



Pengaruh Latihan Interval Intensitas Tinggi terhadap VO₂ Max Atlet Sepak Bola

Sudirman¹, Bahrul Alim²

^{1,2} Universitas Negeri Makassar

Jl. A. P. Pettarani, Tidung, Kec. Rappocini, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90222

Email: sudirman@unm.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh latihan interval intensitas tinggi (High-Intensity Interval Training/HIIT) terhadap peningkatan VO₂ max atlet sepak bola di Jurusan Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan Universitas Negeri Makassar. Kapasitas aerobik yang tercermin melalui VO₂ max merupakan komponen vital dalam performa atlet sepak bola yang membutuhkan daya tahan kardiorespirasi optimal selama pertandingan. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen dengan desain pre-test dan post-test control group design yang melibatkan 30 atlet sepak bola laki-laki berusia 19-22 tahun. Subjek dibagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok eksperimen yang mendapat perlakuan HIIT dan kelompok kontrol yang menjalani latihan konvensional selama 8 minggu dengan frekuensi 3 kali per minggu. Pengukuran VO₂ max dilakukan menggunakan Multistage Fitness Test (Bleep Test). Data dianalisis menggunakan paired sample t-test dan independent sample t-test dengan tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$. Hasil penelitian menunjukkan terdapat peningkatan signifikan VO₂ max pada kelompok eksperimen dengan rerata peningkatan 6,8 ml/kg/menit ($p < 0,05$), sedangkan kelompok kontrol hanya mengalami peningkatan 2,3 ml/kg/menit. Uji beda menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok ($p < 0,05$). Penelitian ini menyimpulkan bahwa latihan interval intensitas tinggi efektif meningkatkan VO₂ max atlet sepak bola dan dapat direkomendasikan sebagai metode latihan untuk meningkatkan kapasitas aerobik dalam program pelatihan sepak bola.

Kata Kunci: Latihan Interval Intensitas Tinggi, HIIT, VO₂ Max, Atlet Sepak Bola, Kapasitas Aerobik

PENDAHULUAN

Sepak bola merupakan salah satu cabang olahraga yang paling populer di dunia dengan karakteristik permainan yang menuntut kombinasi kompleks antara kemampuan fisik, teknik, taktik, dan mental pemain. Dalam konteks fisiologis, sepak bola dikategorikan sebagai olahraga dengan intensitas intermiten yang memerlukan perpaduan antara sistem energi aerobik dan anaerobik secara simultan. Sepanjang durasi pertandingan yang berlangsung 90 menit, pemain sepak bola melakukan berbagai aktivitas dengan intensitas bervariasi mulai dari berjalan, jogging, berlari cepat, sprint, hingga melompat yang

membutuhkan kapasitas fisik prima untuk dapat mempertahankan performa optimal hingga akhir pertandingan (Nala, 2021).

Kapasitas aerobik yang direpresentasikan melalui nilai VO₂ max merupakan salah satu komponen kebugaran jasmani yang sangat krusial bagi atlet sepak bola. VO₂ max atau volume oksigen maksimal adalah kemampuan maksimal tubuh untuk mengonsumsi, mentransportasi, dan menggunakan oksigen selama latihan atau aktivitas fisik dengan intensitas maksimal yang diukur dalam satuan mililiter per kilogram berat badan per menit (ml/kg/menit). Semakin tinggi nilai VO₂ max seseorang, maka semakin baik pula kemampuan sistem kardiorespirasi dalam menyediakan oksigen untuk proses metabolisme energi selama aktivitas fisik berlangsung (Pratama & Sugiharto, 2020). Dalam konteks sepak bola modern yang semakin dinamis dan menuntut mobilitas tinggi, pemain dengan VO₂ max yang baik akan mampu mempertahankan intensitas permainan, melakukan recovery lebih cepat di antara sprint berulang, serta menjaga konsistensi performa teknik dan taktik hingga menit-menit akhir pertandingan.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pemain sepak bola profesional memiliki nilai VO₂ max berkisar antara 55-68 ml/kg/menit, dengan variasi tergantung pada posisi pemain dan level kompetisi. Pemain dengan VO₂ max yang lebih tinggi cenderung memiliki jarak tempuh yang lebih jauh selama pertandingan dan menunjukkan penurunan performa yang lebih minimal pada babak kedua pertandingan dibandingkan pemain dengan VO₂ max rendah (Arifin, 2022). Kondisi ini mengindikasikan bahwa peningkatan kapasitas aerobik harus menjadi prioritas dalam program latihan sepak bola, terutama untuk atlet yang sedang dalam tahap pembinaan di tingkat universitas.

Di Jurusan Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan Universitas Negeri Makassar, mahasiswa yang tergabung dalam tim sepak bola merupakan calon pelatih dan atlet yang akan berkontribusi dalam pengembangan olahraga sepak bola di masa depan. Namun berdasarkan observasi awal dan hasil tes kebugaran yang dilakukan, ditemukan bahwa rata-rata nilai VO₂ max atlet sepak bola di jurusan ini masih berada pada kategori sedang yaitu berkisar 45-50 ml/kg/menit, yang masih di bawah standar ideal untuk pemain sepak bola kompetitif. Kondisi ini dapat

berdampak pada penurunan performa selama pertandingan, khususnya pada durasi akhir pertandingan ketika akumulasi kelelahan mencapai puncaknya.

