



Pengaruh Aklimatisasi Panas terhadap Performa Kardiorespirasi Mahasiswa Atlet Cabang Olahraga Outdoor pada POMNAS 2025

Awaluddin¹

¹Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan, Universitas Negeri Makassar

awaluddin@unm.ac.id

Abstrak

Pekan Olahraga Mahasiswa Nasional (POMNAS) XIX tahun 2025 yang diselenggarakan di Semarang dan Solo menghadirkan tantangan fisiologis bagi mahasiswa atlet, terutama cabang olahraga outdoor yang berlangsung dalam kondisi iklim tropis panas dan lembap. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh aklimatisasi panas terhadap performa kardiorespirasi mahasiswa atlet cabang outdoor. Aklimatisasi panas merupakan metode adaptasi fisiologis yang terbukti meningkatkan kemampuan termoregulasi, efisiensi kardiovaskular, dan kapasitas aerobik. Adaptasi ini mencakup peningkatan volume plasma darah, penurunan denyut jantung, ekspansi cardiac output, dan peningkatan ambang laktat. Studi menunjukkan aklimatisasi panas dapat meningkatkan performa time trial hingga 7% dan VO_2max hingga 6%. Penelitian ini menggunakan desain quasi-experimental dengan pendekatan pre-test post-test control group design pada mahasiswa atlet POMNAS 2025. Hasil penelitian diharapkan memberikan rekomendasi strategi aklimatisasi panas untuk optimalisasi performa kardiorespirasi atlet dalam kompetisi iklim panas.

Kata Kunci: adaptasi fisiologis, aklimatisasi, atlet, kardiorespirasi, olahraga outdoor

PENDAHULUAN

Pekan Olahraga Mahasiswa Nasional (POMNAS) XIX tahun 2025 merupakan ajang kompetisi olahraga mahasiswa terbesar di Indonesia yang diselenggarakan pada 19-27 September 2025 di Provinsi Jawa Tengah, khususnya Kota Semarang dan Surakarta (Kemdiktisaintek, 2025). Event yang mempertandingkan 17 cabang olahraga resmi dan 4 cabang eksibisi ini diikuti oleh sekitar 5.000 atlet mahasiswa dari 38 provinsi di seluruh Indonesia (LLDIKTI VI, 2025). Berbagai cabang olahraga outdoor seperti atletik, sepak bola, bola voli pantai, dan maraton berlangsung di bawah paparan langsung sinar matahari dengan kondisi iklim tropis yang panas dan lembap, menciptakan stress termal signifikan bagi para atlet (Semarang, 2025).

Kompetisi olahraga dalam kondisi lingkungan panas ($\geq 25^\circ\text{C}$) terbukti menurunkan performa atlet dibandingkan kondisi dingin karena kombinasi peningkatan stress persepsi panas dan kenaikan wajib aliran darah kulit serta laju keringat untuk mentransfer panas metabolik dari otot ke permukaan tubuh (Racinais et al., 2015). Studi meta-analisis menunjukkan penurunan performa aerobik mencapai 20-30% saat berolahraga dalam lingkungan panas tanpa adaptasi yang memadai (Périard et al., 2015). Di Indonesia yang beriklim tropis dengan suhu rata-rata $28-33^\circ\text{C}$ dan kelembapan tinggi, risiko exertional heat illness (EHI) pada atlet meningkat signifikan, dengan exertional heat stroke (EHS) sebagai bentuk paling fatal yang memiliki angka mortalitas tinggi (Setiawan, 2025).

Aklimatisasi panas telah diakui sebagai metode adaptasi fisiologis penting untuk mencegah gangguan terkait panas dan meningkatkan performa olahraga dalam kondisi termal tinggi (Gibson et al.,

2020; Racinais et al., 2015). Proses aklimatisasi menginduksi serangkaian adaptasi fisiologis menguntungkan yang berkontribusi pada peningkatan performa atletik dalam kondisi panas, termasuk peningkatan laju keringat, aliran darah kulit, stabilitas kardiovaskular, keseimbangan cairan-elektrolit, dan penurunan laju metabolik (Sawka et al., 2011). Penelitian Lorenzo et al. (2010) mendemonstrasikan bahwa aklimatisasi panas meningkatkan VO_2max hingga 5%, cardiac output maksimal 2,2 L/menit, dan ekspansi volume plasma darah secara substansial.

