke*, yang berisiko fatal jika tidak segera ditangani.

Dari perspektif keselamatan dan kesehatan kerja, kelelahan kardiovaskular dan penurunan saturasi oksigen, bahkan yang ringan sekalipun, secara langsung berkorelasi dengan penurunan fungsi kognitif, lambatnya waktu reaksi, dan berkurangnya kewaspadaan. Dalam lingkungan apron bandara yang sangat dinamis dan penuh bahaya, di mana kesalahan kecil dapat mengakibatkan kecelakaan besar, penurunan performa mental dan fisik ini merupakan ancaman serius tidak hanya bagi kesehatan pekerja individu tetapi juga bagi keselamatan operasional penerbangan secara keseluruhan. Kondisi ini dapat menjadi prekursor untuk kejadian yang lebih parah seperti *heat exhaustion* atau *heat stroke*, yang merupakan kondisi gawat darurat medis.

Adapun penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, desain studi cross-sectional yang digunakan tidak memungkinkan untuk menyimpulkan hubungan kausal dan mengamati dampak paparan panas jangka panjang. Kedua, terdapat beberapa faktor perancu potensial yang tidak diukur, seperti tingkat kebugaran kardiorespirasi, status hidrasi, indeks massa tubuh, serta kebiasaan konsumsi kafein atau rokok, yang dapat memengaruhi respons fisiologis. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk melakukan studi longitudinal guna menginvestigasi dampak kumulatif paparan panas terhadap fungsi kardiovaskular dan pernapasan dalam jangka waktu yang lebih panjang. Penelitian juga dapat diperluas dengan melibatkan variabel lain seperti tingkat hidrasi, indeks massa tubuh, dan kebugaran fisik pekerja untuk mendapatkan pemahaman yang lebih holistik mengenai faktor-faktor yang memengaruhi kerentanan terhadap *heat stress*. Selain itu, pengembangan model prediktif berbasis real-time monitoring yang mengintegrasikan data iklim mikro dan respons fisiologis dapat menjadi inovasi untuk sistem peringatan dini yang lebih efektif.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa iklim kerja panas di area apron Bandara Sultan Hasanuddin Makassar tergolong tidak memenuhi syarat sesuai dengan standar di Permenaker No. 5 Tahun 2018 serta berpengaruh signifikan terhadap respons fisiologis karyawan, ditunjukkan dengan peningkatan denyut nadi dan penurunan saturasi oksigen setelah bekerja. Faktor seperti durasi kerja lebih dari 40 jam per minggu dan masa kerja yang lama turut memperbesar risiko stres panas. Oleh karena itu, disarankan agar pihak pengelola melakukan pengendalian risiko melalui pengaturan waktu kerja-istirahat, penyediaan rehidrasi, pemantauan fisiologis berkala, serta edukasi tentang pencegahan *heat stress* guna melindungi kesehatan dan keselamatan pekerja.

DAFTAR PUSTAKA

1. Wang R, Yan H, Kang R, Feng X. Evaluation and Classification of Accident-Inducing and Risk Propagation in Airport Apron Networks. IEEE Access. 2025;13:66238–49. DOI : <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3560750>.
2. Kobaszyńska-Twardowska A, Wantuła M. Hazard identification at airport ground handling locations. WUT Journal of Transportation Engineering. 2023 Jun 1;136:49–60. DOI : <https://doi.org/10.5604/01.3001.0053.4050>.
3. Tan Bwl, Alhadad Sb, Tan Gzy, Tan Pms, Lemke B, Lee Jkw. Physical Work in Humid Heat Impairs Postural Balance during Simulated Construction Tasks at Height. Med Sci Sports Exerc. 2025 Jul;57(7):1579–92. DOI : <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000003666>.
4. Suma'mur. Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja. Jakarta: Sagung Seto; 2009.
5. Fitriani N shabrina U, Natalisanto AI, Sutaji Putri DRP, Mislan M, Putri ER. Pengaruh Iklim Kerja Panas Terhadap Respon Fisiologis Pekerja dalam Ruang Preparasi di PT-X. Progressive Physics Journal. 2023 Jun 23;4(1):239. DOI : <https://doi.org/10.30872/ppj.v4i1.1025>.