Berbagai metode latihan telah dikembangkan untuk meningkatkan kapasitas aerobik atlet, mulai dari latihan kontinyu dengan intensitas sedang hingga metode latihan yang lebih spesifik dan efisien. Salah satu metode latihan yang saat ini mendapat perhatian besar dalam dunia keolahragaan adalah latihan interval intensitas tinggi atau High-Intensity Interval Training (HIIT). HIIT merupakan metode latihan yang mengombinasikan periode latihan dengan intensitas sangat tinggi (80-95% dari detak jantung maksimal) yang diselingi dengan periode istirahat aktif atau pasif dengan intensitas rendah. Karakteristik HIIT yang melibatkan kerja intensitas tinggi dalam durasi singkat sangat sesuai dengan pola permainan sepak bola yang bersifat intermiten (Setiawan & Firmansyah, 2021).

Keunggulan HIIT dibandingkan metode latihan konvensional terletak pada efisiensi waktu dan efektivitas dalam meningkatkan adaptasi fisiologis. Latihan dengan metode HIIT terbukti dapat meningkatkan kapasitas mitokondria, meningkatkan aktivitas enzim oksidatif, memperbaiki fungsi kardiovaskular, serta meningkatkan kemampuan tubuh dalam menggunakan oksigen secara lebih efisien. Selain itu, HIIT juga terbukti dapat meningkatkan excess post-exercise oxygen consumption (EPOC) yang lebih tinggi dibandingkan latihan kontinyu, sehingga memberikan efek afterburn yang berkontribusi pada peningkatan metabolisme dan pembakaran kalori bahkan setelah latihan selesai (Hidayat & Nugraha, 2020).

Beberapa penelitian empiris telah membuktikan efektivitas HIIT dalam meningkatkan VO₂ max pada berbagai populasi. Penelitian yang dilakukan pada pemain sepak bola remaja menunjukkan bahwa program HIIT selama 8 minggu dapat meningkatkan VO₂ max secara signifikan hingga 7-12% dibandingkan dengan latihan konvensional (Rahmadani & Kusuma, 2021). Penelitian lain pada atlet futsal juga menunjukkan hasil serupa bahwa HIIT dengan rasio work-rest 1:1 memberikan peningkatan VO₂ max yang lebih optimal dibandingkan metode latihan lainnya (Wijaya, 2022). Namun demikian, penelitian yang secara spesifik menganalisis pengaruh HIIT terhadap VO₂ max atlet sepak

bola di tingkat mahasiswa, khususnya di konteks Universitas Negeri Makassar, masih sangat terbatas.

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada penerapan program HIIT yang disesuaikan dengan karakteristik permainan sepak bola dan kondisi atlet mahasiswa di Universitas Negeri Makassar. Program latihan dirancang dengan mempertimbangkan prinsip-prinsip latihan yang meliputi overload, specificity, reversibility, dan individual differences untuk memastikan bahwa stimulus latihan yang diberikan dapat menghasilkan adaptasi fisiologis yang optimal. Selain itu, penelitian ini juga memberikan kontribusi praktis bagi pelatih dan pembina olahraga dalam merancang program latihan yang lebih efektif dan efisien untuk meningkatkan kapasitas aerobik atlet.

Pemilihan HIIT sebagai intervensi dalam penelitian ini juga didasari oleh pertimbangan keterbatasan waktu latihan yang sering menjadi kendala dalam program pembinaan atlet di tingkat universitas. Mahasiswa atlet memiliki tanggung jawab akademik yang harus dijalankan secara bersamaan dengan program latihan, sehingga memerlukan metode latihan yang efisien namun tetap efektif dalam meningkatkan komponen kebugaran jasmani. HIIT dengan durasi latihan yang relatif singkat namun memberikan stimulus fisiologis yang tinggi menjadi alternatif solusi yang tepat untuk kondisi tersebut (Saputra & Wijayanto, 2020).

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, penelitian ini memiliki urgensi tinggi untuk dilakukan guna memberikan bukti empiris tentang efektivitas HIIT dalam meningkatkan VO₂ max atlet sepak bola di tingkat mahasiswa. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi berbasis bukti ilmiah bagi pelatih, pembina olahraga, dan praktisi keolahragaan dalam mengoptimalkan program latihan untuk meningkatkan performa atlet sepak bola. Selain itu, penelitian ini juga berkontribusi dalam pengembangan ilmu keolahragaan khususnya di bidang fisiologi olahraga dan metodologi latihan.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah "Apakah terdapat pengaruh latihan interval intensitas tinggi (HIIT) terhadap peningkatan VO₂ max atlet sepak bola pada Jurusan

Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan Universitas Negeri Makassar?". Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis dan membuktikan pengaruh latihan interval intensitas tinggi terhadap peningkatan VO₂ max atlet sepak bola serta memberikan rekomendasi program latihan yang efektif untuk meningkatkan kapasitas aerobik atlet.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen untuk menguji pengaruh latihan interval intensitas tinggi terhadap VO₂ max atlet sepak bola. Desain penelitian yang digunakan adalah pre-test and post-test control group design, yaitu desain eksperimen yang melibatkan dua kelompok subjek yang diukur sebelum dan sesudah perlakuan, dengan satu kelompok menerima intervensi eksperimen dan kelompok lainnya sebagai kontrol (Sugiyono, 2021).

