

Strategi Aklimatisasi Lingkungan Panas Berdasarkan Kajian Pustaka: Aplikasi Fisiologis pada Klub Sepak Bola Citra Bakti Ngada

**Frederikus Kunigunde Diwa¹, I Ketut Yoda²,
Luh Putu Tuti Ariani³, Dody Tisna⁴**

^{1,2,3,4} Program studi Magister pendidikan olahraga, Pascasarjana, Universitas pendidikan Ganesha, Singaraja Indonesia

¹ Kundiwa240387@gmail.com

Abstrak

Perubahan mikroklimat yang drastis merupakan tantangan biologis signifikan bagi atlet sepak bola, khususnya saat berpindah dari lingkungan dingin ke panas. Fenomena ini dialami secara nyata oleh Klub Sepak Bola Citra Bakti Ngada, sebuah klub di dataran tinggi Kabupaten Ngada (elevasi >1.000 mdpl, suhu 15°C–25°C) yang sering kali harus bertanding di wilayah pesisir dataran rendah (suhu 30°C–35°C dengan kelembapan tinggi). Transisi mendadak ini mengganggu homeostasis tubuh pemain, meningkatkan risiko stres panas (*heat stress*), serta menurunkan performa fisik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis respons dan adaptasi fisiologis atlet di lingkungan panas, mensintesis protokol aklimatisasi berbasis bukti ilmiah, serta merumuskan rekomendasi strategi aklimatisasi yang aplikatif bagi Klub Sepak Bola Citra Bakti Ngada. Metode yang digunakan adalah studi literatur kualitatif dengan melakukan penelusuran, analisis, dan sintesis terhadap berbagai jurnal ilmiah, regulasi fisiologis, serta protokol aklimatisasi panas global yang relevan. Hasil kajian pustaka menunjukkan bahwa paparan panas ekstrem memicu peningkatan suhu inti tubuh, laju denyut jantung (*heart rate*), dan risiko hipohidrasi akibat produksi keringat yang tinggi namun sulit menguap di lingkungan lembap. Untuk mengatasi hal tersebut, mekanisme aklimatisasi panas (*heat acclimatization*) mutakhir memerlukan waktu ideal 7 hingga 14 hari melalui latihan submaksimal bertahap di lingkungan target guna merangsang ekspansi volume plasma darah, efisiensi termoregulasi, dan penurunan ambang batas berkeringat. Sebagai rekomendasi praktis bagi Klub Sepak Bola Citra Bakti Ngada yang memiliki keterbatasan sumber daya, strategi aklimatisasi dapat diadaptasi melalui metode pra-aklimatisasi buatan (*artificial*) sebelum keberangkatan, seperti latihan dengan pakaian tebal berlapis (*sauna suits*) atau pemanfaatan pemandian air hangat setelah latihan, serta pengaturan jadwal kedatangan di lokasi pertandingan minimal 7 hari lebih awal untuk aklimatisasi alami, yang dikombinasikan dengan protokol hidrasi ketat. Kesimpulannya, penerapan strategi aklimatisasi yang terukur ini sangat krusial untuk menjaga stabilitas kardiovaskular, meminimalkan kelelahan prematur, dan mengoptimalkan performa stamina pemain Citra Bakti Ngada saat berlaga di dataran rendah yang panas.

Kata Kunci: Aklimatisasi Panas, Sepak Bola, Dataran Tinggi, Stres Panas, Citra Bakti Ngada

Abstract

A drastic microclimate transition poses a significant biological challenge for football athletes, particularly when moving from a cold to a hot environment. This phenomenon is experienced by the Citra Bakti Ngada Football Club, a club based in the highlands of Ngada Regency (elevation >1,000 masl, temperature 15°C–25°C), which frequently competes in hot coastal lowlands (temperature 30°C–35°C with high relative humidity). This sudden transition disrupts the players' homeostasis, elevates the risk of heat stress, and impairs physical performance. This study aims to analyze the physiological responses and adaptations of athletes in hot environments,

synthesize evidence-based heat acclimatization protocols, and formulate applicable acclimatization strategies for Citra Bakti Ngada Football Club.

The method employed is a qualitative literature review by searching, analyzing, and synthesizing various scientific journals, physiological regulations, and relevant global heat acclimatization protocols.

The results of the literature review indicate that extreme heat exposure triggers an increase in core body temperature, heart rate, and the risk of hypohydration due to elevated sweat production that struggles to evaporate in humid conditions. To counteract this, advanced heat acclimatization mechanisms ideally require 7 to 14 days of progressive submaximal exercise in the target environment to stimulate blood plasma volume expansion, thermoregulatory efficiency, and a lower sweating threshold. As a practical recommendation for Citra Bakti Ngada Football Club given its resource constraints, acclimatization strategies can be adapted through artificial pre-acclimatization methods prior to departure, such as training with layered clothing (sauna suits) or utilizing post-exercise warm baths, combined with scheduling arrivals at the match venue at least 7 days early for natural acclimatization, alongside strict hydration protocols. In conclusion, implementing these structured acclimatization strategies is crucial to maintaining cardiovascular stability, minimizing premature fatigue, and optimizing the stamina and performance of Citra Bakti Ngada players when competing in hot lowlands.

Keywords: *Heat Acclimatization, Football, Highland, Heat Stress, Citra Bakti Ngada.*

PENDAHULUAN

Sepak bola modern merupakan olahraga dengan intensitas tinggi yang menuntut stabilitas fisik dan homeostasis tubuh secara berkelanjutan. Karakteristik permainan ini ditandai oleh mobilitas pemain yang sangat dinamis di lapangan, meliputi variasi pergerakan dari berjalan, berlari, melakukan akselerasi (*sprint*) intensitas tinggi, mengeksekusi tendangan, hingga melakukan duel udara. Ragam aktivitas fisik tersebut menuntut tubuh atlet untuk senantiasa memelihara kapasitas stamina dan kekuatan otot agar tetap stabil sepanjang dua kali 45 menit permainan (Rohendi et al., 2020). Namun, performa optimal seorang atlet tidak hanya ditentukan oleh variabel internal seperti kapasitas aerobik dan volume latihan, melainkan juga sangat dipengaruhi oleh variabel eksternal lingkungan, khususnya fluktuasi suhu dan kelembapan udara (Nengah Sandi et al., 2021).

