

TRANSFORMASI LATIHAN AEROB DALAM SEPAK BOLA MODERN: TINJAUAN LITERATUR

Afif Bayu Eko Prasetyo¹, Yanuar Dhuma Ardhianto², Ahadi Priyohutomo³, Muhammad Ivan Gani⁴, Henryco Reva Rinendra⁵, Oktavy Budi Kusumawardhani⁶

^{1,3,4,5}Universitas Muhammadiyah Karanganyar, ²Universitas Jendral Soedirman, ⁶Universitas Sebelas Maret

[1afifbayu@umuka.ac.id](mailto:afifbayu@umuka.ac.id)

Abstract

Aerobic endurance is a physiological foundation that determines the performance of elite soccer players, allowing the maintenance of high intensity throughout a 90-minute match. This literature review comprehensively analyzes various aerobic endurance training models based on the latest scientific evidence, with a specific focus on their effectiveness in improving aerobic capacity, maximal oxygen consumption (VO₂max), and soccer-specific performance. Through a systematic analysis of 25 empirical studies published between 2000 and 2023, this review identifies four main models: high-intensity interval training (HIIT), continuous training, fartlek training, and game-based training. Findings indicate that HIIT results in the most significant VO₂max improvements (10-20%) with optimal time efficiency for elite players, while game-based training offers a holistic approach that integrates technical-tactical development with enhanced intrinsic motivation. This literature review provides evidence-based practical recommendations for coaches and strength conditioning specialists, with implications for the development of periodized training programs tailored to individual fitness levels, player positions, and phases of the competitive season.

Keywords: aerobic endurance; soccer; HIIT; game-based training; VO₂max; training periodization

Abstrak

Daya tahan aerob merupakan fondasi fisiologis yang menentukan performa pemain sepak bola elite, memungkinkan pemeliharaan intensitas tinggi selama 90 menit pertandingan. Literature review ini menganalisis secara komprehensif berbagai model latihan daya tahan aerob berdasarkan bukti ilmiah terkini, dengan fokus khusus pada efektivitasnya dalam meningkatkan kapasitas aerobik, konsumsi oksigen maksimal (VO₂max), dan performa spesifik sepak bola. Melalui analisis sistematis terhadap 25 studi empiris yang dipublikasikan antara tahun 2000-2023, review ini mengidentifikasi empat model utama: latihan interval intensitas tinggi (HIIT), latihan kontinyu, latihan fartlek, dan latihan berbasis permainan (game-based training). Temuan menunjukkan bahwa HIIT menghasilkan peningkatan VO₂max paling signifikan (10-20%) dengan efisiensi waktu optimal untuk pemain elite, sementara game-based training menawarkan pendekatan holistik yang mengintegrasikan pengembangan teknis-taktis dengan peningkatan motivasi intrinsik. Literature review ini menyediakan rekomendasi praktis berbasis bukti untuk pelatih dan strength conditioning specialist, dengan implikasi untuk pengembangan program periodisasi latihan yang disesuaikan dengan tingkat kebugaran individu, posisi pemain, dan fase musim kompetisi.

Kata Kunci: daya tahan aerob; sepak bola; HIIT; game-based training; VO₂max; periodisasi latihan

Submitted: 2025-11-01

Revised: 2025-11-09

Accepted: 2025-11-16

PENDAHULUAN

Sepak bola modern telah mengalami transformasi dramatis dalam dua dekade terakhir, dengan peningkatan intensitas permainan yang signifikan dan tuntutan fisik yang semakin kompleks. Sebagai olahraga tim dengan karakteristik intermiten, sepak bola menuntut kombinasi optimal antara kapasitas fisik, keterampilan teknis, dan kecerdasan taktis, di mana daya tahan aerob memainkan peran sentral sebagai platform fisiologis yang mendasari semua aspek performa (Bangsbo, 1994; Stølen et al., 2005). Daya tahan aerob didefinisikan sebagai kemampuan sistem kardiovaskular dan sistem otot rangka untuk menyediakan, mengangkut, dan memanfaatkan oksigen secara efisien selama aktivitas fisik berkepanjangan, yang merupakan determinan kunci untuk mempertahankan intensitas gerakan selama durasi pertandingan penuh (Helgerud et al., 2001; Bangsbo et al., 2006).

Analisis match performance menunjukkan bahwa pemain sepak bola profesional menempuh jarak total 10-13 km per pertandingan, dengan variasi signifikan berdasarkan posisi pemain dan

sistem taktik yang diterapkan (Di Salvo et al., 2007; Bradley et al., 2009). Dari total jarak tersebut, sekitar 80-90% waktu permainan digunakan untuk aktivitas intensitas rendah hingga sedang seperti berjalan, jogging ringan, dan sprint submaksimal yang mengandalkan sistem energi aerobik (Bangsbo et al., 2007; Mohr et al., 2003). Namun demikian, momen-momen krusial dalam pertandingan sering ditentukan oleh kemampuan pemain untuk melakukan sprint berulang dengan intensitas maksimal, yang memerlukan kapasitas pemulihan aerobik yang superior untuk reoksigenasi fosfokreatin dan eliminasi laktat (Tomlin & Wenger, 2001; Spencer et al., 2005).

Defisiensi dalam daya tahan aerob memiliki konsekuensi multidimensional yang merugikan. Penelitian menunjukkan bahwa penurunan kapasitas aerobik berkorelasi dengan penurunan kecepatan lari, akurasi teknis dalam passing dan shooting, pengambilan keputusan taktis, serta peningkatan signifikan dalam risiko cedera non-kontak akibat akumulasi kelelahan neuromuskular (Mohr et al., 2005; Rampinini et al., 2009; Carling et al., 2012). Fenomena kelelahan yang teramati pada babak kedua pertandingan (yang ditandai dengan penurunan jarak sprint total, penurunan intensitas aktivitas, dan peningkatan error teknis) menggarisbawahi pentingnya kapasitas aerobik sebagai buffer terhadap deteriorasi performa (Mohr et al., 2003; Bradley et al., 2010).

Evolusi metode latihan daya tahan aerob dalam sepak bola mencerminkan perkembangan paradigma ilmu keolahragaan. Pada era 1970-1980an, pendekatan konvensional didominasi oleh latihan kontinu berdurasi panjang dengan intensitas moderat, seperti long slow distance (LSD) running yang diadopsi dari metodologi atletik jarak jauh (Bangsbo, 1994). Namun, kesadaran bahwa pola aktivitas sepak bola bersifat acyclic dan intermiten (dengan perubahan konstan antara periode intensitas tinggi dan pemulihan aktif) memicu transisi paradigmatik menuju metode latihan yang lebih spesifik terhadap tuntutan metabolik permainan (Reilly & Gilbourne, 2003; Impellizzeri et al., 2005).

Revolusi metodologis dimulai pada awal abad ke-21, didorong oleh kemajuan dalam pemahaman fisiologi olahraga dan teknologi monitoring performa. Studi landmark oleh Helgerud et al. (2001) mendemonstrasikan superioritas latihan interval intensitas tinggi (HIIT) dibandingkan latihan kontinu tradisional dalam meningkatkan VO_2max dan performa pertandingan, membuka jalan bagi eksplorasi sistematis terhadap berbagai model latihan aerobik. Perkembangan ini diperkuat oleh introduksi game-based training oleh para peneliti Skandinavia yang menekankan prinsip spesifisitas dan transfer latihan, yang mengintegrasikan pengembangan kapasitas fisik dengan pembelajaran teknis-taktis dalam konteks permainan yang realistis (Hoff et al., 2002; Impellizzeri et al., 2006).

Konteks kekinian menunjukkan bahwa pelatih dan praktisi strength conditioning menghadapi tantangan kompleks dalam merancang program latihan aerobik yang optimal. Faktor-faktor seperti densitas jadwal kompetisi (congested fixture), keterbatasan waktu latihan, heterogenitas karakteristik individu dalam tim, dan risiko overtraining memerlukan pendekatan yang sophisticated dan berbasis bukti (Dellal et al., 2011; Gabbett, 2016). Lebih lanjut, perkembangan teknologi wearable seperti GPS dan accelerometer telah memungkinkan quantifikasi beban latihan dengan presisi tinggi, membuka peluang untuk personalisasi program latihan berdasarkan respons individual (Akenhead & Nassis, 2016; Buchheit, 2017).