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh mahasiswa laki-laki yang tergabung dalam tim sepak bola Jurusan Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan Universitas Negeri Makassar tahun akademik 2024/2025 yang berjumlah 56 orang. Teknik pengambilan sampel menggunakan purposive sampling dengan kriteria inklusi meliputi usia 19-22 tahun, telah mengikuti latihan sepak bola minimal 2 tahun, tidak memiliki riwayat cedera serius dalam 6 bulan terakhir, tidak memiliki penyakit kardiovaskular atau respirasi, bersedia mengikuti program latihan secara penuh, dan memiliki tingkat kehadiran minimal 90% selama program latihan. Berdasarkan kriteria tersebut, diperoleh 30 orang yang memenuhi syarat sebagai sampel penelitian (Maksum, 2020).

Sampel penelitian kemudian dibagi menjadi dua kelompok secara acak menggunakan teknik random assignment yaitu kelompok eksperimen yang berjumlah 15 orang dan kelompok kontrol yang berjumlah 15 orang. Pembagian kelompok dilakukan dengan cara undian untuk memastikan kesetaraan karakteristik subjek di kedua kelompok. Kelompok eksperimen mendapatkan perlakuan berupa program latihan interval intensitas tinggi, sedangkan kelompok kontrol tetap menjalani program latihan konvensional yang biasa dilakukan oleh tim sepak bola.

Variabel dalam penelitian ini terdiri dari variabel independen yaitu latihan interval intensitas tinggi dan variabel dependen yaitu VO₂ max. Latihan interval intensitas tinggi yang diterapkan dalam penelitian ini menggunakan protokol sprint interval dengan rasio work-rest 1:2, intensitas kerja 85-95% dari detak jantung maksimal, durasi kerja 30 detik diselingi istirahat aktif 60 detik, dengan jumlah repetisi 8-12 set per sesi latihan. Program latihan dilaksanakan selama 8 minggu dengan frekuensi 3 kali per minggu pada hari Senin, Rabu, dan Jumat. Setiap sesi latihan didahului dengan pemanasan selama 15 menit dan diakhiri dengan pendinginan selama 10 menit. Intensitas latihan dimonitor menggunakan heart rate monitor untuk memastikan subjek mencapai zona intensitas target yang telah ditentukan (Kusnanik & Nasution, 2021).

Kelompok kontrol menjalani program latihan konvensional yang terdiri dari latihan teknik dasar sepak bola, small-sided games, dan latihan kontinyu dengan intensitas sedang selama 45-60 menit per sesi dengan frekuensi yang sama yaitu 3 kali per minggu. Hal ini dilakukan untuk mengontrol variabel confounding sehingga perbedaan hasil dapat diatribusikan pada perbedaan metode latihan yang diterapkan.

Instrumen pengukuran VO₂ max menggunakan Multistage Fitness Test atau yang lebih dikenal dengan Bleep Test. Tes ini dipilih karena memiliki validitas dan reliabilitas yang tinggi untuk mengukur kapasitas aerobik serta mudah dilakukan dengan peralatan yang minimal. Prosedur tes dilakukan sesuai standar protokol Multistage Fitness Test dimana subjek berlari bolak-balik sejauh 20 meter mengikuti bunyi bleep dengan kecepatan yang meningkat secara bertahap setiap menitnya hingga subjek tidak mampu lagi mengikuti irama yang diberikan. Level dan shuttle yang dicapai kemudian dikonversi menjadi nilai VO₂ max menggunakan tabel standar yang telah tervalidasi. Pengukuran dilakukan dua kali yaitu pre-test sebelum program latihan dimulai dan post-test setelah program latihan 8 minggu selesai dilaksanakan (Fenanlampir & Faruq, 2020).

Prosedur penelitian dimulai dengan koordinasi dengan pihak jurusan dan pelatih tim untuk mendapatkan izin penelitian dan menyamakan persepsi tentang program latihan yang akan dilaksanakan. Selanjutnya dilakukan sosialisasi kepada calon subjek penelitian tentang tujuan, manfaat, prosedur penelitian, dan komitmen yang diperlukan selama program berlangsung. Subjek yang bersedia kemudian menandatangani informed consent sebagai bentuk persetujuan keikutsertaan dalam penelitian. Tahap berikutnya adalah pelaksanaan

pre-test untuk mengukur nilai VO₂ max awal kedua kelompok. Setelah pre-test selesai, subjek dibagi secara acak ke dalam kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Program latihan dilaksanakan selama 8 minggu dengan supervisi ketat untuk memastikan subjek melaksanakan latihan sesuai protokol yang telah ditetapkan. Di akhir minggu ke-8, dilakukan post-test dengan prosedur yang sama dengan pre-test untuk mengukur perubahan VO₂ max setelah perlakuan.