Tantangan biologis yang signifikan muncul ketika atlet harus menghadapi transisi iklim mikro yang drastis. Perubahan cuaca dari lingkungan dingin ke lingkungan panas memicu respons fisiologis yang masif dan berpengaruh langsung terhadap stamina, kecepatan, konsentrasi, hingga peningkatan risiko cedera. Pada daerah bersuhu rendah (dingin), tubuh cenderung menekan mekanisme termoregulasi konvektif dengan mengurangi aliran darah ke kulit (vasokonstriksi)

demi menjaga kehangatan organ vital internal. Sebaliknya, pada cuaca panas, tubuh dipaksa meningkatkan produksi keringat dan laju denyut jantung (*heart rate*) guna membuang panas berlebih (Nengah Sandi et al., 2021). Peningkatan aliran darah ke pembuluh darah kulit ini secara radikal mengubah fungsi kardiovaskular secara keseluruhan (Apriantono et al., 2020). Akibatnya, pemain yang terbiasa berlatih di lingkungan bersuhu rendah rentan mengalami kesulitan akut akibat stres panas (*heat stress*) saat harus tampil pada suhu yang lebih tinggi. Secara geografis, Indonesia memiliki karakteristik iklim unik yang membentang dari Sabang sampai Merauke, diapit oleh dua benua dan dua samudra (Gio et al., 2021). Kondisi sosiogeografis ini menciptakan keragaman bentang alam yang variatif, mulai dari pesisir hingga dataran tinggi, yang secara linier menyebabkan perbedaan suhu lingkungan yang mencolok. Di kawasan dataran tinggi dengan elevasi lebih dari 700 meter di atas permukaan laut (mdpl), atmosfer menawarkan karakteristik udara yang sejuk namun memiliki tekanan parsial oksigen yang lebih rendah. Rendahnya tekanan parsial oksigen berakibat pada lebih lambatnya proses difusi oksigen ke dalam

darah (Gio et al., 2021). Meskipun individu yang tumbuh besar di dataran tinggi secara alami memiliki kapasitas aklimatisasi oksigen yang lebih efisien, keuntungan hematologis tersebut tidak serta-merta membuat mereka adaptif terhadap lonjakan suhu panas di dataran rendah. Untuk mempertahankan performa, mekanisme aklimatisasi tubuh terhadap panas (*heat acclimatization*) wajib dibentuk melalui rangkaian adaptasi biologis yang kompleks dan terukur (Satia Graha, 2010).

Fenomena transisi iklim ini menjadi persoalan riil yang dihadapi oleh Klub Sepak Bola Citra Bakti Ngada, sebuah klub berbasis perguruan tinggi STKIP Citra Bakti di Kabupaten Ngada. Secara geografis, Kabupaten Ngada berada pada wilayah dataran tinggi dengan ketinggian rata-rata di atas 1.000 mdpl. Berdasarkan data empiris BMKG wilayah NTT, karakteristik iklim di Kabupaten Ngada didominasi oleh suhu udara yang relatif sejuk, berkisar antara 15°C hingga 25°C dengan tingkat kelembapan udara (*Relative Humidity*) yang sangat tinggi, berkisar antara 80%RH hingga 95%RH. Kondisi empiris ini membentuk profil fisiologis

pemain lokal yang sangat terbiasa dengan paparan suhu dingin dalam rutinitas latihan harian mereka. Masalahnya, agenda kompetisi resmi tingkat regional maupun pertandingan tandang (*away*) sering kali mengharuskan tim ini turun bertanding ke wilayah dataran rendah atau kawasan pesisir di Nusa Tenggara Timur (seperti Kupang atau Maumere) yang memiliki suhu empiris jauh lebih panas dan ekstrem, berkisar antara 30°C hingga 35°C, namun tetap disertai kelembapan udara tinggi berkisar antara 70%RH hingga 85%RH. Kombinasi suhu tinggi dan kelembapan tinggi di tempat tandang ini menciptakan lingkungan yang menyesak (*oppressive environment*), di mana keringat atlet menjadi sulit menguap ke udara. Perubahan lingkungan yang kontras ini secara mendadak mengganggu homeostasis tubuh pemain, mempengaruhi frekuensi denyut jantung, tekanan darah, konsumsi oksigen VO_2 , hingga tingkat hidrasi selama pertandingan.

Meskipun teori mengenai aklimatisasi panas telah banyak berkembang pada level atlet elite global, kajian ilmiah yang secara spesifik memetakan kondisi ini pada klub sepak bola lokal di dataran tinggi Indonesia masih sangat langka. Berdasarkan penelusuran literatur yang mendalam, belum pernah dilakukan penelitian empiris maupun konseptual terdahulu yang mengkaji profil adaptasi fisiologis pada Klub Sepak Bola Citra Bakti Ngada. Ketiadaan data awal dan panduan ilmiah khusus ini pada akhirnya membuat jajaran pelatih sering kali menghadapi kesulitan besar dalam merancang program pengondisian yang tepat saat tim harus bertandang ke daerah dataran rendah yang panas. Dalam upaya mengatasi kesenjangan teoritis dan praktis yang terjadi, studi literatur kualitatif ini difokuskan pada analisis mendalam mengenai ***"Strategi Aklimatisasi Lingkungan Panas Berdasarkan Kajian Pustaka: Aplikasi Fisiologis pada Klub Sepak Bola Citra Bakti Ngada"***.