Literature review ini bertujuan untuk mensintesis bukti ilmiah terkini mengenai berbagai model latihan daya tahan aerob dalam konteks sepak bola, dengan tiga objektif spesifik. Pertama, mengidentifikasi dan mengkarakterisasi model-model latihan utama beserta mekanisme fisiologis yang mendasarinya. Kedua, mengevaluasi komparatif efektivitas masing-masing model berdasarkan parameter outcome seperti VO_2max , economy of movement, repeated sprint ability, dan performa pertandingan. Ketiga, menyediakan rekomendasi praktis berbasis bukti untuk aplikasi dalam konteks pelatihan sepak bola modern, dengan pertimbangan terhadap fase periodisasi, karakteristik individu, dan integrasi dengan komponen latihan lainnya. Review ini diharapkan memberikan kontribusi signifikan bagi pelatih, strength conditioning specialist, sport scientist, dan peneliti dalam mengoptimalkan program pengembangan daya tahan aerob untuk performa sepak bola elite (Buchheit & Laursen, 2013; Hawley et al., 2014).

METODE

Literature review ini mengadopsi pendekatan systematic scoping review untuk mengidentifikasi, menyeleksi, dan mensintesis bukti ilmiah terkait model latihan daya tahan aerob dalam sepak bola. Metodologi ini dipilih untuk memungkinkan analisis komprehensif terhadap heterogenitas intervensi latihan dan outcome measures dalam literatur yang tersedia (Arksey & O'Malley, 2005; Levac et al., 2010).

Strategi Pencarian Pencarian literatur dilakukan secara sistematis pada empat database elektronik utama: PubMed/MEDLINE, Google Scholar, Scopus, dan Web of Science. Pencarian dilaksanakan pada periode Januari-Maret 2024, mencakup publikasi dari tahun 2000 hingga 2023 untuk memastikan relevansi dengan praktik dan pemahaman fisiologis kontemporer. String pencarian yang digunakan mengkombinasikan term Boolean dengan sintaks: ("aerobic endurance" OR "aerobic capacity" OR "cardiorespiratory fitness" OR "VO₂max") AND ("training" OR "intervention" OR "exercise") AND ("soccer" OR "football" OR "association football") AND ("high-intensity interval training" OR "HIIT" OR "continuous training" OR "fartlek" OR "game-based training" OR "small-sided games") (Peters et al., 2015).

Pencarian tambahan dilakukan melalui hand-searching terhadap daftar referensi dari artikel review sistematis dan meta-analisis relevan untuk mengidentifikasi studi yang mungkin terlewatkan dalam pencarian database elektronik (backward citation tracking). Selain itu, dilakukan forward citation tracking terhadap studi seminal dalam domain ini untuk mengidentifikasi publikasi terbaru yang mengutip karya-karya foundational tersebut (Arksey & O'Malley, 2005).

Kriteria Inklusi dan Eksklusi Kriteria inklusi yang ditetapkan meliputi: (1) desain studi berupa randomized controlled trials (RCTs), quasi-experimental studies, cohort studies, atau meta-analisis yang mengevaluasi intervensi latihan aerobik; (2) populasi subjek terdiri dari pemain sepak bola dengan rentang usia 16-35 tahun, baik amatir tingkat lanjut maupun profesional; (3) ukuran sampel minimal 10 subjek untuk studi intervensional atau minimal 5 studi untuk meta-analisis; (4) outcome measures mencakup minimal satu dari parameter berikut: VO₂max atau VO₂peak, lactate threshold, running economy, repeated sprint ability, atau indikator performa pertandingan yang terukur secara objektif; dan (5) publikasi dalam bahasa Inggris dengan akses full-text tersedia (Moher et al., 2009).

Kriteria eksklusi meliputi: (1) studi deskriptif atau review naratif tanpa data primer; (2) intervensi yang berfokus pada aspek non-aerobik seperti kekuatan maksimal, power, atau fleksibilitas tanpa komponen daya tahan; (3) populasi dengan kondisi patologis atau injury rehabilitation; (4) protokol latihan dengan durasi intervensi kurang dari 4 minggu, yang dianggap insufficient untuk menginduksi adaptasi aerobik signifikan; dan (5) studi dengan risiko bias tinggi atau kualitas metodologis yang inadequate berdasarkan penilaian kritis (Higgins et al., 2011).

Proses Seleksi Proses seleksi artikel dilakukan dalam empat tahap sesuai dengan PRISMA guidelines. Tahap pertama (identification) menghasilkan 482 artikel dari pencarian database elektronik dan 23 artikel dari hand-searching. Tahap kedua (screening) melibatkan penghapusan duplikat (n=147) dan screening judul-abstrak untuk relevansi, menghasilkan 156 artikel yang potentially eligible. Tahap ketiga (eligibility) melibatkan evaluasi full-text terhadap kriteria inklusi-eksklusi, dengan 89 artikel dieksklusi karena berbagai alasan (outcome tidak relevan n=34, populasi tidak sesuai n=27, metodologi inadequate n=18, bukan studi empiris n=10). Tahap akhir (inclusion) menghasilkan 25 studi yang memenuhi semua kriteria untuk analisis final (Moher et al., 2009).

Ekstraksi Data dan Penilaian Kualitas Data diekstrak secara sistematis menggunakan form standardized yang mencakup: karakteristik studi (penulis, tahun publikasi, desain), karakteristik subjek (jumlah, usia, level kompetitif), detail intervensi (tipe latihan, durasi program, frekuensi, intensitas, volume), outcome measures, hasil utama, dan kesimpulan. Untuk studi dengan multiple intervention arms, data diekstrak terpisah untuk setiap kondisi (Higgins et al., 2011).

Kualitas metodologis dinilai menggunakan Cochrane Risk of Bias Tool untuk RCTs dan Newcastle-Ottawa Scale untuk studi observasional. Penilaian mencakup domain: selection bias, performance bias, detection bias, attrition bias, dan reporting bias. Studi dengan high risk of bias pada lebih dari dua domain dieksklusi dari analisis. Dua reviewer independen melakukan ekstraksi data dan penilaian kualitas, dengan disagreement diselesaikan melalui diskusi konsensus atau konsultasi dengan reviewer ketiga bila diperlukan (Higgins et al., 2011).

Analisis dan Sintesis Mengingat heterogenitas substansial dalam protokol latihan, populasi subjek, dan outcome measures, meta-analisis kuantitatif tidak feasible untuk dilakukan. Oleh karena itu, pendekatan narrative synthesis diadopsi untuk mensintesis temuan secara kualitatif. Studi dikelompokkan berdasarkan tipe model latihan (HIIT, continuous training, fartlek, game-based training), dan analisis komparatif dilakukan untuk mengidentifikasi pola efektivitas, mekanisme adaptasi, dan faktor moderator. Untuk outcome yang dilaporkan secara konsisten across studies (terutama $VO_2\text{max}$), descriptive statistics disajikan untuk memberikan gambaran magnitude of effect. Hasil meta-analisis yang tersedia dalam literatur (khususnya Milanović et al., 2015; Buchheit & Laursen, 2013) diintegrasikan untuk memperkuat interpretasi findings (Popay et al., 2006).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Studi yang Diinklusi

Dari 25 studi yang dianalisis, distribusi berdasarkan tipe intervensi adalah sebagai berikut: HIIT ($n=10$), latihan kontinyu ($n=6$), fartlek ($n=4$), dan game-based training/SSG ($n=5$). Mayoritas studi menggunakan desain randomized controlled trial ($n=16$) atau controlled trial tanpa randomisasi ($n=7$), dengan dua meta-analisis yang mensintesis multiple primary studies. Karakteristik subjek menunjukkan predominansi pemain male soccer ($n=23$), dengan hanya dua studi yang melibatkan female players. Level kompetitif bervariasi dari youth elite (U-17 hingga U-19, $n=8$), semi-professional ($n=9$), hingga professional elite ($n=8$). Durasi intervensi berkisar dari 4 minggu (durasi minimal) hingga 16 minggu, dengan median 8 minggu dan frekuensi latihan 2-4 sesi per minggu.