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan statistik inferensial dengan bantuan software SPSS versi 25. Sebelum dilakukan uji hipotesis, terlebih dahulu dilakukan uji prasyarat analisis yang meliputi uji normalitas data menggunakan Shapiro-Wilk test dan uji homogenitas varians menggunakan Levene's test. Setelah data memenuhi asumsi normalitas dan homogenitas, dilakukan uji paired sample t-test untuk mengetahui perbedaan nilai pre-test dan post-test pada masing-masing kelompok. Selanjutnya dilakukan uji independent sample t-test untuk mengetahui perbedaan peningkatan VO₂ max antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Tingkat signifikansi yang digunakan dalam penelitian ini adalah $\alpha = 0,05$, yang berarti jika nilai $p < 0,05$ maka terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik (Santoso, 2022).

Selain uji statistik, penelitian ini juga menghitung effect size menggunakan Cohen's d untuk mengetahui besarnya pengaruh praktis dari intervensi yang diberikan. Effect size dikategorikan menjadi kecil apabila $d = 0,2$, sedang apabila $d = 0,5$, dan besar apabila $d = 0,8$ atau lebih. Perhitungan persentase peningkatan juga dilakukan untuk memberikan gambaran yang lebih mudah dipahami tentang besarnya perubahan VO₂ max pada kedua kelompok.

Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan etik dari komite etik penelitian Universitas Negeri Makassar dengan nomor registrasi etik yang telah dikeluarkan. Seluruh prosedur penelitian dilaksanakan dengan memperhatikan aspek keselamatan subjek, kerahasiaan data, dan prinsip-prinsip etik penelitian yang melibatkan manusia sebagai subjek.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penelitian tentang pengaruh latihan interval intensitas tinggi terhadap VO₂ max atlet sepak bola telah dilaksanakan selama 8 minggu dengan melibatkan 30 subjek penelitian yang terbagi dalam dua kelompok yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Seluruh subjek penelitian berhasil menyelesaikan program latihan dengan tingkat kehadiran di atas 90% sehingga data yang diperoleh valid dan dapat dianalisis secara statistik.

Deskripsi karakteristik subjek penelitian menunjukkan bahwa rata-rata usia subjek pada kelompok eksperimen adalah 20,4 tahun dengan standar deviasi 1,1 tahun, sedangkan pada kelompok kontrol rata-rata usia adalah 20,6 tahun dengan standar deviasi 1,2 tahun. Rata-rata berat badan subjek kelompok eksperimen adalah 65,8 kg dengan standar deviasi 5,3 kg dan kelompok kontrol 66,2 kg dengan standar deviasi 5,7 kg. Rata-rata tinggi badan kelompok eksperimen adalah 170,5 cm dengan standar deviasi 6,2 cm dan kelompok kontrol 171,3 cm dengan standar deviasi 6,8 cm. Berdasarkan uji homogenitas, tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara karakteristik kedua kelompok pada tahap awal penelitian, yang menunjukkan bahwa kedua kelompok memiliki kondisi awal yang setara.

Hasil pengukuran pre-test VO₂ max pada kelompok eksperimen menunjukkan nilai rata-rata 47,6 ml/kg/menit dengan standar deviasi 3,8 ml/kg/menit, dengan nilai minimum 42,3 ml/kg/menit dan nilai maksimum 54,2 ml/kg/menit. Pada kelompok kontrol, nilai rata-rata pre-test VO₂ max adalah 47,9 ml/kg/menit dengan standar deviasi 3,6 ml/kg/menit, dengan nilai minimum 42,8 ml/kg/menit dan nilai maksimum 53,7 ml/kg/menit. Hasil uji independent sample t-test terhadap data pre-test menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok dengan nilai $p = 0,812$, yang mengindikasikan bahwa kondisi awal kapasitas aerobik kedua kelompok adalah homogen.

Setelah program latihan selama 8 minggu dilaksanakan, hasil pengukuran post-test menunjukkan perubahan yang berbeda antara kedua kelompok. Pada kelompok eksperimen yang menjalani program latihan interval intensitas tinggi, nilai rata-rata VO₂ max meningkat menjadi 54,4 ml/kg/menit dengan standar deviasi 4,2 ml/kg/menit, dengan nilai minimum 48,5 ml/kg/menit dan nilai maksimum 61,8 ml/kg/menit. Peningkatan rata-rata pada kelompok eksperimen adalah 6,8 ml/kg/menit atau sekitar 14,3% dari nilai pre-test. Pada kelompok kontrol yang menjalani latihan konvensional, nilai rata-rata VO₂ max pada post-test adalah 50,2 ml/kg/menit dengan standar deviasi 3,9 ml/kg/menit, dengan nilai

minimum 44,6 ml/kg/menit dan nilai maksimum 56,3 ml/kg/menit. Peningkatan rata-rata pada kelompok kontrol adalah 2,3 ml/kg/menit atau sekitar 4,8% dari nilai pre-test.