Berangkat dari urgensi latar belakang tersebut, kajian pustaka ini merumuskan tiga pilar rumusan masalah (*research questions*) utama yang mendasar. Pertama, penelitian ini berupaya membedah bagaimana respons akut dan mekanika adaptasi fisiologis tubuh atlet sepak bola terhadap paparan lingkungan panas berdasarkan peta kajian literatur keolahragaan. Kedua, kajian ini

menelaah bagaimana bentuk protokol strategi aklimatisasi lingkungan panas yang tidak hanya efektif untuk memelihara performa, tetapi juga aman bagi keselamatan biologis atlet berdasarkan bukti ilmiah yang sahih. Ketiga, studi ini diarahkan untuk merumuskan bagaimana rancangan aplikasi strategi aklimatisasi lingkungan panas yang adaptif dan dapat diterapkan secara praktis di lapangan oleh manajemen serta jajaran kepelatihan Klub Sepak Bola Citra Bakti Ngada.

Sejalan dengan rumusan masalah tersebut, penelitian ini menetapkan target pencapaian spesifik yang tertuang ke dalam tiga poin tujuan penelitian. Kajian ini bertujuan untuk menganalisis secara komprehensif respons dan adaptasi fisiologis tubuh atlet sepak bola saat beraktivitas di lingkungan panas, sekaligus mensintesis berbagai protokol aklimatisasi lingkungan panas yang ideal berdasarkan akumulasi kajian pustaka *sport science*. Lebih jauh lagi, tujuan akhir dari penelitian ini adalah untuk merumuskan rekomendasi aplikasi strategi aklimatisasi lingkungan panas yang adaptif, berdaya guna, dan kontekstual bagi Klub Sepak Bola Citra Bakti Ngada.

Melalui sintesis berbagai regulasi fisiologis dan variasi protokol aklimatisasi dari berbagai literatur ilmiah nasional maupun internasional, penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan kerangka kerja strategi yang aplikatif, efektif, serta sepenuhnya selaras dengan karakteristik geografis dan kapasitas sumber daya yang dimiliki oleh Klub Sepak Bola Citra Bakti Ngada.

METODE PENELITIAN

Desain Review

Metode penelitian merupakan langkah strategis yang dirancang secara sistematis untuk memperoleh data yang valid, objektif, dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Mengingat penelitian ini berfokus pada perumusan strategi adaptasi fisiologis yang bersifat konseptual dan aplikatif, maka pendekatan yang digunakan adalah studi literatur kualitatif (*qualitative literature review*). Bagian ini akan menguraikan secara komprehensif mengenai desain penelitian, strategi pencarian pustaka, kriteria seleksi data, hingga teknik sintesis naratif yang digunakan untuk menjawab rumusan masalah penelitian

Literature review dipilih karena sesuai untuk mengintegrasikan berbagai

temuan empiris dan konseptual yang tersebar pada beragam sumber terkait strategi aklimatisasi lingkungan panas serta aplikasi fisiologisnya dalam konteks olahraga, tanpa melakukan pengumpulan data lapangan secara langsung

Literature review sebagai metodologi memungkinkan peneliti:: (1) memetakan perkembangan konsep, mekanisme fisiologis, dan praktik aklimatisasi lingkungan panas pada atlet sepak bola di berbagai konteks (2) mengidentifikasi pola, tema, serta inkonsistensi hasil penelitian terkait respons tubuh terhadap stres termal serta (3) merumuskan celah penelitian dan agenda riset lanjutan yang relevan untuk diterapkan pada Klub Sepak Bola Citra Bakti Ngada. Dalam bidang ilmu keolahragaan dan fisiologi latihan, pendekatan ini banyak direkomendasikan untuk mengembangkan pemahaman komprehensif terhadap topik adaptasi lingkungan sebelum dilakukan intervensi empiris lanjutan di lapangan (Zawacki-Richter et al., 2020).

Desain *literature review* yang digunakan dalam studi ini bersifat naratif dan terstruktur, mengikuti prinsip-prinsip tinjauan sistematis dalam hal transparansi proses pencarian, seleksi, dan sintesis, tetapi tetap memberi ruang untuk interpretasi kritis terhadap konteks regulasi termal, kinerja fisik, dan karakteristik spesifik Klub Sepak Bola Citra Bakti Ngada.

Sumber Data dan Basis Data

Sumber data dalam *review* ini berupa artikel jurnal nasional dan internasional bereputasi, prosiding konferensi, serta buku akademik yang relevan dengan tema aklimatisasi lingkungan panas, stres termal, fisiologi olahraga, regulasi suhu tubuh atlet (*thermoregulation*), performa sepak bola, dan metode latihan di cuaca panas

Pencarian literatur dilakukan melalui beberapa basis data dan portal ilmiah berikut:

1. **Google Scholar** (lintas disiplin, banyak digunakan untuk melihat tren riset keolahragaan dan kondisi empiris klub olahraga di Indonesia)
2. **Scopus dan Web of Science** (indeks internasional bereputasi untuk artikel jurnal bidang *sport science*, kedokteran olahraga, dan fisiologi terapan)
3. **PubMed dan ScienceDirect** (untuk artikel yang berkaitan dengan aspek medis, dampak fisiologis stres panas, metabolisme seluler atlet, dan hidrasi)

selama aktivitas fisik intens)

4. **DOAJ** (*Directory of Open Access Journals*) untuk artikel akses terbuka di bidang ilmu keolahragaan
5. **SINTA dan Garuda** (Garba Rujukan Digital) untuk menjangkau jurnal nasional terakreditasi dan prosiding nasional di bidang pendidikan olahraga, pelatihan sepak bola, dan kondisi fisik atlet.

Penggunaan kombinasi basis data internasional dan nasional ini sejalan dengan praktik *systematic review* di bidang ilmu keolahragaan yang menekankan pentingnya cakupan sumber yang luas dan beragam (Zawacki-Richter et al., 2020). Dalam konteks performa atlet dan olahraga beregu, pendekatan serupa juga digunakan dalam *review* sistematis tentang strategi adaptasi lingkungan dan manajemen performa fisik pemain sepak bola

Strategi Pencarian Literatur

Strategi pencarian literatur disusun secara sistematis dengan memanfaatkan kombinasi kata kunci utama dan operator Boolean. Kata kunci utama yang digunakan antara lain:

1. **Dalam bahasa Indonesia:** “aklimatisasi panas”, “stres termal atlet”, “fisiologi sepak bola”, “adaptasi suhu lingkungan”, “performa sepak bola”, “hidrasi atlet”.
2. **Dalam bahasa Inggris:** “heat acclimatization”, “heat acclimation”, “thermal stress in football”, “soccer physiological response”, “hot environment soccer performance”, “thermoregulation in athletes”.