6. Yuniarti LNL, Saputra IKDA, Pemayun CGP, Sudiarta IK. The Relationship of Hot Work Climate on Physiological Response in Traditional Clover Leaf Oil Refining Workers. *Journal of Language and Health*. 2024 May 16;5(1):257–66. DOI : <https://doi.org/10.37287/jlh.v5i1.3342> .
7. Cramer MN, Gagnon D, Laitano O, Crandall CG. Human temperature regulation under heat stress in health, disease, and injury. *Physiol Rev*. 2022 Oct 1;102(4):1907–89. DOI : <https://doi.org/10.1152/physrev.00047.2021>.
8. Périard JD, Eijssvogels TMH, Daanen HAM. Exercise under heat stress: thermoregulation, hydration, performance implications, and mitigation strategies. *Physiol Rev*. 2021 Oct 1;101(4):1873–979.
9. Mousavi Z, Ehsani H, Elahi H, Etemadinezhad S, Hossein Hossein Nataj A, Samaei SE. The Cognitive and Physiologic Effects of Occupational Heat Exposure on Operational Field Workers: An Exploratory Study. *Journal of Research and Health*. 2025 May 1;15(3):311–8. DOI : <https://doi.org/10.32598/JRH.15.3.2433.1>.
10. Moohialdin A, Trigunarsyah B, Islam MS, Siddiqui MK. Physiological impacts on construction workers under extremely hot and humid weather. *Int Arch Occup Environ Health*. 2022 Mar 4;95(2):315–29. DOI : <https://doi.org/10.1007/s00420-021-01785-w>.
11. Yuniarti Lnl, Saputra Ikda, Pemayun Cgp, Sudiarta Ik. The Relationship of Hot Work Climate on Physiological Response in Traditional Clover Leaf Oil Refining Workers. *Journal of Language and Health*. 2024 May 16;5(1):257–66. DOI : <https://doi.org/10.37287/jlh.v5i1.3342>.
12. Bartman Ne, Vargas Nt, Cavuoto La, Hostler D, Pryor Rr. Heat strain differences walking in hot-dry and warm-wet environments of equivalent wet bulb globe temperature. *Temperature*. 2024 Oct 26;11(4):333–49. DOI : <https://doi.org/10.1080/23328940.2024.2384185>.
13. Barry H, Iglesias-Grau J, Chaseling GK, Paul J, Gosselin C, D'Oliviera-Sousa C, et al. The Effect of Heat Exposure on Myocardial Blood Flow and Cardiovascular Function. *Ann Intern Med*. 2024 Jul;177(7):901–10. DOI : <https://doi.org/10.7326/M24-3504> .
14. Graffy PM, Sunderraj A, Visa MA, Miller C, Barrett B, Rao S, et al. Abstract P295: Climate-related Heat Exposure And Cardiovascular Health: A Global Scoping Review. *Circulation*. 2024 Mar 19;149(Suppl_1). DOI : https://doi.org/10.1161/circ.149.suppl_1.P295.
15. Liu J, Varghese BM, Hansen A, Zhang Y, Driscoll T, Morgan G, et al. Heat exposure and cardiovascular health outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Planet Health*. 2022 Jun;6(6):e484–95. DOI : [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00117-6](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00117-6).
16. Meade RD, Akerman AP, Notley SR, McGarr GW, McCourt ER, Kirby N V., et al. Meta-analysis of heat-induced changes in cardiac function from over 400 laboratory-based heat exposure studies. *Nat Commun*. 2025 Mar 14;16(1):2543. DOI : <https://doi.org/10.1038/s41467-025-57868-6>.
17. Liu J, Varghese BM, Hansen A, Zhang Y, Driscoll T, Morgan G, et al. Heat exposure and cardiovascular health outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Planet Health*. 2022 Jun;6(6):e484–95.
18. Yasmeen S, Liu H, Wu Y, Li B. Physiological responses of acclimatized construction workers during different work patterns in a hot and humid subtropical area of China. *Journal of Building Engineering*. 2020 Jul;30:101281. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101281>.
19. Descatha A, Landsbergis P, Li J, Sembajwe G, Fadel M. Long working hours and cardiovascular diseases, time for preventive action. *Occup Med (Chic Ill)*. 2024 Nov 28;74(8):567–8. . DOI : <https://doi.org/10.1093/occmed/kqae078>.
20. Gu Y, Matthews TA, Li J. Long working hours and cardiovascular disease mortality: Prospective evidence from the United States. *Prev Med (Baltim)*. 2025 Feb;191:108225. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2025.108225>.

21. Li J, Pega F, Ujita Y, Brisson C, Clays E, Descatha A, et al. The effect of exposure to long working hours on ischaemic heart disease: A systematic review and meta-analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury. *Environ Int.* 2020 Sep;142:105739.
22. Qiu H, Xia X, Man CL, Ko FWS, Yim SHL, Kwok TCY, et al. Real-Time Monitoring of the Effects of Personal Temperature Exposure on the Blood Oxygen Saturation Level in Elderly People with and without Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Panel Study in Hong Kong. *Environ Sci Technol.* 2020 Jun 2;54(11):6869–77. DOI : <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c01799>.
23. Di Domenico H, Rupp T, Morel B, Brocherie F, Périard JD, Racinais S, et al. Time-continuous analysis of muscle and cerebral oxygenation during repeated treadmill sprints under heat stress: a statistical parametric mapping study. *Eur J Appl Physiol.* 2025 Apr 29;125(4):1167–78. DOI : <https://doi.org/10.1007/s00421-024-05666-1>.
24. Strüven A, Brunner S, Weis G, Stremmel C, Teupser D, Schlichtiger J, et al. Impact of Preparticipating Hypohydration on Cardiopulmonary Exercise Capacity in Ambitious Recreational Athletes. *Nutrients.* 2023 Jul 27;15(15):3333. DOI : <https://doi.org/10.3390/nu15153333>.
25. NIOSH. Hierarchy Of Controls. 2023.
26. Malgoyre A, Siracusa J, Tardo-Dino PE, Garcia-Vicencio S, Koulmann N, Epstein Y, et al. Four-month operational heat acclimatization positively affects the level of heat tolerance 6 months later. *Sci Rep.* 2020 Nov 20;10(1):20260. DOI : <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77358-7>.
27. Bröde P, Fiala D, Lemke B, Kjellstrom T. Estimated work ability in warm outdoor environments depends on the chosen heat stress assessment metric. *Int J Biometeorol.* 2018 Mar 19;62(3):331–45. DOI : <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1346-9>.