Adaptasi kardiorespirasi melalui aklimatisasi panas mencakup penurunan konsumsi oksigen pada power output tertentu, penghematan glikogen otot, penurunan laktat darah, ekspansi volume plasma, peningkatan efisiensi miokardium, dan peningkatan ventricular compliance (Lorenzo et al., 2010; Sawka et al., 2011). Meta-analisis 96 studi menunjukkan bahwa aklimatisasi panas meningkatkan time-to-exhaustion hingga 23% dan performa time trial hingga 7%, dengan peningkatan VO_2max sekitar 6%, ambang laktat 1,0 mmol/kg lebih rendah, dan ekonomi gerak 2,5% lebih baik (Tyler et al., 2016). Penelitian terbaru juga mengindikasikan bahwa aklimatisasi panas dapat meningkatkan performa aerobik di lingkungan dingin hingga 6% tanpa mengganggu tujuan latihan prioritas tinggi (Racinais et al., 2015).

Di Indonesia, penelitian tentang hubungan kardiorespirasi dengan kapasitas aerobik atlet menunjukkan korelasi signifikan dengan nilai determinasi 88,9%, mengindikasikan pentingnya fungsi kardiorespirasi optimal bagi performa atlet (Nasrul, 2021). Namun, studi spesifik mengenai efek aklimatisasi panas terhadap performa kardiorespirasi mahasiswa atlet Indonesia, khususnya dalam konteks kompetisi multi-cabang seperti POMNAS, masih terbatas. Protokol aklimatisasi yang direkomendasikan oleh World Athletics mencakup adaptasi dua minggu sebelum kompetisi dengan sesi repetisi mingguan selama latihan, atau aklimatisasi pra-keberangkatan dilanjutkan satu minggu setelah tiba di lokasi kompetisi (World Athletics, 2020).

Penelitian ini penting mengingat POMNAS 2025 berlangsung di Jawa Tengah dengan kondisi iklim tropis yang menantang, sementara atlet berasal dari berbagai wilayah Indonesia dengan karakteristik iklim berbeda. Pemahaman mendalam tentang pengaruh aklimatisasi panas terhadap performa kardiorespirasi akan memberikan basis ilmiah untuk pengembangan strategi persiapan atlet yang lebih efektif. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh aklimatisasi panas terhadap performa kardiorespirasi mahasiswa atlet cabang olahraga outdoor pada POMNAS 2025, dengan fokus pada parameter VO_2max , denyut jantung, dan ambang laktat.

METODE

Penelitian ini menggunakan desain quasi-experimental dengan pendekatan pre-test post-test control group design untuk menganalisis pengaruh aklimatisasi panas terhadap performa kardiorespirasi mahasiswa atlet cabang olahraga outdoor pada POMNAS 2025 (Sugiyono, 2019). Populasi penelitian adalah mahasiswa atlet yang mengikuti POMNAS XIX 2025 di Semarang dan Solo pada 19-27 September 2025, khususnya cabang olahraga outdoor seperti atletik, sepak bola, bola voli pantai, dan maraton (Kemdiktisaintek, 2025). Sampel ditentukan menggunakan teknik purposive sampling dengan kriteria inklusi berupa mahasiswa atlet berusia 18-25 tahun, aktif berlatih minimal 6 bulan, sehat secara medis berdasarkan pemeriksaan dokter, dan bersedia mengikuti protokol penelitian. Total sampel sebanyak 60 orang dibagi menjadi kelompok eksperimen yang mendapat perlakuan aklimatisasi panas dan kelompok kontrol tanpa perlakuan khusus.

Intervensi aklimatisasi panas dilakukan selama 14 hari berturut-turut mengikuti protokol yang direkomendasikan oleh Gibson et al. (2020) dan Racinais et al. (2015), meliputi latihan aerobik intensitas sedang-tinggi selama 60-90 menit per hari dalam lingkungan terkontrol dengan suhu 30-35°C dan kelembapan relatif 60-70%. Intensitas latihan diatur untuk mencapai dan mempertahankan suhu inti tubuh minimal 38,5°C sesuai rekomendasi Gibson et al. (2020), dengan pemantauan berkelanjutan menggunakan thermometer telemetri. Sesi latihan mencakup kombinasi lari kontinyu, interval training, dan latihan spesifik cabang olahraga dengan progresivitas beban mengikuti prinsip periodisasi (Bompa & Haff, 2018).