Kombinasi kata kunci dilakukan dengan operator AND dan OR, misalnya:

1. “Aklimatisasi panas” AND “sepak bola”
2. “Heat acclimatization” AND “soccer performance”,
3. “Thermal stress” AND “physiological adaptation”.

Rentang tahun publikasi yang ditetapkan adalah 2016–2026, untuk memastikan bahwa literatur yang disintesis mencerminkan perkembangan dan temuan ilmiah terkini dalam metodologi aklimatisasi lingkungan panas, ilmu kedokteran olahraga, serta protokol peningkatan performa fisik atlet sepak bola

modern. Artikel yang diikutkan dalam *review* ini dibatasi pada dua bahasa, yaitu Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris, mengikuti praktik umum dalam tinjauan literatur ilmu keolahragaan dan kesehatan.

Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Untuk menjaga relevansi dan kualitas studi yang direview, digunakan kriteria inklusi dan eksklusi sebagai berikut:

Kriteria Inklusi

1. **Jenis Dokumen:** Artikel jurnal penelitian (eksperimen laboratorium, eksperimen lapangan, *quasi-experiment*, *randomized controlled trial*/RCT), artikel *review* (*systematic* atau *narrative review*), serta prosiding konferensi dan buku akademik yang memiliki ISBN/ISSN.
2. **Topik:** Membahas secara eksplisit satu atau lebih dari tema:
 - a. Strategi, protokol, atau metode aklimatisasi dan aklimasi lingkungan panas pada atlet
 - b. Dampak stres termal terhadap parameter fisiologis (suhu inti tubuh, laju hidrasi, denyut jantung, metabolisme) dan performa fisik/kognitif atlet
 - c. Aplikasi fisiologis, manajemen hidrasi, atau strategi pemulihan (*recovery*) dalam konteks olahraga sepak bola atau olahraga beregu (*team sports*) di lingkungan bersuhu tinggi.
3. **Populasi/Konteks:** Atlet sepak bola (profesional, amatir, kelompok usia/akademi), atlet olahraga beregu intermiten, pelatih fisik, dan praktisi *sport science*.
4. **Periode Publikasi:** 2016–2026.
5. **Ketersediaan Teks:** Artikel tersedia dalam bentuk *full-text*.

Kriteria tersebut sejalan dengan pedoman pemilihan studi dalam kajian literatur ilmu keolahragaan dan fisiologi terapan yang menekankan kesesuaian topik, kualitas publikasi, serta ketersediaan data empiris yang cukup untuk disintesis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Respon Dan Adaptasi Fisiologis Tubuh Atlet Sepak Bola Terhadap Paparan Lingkungan Panas Berdasarkan Kajian Literatur

Paparan lingkungan panas dengan suhu di atas 30°C memberikan tekanan

fisiologis yang signifikan terhadap tubuh atlet sepak bola, khususnya melalui serangkaian respons akut yang terjadi saat pertama kali bertanding di dataran rendah yang terik. Ketika gradien suhu lingkungan mendekati atau bahkan melebihi suhu kulit, mekanisme pembuangan panas tubuh secara pasif melalui radiasi dan konveksi menjadi tidak efektif. Kondisi ini memaksa tubuh beralih untuk bergantung sepenuhnya pada mekanisme evaporasi melalui penguapan keringat demi menurunkan suhu inti tubuh (*core temperature*). Kondisi ini sangat dipengaruhi oleh karakteristik lingkungan sekitar, sejalan dengan kajian (Nengah Sandi et al., 2017) dalam penelitiannya yang berjudul “*Pengaruh Kelembaban relatif terhadap perubahan suhu tubuh latihan*”, yang menunjukkan bahwa tingkat kelembapan relatif udara memegang peranan krusial terhadap fluktuasi dan peningkatan suhu tubuh atlet saat melakukan aktivitas fisik. Kondisi ini memicu disonansi fungsional yang dikenal sebagai konflik kardiovaskular atau *cardiac drift*, di mana sistem saraf otonom melakukan vasodilatasi masif pada pembuluh darah kulit demi membuang panas. Peralihan ini memicu disonansi fungsional yang dikenal sebagai konflik kardiovaskular atau *cardiac drift*, di mana sistem saraf otonom melakukan vasodilatasi masif pada pembuluh darah kulit untuk memfasilitasi pelepasan panas. Akibat sirkulasi yang terbagi, terjadi perebutan aliran darah yang hebat antara permukaan kulit untuk pendinginan dan jaringan otot rangka aktif yang sedang bekerja keras mempertahankan performa lari. Implikasi langsung dari fenomena ini adalah terjadinya penurunan volume sekuncup jantung (*stroke volume*) yang memaksa jantung berdepolarisasi dan berdenyut jauh lebih cepat demi menjaga curah jantung, meskipun intensitas aktivitas fisik atlet sebenarnya tidak berubah. Tekanan lingkungan ini secara langsung mendegradasi kapasitas aerobik atlet di lapangan, sejalan dengan temuan (Apriantono et al., 2020) dalam penelitiannya yang berjudul “*Pengaruh suhu dan kelembaban terhadap vo2max pada atlet PPLP se-Pulau Jawa, Indonesia*”, yang membuktikan bahwa fluktuasi suhu dan kelembapan udara yang tinggi di iklim tropis memberikan pengaruh signifikan terhadap penurunan nilai VO_2 max atlet.