Uji normalitas data menggunakan Shapiro-Wilk test menunjukkan bahwa seluruh data baik pre-test maupun post-test pada kedua kelompok berdistribusi normal dengan nilai $p > 0,05$. Hasil uji homogenitas varians menggunakan Levene's test juga menunjukkan bahwa varians data antar kelompok adalah homogen dengan nilai $p > 0,05$. Terpenuhinya asumsi normalitas dan homogenitas memungkinkan dilakukannya analisis menggunakan uji parametrik yaitu paired sample t-test dan independent sample t-test.

Hasil uji paired sample t-test pada kelompok eksperimen menunjukkan terdapat perbedaan yang sangat signifikan antara nilai pre-test dan post-test dengan nilai t-hitung = 12,847 dan nilai $p = 0,000$ yang jauh lebih kecil dari $\alpha = 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa latihan interval intensitas tinggi memberikan pengaruh yang signifikan dalam meningkatkan VO₂ max atlet sepak bola pada kelompok eksperimen. Perhitungan effect size menggunakan Cohen's d menghasilkan nilai $d = 1,73$ yang termasuk dalam kategori efek yang sangat besar, mengindikasikan bahwa pengaruh praktis dari intervensi HIIT terhadap peningkatan VO₂ max sangat substansial.

Pada kelompok kontrol, hasil uji paired sample t-test juga menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai pre-test dan post-test dengan nilai t-hitung = 4,326 dan nilai $p = 0,001$ yang lebih kecil dari $\alpha = 0,05$. Meskipun kelompok kontrol juga mengalami peningkatan VO₂ max yang signifikan secara statistik, namun besarnya peningkatan jauh lebih rendah dibandingkan kelompok eksperimen. Effect size pada kelompok kontrol adalah $d = 0,61$ yang termasuk kategori efek sedang, menunjukkan bahwa latihan konvensional juga memberikan pengaruh positif namun tidak sebesar latihan interval intensitas tinggi.

Uji independent sample t-test dilakukan untuk membandingkan selisih peningkatan VO₂ max antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Hasil uji menunjukkan terdapat perbedaan yang sangat signifikan antara peningkatan VO₂ max kedua kelompok dengan nilai t-hitung = 8,542 dan nilai $p = 0,000$ yang jauh lebih kecil dari $\alpha = 0,05$. Selisih rata-rata peningkatan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol adalah 4,5 ml/kg/menit, dengan kelompok eksperimen menunjukkan peningkatan yang jauh lebih besar. Hasil ini memberikan bukti empiris yang kuat bahwa latihan interval intensitas tinggi

lebih efektif dibandingkan latihan konvensional dalam meningkatkan kapasitas aerobik atlet sepak bola.

Analisis lebih lanjut terhadap distribusi peningkatan VO₂ max pada kelompok eksperimen menunjukkan bahwa 13 dari 15 subjek atau 86,7% mengalami peningkatan di atas 5 ml/kg/menit, sedangkan 2 subjek atau 13,3% mengalami peningkatan antara 3-5 ml/kg/menit. Tidak ada subjek pada kelompok eksperimen yang mengalami peningkatan di bawah 3 ml/kg/menit. Pada kelompok kontrol, 4 dari 15 subjek atau 26,7% mengalami peningkatan di atas 3 ml/kg/menit, 7 subjek atau 46,7% mengalami peningkatan antara 1-3 ml/kg/menit, dan 4 subjek atau 26,7% mengalami peningkatan di bawah 1 ml/kg/menit. Distribusi ini menunjukkan bahwa program HIIT memberikan efek yang lebih konsisten dan substansial pada sebagian besar subjek dibandingkan latihan konvensional.

Monitoring intensitas latihan selama program berlangsung menunjukkan bahwa subjek pada kelompok eksperimen berhasil mencapai zona intensitas target yang ditentukan yaitu 85-95% dari detak jantung maksimal selama fase kerja HIIT. Rata-rata detak jantung selama fase kerja adalah 178 denyut per menit atau sekitar 89% dari detak jantung maksimal prediksi. Sedangkan pada fase istirahat aktif, rata-rata detak jantung turun menjadi 135 denyut per menit atau sekitar 68% dari detak jantung maksimal. Pola fluktuasi detak jantung yang tinggi ini menunjukkan bahwa stimulus fisiologis yang diberikan sesuai dengan karakteristik HIIT yang menuntut kerja kardiovaskular yang intensif.

Pada kelompok kontrol, monitoring intensitas latihan menunjukkan bahwa rata-rata detak jantung selama latihan berada pada kisaran 145-160 denyut per menit atau sekitar 72-80% dari detak jantung maksimal. Intensitas ini termasuk dalam kategori intensitas sedang hingga agak berat yang umumnya efektif untuk mempertahankan kebugaran namun kurang optimal untuk menghasilkan adaptasi fisiologis yang besar dalam periode waktu yang relatif singkat.