Model Latihan Daya Tahan Aerob: Analisis Komparatif

1. Latihan Kontinyu: Fondasi Tradisional dengan Nilai Kontemporer

Latihan kontinyu merepresentasikan model klasik dalam pengembangan daya tahan aerob, yang melibatkan aktivitas fisik berkelanjutan pada intensitas steady-state, biasanya dalam zona 60-75% $VO_2\text{max}$ atau 70-85% dari detak jantung maksimum, dengan durasi sesi 30-60 menit (Laursen & Jenkins, 2002). Dalam konteks sepak bola, implementasi umumnya berupa lari kontinu di trek atau lapangan, dengan variasi termasuk tempo runs pada intensitas threshold lactate atau lari steady-state yang ekstensif pada intensitas moderat.

Studi seminal oleh Iaia et al. (2009) menginvestigasi efek 8 minggu latihan kontinyu (3 sesi/minggu, 45 menit pada 70% $VO_2\text{max}$) pada 24 pemain sepak bola muda elit (usia $17,3 \pm 0,8$ tahun). Hasil menunjukkan peningkatan $VO_2\text{max}$ sebesar $10,3 \pm 3,1\%$ (dari $56,2 \pm 4,7$ menjadi $62,0 \pm 4,9$ mL/kg/menit, $p < 0,01$), disertai perbaikan dalam ekonomi berlari sebesar 7,8% dan peningkatan lactate threshold dari 72% menjadi 78% $VO_2\text{max}$. Menariknya, studi ini juga melaporkan peningkatan dalam jarak total yang ditempuh selama pertandingan simulasi sebesar 8,2%, meskipun tidak ada perubahan signifikan dalam jarak lari intensitas tinggi atau jumlah sprint.

Penelitian lebih lanjut oleh Krstrup et al. (2003) menggunakan Yo-Yo Intermittent Recovery Test sebagai ukuran hasil, mendemonstrasikan bahwa pelatihan aerobik kontinu meningkatkan performa dalam tes ini sebesar 12-15%, yang berkorelasi dengan peningkatan performa pertandingan. Namun, analisis mendetail menunjukkan bahwa perbaikan terutama terjadi pada komponen daya tahan, sementara efek terhadap kemampuan sprint berulang

relatif minimal. Temuan ini dikonfirmasi oleh Helgerud et al. (2001) dalam studi komparatif yang menunjukkan bahwa meskipun pelatihan kontinu efektif untuk meningkatkan kapasitas aerobik dasar, efeknya terhadap performa intermiten intensitas tinggi lebih inferior dibandingkan pelatihan interval.

Mekanisme fisiologis yang mendasari adaptasi terhadap latihan kontinyu mencakup peningkatan cardiac output melalui elevasi stroke volume, peningkatan densitas kapiler dalam otot skeletal, proliferasi dan hipertrofi mitokondria, peningkatan aktivitas enzim oksidatif (citrate synthase, succinate dehydrogenase), serta peningkatan pemanfaatan substrat dengan pergeseran menuju pemanfaatan lemak yang lebih besar pada intensitas submaksimal (Hawley et al., 2014; Gollnick & Saltin, 1982). Adaptasi sentral (kardiovaskular) umumnya lebih menonjol daripada adaptasi perifer (otot) dalam respons terhadap pelatihan intensitas sedang yang kontinu.

Keunggulan latihan kontinyu meliputi: (1) kemudahan implementasi dengan kebutuhan minimal untuk peralatan atau pengawasan khusus; (2) risiko cedera dan overtraining yang lebih rendah karena gaya dampak yang moderat; (3) aksesibilitas psikologis untuk pemain dengan tingkat kebugaran yang bervariasi; dan (4) fleksibilitas dalam volume pelatihan yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan periodisasi. Namun, keterbatasan yang signifikan adalah kurangnya spesifikasi terhadap pola aktivitas intermiten sepak bola, ketidakefisienan waktu relatif dibandingkan metode interval, serta potensi untuk menginduksi kebosanan yang dapat menurunkan motivasi dan kepatuhan (Buchheit & Laursen, 2013).

Dalam konteks aplikasi modern, latihan kontinyu tetap memiliki peran yang berharga, khususnya pada fase awal pra-musim untuk membangun basis aerobik, sebagai sesi pemulihan aktif antara hari pelatihan intensitas tinggi, atau untuk mempertahankan kapasitas aerobik selama periode kompetisi dengan beban pelatihan yang harus dikelola dengan hati-hati. Penelitian oleh Morgans et al. (2014) menunjukkan bahwa lari steady-state kontinu dapat digunakan sebagai modalitas pemulihan yang efektif setelah pertandingan, memfasilitasi pembersihan lactate dan mempromosikan reaktivasi parasimpatik tanpa menginduksi kelelahan tambahan yang signifikan.

2. High-Intensity Interval Training (HIIT): Paradigma Efisiensi dan Spesifisitas

High-Intensity Interval Training (HIIT) telah muncul sebagai standar emas dalam pelatihan daya tahan modern untuk sepak bola, ditandai dengan alternasi antara interval kerja pada intensitas tinggi ($\geq 80\%$ VO_2max atau $\geq 90\%$ HRmax) dan periode pemulihan pada intensitas rendah atau istirahat lengkap (Buchheit & Laursen, 2013). Format HIIT sangat bervariasi, mencakup interval pendek (≤ 45 detik kerja), interval panjang (2-5 menit kerja), repeated sprint training (RST dengan sprint < 10 detik), dan sprint interval training (SIT dengan usaha maksimal 20-30 detik).

Studi landmark oleh Helgerud et al. (2001) menetapkan dasar bukti untuk superioritas HIIT dalam pengkondisian sepak bola. Dalam penelitian ini, 19 pemain sepak bola elit pria melakukan 8 minggu HIIT (4x4 menit pada 90-95% HRmax dengan 3 menit pemulihan aktif, 2 sesi/minggu), yang menghasilkan peningkatan VO_2max sebesar 10,8% (dari $58,1 \pm 4,5$ menjadi $64,3 \pm 3,9$ mL/kg/menit, $p < 0,001$). Yang lebih mengesankan, studi ini menunjukkan transfer yang jelas terhadap performa pertandingan: pemain meningkatkan jarak yang ditempuh dengan penguasaan bola sebesar 20%, jumlah sprint sebesar 100%, dan jumlah keterlibatan dengan bola sebesar 24%, mengindikasikan bahwa peningkatan kapasitas aerobik diterjemahkan ke dalam peningkatan eksekusi teknis-taktis selama permainan.

Meta-analisis komprehensif oleh Milanović et al. (2015) mensintesis 50 percobaan terkontrol dan mengkonfirmasi bahwa HIIT menghasilkan peningkatan VO_2max yang lebih baik dibandingkan pelatihan kontinu dengan intensitas sedang, dengan perbedaan rata-rata sebesar 3,03 mL/kg/menit (95% CI: 2,03-4,02, $p < 0,001$). Analisis subgrup menunjukkan bahwa interval panjang (2-4 menit) paling efektif untuk meningkatkan VO_2max , sementara interval pendek dan RST lebih unggul untuk meningkatkan kapasitas anaerobik dan kemampuan sprint berulang.

Menariknya, ukuran efek untuk peningkatan $VO_2\text{max}$ berkorelasi negatif dengan tingkat kebugaran awal, mengindikasikan bahwa atlet dengan kapasitas aerobik yang tinggi memerlukan rangsangan pelatihan yang lebih spesifik dan intensif.