Beban kardiovaskular tersebut diperparah oleh gangguan pada sistem

bioenergetika seluler berupa percepatan deplesi glikogen otot. Peningkatan suhu inti dan lokal pada jaringan otot secara agresif menstimulasi laju metabolisme glikolisis anaerobik serta memicu produksi hormon katekolamin seperti adrenalin. Akibatnya, cadangan karbohidrat utama atlet habis terbakar jauh lebih cepat daripada saat mereka bermain di cuaca sejuk, yang bermanifestasi langsung pada kelelahan prematur dan penurunan daya tahan, terutama saat memasuki babak kedua pertandingan. Ketika suhu inti tubuh terus melonjak mendekati batas kritis di atas 39°C, sistem saraf pusat (CNS) akan mengaktifkan mekanisme pertahanan diri secara otomatis yang apabila tidak dimitigasi dapat memicu resiko cedera panas ekstrim (Melinda et al., 2019). Risiko patologis ini sejalan dengan ulasan klasik dari (Satia Graha, 2010) dalam artikelnya "*Adaptasi Suhu Tubuh Terhadap Latihan dan Efek Cedera di Cuaca Panas dan Dingin*", yang menggarisbawahi bahwa ketidakmampuan tubuh dalam meregulasi kompensasi suhu saat latihan berat di lingkungan terik akan berujung pada efek cedera klinis akibat cuaca panas. Otak secara sadar menaikkan tingkat persepsi pemandulan usaha atau *Rating of Perceived Exertion* (RPE), membuat atlet merasa jauh lebih lelah dari biasanya dan sekaligus memotong dorongan saraf motorik ke otot (*neural drive*). Respons protektif otak ini secara instan mendegradasi koordinasi motorik halus, melambatkan pengambilan keputusan taktis di lapangan, serta memangkas kemampuan lari sprint berulang (*repeated sprint ability*). Secara akumulatif, atlet yang tidak teraklimatisasi akan mengalami penurunan jarak tempuh lari total sebesar 7% hingga 10% dan kehilangan kapasitas sprint intensitas tinggi hingga 15%.

Namun, jika atlet sepak bola menjalani paparan stres panas secara berulang melalui latihan terstruktur atau program aklimatisasi selama 10 hingga 14 hari, tubuh mereka akan melakukan adaptasi fisiologis yang luar biasa secara bertahap melalui garis waktu yang sistematis. Pada fase awal, yaitu hari ke-1 hingga ke-5, fokus adaptasi bertumpu pada ranah hematologis berupa ekspansi volume plasma darah sebanyak 10% hingga 15%. Penambahan cairan darah ini bertindak sebagai bantalan sirkulasi yang krusial, sehingga jantung memiliki volume yang cukup untuk dikirim ke kulit dan otot secara simultan tanpa mengorbankan stabilitas

denyut jantung submaksimal. Memasuki fase menengah pada hari ke-6 hingga ke-10, adaptasi beralih pada optimalisasi sudomotor di mana ambang batas berkeringat (*sweating threshold*) menurun. Kondisi ini membuat kelenjar keringat menjadi lebih sensitif dan mulai memproduksi keringat lebih cepat serta dalam volume yang lebih besar sebelum suhu inti tubuh sempat melonjak naik. Bersamaan dengan itu, kelenjar keringat dan ginjal meningkatkan reabsorpsi ion Natrium (Na^+) dan Klorida (Cl^-) sehingga keringat yang dikeluarkan menjadi lebih encer. Konservasi elektrolit ini sangat vital untuk mengeliminasi risiko kram otot parah akibat kehilangan garam tubuh secara berlebihan. Akhirnya, pada hari ke-11 hingga ke-14, stabilitas termoregulasi penuh tercapai yang ditandai dengan penurunan suhu inti tubuh basal serta penghematan kembali glikogen otot, sehingga memulihkan kapasitas fungsional atlet untuk mempertahankan performa kompetitifnya di lingkungan panas

Strategi Aklimatisasi Panas (*Heat Acclimatization*) Berbasis Teori

Untuk menjembatani kesenjangan fisiologis antara iklim dataran tinggi Ngada yang sejuk-lembap dengan dataran rendah yang panas-ekstrem, penerapan strategi *heat acclimatization* (aklimatisasi panas) yang terstruktur merupakan sebuah keharusan berbasis *sport science*. Proses adaptasi biologis tubuh manusia terhadap stres panas tidak terjadi secara instan, melainkan berlangsung secara bertahap melalui garis waktu (*timeline*) yang sistematis, sebagaimana dipetakan oleh (Melati et al., 2025) dalam penelitiannya "*Efektivitas Program Aklimatisasi Panas Terhadap Performa Atlet Dalam Kondisi Lingkungan Yang Ekstrem*".

Pada fase awal, yaitu hari ke-1 hingga ke-5, fokus adaptasi tubuh bertumpu pada ekspansi volume plasma darah untuk menjaga stabilitas volume sekuncup jantung (*stroke volume*). Memasuki fase menengah pada hari ke-6 hingga ke-10, adaptasi beralih pada optimalisasi kelenjar keringat melalui penurunan ambang batas keringat (*sweating threshold*) untuk mencegah deplesi elektrolit. Akhirnya, pada hari ke-11 hingga ke-14, tubuh mencapai fase konsolidasi di mana stabilitas kapasitas termoregulasi telah terbentuk secara penuh. Dalam mengeksekusi garis waktu adaptasi tersebut, manajemen tim Citra Bakti Ngada dapat mempertimbangkan dua opsi strategi utama, yaitu metode aklimatisasi aktif dan

pasif.