Berdasarkan hasil analisis statistik dan deskriptif yang telah dipaparkan, dapat disimpulkan bahwa latihan interval intensitas tinggi memberikan pengaruh yang signifikan dan substansial terhadap peningkatan VO₂ max atlet sepak bola. Besarnya peningkatan VO₂ max pada kelompok eksperimen yang mencapai 14,3% dalam periode 8 minggu menunjukkan efektivitas metode HIIT sebagai alternatif program latihan untuk meningkatkan kapasitas aerobik atlet sepak bola di tingkat mahasiswa.

Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa latihan interval intensitas tinggi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan VO₂ max atlet sepak bola pada Jurusan Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan Universitas Negeri Makassar. Temuan ini sejalan dengan berbagai penelitian sebelumnya yang mengonfirmasi efektivitas HIIT dalam meningkatkan kapasitas aerobik pada berbagai populasi atlet. Peningkatan VO₂ max sebesar 14,3% pada kelompok eksperimen setelah 8 minggu program latihan HIIT menunjukkan respons adaptasi fisiologis yang sangat baik, bahkan melebihi peningkatan yang dilaporkan dalam beberapa studi serupa yang umumnya melaporkan peningkatan berkisar 7-10% (Ardiansyah & Pramono, 2021).

Mekanisme fisiologis yang mendasari peningkatan VO₂ max melalui latihan interval intensitas tinggi melibatkan adaptasi pada berbagai sistem tubuh secara simultan. Pada level kardiovaskular, HIIT merangsang peningkatan stroke volume jantung yaitu jumlah darah yang dipompa jantung dalam setiap kontraksi, yang terjadi melalui peningkatan kontraktilitas miokardium dan peningkatan volume ventrikel kiri. Stimulus intensitas tinggi yang berulang memicu mekanisme adaptasi yang menyebabkan jantung menjadi lebih efisien dalam memompa darah, sehingga mampu mengirimkan lebih banyak oksigen ke otot-otot yang bekerja. Selain itu, HIIT juga meningkatkan cardiac output atau curah jantung maksimal, yang merupakan hasil per kalian antara stroke volume dan heart rate maksimal (Pratama & Sugiharto, 2020).

Pada level sistem respirasi, latihan interval intensitas tinggi meningkatkan efisiensi pertukaran gas di alveoli paru-paru serta meningkatkan kapasitas vital paru yang memungkinkan volume udara yang lebih besar dapat dihirup dan dihembuskan. Adaptasi pada otot-otot respirasi juga terjadi sehingga proses ventilasi menjadi lebih efisien bahkan pada intensitas kerja yang tinggi. Peningkatan ventilasi maksimal ini berkontribusi pada kemampuan tubuh untuk menyediakan oksigen dalam jumlah yang lebih besar kepada otot-otot yang bekerja selama aktivitas fisik intensif (Setiawan & Firmansyah, 2021).

Adaptasi pada level jaringan dan seluler merupakan aspek yang sangat penting dalam menjelaskan peningkatan VO₂ max melalui HIIT. Latihan dengan intensitas tinggi merangsang biogenesis mitokondria yaitu pembentukan mitokondria baru dalam sel otot,

yang meningkatkan kapasitas oksidatif otot. Mitokondria adalah organel sel yang berfungsi sebagai pembangkit energi melalui metabolisme aerobik, sehingga semakin banyak dan efisien mitokondria maka semakin baik kemampuan otot dalam menggunakan oksigen untuk menghasilkan energi. HIIT juga meningkatkan aktivitas enzim-enzim oksidatif seperti sitrat sintase dan suksinat dehidrogenase yang berperan dalam siklus Krebs dan rantai transpor elektron (Hidayat & Nugraha, 2020).

Peningkatan densitas kapiler di otot skeletal juga merupakan adaptasi penting yang terjadi melalui latihan HIIT. Pembuluh kapiler yang lebih banyak memungkinkan permukaan pertukaran oksigen dan nutrisi antara darah dan sel otot menjadi lebih luas, sehingga proses difusi oksigen dari darah ke dalam sel otot menjadi lebih efisien. Peningkatan densitas kapiler ini dikombinasikan dengan peningkatan konsentrasi mioglobin dalam otot yang berfungsi sebagai protein pengikat dan penyimpan oksigen di dalam sel otot, sehingga ketersediaan oksigen untuk proses metabolisme aerobik menjadi lebih optimal (Rahmadani & Kusuma, 2021).

Keunggulan HIIT dibandingkan dengan latihan konvensional yang diterapkan pada kelompok kontrol dapat dijelaskan melalui prinsip spesifisitas latihan dan intensitas stimulus yang diberikan. Latihan konvensional yang umumnya bersifat kontinyu dengan intensitas sedang memberikan stimulus yang relatif stabil pada sistem kardiorespirasi, sehingga adaptasi yang terjadi cenderung lebih lambat dan terbatas. Sebaliknya, HIIT dengan karakteristik intensitas yang fluktuatif antara sangat tinggi dan rendah memberikan stimulus yang lebih bervariasi dan menantang bagi sistem fisiologis tubuh. Fluktuasi intensitas yang ekstrem ini memaksa tubuh untuk melakukan adaptasi yang lebih komprehensif agar dapat mengatasi stres fisiologis yang lebih besar (Wijaya, 2022).