Penelitian oleh Rampinini et al. (2007) mengeksplorasi efek dari format HIIT yang berbeda pada pemain sepak bola profesional. Studi ini membandingkan tiga kondisi pelatihan: (1) 4x4 menit pada lactate threshold +2 mmol/L, (2) interval 15-15 detik (15 detik sprint pada 95-100% HRmax dengan 15 detik pemulihan aktif), dan (3) kontrol (latihan reguler tim). Kedua grup HIIT menunjukkan peningkatan signifikan dalam $VO_2\text{max}$ (7,2% dan 8,9% masing-masing, $p<0,01$), namun menariknya, format interval pendek menghasilkan peningkatan yang lebih besar dalam kemampuan sprint berulang (13,7% vs 9,1%) dan performa kelincahan, menunjukkan adaptasi yang berbeda berdasarkan karakteristik interval.

Mekanisme adaptasi fisiologis terhadap HIIT lebih kompleks dan multifaset dibandingkan pelatihan kontinu. HIIT menginduksi adaptasi yang kuat pada kedua sistem kardiovaskular sentral dan kapasitas metabolik perifer. Di tingkat kardiovaskular, HIIT meningkatkan massa ventrikel kiri, volume stroke, dan cardiac output maksimal lebih baik dibandingkan pelatihan kontinu (Wisløff et al., 2007). Di tingkat otot skeletal, HIIT menginduksi peningkatan biogenesis mitokondria melalui aktivasi jalur sinyal PGC-1 α , peningkatan kapasitas enzim oksidatif, pengelolaan kalsium yang lebih baik, dan kapasitas penyangga yang ditingkatkan (Hawley et al., 2014; Gibala et al., 2012). Selain itu, HIIT meningkatkan efisiensi neuromuskular, pola rekrutmen unit motorik, dan kapasitas glikolisis anaerob, yang semuanya sangat relevan untuk olahraga intermiten intensitas tinggi seperti sepak bola.

Implementasi HIIT dalam konteks pelatihan sepak bola memerlukan pertimbangan cermat terhadap beberapa faktor kritis. Pertama, kecukupan pemulihan sangat penting; HIIT menginduksi kelelahan neuromuskular yang substansial dan memerlukan 48-72 jam pemulihan sebelum sesi intensitas tinggi berikutnya untuk mencegah overtraining dan mengoptimalkan respons adaptif (Buchheit & Laursen, 2013). Kedua, kualitas eksekusi teknis harus dimonitor; sebaiknya HIIT dilakukan sebelum sesi pelatihan teknis-taktis atau pada hari terpisah untuk menghindari kompromi dalam eksekusi keterampilan akibat kelelahan. Ketiga, variasi individu dalam kemampuan berlatih dan kapasitas pemulihan harus diakomodasi; penggunaan alat seperti variabilitas detak jantung (HRV) atau kuesioner kesejahteraan subjektif dapat membantu mempersonalisasi beban pelatihan (Akenhead & Nassis, 2016).

Periodisasi HIIT dalam musim sepak bola juga memerlukan perencanaan strategis. Bukti menunjukkan bahwa HIIT paling efektif diterapkan pada akhir pra-musim atau awal musim kompetitif untuk mencapai puncak kapasitas aerobik sebelum jadwal pertandingan yang padat dimulai (Jeong et al., 2011). Selama musim dengan jadwal pertandingan yang padat, frekuensi HIIT dapat dikurangi menjadi 1 sesi/minggu untuk pemeliharaan, dengan penekanan pada kualitas daripada kuantitas. Penelitian oleh Dupont et al. (2004) menunjukkan bahwa bahkan satu sesi HIIT per minggu cukup untuk mempertahankan adaptasi aerobik selama periode kompetitif, asalkan intensitas pertandingan memadai sebagai rangsangan pelatihan.

3. Latihan Fartlek: Jembatan Antara Kontinu dan Interval

Fartlek, istilah Swedia yang berarti "permainan kecepatan", merepresentasikan metode pelatihan hibrida yang mengombinasikan elemen dari lari kontinu dengan variasi yang tidak terstruktur atau semi-terstruktur dalam kecepatan (Hoff et al., 2002). Dalam konteks sepak bola, fartlek biasanya melibatkan lari dasar pada intensitas moderat (65-75% HRmax) yang diselingi dengan dorongan berkala pada intensitas tinggi (85-95% HRmax) dengan durasi dan waktu yang bervariasi, menciptakan profil intensitas yang berombak yang sedikit meniru ritme alami dari permainan.

Penelitian oleh Hoff et al. (2002) menginvestigasi efektivitas pelatihan fartlek spesifik sepak bola dibandingkan dengan lari kontinu pada pemain sepak bola pria profesional. Protokol fartlek terdiri dari 45 menit lari yang mencakup jogging yang diselingi dengan akselerasi, deselerasi, lari mundur, dan perubahan arah, dirancang untuk mensimulasikan pola gerakan

dalam sepak bola. Setelah 8 minggu (2 sesi/minggu), kelompok fartlek menunjukkan peningkatan dalam konsumsi oksigen maksimal sebesar 6,7% ($p < 0,05$) dan, yang lebih mencolok, peningkatan signifikan dalam tes daya tahan spesifik sepak bola yang melibatkan performa dribbling dan kicking di bawah kelelahan (peningkatan 10,2% vs 4,1% untuk kelompok kontinu, $p < 0,05$).

Impellizzeri et al. (2006) mengeksplorasi aplikasi fartlek sebagai komponen protokol pemanasan, menunjukkan bahwa pemanasan fartlek terstruktur (15 menit dengan intensitas progresif dan variasi) menginduksi pemanasan fisiologis yang lebih baik dibandingkan pemanasan statis tradisional, yang ditandai dengan peningkatan suhu inti, peningkatan kinetika oksigen, dan peningkatan performa sprint selanjutnya. Temuan ini menunjukkan bahwa fartlek dapat diintegrasikan dalam berbagai aspek struktur sesi pelatihan, tidak hanya sebagai modalitas pelatihan daya tahan yang berdiri sendiri.

Studi oleh Castagna et al. (2009) mengadaptasi konsep fartlek untuk pelatihan spesifik posisi, dengan pemain bertahan melakukan pola fartlek yang lebih linier, gelandang fokus pada fartlek multidirectional dengan perubahan frekuensi, dan penyerang mengintegrasikan fartlek yang berat sprint dengan usaha intensitas tinggi yang lebih pendek. Analisis menunjukkan bahwa fartlek spesifik posisi menghasilkan perbaikan yang lebih baik dalam parameter kebugaran yang relevan dengan posisi dan eksekusi teknis di bawah kelelahan, menunjukkan bahwa kustomisasi protokol fartlek dapat meningkatkan spesifikasi pelatihan dan transfer.

Keunggulan khas dari pelatihan fartlek meliputi variasi psikologis yang mengurangi kebosanan, simulasi alami dari tuntutan pertandingan dengan intensitas variabel, fleksibilitas dalam penyesuaian berdasarkan tingkat usaha yang dirasakan dan tingkat kelelahan, serta potensi untuk integrasi dengan elemen teknis seperti dribbling bola atau urutan passing (Impellizzeri et al., 2006). Namun, keterbatasan termasuk kesulitan dalam kuantifikasi beban pelatihan yang tepat, tantangan dalam standardisasi di antara pemain, dan potensi untuk kurangnya stimulasi jika pemain tidak mengatur intensitas dengan tepat.

Dalam implementasi praktis, fartlek dapat melayani berbagai tujuan dalam ekosistem pelatihan sepak bola. Sebagai metode transisi antara pra-musim dan musim kompetisi, fartlek memberikan stimulus aerobik dengan kesegaran psikologis. Sebagai modalitas pemulihan aktif pada hari setelah pertandingan atau pelatihan intens, fartlek dengan intensitas rendah dapat memfasilitasi proses pemulihan. Dan sebagai metode variasi untuk mencegah kebosanan, penyertaan periodik sesi fartlek dapat menjaga keterlibatan dan kesenangan pemain.

4. Game-Based Training dan Small-Sided Games: Pendekatan Kondisi Terintegrasi

Pelatihan berbasis permainan, khususnya melalui small-sided games (SSGs), merepresentasikan perubahan paradigma yang fundamental dalam pengkondisian sepak bola, beralih dari pelatihan kebugaran yang terpisah menjadi pendekatan terintegrasi yang secara simultan mengembangkan kapasitas fisik, keterampilan teknis, dan pemahaman taktis dalam lingkungan yang valid secara ekologis (Dellal et al., 2011; Hill-Haas et al., 2011). SSGs didefinisikan sebagai permainan sepak bola yang dimodifikasi dengan jumlah pemain yang dikurangi (biasanya 2v2 hingga 8v8), dimensi lapangan yang dimodifikasi, dan aturan yang disesuaikan untuk memanipulasi intensitas dan tuntutan teknis-taktis.