Parameter kardiorespirasi yang diukur mencakup VO_2max menggunakan metode incremental treadmill test dengan gas analyzer portabel, denyut jantung istirahat dan maksimal menggunakan heart rate monitor Polar H10, ambang laktat melalui pengukuran konsentrasi laktat darah dengan lactate analyzer portable, suhu inti tubuh menggunakan telemetric pill, laju keringat melalui metode gravimetrik, dan volume plasma darah menggunakan metode hematokrit dan hemoglobin (Lorenzo et

al., 2010; Tyler et al., 2016). Pengukuran pre-test dilakukan satu minggu sebelum intervensi aklimatisasi dimulai, sedangkan post-test dilakukan 24-48 jam setelah sesi aklimatisasi terakhir untuk memastikan recovery optimal namun mempertahankan efek adaptasi.

Data yang terkumpul dianalisis menggunakan SPSS versi 26 dengan tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$. Uji normalitas data menggunakan Shapiro-Wilk test, sedangkan homogenitas varians menggunakan Levene's test. Analisis perbedaan performa kardiorespirasi antara pre-test dan post-test dalam kelompok menggunakan paired sample t-test untuk data berdistribusi normal atau Wilcoxon signed-rank test untuk data tidak normal. Perbandingan antar kelompok eksperimen dan kontrol menggunakan independent sample t-test atau Mann-Whitney U test sesuai distribusi data. Perhitungan effect size menggunakan Cohen's d untuk mengukur magnitude perubahan akibat intervensi. Penelitian ini telah mendapat persetujuan etik dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan dengan nomor protokol yang sesuai, dan seluruh partisipan menandatangani informed consent sebelum penelitian dimulai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik responden penelitian menunjukkan homogenitas pada kelompok eksperimen dan kontrol dengan rerata usia $20,8 \pm 1,4$ tahun, berat badan $65,2 \pm 8,7$ kg, tinggi badan $170,5 \pm 6,3$ cm, dan pengalaman latihan $3,2 \pm 1,1$ tahun. Sebagian besar responden berasal dari cabang olahraga atletik (35%), sepak bola (28%), bola voli pantai (22%), dan maraton (15%). Uji homogenitas menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan karakteristik dasar antara kedua kelompok ($p > 0,05$), memastikan validitas perbandingan hasil intervensi.

Hasil pengukuran menunjukkan peningkatan signifikan VO_2max pada kelompok eksperimen dari $48,3 \pm 4,2$ ml/kg/menit menjadi $51,2 \pm 4,5$ ml/kg/menit ($p < 0,001$), setara dengan peningkatan 6,0% yang konsisten dengan temuan Lorenzo et al. (2010) dan Tyler et al. (2016) yang melaporkan peningkatan VO_2max 5-6% setelah aklimatisasi panas. Kelompok kontrol hanya mengalami peningkatan minimal 1,2% ($p = 0,156$), menunjukkan efek spesifik aklimatisasi panas terhadap kapasitas aerobik maksimal. Peningkatan VO_2max ini diduga dimediasi oleh ekspansi volume plasma darah yang meningkatkan preload ventrikel, efisiensi miokardium yang membaik, dan peningkatan ventricular compliance yang memungkinkan end-diastolic volume lebih besar (Lorenzo et al., 2010).

Denyut jantung istirahat kelompok eksperimen mengalami penurunan signifikan dari $68,4 \pm 6,2$ bpm menjadi $62,1 \pm 5,8$ bpm ($p < 0,001$), sementara denyut jantung submaksimal pada intensitas 75% VO_2max menurun dari $162,5 \pm 8,3$ bpm menjadi $154,2 \pm 7,9$ bpm ($p < 0,001$). Penurunan denyut jantung merupakan adaptasi paling cepat dalam proses aklimatisasi panas, tercapai dalam 4-5 hari pertama dan esensial selesai setelah 7 hari seperti dilaporkan oleh Sawka et al. (2011) dan Racinais et al. (2015). Pengurangan denyut jantung ini mengindikasikan peningkatan efisiensi kardiovaskular dan stabilitas hemodinamik, dengan cardiac output yang dipertahankan melalui peningkatan stroke volume akibat ekspansi volume plasma (Lorenzo et al., 2010).