Aspek efisiensi waktu juga menjadi keunggulan signifikan dari HIIT. Dalam penelitian ini, durasi fase kerja aktif pada setiap sesi HIIT hanya sekitar 4-6 menit dari total waktu latihan 30-35 menit termasuk pemanasan dan pendinginan, namun mampu menghasilkan peningkatan VO₂ max yang jauh lebih besar dibandingkan latihan konvensional dengan durasi 45-60 menit. Efisiensi ini sangat penting dalam konteks pembinaan atlet mahasiswa yang memiliki keterbatasan waktu karena harus menyeimbangkan antara tuntutan akademik dan program latihan. HIIT memungkinkan pencapaian tujuan latihan yang optimal

dengan investasi waktu yang lebih sedikit, sehingga meningkatkan adherence atau kepatuhan atlet terhadap program latihan (Saputra & Wijayanto, 2020).

Peningkatan VO₂ max yang signifikan pada kelompok eksperimen juga dapat dijelaskan melalui konsep excess post-exercise oxygen consumption atau EPOC. HIIT menghasilkan EPOC yang jauh lebih tinggi dibandingkan latihan kontinyu dengan intensitas sedang. EPOC adalah peningkatan konsumsi oksigen yang terjadi setelah latihan selesai, yang diperlukan untuk proses pemulihan dan restorasi homeostasis tubuh. EPOC yang tinggi mengindikasikan bahwa metabolisme tubuh tetap meningkat dalam periode yang cukup lama setelah latihan, yang berkontribusi pada adaptasi fisiologis jangka panjang termasuk peningkatan kapasitas oksidatif dan perbaikan fungsi kardiorespirasi (Kusnanik & Nasution, 2021).

Temuan penelitian ini juga menunjukkan bahwa kelompok kontrol mengalami peningkatan VO₂ max yang signifikan meskipun tidak sebesar kelompok eksperimen. Peningkatan sebesar 4,8% pada kelompok kontrol mengindikasikan bahwa latihan konvensional yang melibatkan aktivitas teknik sepak bola dan small-sided games juga memberikan stimulus yang cukup untuk meningkatkan kapasitas aerobik, terutama pada atlet yang sebelumnya memiliki tingkat kebugaran yang belum optimal. Namun demikian, besarnya perbedaan peningkatan antara kedua kelompok menunjukkan bahwa metode latihan HIIT memberikan nilai tambah yang sangat substansial dalam program pelatihan sepak bola (Arifin, 2022).

Relevansi peningkatan VO₂ max terhadap performa sepak bola sangat jelas dan telah didukung oleh banyak penelitian. Pemain sepak bola dengan VO₂ max yang lebih tinggi mampu mempertahankan intensitas kerja yang tinggi sepanjang durasi pertandingan, melakukan sprint berulang dengan interval pemulihan yang lebih singkat, serta menunjukkan penurunan performa yang lebih minimal pada babak kedua pertandingan. Dalam konteks sepak bola modern yang semakin menuntut intensitas tinggi dan pressing yang agresif, kapasitas aerobik yang baik menjadi prasyarat fundamental untuk dapat berkompetisi di level yang lebih tinggi (Nala, 2021).

Peningkatan VO₂ max juga berdampak positif pada aspek taktis dan teknis permainan sepak bola. Pemain dengan kapasitas aerobik yang baik mampu mempertahankan konsentrasi dan kemampuan pengambilan keputusan yang lebih baik bahkan dalam kondisi

lelah. Kelelahan fisik yang berlebihan sering kali menyebabkan penurunan kualitas eksekusi teknik dan kesalahan taktis yang dapat berakibat fatal dalam pertandingan. Dengan VO₂ max yang lebih tinggi, pemain mampu menunda onset kelelahan dan mempertahankan kualitas permainan hingga menit-menit akhir pertandingan ketika lawan mulai mengalami penurunan performa (Pratama & Sugiharto, 2020).

Implementasi program HIIT dalam penelitian ini juga mempertimbangkan prinsip periodisasi latihan yang tepat. Program disusun dengan peningkatan beban latihan yang progresif dari minggu ke minggu untuk memastikan tubuh mendapatkan stimulus yang terus menantang namun tidak berlebihan hingga menyebabkan overtraining. Pada minggu pertama hingga ketiga, jumlah repetisi dimulai dari 8 set per sesi dan secara bertahap ditingkatkan menjadi 10 set pada minggu keempat hingga keenam, dan mencapai 12 set pada minggu ketujuh dan kedelapan. Progressivitas beban ini memungkinkan tubuh untuk beradaptasi secara optimal tanpa mengalami risiko cedera atau kelelahan yang berlebihan (Setiawan & Firmansyah, 2021).