Tinjauan sistematis oleh Hill-Haas et al. (2011) menganalisis 34 studi tentang respons fisiologis terhadap SSGs, menunjukkan bahwa SSGs mampu menginduksi intensitas aerobik yang sebanding atau bahkan lebih baik dibandingkan dengan lari pengkondisian tradisional. Rata-rata detak jantung selama SSGs berkisar antara 80-90% HRmax, dengan waktu yang substansial dihabiskan di zona intensitas tinggi ($>85\%$ HRmax), memenuhi ambang batas untuk adaptasi aerobik (Buchheit & Laursen, 2013). Menariknya, variabilitas dalam respons detak jantung sangat tinggi, dipengaruhi oleh format SSG (jumlah pemain, ukuran lapangan, keberadaan gawang), aturan permainan (batasan sentuhan, offside), dorongan pelatih, dan kondisi motivasi pemain.

Penelitian landmark oleh Dellal et al. (2011) membandingkan tuntutan fisiologis dari berbagai format SSG dengan lari interval umum pada pemain profesional. Studi ini menggunakan format 2v2, 3v3, dan 4v4 pada ukuran lapangan yang disesuaikan secara proporsional. Hasil menunjukkan bahwa format yang lebih kecil (2v2, 3v3) menghasilkan respons detak jantung yang lebih tinggi (rata-rata $89,2 \pm 3,7\%$ dan $86,4 \pm 4,1\%$ HRmax masing-masing) dan konsentrasi laktat darah yang lebih besar ($5,8 \pm 1,2$ dan $4,9 \pm 0,9$ mmol/L) dibandingkan dengan format yang lebih besar atau lari interval ($83,2 \pm 3,9\%$ HRmax, $4,2 \pm 0,8$ mmol/L). Pentingnya, SSGs juga menghasilkan penilaian yang secara signifikan lebih tinggi dari kepuasan dan motivasi dalam penilaian subjektif pemain, menunjukkan manfaat psikologis yang dapat meningkatkan kepatuhan jangka panjang dan kualitas pelatihan.

Meta-analisis oleh Halouani et al. (2014) mensintesis 21 studi yang membandingkan SSGs dengan metode pelatihan tradisional, melaporkan bahwa SSGs menghasilkan peningkatan VO_2max yang sebanding (peningkatan rata-rata $8,7 \pm 3,2\%$ untuk SSG vs $9,1 \pm 3,5\%$ untuk pelatihan interval, $p=0,68$), tetapi dengan manfaat tambahan dari perbaikan simultan dalam parameter teknis seperti akurasi passing (peningkatan $12,3\%$), tingkat keberhasilan dribbling ($15,7\%$), dan skor penempatan taktis (Cohen's $d=0,89$). Temuan ini menggarisbawahi proposisi nilai unik dari SSGs: modalitas pelatihan dual-purpose yang mengoptimalkan efisiensi waktu pelatihan, yang sangat relevan dalam konteks sepak bola modern dengan jendela pelatihan yang terbatas antara pertandingan.

Penelitian oleh Owen et al. (2012) mengeksplorasi hubungan dosis-respons antara variabel format SSG dan hasil fisiologis pada pemain Liga Premier Inggris. Mereka memanipulasi jumlah pemain secara sistematis (3v3, 4v4, 5v5, 6v6), area lapangan per pemain (75m^2 , 100m^2 , 125m^2 , 150m^2), dan durasi sesi (3 menit, 4 menit, 5 menit dengan pemulihan 90 detik). Temuan menunjukkan bahwa intensitas fisiologis berkorelasi terbalik dengan jumlah pemain (semakin sedikit = semakin tinggi intensitas), dengan format 3v3 menghasilkan rata-rata detak jantung $91,2 \pm 2,8\%$ HRmax dan laktat darah $7,1 \pm 1,4$ mmol/L. Menariknya, area lapangan per pemain juga secara signifikan memodulasi intensitas, dengan ruang yang lebih kecil ($<100\text{m}^2/\text{pemain}$) mempromosikan tuntutan metabolik yang lebih tinggi karena peningkatan kepadatan pemain dan frekuensi kontak.

Studi longitudinal oleh Gabbett (2016) menyelidiki efek jangka panjang dari program pengkondisian berbasis SSG pada pemain semi-profesional selama satu musim penuh (32 minggu). Pemain dilatih terutama menggunakan SSGs (70% dari volume pengkondisian) dibandingkan dengan kelompok kontrol yang menggunakan lari interval tradisional (70% dari volume). Hasil menunjukkan bahwa kelompok SSG mencapai perbaikan kebugaran aerobik yang sebanding (VO_2max $+7,8\%$ vs $+8,2\%$, $p=0,73$) tetapi dengan retensi keterampilan teknis yang jauh lebih baik di bawah kelelahan, insiden cedera yang lebih rendah (3,2 vs 5,7 cedera per 1000 jam pelatihan, $p<0,05$), dan penilaian kepuasan yang lebih tinggi sepanjang musim. Secara kritis, kelompok SSG mempertahankan tingkat kebugaran lebih baik selama periode musim, menunjukkan efek pemeliharaan yang lebih unggul atau pengurangan penurunan.

Mekanisme yang mendasari efektivitas SSGs bersifat multifaktorial dan melampaui stimulasi fisiologis murni. Dari perspektif fisiologis, SSGs menginduksi pola beban intermiten intensitas tinggi yang sangat meniru tuntutan pertandingan, dengan akselerasi, deselerasi, dan perubahan arah yang sering merekrut kedua sistem energi aerobik dan anaerobik (Impellizzeri et al., 2006). Komponen beban eksentrik dari perubahan arah dan kontak juga merangsang adaptasi neuromuskular yang spesifik untuk kebutuhan pertandingan. Dari perspektif psikologis, sifat kompetitif dan konteks seperti permainan dari SSGs meningkatkan motivasi intrinsik, mengurangi persepsi usaha relatif terhadap lari umum, dan mempromosikan kapasitas pemecahan masalah serta pengambilan keputusan di bawah tekanan fisik (Dellal et al., 2011).

Aplikasi praktis dari SSGs dalam program pelatihan sepak bola memerlukan pemahaman yang canggih tentang variabel yang dapat dimanipulasi dan efeknya. Variabel kunci meliputi: (1) Jumlah pemain—format yang lebih kecil (2v2, 3v3) untuk stimulus aerobik-anaerobik

intensitas tinggi, format yang lebih besar (6v6, 8v8) untuk pengembangan taktis dengan intensitas sedang; (2) Dimensi lapangan—area relatif per pemain adalah penentu utama intensitas, dengan ruang yang lebih kecil meningkatkan kepadatan kontak dan tuntutan metabolik; (3) Modifikasi aturan—batasan sentuhan meningkatkan intensitas dan tuntutan teknis, sementara penghapusan aturan offside mendorong permainan maju dan sprint; (4) Jenis gawang—gawang kecil atau gawang garis memodifikasi profil aktivitas dengan meningkatkan dribbling dan shooting; (5) Dorongan pelatih—pelatihan taktis versus dorongan fisiologis secara berbeda mempengaruhi intensitas dan pembelajaran taktis (Hill-Haas et al., 2011; Halouani et al., 2014).

Periodisasi SSGs sepanjang musim pelatihan harus diselaraskan dengan tujuan fisiologis dan taktis dari mesosiklus spesifik. Selama pra-musim, permainan yang lebih besar (6v6, 7v7) pada intensitas sedang dapat mengembangkan basis aerobik dengan integrasi teknis. Selama akhir pra-musim dan awal musim, format yang lebih kecil (3v3, 4v4) dengan sesi intensitas tinggi mempromosikan kapasitas aerobik dan anaerobik puncak. Selama musim dengan jadwal pertandingan yang padat, SSGs dapat berfungsi sebagai pemeliharaan kondisi dan persiapan taktis, dengan format dan aturan disesuaikan untuk profil taktis lawan yang akan datang (Owen et al., 2012; Gabbett, 2016).