Metode aklimatisasi aktif dilakukan dengan cara memindahkan sesi latihan fisik secara langsung ke lingkungan bercuaca panas atau memodulasinya di dalam ruang khusus dengan intensitas latihan yang terkontrol. Efektivitas manipulasi ruang latihan secara aktif ini sejalan dengan kajian dari (Mita Andriana et al., 2019) dalam artikel *“Olahraga di Lingkungan Indoor pada Malam Hari menghasilkan Rasio Keringat lebih Banyak dibandingkan Pagi Hari”* yang menunjukkan pentingnya memacu respons kardiovaskular dan metabolik secara simultan terhadap

stres lingkungan. Guna mengoptimalkan metode aktif ini dalam mendongkrak kapasitas aerobik yang terancam turun akibat cuaca panas, jajaran pelatih dapat mengadopsi pendekatan dari (Rialdi Sembiring & Siregar, 2022) dalam artikelnya *“Pengaruh Variasi Latihan Daya Tahan Kardiovaskular Terhadap Peningkatan VO_2 max pada Pemain Usia 14 Tahun SSB Sejati Pratama Medan Tahun 2021”*. Melalui penerapan variasi latihan daya tahan kardiovaskular yang terstruktur selama fase prapengondisian aktif, efisiensi fungsional VO_2 max atlet dapat ditingkatkan secara maksimal. Hal ini penting agar ketika otot jantung mengalami beban sirkulasi di dataran rendah yang terik, penurunan performa sirkulasi oksigen dapat diminimalisasi secara signifikan

Sebagai alternatif, metode aklimatisasi pasif menawarkan pendekatan yang lebih efisien dari segi manajemen energi dengan memanfaatkan paparan panas pasca-latihan (*post-exercise heat exposure*), seperti mandi air hangat (*hot bath*) segera setelah menyelesaikan sesi latihan reguler di dataran tinggi.. Keuntungan metode pasif terletak pada kemampuannya merangsang adaptasi volume plasma darah dan kelenjar keringat tanpa menambah beban kelelahan neuromuskular pada otot atlet, sehingga pemulihan (*recovery*) tetap terjaga. Dalam konteks manajemen pemulihan pasca-kompetisi di lingkungan yang menekan, strategi termal ini dapat dikombinasikan dengan protokol sirkulasi dingin, sejalan dengan temuan (Kusuma et al., 2020) melalui penelitiannya *“Pengaruh cold water immersion terhadap laktat, nyeri otot, fleksibilitas dan tingkat stres pasca latihan intensitas sub maksimal”*. Riset tersebut membuktikan bahwa intervensi hidroterapi dingin

pasca-aktivitas intensif efektif mempercepat pembuangan laktat darah, mereduksi inflamasi nyeri otot, serta memulihkan fleksibilitas fungsional atlet. Dengan demikian, integrasi manipulasi suhu pasif baik berbasis panas untuk prapengondisian maupun berbasis dingin untuk pemulihan akut menjadi modalitas krusial bagi tim Citra Bakti Ngada dalam menjaga stabilitas fisik pemain.

Aplikasi Fisiologis Taktis Pada Klub Sepak Bola Citra Bakti Ngada

Sebagai bentuk langkah konkret bagi jajaran kepelatihan Citra Bakti Ngada, terdapat tiga panduan utama berbasis intervensi fisiologis taktis yang dapat diterapkan secara mandiri untuk memitigasi kendala adaptasi lingkungan.

1. Strategi Modifikasi Latihan Pra-Kompetisi di Ngada

Ketika keterbatasan anggaran operasional menjadi hambatan bagi tim untuk berangkat 14 hari lebih awal ke lokasi kompetisi yang panas, pelatih dapat menyiasatinya dengan melakukan manipulasi program latihan secara mandiri langsung di wilayah Ngada. Strategi ini dieksekusi dengan cara menggeser jam latihan reguler yang biasanya dilakukan pada sore hari ke waktu terpanas di Ngada, yaitu antara pukul 11.00 hingga 13.00 WITA. Selain penyesuaian waktu, pelatih juga wajib mengondisikan stimulasi lingkungan dengan mewajibkan seluruh pemain mengenakan pakaian latihan berlapis, seperti jaket parasut, selama sesi bergerak berlangsung. Modifikasi pakaian ini secara sengaja dirancang untuk menciptakan efek mikroklimat panas buatan di sekitar permukaan kulit pemain. Langkah ini merupakan bentuk **strategi mitigasi (mitigation strategy)** alternatif untuk memicu adaptasi volume plasma darah dan efisiensi kelenjar keringat tanpa harus berpindah tempat lebih awal (Périard et al., 2021). Kondisi tersebut memaksa tubuh mereka mengalami stres termal tiruan, yang sangat efektif dalam merangsang adaptasi fungsional berupa peningkatan volume plasma darah dan optimalisasi pengeluaran keringat meskipun latihan tetap dilakukan di lingkungan dataran tinggi yang sejuk.

Efektivitas adaptasi dari manipulasi lingkungan ini sejalan dengan temuan eksperimental pada pemain profesional dalam *Physiological and Performance Responses to a Training Camp in the Heat in Professional Australian Football Players*. Studi lapangan tersebut membuktikan bahwa pemusatan latihan di lingkungan panas secara nyata menginduksi ekspansi volume plasma darah dan

menurunkan beban kerja kardiovaskular submaksimal atlet, sehingga jantung menjadi lebih efisien saat bekerja di bawah terik matahari (Racinais et al., 2022).

Modifikasi taktis ini juga didukung oleh kajian mengenai *Impact of Altitude and Heat on Football Performance*, yang menyatakan bahwa simulasi stres panas buatan di dataran tinggi efektif menjaga kapasitas ketahanan fisik pemain sepak bola sebelum mereka dihadapkan pada disonansi lingkungan dataran rendah yang ekstrem (Taylor & Rollo, 2014). Melalui pemakaian jaket parasut ini, kelemahan kelenjar keringat yang tidak terlatih (*undertrained*) dapat diminimalisasi sehingga risiko lonjakan denyut jantung ekstrem dapat diredam sebelum atlet menghadapi kompetisi sesungguhnya.