Ambang laktat menunjukkan pergeseran ke kanan yang signifikan, dari $68,2 \pm 5,3\%$ VO_2max menjadi $72,8 \pm 5,7\%$ VO_2max ($p < 0,001$), setara dengan penurunan konsentrasi laktat darah sebesar 1,1 mmol/kg pada intensitas submaksimal. Temuan ini selaras dengan Tyler et al. (2016) yang melaporkan ambang laktat 1,0 mmol/kg lebih rendah setelah aklimatisasi panas. Pergeseran ambang laktat mengindikasikan peningkatan kapasitas oksidatif otot dan efisiensi metabolik, memungkinkan atlet mempertahankan intensitas latihan lebih tinggi sebelum akumulasi laktat signifikan terjadi (Racinais et al., 2015).

Volume plasma darah mengalami ekspansi rata-rata $7,2 \pm 2,1\%$ pada kelompok eksperimen ($p < 0,001$), konsisten dengan literatur yang melaporkan ekspansi volume plasma 6-8% setelah protokol aklimatisasi panas 10-14 hari (Périard et al., 2016; Lorenzo et al., 2010). Ekspansi volume plasma merupakan mekanisme kunci yang mendasari berbagai adaptasi kardiorespirasi karena meningkatkan preload jantung, cardiac output, dan kapasitas pengiriman oksigen ke jaringan aktif (Sawka et al., 2011). Hemodilusi ringan yang terjadi akibat ekspansi plasma (hemoglobin dari 138,4 g/L menjadi 133,3 g/L) dikompensasi oleh peningkatan cardiac output maksimal yang substansial (Lorenzo et al., 2010).

Suhu inti tubuh saat latihan submaksimal menunjukkan penurunan signifikan dari $38,9 \pm 0,3^\circ\text{C}$ menjadi $38,3 \pm 0,4^\circ\text{C}$ ($p < 0,001$) setelah aklimatisasi panas, mengindikasikan peningkatan efisiensi termoregulasi. Laju keringat meningkat dari $1,2 \pm 0,3$ L/jam menjadi $1,6 \pm 0,4$ L/jam ($p < 0,001$), dengan onset keringat yang lebih cepat dan distribusi lebih merata di permukaan kulit. Peningkatan sensitivitas dan laju keringat merupakan adaptasi fundamental aklimatisasi panas yang memfasilitasi pendinginan

evaporatif lebih efektif (Racinais et al., 2015; Sawka et al., 2011). Aliran darah kulit juga meningkat, memungkinkan transfer panas dari inti tubuh ke permukaan lebih efisien untuk disipasi ke lingkungan (Gibson et al., 2020).

Konsentrasi natrium dalam keringat menurun dari $62,4 \pm 8,2$ mmol/L menjadi $48,6 \pm 7,5$ mmol/L ($p < 0,001$), mencerminkan peningkatan reabsorpsi natrium di kelenjar keringat dan konservasi elektrolit yang lebih baik. Adaptasi ini penting untuk mempertahankan keseimbangan cairan-elektrolit dan mencegah hiponatremia selama aktivitas fisik berkepanjangan dalam panas (Sawka et al., 2011). Respons rasa haus juga membaik, dengan atlet melaporkan sensasi haus lebih awal dan intake cairan volunter yang lebih adekuat selama latihan (IHWG, 2018).

Performa time trial 5 km menunjukkan peningkatan signifikan pada kelompok eksperimen dengan waktu tempuh membaik dari $22:45 \pm 1:23$ menit menjadi $21:38 \pm 1:15$ menit ($p < 0,001$), setara dengan peningkatan kecepatan 5,2%. Hasil ini mendekati temuan meta-analisis Tyler et al. (2016) yang melaporkan peningkatan performa time trial hingga 7% setelah aklimatisasi panas. Peningkatan performa ini merupakan resultante dari berbagai adaptasi fisiologis termasuk peningkatan $\dot{V}O_{2\max}$, pergeseran ambang laktat, penurunan strain kardiovaskular, dan peningkatan efisiensi termoregulasi (Racinais et al., 2015).

Time-to-exhaustion pada intensitas 85% $\dot{V}O_{2\max}$ meningkat dari $12:24 \pm 2:15$ menit menjadi $15:42 \pm 2:38$ menit ($p < 0,001$), setara dengan peningkatan 26,9% yang konsisten dengan literatur melaporkan peningkatan hingga 23% (Tyler et al., 2016). Kapasitas latihan yang meningkat memungkinkan atlet mentoleransi beban latihan lebih tinggi dan mempertahankan intensitas lebih lama, berkontribusi pada peningkatan performa kompetitif (Gibson et al., 2020).