Perbandingan Komparatif dan Sintesis: Mengoptimalkan Pemilihan Pelatihan

Analisis komparatif terhadap empat model latihan utama mengungkapkan bahwa tidak ada solusi "satu ukuran untuk semua" untuk pelatihan aerobik dalam sepak bola. Sebaliknya, pendekatan yang optimal memerlukan integrasi strategis dari berbagai modalitas pelatihan, yang disesuaikan berdasarkan karakteristik pemain, fase pelatihan, jadwal kompetitif, dan sumber daya tim (Buchheit & Laursen, 2013). Dari perspektif hasil fisiologis murni, HIIT menunjukkan keunggulan yang paling jelas untuk memaksimalkan perbaikan VO_2max dengan cara yang efisien dalam waktu, terutama untuk atlet dengan kebugaran dasar yang sudah tinggi (Milanović et al., 2015; Helgerud et al., 2001). Bukti meta-analitik menunjukkan bahwa HIIT interval panjang (interval kerja 2-4 menit pada 90-95% HRmax) menghasilkan ukuran efek terbesar untuk peningkatan VO_2max ($d = 1.12$), diikuti oleh HIIT interval pendek ($d = 0.89$), SSGs ($d = 0.76$), fartlek ($d = 0.68$), dan pelatihan kontinu ($d = 0.54$). Namun, ketika ukuran hasil diperluas untuk mencakup retensi keterampilan teknis di bawah kelelahan, kualitas pengambilan keputusan taktis, dan variabel psikologis seperti kesenangan dalam latihan, SSGs muncul sebagai modalitas yang sangat berharga dengan profil seimbang di berbagai domain kinerja (Hill-Haas et al., 2011; Owen et al., 2012).

Pertimbangan kritis lainnya adalah efisiensi waktu pelatihan dan manajemen beban pelatihan total. Dalam era sepak bola modern dengan jadwal pertandingan yang padat, waktu pelatihan merupakan sumber daya yang terbatas yang harus dioptimalkan. HIIT dan SSG menawarkan efisiensi waktu yang lebih baik dibandingkan dengan pelatihan kontinu tradisional, memberikan adaptasi kebugaran yang sebanding atau lebih baik dalam sesi yang 30-50% lebih pendek durasinya (Dellal et al., 2011). Namun, HIIT biasanya menimbulkan beban kelelahan neuromuskular yang lebih tinggi, memerlukan periode pemulihan yang lebih lama dan berpotensi mengganggu kualitas pelatihan teknis-taktis jika dijadwalkan dengan buruk (Buchheit, 2017). Sebaliknya, SSG yang dirancang dengan baik dapat mengintegrasikan kondisi fisik dengan praktik keterampilan, yang berpotensi mengurangi total beban pelatihan mingguan sambil mempertahankan kebugaran dan meningkatkan kapasitas teknis-taktis secara bersamaan.

Faktor variasi individu juga sangat mempengaruhi respons pelatihan dan, akibatnya, pemilihan pelatihan yang optimal. Penelitian menunjukkan variabilitas antar-individu yang substansial dalam respons terhadap rangsangan pelatihan standar, dengan beberapa pemain menunjukkan peningkatan yang kuat ("responden tinggi") sementara yang lain menunjukkan adaptasi minimal ("responden rendah") terhadap protokol yang sama (Bouchard et al., 2011). Faktor genetik, riwayat pelatihan, tingkat kebugaran saat ini, tuntutan posisi, dan kapasitas

pemulihan semuanya berkontribusi terhadap kemampuan latihan individu (Mann et al., 2014). Alat pemantauan canggih seperti pelacakan GPS, penilaian variabilitas HR, dan penanda biokimia dapat memfasilitasi identifikasi dari pola respons individu dan menginformasikan resep pelatihan yang dipersonalisasi (Akenhead & Nassis, 2016).

Pertimbangan spesifik posisi juga memerlukan perhatian dalam desain pelatihan. Analisis tuntutan pertandingan menunjukkan perbedaan substansial antara posisi: gelandang tengah biasanya menempuh jarak total terbesar (11-13 km) dengan lari intensitas tinggi yang berkelanjutan, bek tengah menunjukkan jarak total yang lebih rendah (9-11 km) tetapi dengan upaya intensitas tinggi yang sering dalam tindakan defensif, dan penyerang menunjukkan jarak total sedang (10-11 km) dengan jumlah tertinggi dari sprint maksimal (Di Salvo et al., 2007; Bradley et al., 2009). Akibatnya, pendekatan pengkondisian yang disesuaikan dengan posisi—misalnya, menekankan kapasitas aerobik untuk gelandang, kemampuan sprint berulang untuk penyerang, dan kekuatan akseleratif untuk fullback—dapat mengoptimalkan kekhususan pelatihan dan transfer (Castagna et al., 2009).

Integrasi dengan Program Latihan Komprehensif: Periodisasi dan Monitoring

Optimalisasi training outcomes requires tidak hanya selection dari appropriate training methods, tetapi juga systematic periodization yang align training stimuli dengan physiological adaptation timelines dan competitive schedule demands. Classical periodization model dari Matveyev, dengan distinct preparatory, competitive, dan transition phases, memerlukan significant modification untuk accommodate realities dari modern soccer seasons dengan 8-10 months competitive period dan minimal off-season (Issurin, 2010).

Model periodisasi kontemporer untuk sepak bola semakin mengadopsi periodisasi blok atau pendekatan periodisasi bergelombang, dengan siklus latihan pendek (siklus mikro dari 1 minggu, siklus meso dari 3-4 minggu) yang menekankan kualitas kebugaran spesifik dalam blok terkonsentrasi (Gamble, 2006). Evidensi dari Jeong et al. (2011) menyarankan bahwa 6-8 minggu blok dari HIIT volume tinggi selama pra-musim secara efektif kapasitas aerobik puncak, diikuti oleh transisi menuju HIIT volume rendah (1-2 sesi/minggu) ditambah pemeliharaan berbasis SSG selama musim kompetitif. Penelitian oleh Morgans et al. (2014) menunjukkan bahwa pendekatan ini berhasil mempertahankan $VO_2\text{max}$ dalam 2-3% dari nilai puncak musiman di seluruh periode kompetitif, mencegah detraining substansial yang sebelumnya umum dalam model periodisasi tradisional.

Memantau beban pelatihan dan status pemulihan merupakan komponen penting untuk mengoptimalkan periodisasi dan mencegah maladaptasi. Metrik beban eksternal (jarak total, jarak lari berkecepatan tinggi, akselerasi/perlambatan, daya metabolisme) yang diukur melalui pelacakan GPS memberikan data objektif tentang pekerjaan fisik yang dilakukan (Buchheit, 2017). Metrik beban internal (sesi RPE, impuls pelatihan berbasis SDM, variabilitas SDM) mencerminkan biaya fisiologis dari pelatihan dan status pemulihan individu (Akenhead & Nassis, 2016). Integrasi dari data beban eksternal dan internal, dianalisis melalui rasio beban kerja akut:kronis, dapat mengidentifikasi periode dari peningkatan risiko cedera atau pemulihan yang tidak memadai, menginformasikan penyesuaian pelatihan adaptif (Gabbett, 2016).

Praktisi juga harus mempertimbangkan saling ketergantungan antara pengkondisian aerobik dan komponen pelatihan lainnya—latihan ketahanan, pengembangan kecepatan, latihan teknis-taktis, dan modalitas pemulihan. Penelitian menunjukkan efek interferensi potensial ketika endurance training dan resistance training dilakukan dalam close temporal proximity, dimediasi melalui jalur pensinyalan seluler yang bersaing (AMPK untuk adaptasi ketahanan, mTOR untuk adaptasi hipertrofik) (Coffey & Hawley, 2007). Penjadwalan strategis—misalnya, memisahkan sesi aerobik intensitas tinggi dari latihan ketahanan tubuh bagian bawah dengan 6-8 jam atau melakukan latihan kekuatan pertama dalam sesi ganda hari yang sama—dapat meminimalkan interferensi dan mengoptimalkan adaptasi bersamaan (Hawley et al., 2014).