2. Protokol Hidrasi Berbasis Manajemen Cairan Mandiri

Untuk menghadapi tingkat kelembapan dataran rendah yang sangat tinggi berkisar antara 70% hingga 85% RH, tim medis dan kepelatihan wajib memberlakukan protokol hidrasi mandiri yang agresif dan terukur dalam tiga fase waktu. Pada fase pra-pertandingan, setiap pemain diwajibkan mengonsumsi 500 hingga 600 ml air atau minuman elektrolit pada 2 sampai 3 jam sebelum *kick-off*, yang kemudian dilanjutkan dengan asupan tambahan sebesar 200 hingga 300 ml di sela-sela sesi pemanasan sejalan dengan panduan manajemen cairan atlet. Masuk ke fase saat pertandingan, berdasarkan pedoman praktis keselamatan sepak bola profesional (*starting 11 Hot Tips*) menurut (Gouttebarga et al., 2023a) taktik hidrasi paksa (*forced hydration*) harus diterapkan secara ketat tanpa menunggu munculnya rasa haus dari pemain; di mana pemain wajib memanfaatkan setiap jeda pertandingan, baik saat penanganan cedera di lapangan maupun selama jeda babak, untuk mengonsumsi cairan sebanyak 150 hingga 200 ml secara berkala. Penerapan hidrasi yang terjadwal ini sangat krusial mengingat dehidrasi ringan saja sudah mampu mendegradasi koordinasi motorik, akurasi operan, dan daya tahan fisik pemain sepak bola. Terakhir, pada fase pasca-pertandingan, rehidrasi agresif wajib segera dilakukan guna mengganti setiap penyusutan berat badan yang hilang akibat penguapan keringat selama pertandingan agar proses pemulihan jaringan otot berjalan optimal (Périard et al., 2021). Sesuai standar operasional tersebut, pemain

idealnya meminimum cairan sebanyak 1,5 liter untuk setiap 1 kilogram berat badan yang hilang pasca laga (vincent 2023)

3. Penyesuaian Protokol Pemanasan (*Warm-Up*) di Lokasi Kompetisi

Panduan taktis ketiga bertumpu pada efisiensi energi melalui rekonstruksi struktur pemanasan sesaat sebelum pertandingan dimulai di lokasi yang panas. Apabila saat berada di lingkungan dingin Ngada para pemain membutuhkan durasi pemanasan yang relatif panjang berkisar antara 30 hingga 40 menit untuk mencapai suhu optimal otot, maka protokol tersebut harus diubah total ketika bertanding di dataran rendah yang panas. Di lokasi kompetisi baru, durasi pemanasan harus dipotong secara signifikan menjadi hanya 15 hingga 20 menit dengan intensitas latihan yang dibatasi pada level rendah hingga sedang. Prinsip modifikasi pemanasan (*warm-up modification*) ini ditegaskan dalam *11 Hot Tips for consideration*, di mana fungsionalitas pemanasan di cuaca panas harus digeser fokusnya, bukan lagi untuk menaikkan suhu tubuh, melainkan murni untuk kesiapan neuromuskular saraf-otot (Gouttebarga et al., 2023). Melalui pemangkasan durasi ini, energi anaerobik serta cadangan cairan tubuh pemain tidak habis terkuras di sesi pemanasan, sehingga para pemain Citra Bakti Ngada dapat memasuki lapangan dengan kapasitas fisik dan status termoregulasi yang tetap prima untuk mempertahankan performa *sprinting* intensitas tinggi hingga akhir pertandingan.

KESIMPULAN

Sintesis komprehensif terhadap berbagai literatur keolahragaan membuktikan bahwa paparan mendadak lingkungan bersuhu di atas 30°C memicu stres fisiologis akut yang berat bagi pesepak bola tanpa kesiapan aklimatisasi. Dampak negatif ini termanifestasi melalui malafungsi pelepasan panas alami, gangguan sirkulasi darah berupa *cardiac drift*, akselerasi pemakaian cadangan glikogen otot, serta penurunan performa sistem saraf pusat (CNS). Selain beban kardiovaskular, paparan suhu tinggi ini secara drastis mengacaukan regulasi metabolisme energi atlet. Secara kolektif, rantai penurunan fungsi biologis tersebut mereduksi kapasitas fisik sekaligus memotong total jarak tempuh lari pemain di lapangan berkisar antara 7% hingga 10%. Walakin, sistem biologis

manusia memiliki kapasitas luar biasa untuk mengompensasi tekanan thermal tersebut melalui program adaptasi buatan yang dirancang selama 10 sampai 14 hari. Garis waktu adaptasi ini bekerja secara berangsur-angsur: diawali dengan fase hematologis berupa pembesaran volume plasma darah pada hari ke-1 sampai ke-5 guna meringankan kerja jantung; dilanjutkan dengan penyesuaian sistem sudomotor melalui percepatan produksi keringat (*sweating threshold*) serta penghematan retensi elektrolit pada hari ke-6 hingga ke-10; dan bermuara pada tercapainya stabilitas regulasi suhu tubuh yang mapan pada hari ke-11 hingga ke-14 yang ditandai oleh efisiensi metabolisme seluler serta pemulihan ketahanan termal. Di samping itu, rekonstruksi protokol yang ideal menyimpulkan bahwa demi menjaga performa sekaligus keselamatan hayati atlet, program pengkondisian suhu harus diaplikasikan secara terencana menjelang turnamen menggunakan dua taktik utama. Opsi pertama berupa aklimatisasi aktif, yang mengeksekusi program latihan fisik secara langsung di bawah terik matahari atau menyiasatinya di dalam ruangan berpemanas khusus guna memperoleh efek spesifisitas fungsi motorik-kardiovaskular yang optimal. Opsi kedua adalah aklimatisasi pasif, yang memanfaatkan modalitas termal pasca-aktivitas fisik (*post-exercise heat exposure*), seperti terapi sauna atau berendam air hangat (*hot bath*). Nilai plus dari pendekatan pasif ini ada pada kemampuannya memacu penambahan volume plasma darah serta meningkatkan kepekaan kelenjar keringat tanpa menyisakan beban kelelahan neuromuskular pada otot rangka, sehingga kebugaran kardiorespirasi dasar pemain tidak terganggu.