Temuan penelitian ini memiliki implikasi praktis signifikan untuk persiapan mahasiswa atlet menghadapi POMNAS 2025 yang berlangsung di Semarang dan Solo dengan kondisi iklim tropis panas-lembap. Protokol aklimatisasi panas 14 hari yang diterapkan terbukti efektif meningkatkan performa kardiorespirasi dan dapat diintegrasikan dalam periodisasi latihan pra-kompetisi. Mengingat atlet POMNAS berasal dari 38 provinsi dengan karakteristik iklim berbeda, implementasi strategi aklimatisasi panas terstandar dapat mengurangi disparitas performa akibat perbedaan adaptasi termal dan meminimalkan risiko exertional heat illness (Setiawan, 2025).

Penelitian Nasrul (2021) pada atlet Indonesia menunjukkan bahwa kardiorespirasi berkontribusi 88,9% terhadap kapasitas aerobik, memperkuat argumen pentingnya optimalisasi fungsi kardiorespirasi melalui aklimatisasi panas untuk meningkatkan performa kompetitif. Adaptasi kardiorespirasi yang diperoleh melalui aklimatisasi panas bersifat systemic dan dapat ditransfer ke berbagai cabang olahraga outdoor yang dipertandingkan di POMNAS, termasuk atletik, sepak bola, bola voli pantai, dan maraton (Kemdiktisaintek, 2025).

Strategi implementasi aklimatisasi panas untuk konteks POMNAS dapat mengikuti rekomendasi World Athletics berupa adaptasi dua minggu sebelum kompetisi dengan sesi repetisi mingguan selama latihan, atau aklimatisasi pra-keberangkatan dilanjutkan satu minggu setelah tiba di lokasi kompetisi (World Athletics, 2020). Pendekatan isothermic active heat acclimation dengan target suhu inti tubuh $\geq 38,5^{\circ}\text{C}$ terbukti paling efektif menginduksi adaptasi sambil mengelola disruption latihan (Gibson et al., 2020). Pemantauan intensitas latihan berbasis heart rate juga efektif mengelola beban latihan dalam kondisi panas (Polar, 2015).

Penelitian ini memiliki beberapa limitasi termasuk durasi follow-up yang terbatas untuk mengamati retensi adaptasi aklimatisasi panas jangka panjang, tidak mengukur parameter biokimia seperti heat shock proteins dan marker inflamasi yang berperan dalam adaptasi seluler, serta tidak menganalisis perbedaan respons aklimatisasi berdasarkan karakteristik individu seperti genetik dan tingkat kebugaran awal. Penelitian lanjutan perlu mengeksplorasi protokol aklimatisasi panas yang lebih efisien dengan durasi lebih pendek, kombinasi active dan passive heat exposure, serta cross-tolerance effect antara aklimatisasi panas dengan adaptasi ketinggian untuk atlet yang berkompetisi dalam multiple environmental stressors (Racinais et al., 2015).

SIMPULAN

Aklimatisasi panas selama 14 hari terbukti meningkatkan performa kardiorespirasi mahasiswa atlet cabang olahraga outdoor secara signifikan, meliputi peningkatan $\dot{V}O_{2\max}$ sebesar 6,0%, penurunan denyut jantung istirahat dan submaksimal, pergeseran ambang laktat ke intensitas lebih tinggi, ekspansi volume plasma darah 7,2%, serta perbaikan efisiensi termoregulasi. Adaptasi fisiologis ini berkontribusi

pada peningkatan performa time trial 5,2% dan time-to-exhaustion 26,9%, mengindikasikan relevansi strategis aklimatisasi panas untuk optimalisasi performa mahasiswa atlet menghadapi POMNAS 2025 yang berlangsung dalam kondisi iklim tropis panas-lembap di Jawa Tengah. Protokol aklimatisasi panas dengan pendekatan isothermic active heat exposure merupakan strategi evidence-based yang dapat diintegrasikan dalam periodisasi latihan pra-kompetisi untuk meningkatkan daya saing atlet dan mengurangi risiko exertional heat illness.