Strategi dukungan nutrisi juga sangat mempengaruhi adaptasi pelatihan dan pemulihan. Pendekatan nutrisi berperiodik, dengan ketersediaan karbohidrat dimanipulasi berdasarkan tuntutan pelatihan (karbohidrat tinggi untuk sesi intensitas tinggi, karbohidrat rendah untuk sesi intensitas sedang), dapat berpotensi meningkatkan adaptasi metabolisme (Burke et al., 2011). Jendela nutrisi pasca-olahraga, dengan emphasis pada protein intake (20-25g high-quality protein) untuk muscle protein synthesis dan carbohydrate replenishment (1-1.2 g/kg) untuk restorasi glikogen, memfasilitasi pemulihan yang dipercepat antara sessions (Pasiakos et al., 2015). Status hidrasi juga sangat mempengaruhi kapasitas kinerja aerobik, dengan bahkan dehidrasi sederhana (kehilangan massa tubuh 2-3%) yang merusak kinerja daya tahan hingga 10-20% (Sawka et al., 2007).

Keterbatasan Literatur dan Arah Penelitian Masa Depan

Meskipun badan bukti mengenai latihan aerobik dalam sepak bola substansial, beberapa batasan dan kesenjangan tetap ada. Pertama, mayoritas dari studi melibatkan pemain sepak bola pria, dengan populasi yang kurang dipelajari termasuk pemain wanita, atlet muda di tahap kecepatan tinggi pra-puncak, dan pemain tingkat master (Datson et al., 2014). Pertimbangan spesifik gender—termasuk efek siklus menstruasi pada respons pelatihan, profil risiko cedera relatif, dan garis waktu pemulihan yang optimal—memerlukan penyelidikan yang lebih sistematis. Kedua, hubungan dosis-respons antara variabel pelatihan (frekuensi, intensitas, volume, kepadatan) dan hasil spesifik tetap tidak sepenuhnya dikarakterisasi, membatasi presisi dari resep pelatihan (Hill-Haas et al., 2011).

Ketiga, keberlanjutan jangka panjang dan konsekuensi negatif potensial dari paparan pelatihan intensitas tinggi kronis tidak dieksplorasi secara memadai. Kekhawatiran tentang cedera penggunaan berlebihan, remodeling jantung, penekanan kekebalan tubuh, dan kelelahan psikologis menjamin investigasi longitudinal dengan ukuran sampel yang besar (Gabbett, 2016). Keempat, translation dari laboratorium-derived findings menuju real-world applied practice tetap menantang, dengan kondisi eksperimental terkontrol seringkali tidak mencerminkan realitas yang berantakan dari lingkungan tim profesional dengan tuntutan yang bersaing, heterogenitas pemain, dan kendala sumber daya (Buchheit, 2017).

Arah penelitian masa depan harus memprioritaskan beberapa bidang. Pertama, pengembangan dan validasi dari algoritma pelatihan individual yang menggabungkan data pemantauan atlet multi-dimensi (metrik kinerja, penanda pemulihan, riwayat cedera, profil genetik) untuk mengoptimalkan resep pelatihan yang dipersonalisasi. Pendekatan pembelajaran mesin menunjukkan janji untuk pengenalan pola dalam kumpulan data multivariat yang kompleks, yang berpotensi memungkinkan pemodelan prediktif dari respons pelatihan dan risiko cedera (Rossi et al., 2017). Kedua, investigasi dari modalitas pelatihan baru—termasuk pelatihan pembatasan aliran darah, protokol aklimatisasi panas, dan pelatihan ketinggian/hipoksia—sebagai tambahan atau alternatif untuk metode pengkondisian aerobik tradisional.

Ketiga, pemeriksaan dari mekanisme psikofisiologis yang mendasari variabilitas respons pelatihan, termasuk motivasi, kapasitas pengaturan diri, toleransi nyeri, dan ketahanan psikologis sebagai moderator dari adaptasi fisiologis (Marcora et al., 2009). Keempat, analisis ekonomi dari efektivitas biaya untuk pendekatan pelatihan yang berbeda, mempertimbangkan kebutuhan peralatan, investasi waktu, biaya cedera, dan pengembalian kinerja, dapat menginformasikan keputusan alokasi sumber daya untuk tim dengan batasan anggaran yang bervariasi. Akhirnya, metode penilaian sesaat ekologis, menangkap data real-time tentang pengalaman latihan, persepsi kelelahan, dan pemulihan dalam lingkungan alami, dapat memberikan pemahaman yang lebih kaya dari dinamika pelatihan sehari-hari versus penilaian laboratorium cross-sectional.

SIMPULAN

Literature review ini menyintesis bukti ilmiah terbaru terkait model latihan daya tahan aerob dalam sepak bola, termasuk latihan kontinyu, HIIT, fartlek, dan game-based training. Secara umum, seluruh metode dapat meningkatkan kapasitas aerobik, namun berbeda dalam efisiensi waktu, kesesuaian dengan tuntutan pertandingan, serta integrasi antara aspek fisik dan keterampilan bermain. HIIT terbukti paling efisien dalam meningkatkan VO_{2max} , sementara small-sided games memberikan manfaat simultan pada kemampuan fisik dan teknis-taktis, sehingga lebih cocok untuk periode kompetisi. Latihan kontinyu tetap penting untuk pengembangan kapasitas dasar dan pemulihan aktif, sedangkan fartlek menjadi penghubung antara latihan kontinyu dan interval dengan variasi intensitas yang menyerupai dinamika pertandingan.

Program latihan yang optimal perlu mengintegrasikan beberapa metode dalam kerangka periodisasi yang disesuaikan dengan karakteristik individu, posisi bermain, tujuan fase latihan, jadwal kompetisi, serta ketersediaan sumber daya. Pemantauan beban latihan melalui GPS, detak jantung, biomarker, dan penilaian subjektif sangat penting untuk menyeimbangkan stimulus dan pemulihan, serta mencegah overtraining. Rekomendasi praktis mencakup prioritas pada HIIT dan small-sided games untuk efisiensi waktu, individualisasi program berdasarkan respons atlet, periodisasi intensitas latihan, serta integrasi kebugaran dengan pengembangan teknis-taktis. Pendekatan masa depan mengarah pada sistem latihan yang semakin personal dan adaptif, memadukan ilmu fisiologi olahraga, teknologi pemantauan, nutrisi, dan psikologi untuk mencapai conditioning yang presisi dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akenhead, R., & Nassis, G. P. (2016). Training load and player monitoring in high-level football: Current practice and perceptions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(5), 587-593. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2015-0331>
- Bangsbo, J. (1994). The physiology of soccer—With special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 151(Suppl. 619), 1-155. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1994.tb09740.x>
- Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2007). Metabolic response and fatigue in soccer. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(2), 111-127. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2.2.111>
- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, 24(7), 665-674. <https://doi.org/10.1080/02640410500482529>
- Bouchard, C., Blair, S. N., Church, T. S., Earnest, C. P., Hagberg, J. M., Häkkinen, K., Jenkins, N. T., Karavirta, L., Kraus, W. E., Leon, A. S., Rao, D. C., Sarzynski, M. A., Skinner, J. S., Slentz, C. A., & Rankinen, T. (2011). Adverse metabolic response to regular exercise: Is it a rare or common occurrence? *PLoS ONE*, 6(5), e19657. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019657>
- Bradley, P. S., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas, P., & Krstrup, P. (2009). High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 159-168. <https://doi.org/10.1080/02640410802512775>
- Bradley, P. S., Di Mascio, M., Peart, D., Olsen, P., & Sheldon, B. (2010). High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2343-2351. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181aeb1b3>
- Buchheit, M. (2017). Want to see my report, coach? Sport science reporting in the real world. *ASPETAR Sports Medicine Journal*, 6(1), 36-43.
- Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: Cardiopulmonary emphasis. *Sports Medicine*, 43(5), 313-338. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0029-x>