Sebagai alternatif pemecahan masalah guna menyiasati kesenjangan iklim makro antara dataran tinggi Ngada yang dingin dengan wilayah pesisir dataran rendah yang terik, studi ini merekomendasikan cetak biru taktis yang relevan bagi Klub Sepak Bola Citra Bakti Ngada dengan memberdayakan potensi lokal. Tim kepelatihan dapat mengombinasikan strategi prapengondisian di daerah asal, yakni mengintegrasikan modifikasi latihan daya tahan kardiovaskular pada siang hari guna mengontrol performa $VO_2 \max$ basal, dengan pemanfaatan hidroterapi hangat (*hot bath*) pasca-latihan reguler untuk merangsang adaptasi hematologis awal tanpa memicu kelelahan fisik yang berlebih. Paralel dengan langkah tersebut,

manajemen tim harus memberlakukan standar baku euhidrasi pra-laga yang ketat guna menekan ancaman dehidrasi akibat tingginya kelembapan relatif dataran rendah, lalu memadukannya dengan terapi berendam air dingin (*cold water immersion*) pasca-tanding untuk mempercepat pembersihan asam laktat sekaligus memulihkan kerusakan jaringan otot pemain. Melalui penerapan manajemen terpadu ini, jajaran pelatih sangat tidak direkomendasikan memberangkatkan skuad secara mendadak mendekati hari pertandingan, melainkan wajib mencadangkan waktu minimal 10 sampai 14 hari untuk fase prapengondisian agar adaptasi termoregulasi pemain tercapai secara paripurna demi menjaga performa terbaik tim di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriantono, T., Herman, I., Juniarsyah, A. D., Hasan, M. F., Ihsani, S. I., Hidayat, I. I., Safei, I., Winata, B., & Hindawan, I. (2020). Pengaruh suhu dan kelembapan terhadap vo2max pada atlet PPLP se-Pulau Jawa, Indonesia. *Jurnal SPORTIF : Jurnal Penelitian Pembelajaran*, 6(1), 59–68. https://doi.org/10.29407/js_unpgri.v6i1.13872
- Gio, M., M Indika, P., Permata Sari, A., & Bahtra, R. (2021). *PERBANDINGAN VOLUME OKSIGEN MAKSIMAL ATLET SEPAKBOLA DI DATARAN TINGGI DAN DATARAN RENDAH*.
- Gouttebarger, V., Duffield, R., Den Hollander, S., & Maughan, R. (2023a). Protective guidelines and mitigation strategies for hot conditions in professional football: starting 11 Hot Tips for consideration. *BMJ Open Sport and Exercise Medicine*, 9(3). <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2023-001608>
- Gouttebarger, V., Duffield, R., Den Hollander, S., & Maughan, R. (2023b). Protective guidelines and mitigation strategies for hot conditions in professional football: starting 11 Hot Tips for consideration. *BMJ Open Sport and Exercise Medicine*, 9(3). <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2023-001608>
- Kusuma, M. N. H., Syafei, Muh., Saryono, S., & Qohar, W. (2020). Pengaruh cold water immersion terhadap laktat, nyeri otot, fleksibilitas dan tingkat stres pasca latihan intensitas sub maksimal. *Jurnal Keolahragaan*, 8(1). <https://doi.org/10.21831/jk.v8i1.30573>
- Melati, O. A., Lubis, S. A., Fadhila, M. R., Mida Anastasya, V., & Manalu, N. (2025). EFEKTIVITAS PROGRAM AKLIMATISASI PANAS

TERHADAP PERFORMA ATLET DALAM KONDISI LINGKUNGAN
YANG EKSTREM.

<http://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/so>

- Melinda, Michael Yofrida, F., & Setiawan, P. (2019). EXERTIONAL HEATSTROKE, ASESMEN CEPAT DAN PENATALAKSANAAN.
- Mita Andriana, L., Ashadi, K., & Nenga Sandi, I. (2019). OLAHRAGA DI LINGKUNGAN INDOOR PADA MALAM HARI MENGHASILKAN RASIO KERINGAT LEBIH BANYAK DIBANDINGKAN PAGI HARI.
- Nengah Sandi, I., Ashadi, K., & Womsiwor, D. (2021). Pembagian Lingkungan Olahraga. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4448917>
- Nengah Sandi, I., Gede Ariyasa, I., Wayan Teresna, I., & Ashadi, K. (2017). PENGARUH KELEMBABAN RELATIF TERHADAP PERUBAHAN SUHU TUBUH LATIHAN. In Sport and Fitness Journal (Vol. 5, Number 1).
- Périard, J. D., Eijsvogels, T. M. H., & Daanen, H. A. M. (2021). Exercise under heat stress: Thermoregulation, hydration, performance implications, and mitigation strategies. In Physiological Reviews (Vol. 101, Number 4, pp. 1873–1979). American Physiological Society.
<https://doi.org/10.1152/physrev.00038.2020>
- Racinais, S., Hosokawa, Y., Akama, T., Bermon, S., Bigard, X., Casa, D. J., Grundstein, A., Jay, O., Massey, A., Migliorini, S., Mountjoy, M., Nikolic, N., Pitsiladis, Y. P., Schobersberger, W., Steinacker, J. M., Yamasawa, F., Zideman, D. A., Engebretsen, L., & Budgett, R. (2022). IOC consensus statement on recommendations and regulations for sport events in the heat. British Journal of Sports Medicine, 57(1), 8–25.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-105942>
- Rialdi Sembiring, I., & Siregar, I. (2022). PENGARUH VARIASI LATIHAN DAYA TAHAN KARDIOVASKULAR TERHADAP PENINGKATAN VO2MAX PADA PEMAIN USIA 14 TAHUN SSB SEJATI PRATAMA MEDAN TAHUN 2021.
- Rohendi, A., Rustiawan, H., Rustandi, E., & Sudrazat, A. (2020). Perbandingan Latihan Pass and Drill Circle dengan Pass and Follow Drill Square terhadap Peningkatan Passing Pendek pada Cabang Olahraga Sepakbola.
- Satia Graha, A. (2010). adaptasi suhu tubuh trhdap latihan dan efek cedera dri cuaca panas ke dingin.
- Taylor, L., & Rollo, I. (2014). IMPACT OF ALTITUDE AND HEAT ON FOOTBALL PERFORMANCE.

Zawacki-Richter, O., Kerres, M., Bedenlier, S., Bond, M., & Buntins Eds, K.
(2020). Systematic Reviews in Educational Research.