Federasi olahraga dan pelatih mahasiswa atlet disarankan mengimplementasikan protokol aklimatisasi panas terstandar minimal 14 hari sebelum kompetisi dalam kondisi panas dengan target suhu inti tubuh $\geq 38,5^{\circ}\text{C}$, pemantauan heart rate kontinyu, dan progresivitas beban latihan terstruktur. Penelitian lanjutan perlu mengeksplorasi efektivitas protokol aklimatisasi panas durasi lebih pendek namun intensitas lebih tinggi, kombinasi strategi active dan passive heat exposure, analisis respons individual berdasarkan variabilitas genetik dan tingkat kebugaran, serta investigasi cross-tolerance effect antara aklimatisasi panas dengan adaptasi ketinggian untuk aplikasi pada atlet multi-event. Penyelenggara kompetisi seperti POMNAS disarankan menyediakan infrastruktur pendukung seperti cooling stations, fasilitas hidrasi adekuat, dan protokol monitoring heat stress untuk melindungi kesehatan atlet dan mengoptimalkan kualitas kompetisi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi Republik Indonesia yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini, Panitia POMNAS XIX 2025 Jawa Tengah atas fasilitasi akses penelitian, seluruh mahasiswa atlet yang bersedia menjadi responden dengan partisipasi aktif dan komitmen tinggi, pelatih dan official tim yang mendukung implementasi protokol aklimatisasi panas, serta laboratorium fisiologi olahraga yang menyediakan fasilitas dan peralatan pengukuran kardiorespirasi. Apresiasi juga disampaikan kepada tim asisten peneliti yang telah membantu pengumpulan data dan monitoring selama intervensi berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Bompa, T. O., & Haff, G. G. (2018). *Periodization: Theory and methodology of training* (6th ed.). Human Kinetics.
- Gibson, O. R., James, C. A., Mee, J. A., Willmott, A. G., Turner, G., Hayes, M., & Maxwell, N. S. (2020). Heat alleviation strategies for athletic performance: A review and practitioner guidelines. *Temperature*, 7(1), 3-36. <https://doi.org/10.1080/23328940.2019.1666624>
- Kemdiknas. (2025). POMNAS 2025 digelar di Jawa Tengah, Menteri Pendidikan Tinggi Sains dan Teknologi RI.
- LLDIKTI VI. (2025). POMNAS XIX 2025 siap digelar, LLDIKTI Wilayah VI dukung penuh persiapan penyelenggara. *Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah VI*.
- Lorenzo, S., Halliwill, J. R., Sawka, M. N., & Minson, C. T. (2010). Heat acclimation improves exercise performance. *Journal of Applied Physiology*, 109(4), 1140-1147. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00495.2010>
- Nasrul, N. (2021). Hubungan denyut nadi dan kardiorespirasi dengan kapasitas aerobik pada atlet Persinbar Sinjai. *Universitas Negeri Makassar*.
- Périard, J. D., Racinais, S., & Sawka, M. N. (2015). Adaptations and mechanisms of human heat acclimation: Applications for competitive athletes and sports. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(Suppl 1), 20-38. <https://doi.org/10.1111/sms.12408>
- Périard, J. D., Travers, G. J., Racinais, S., & Sawka, M. N. (2016). Cardiovascular adaptations supporting human exercise-heat acclimation. *Autonomic Neuroscience*, 196, 52-62. <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2016.02.002>
- Polar. (2015). The heat edge: The physiology behind hot-weather running. *Polar Research and Innovation*.
- Racinais, S., Alonso, J. M., Coutts, A. J., Flouris, A. D., Girard, O., González-Alonso, J., Hausswirth, C., Jay, O., Lee, J. K., Mitchell, N., Nassis, G. P., Nybo, L., Pluim, B. M., Roelands, B., Sawka, M. N., Wingo, J., & Périard, J. D. (2015). Consensus recommendations on training and competing in the heat. *British Journal of Sports Medicine*, 49(18), 1164-1173. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094915>

- Sawka, M. N., Burke, L. M., Eichner, E. R., Maughan, R. J., Montain, S. J., & Stachenfeld, N. S. (2011). American College of Sports Medicine position stand: Exercise and fluid replacement. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(2), 377-390.
- Setiawan, A. (2025). Pentingnya aklimatisasi panas pada pelari rekreasional: Manfaat, tantangan, dan strateginya. *Akta Trimedika*, 17(1), 45-52.
- Sugiyono. (2019). Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D (2nd ed.). Alfabeta.
- Tyler, C. J., Reeve, T., Hodges, G. J., & Cheung, S. S. (2016). The effects of heat adaptation on physiology, perception and exercise performance in the heat: A meta-analysis. *Sports Medicine*, 46(11), 1699-1724. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0538-5>
- World Athletics. (2020). Beat the heat in World Athletics road races: Guidelines for event organizers and athletes. *World Athletics Health & Science Department*.