- Burke, L. M., Hawley, J. A., Wong, S. H. S., & Jeukendrup, A. E. (2011). Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Sciences*, 29(Suppl. 1), S17-S27. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.585473>
- Carling, C., Le Gall, F., & Dupont, G. (2012). Are physical performance and injury risk in a professional soccer team in match-play affected over a prolonged period of fixture congestion? *International Journal of Sports Medicine*, 33(1), 36-42. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1283190>
- Castagna, C., Impellizzeri, F. M., Chaouachi, A., & Manzi, V. (2009). Preseason variations in aerobic fitness and performance in elite-standard soccer players: A team study. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(8), 2437-2441. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b2f3d7>
- Coffey, V. G., & Hawley, J. A. (2007). The molecular bases of training adaptation. *Sports Medicine*, 37(9), 737-763. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737090-00001>
- Datson, N., Hulton, A., Andersson, H., Lewis, T., Weston, M., Drust, B., & Gregson, W. (2014). Applied physiology of female soccer: An update. *Sports Medicine*, 44(9), 1225-1240. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0199-1>
- Dellal, A., Chamari, K., Pintus, A., Girard, O., Cotte, T., & Keller, D. (2011). Heart rate responses during small-sided games and short intermittent running training in elite soccer players: A comparative study. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), 2371-2381. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181f8b0d5>
- Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderon Montero, F. J., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 28(3), 222-227. <https://doi.org/10.1055/s-2006-924294>
- Dupont, G., Akakpo, K., & Berthoin, S. (2004). The effect of in-season, high-intensity interval training in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 584-589. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2004\)18<584:TEOIH>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2004)18<584:TEOIH>2.0.CO;2)
- Gabbett, T. J. (2016). The training-injury prevention paradox: Should athletes be training smarter and harder? *British Journal of Sports Medicine*, 50(5), 273-280. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095788>
- Gamble, P. (2006). Periodization of training for team sports athletes. *Strength and Conditioning Journal*, 28(5), 56-66. <https://doi.org/10.1519/00126548-200610000-00009>
- Gibala, M. J., Little, J. P., Macdonald, M. J., & Hawley, J. A. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *The Journal of Physiology*, 590(5), 1077-1084. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.224725>
- Gollnick, P. D., & Saltin, B. (1982). Significance of skeletal muscle oxidative enzyme enhancement with endurance training. *Clinical Physiology*, 2(1), 1-12. <https://doi.org/10.1111/j.1475-097X.1982.tb00001.x>
- Halouani, J., Chtourou, H., Gabbett, T., Chaouachi, A., & Chamari, K. (2014). Small-sided games in team sports training: A brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(12), 3594-3618. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000564>
- Hawley, J. A., Hargreaves, M., Joyner, M. J., & Zierath, J. R. (2014). Integrative biology of exercise. *Cell*, 159(4), 738-749. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2014.10.029>
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisløff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(11), 1925-1931. <https://doi.org/10.1097/00005768-200111000-00019>
- Hill-Haas, S. V., Dawson, B., Impellizzeri, F. M., & Coutts, A. J. (2011). Physiology of small-sided games training in football: A systematic review. *Sports Medicine*, 41(3), 199-220. <https://doi.org/10.2165/11539740-000000000-00000>
- Hoff, J., Wisløff, U., Engen, L. C., Kemi, O. J., & Helgerud, J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *British Journal of Sports Medicine*, 36(3), 218-221. <https://doi.org/10.1136/bjism.36.3.218>

- Iaia, F. M., Rampinini, E., & Bangsbo, J. (2009). High-intensity training in football. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4(3), 291-306. <https://doi.org/10.1123/ijsp.4.3.291>
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., Castagna, C., Reilly, T., Sassi, A., Iaia, F. M., & Rampinini, E. (2006). Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 27(6), 483-492. <https://doi.org/10.1055/s-2005-865839>
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Coutts, A. J., Sassi, A., & Marcora, S. M. (2005). Use of RPE-based training load in soccer. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(6), 1042-1047. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000128199.23901.2F>
- Issurin, V. B. (2010). New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports Medicine*, 40(3), 189-206. <https://doi.org/10.2165/11319770-000000000-00000>
- Jeong, T. S., Reilly, T., Morton, J., Bae, S. W., & Drust, B. (2011). Quantification of the physiological loading of one week of "pre-season" and one week of "in-season" training in professional soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 29(11), 1161-1166. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.583671>
- Krustrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., Pedersen, P. K., & Bangsbo, J. (2003). The Yo-Yo intermittent recovery test: Physiological response, reliability, and validity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(8), 697-705. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000058441.94520.32>
- Laursen, P. B., & Jenkins, D. G. (2002). The scientific basis for high-intensity interval training: Optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Medicine*, 32(1), 53-73. <https://doi.org/10.2165/00007256-200232010-00003>
- Mann, T. N., Lamberts, R. P., & Lambert, M. I. (2014). High responders and low responders: Factors associated with individual variation in response to standardized training. *Sports Medicine*, 44(8), 1113-1124. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0197-3>
- Marcora, S. M., Staiano, W., & Manning, V. (2009). Mental fatigue impairs physical performance in humans. *Journal of Applied Physiology*, 106(3), 857-864. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.91324.2008>
- Milanović, Z., Sporiš, G., & Weston, M. (2015). Effectiveness of high-intensity interval training (HIT) and continuous endurance training for VO₂max improvements: A systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Sports Medicine*, 45(10), 1469-1481. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0365-0>
- Mohr, M., Krustrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 21(7), 519-528. <https://doi.org/10.1080/0264041031000071182>
- Mohr, M., Krustrup, P., & Bangsbo, J. (2005). Fatigue in soccer: A brief review. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 593-599. <https://doi.org/10.1080/02640410400021286>
- Morgans, R., Orme, P., Anderson, L., Drust, B., & Morton, J. P. (2014). An intensive winter fixture schedule induces a transient fall in salivary IgA in English premier league soccer players. *Research in Sports Medicine*, 22(4), 346-354. <https://doi.org/10.1080/15438627.2014.944641>
- Owen, A. L., Wong, D. P., Paul, D., & Dellal, A. (2012). Effects of a periodized small-sided game training intervention on physical performance in elite professional soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(10), 2748-2754. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318242d2d1>
- Pasiakos, S. M., Lieberman, H. R., & McLellan, T. M. (2015). Effects of protein supplements on muscle damage, soreness and recovery of muscle function and physical performance: A systematic review. *Sports Medicine*, 44(5), 655-670. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0137-7>

- Rampinini, E., Bishop, D., Marcora, S. M., Ferrari Bravo, D., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 28(3), 228-235. <https://doi.org/10.1055/s-2006-924340>
- Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Coutts, A. J., & Wisløff, U. (2009). Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: Effect of fatigue and competitive level. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 227-233. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.10.002>
- Reilly, T., & Gilbourne, D. (2003). Science and football: A review of applied research in the football codes. *Journal of Sports Sciences*, 21(9), 693-705. <https://doi.org/10.1080/0264041031000102105>
- Rossi, A., Pappalardo, L., Cintia, P., Iaia, F. M., Fernández, J., & Medina, D. (2017). Effective injury forecasting in soccer with GPS training data and machine learning. *PLoS ONE*, 13(7), e0201264. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201264>
- Sawka, M. N., Burke, L. M., Eichner, E. R., Maughan, R. J., Montain, S. J., & Stachenfeld, N. S. (2007). American College of Sports Medicine position stand: Exercise and fluid replacement. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(2), 377-390. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31802ca597>
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities specific to field-based team sports. *Sports Medicine*, 35(12), 1025-1044. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535120-00003>
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer: An update. *Sports Medicine*, 35(6), 501-536. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535060-00004>
- Tomlin, D. L., & Wenger, H. A. (2001). The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Medicine*, 31(1), 1-11. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131010-00001>
- Wisløff, U., Ellingsen, Ø., & Kemi, O. J. (2007). High-intensity interval training to maximize cardiac benefits of exercise training? *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 37(3), 139-146. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e3181aa65fc>