Monitoring intensitas latihan menggunakan heart rate monitor dalam penelitian ini memastikan bahwa subjek benar-benar mencapai zona intensitas yang ditargetkan. Hal ini sangat penting karena efektivitas HIIT sangat bergantung pada pencapaian intensitas kerja yang tinggi selama fase work interval. Tanpa monitoring yang ketat, terdapat risiko subjek melakukan latihan pada intensitas yang lebih rendah dari yang seharusnya, yang akan mengurangi efektivitas program latihan. Data monitoring menunjukkan bahwa subjek pada kelompok eksperimen berhasil mempertahankan intensitas pada zona target yaitu 85-95% dari detak jantung maksimal, yang mengonfirmasi bahwa stimulus latihan yang diberikan sesuai dengan protokol HIIT yang telah ditetapkan (Hidayat & Nugraha, 2020).

Aspek keamanan dan risiko cedera juga menjadi pertimbangan penting dalam implementasi HIIT. Meskipun HIIT melibatkan intensitas yang sangat tinggi, program latihan dalam penelitian ini dirancang dengan mempertimbangkan prinsip keamanan melalui pemanasan yang adekuat, progressivitas beban yang tepat, dan pendinginan yang memadai. Selama 8 minggu program latihan, tidak terdapat kejadian cedera serius pada subjek penelitian, yang menunjukkan bahwa HIIT dapat dilakukan dengan aman apabila dirancang dan disupervisi dengan baik. Hal ini membantah kekhawatiran sebagian pelatih yang menganggap HIIT terlalu berisiko untuk atlet muda (Rahmadani & Kusuma, 2021).

Variabilitas individual dalam respons terhadap latihan HIIT juga merupakan temuan yang menarik dalam penelitian ini. Meskipun sebagian besar subjek pada kelompok eksperimen menunjukkan peningkatan VO₂ max yang substansial, terdapat variasi dalam besarnya peningkatan antar individu. Beberapa faktor yang dapat menjelaskan variabilitas ini antara lain perbedaan genetik, status kebugaran awal, pola pemulihan dan istirahat di luar program latihan, serta faktor nutrisi dan hidrasi. Pemahaman tentang variabilitas individual ini penting bagi pelatih untuk dapat melakukan individualisasi program latihan sesuai dengan karakteristik dan respons masing-masing atlet (Wijaya, 2022).

Implikasi praktis dari hasil penelitian ini sangat luas bagi pengembangan program pelatihan sepak bola di Indonesia, khususnya di tingkat pembinaan usia mahasiswa. HIIT dapat diintegrasikan sebagai komponen penting dalam periodisasi latihan sepak bola, terutama pada fase persiapan umum dan fase persiapan khusus dimana peningkatan kapasitas aerobik menjadi fokus utama. Pelatih dapat merancang variasi program HIIT dengan menggunakan berbagai modalitas seperti sprint lurus, sprint zig-zag, atau interval running dengan bola untuk memberikan stimulus yang spesifik terhadap karakteristik permainan sepak bola (Kusnanik & Nasution, 2021).

Keterbatasan penelitian ini perlu diakui untuk memberikan konteks yang tepat dalam interpretasi hasil dan memberikan arah bagi penelitian selanjutnya. Pertama, durasi program latihan selama 8 minggu meskipun sudah menunjukkan hasil yang signifikan, namun belum dapat memberikan gambaran tentang efek jangka panjang HIIT terhadap VO₂ max dan komponen kebugaran lainnya. Penelitian dengan durasi yang lebih panjang misalnya 12-16 minggu akan memberikan informasi yang lebih komprehensif tentang pola adaptasi jangka panjang. Kedua, penelitian ini hanya melibatkan atlet laki-laki sehingga hasil penelitian tidak dapat digeneralisasi pada atlet perempuan yang mungkin memiliki respons adaptasi yang berbeda terhadap HIIT. Ketiga, penelitian ini hanya mengukur VO₂ max sebagai outcome primer, sementara HIIT juga berpotensi memberikan pengaruh pada komponen kebugaran lainnya seperti kecepatan, kelincahan, kekuatan, dan performa anaerobik yang tidak diukur dalam penelitian ini (Saputra & Wijayanto, 2020).

Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya adalah melakukan studi dengan desain yang lebih kompleks yang melibatkan variasi protokol HIIT misalnya perbedaan rasio work-rest, durasi interval, atau modalitas latihan untuk mengidentifikasi protokol yang paling

optimal untuk atlet sepak bola. Penelitian longitudinal yang mengikuti perkembangan atlet dalam periode yang lebih panjang juga akan memberikan informasi berharga tentang efek kumulatif HIIT terhadap performa dan kesehatan atlet. Selain itu, penelitian yang mengintegrasikan pengukuran biomarker fisiologis seperti laktat darah, parameter hematologis, dan marker stres oksidatif akan memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang mekanisme adaptasi yang terjadi pada level molekuler (Arifin, 2022).

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memberikan kontribusi signifikan terhadap literatur ilmiah di bidang fisiologi olahraga dan metodologi latihan sepak bola. Temuan bahwa HIIT mampu meningkatkan VO₂ max secara signifikan dalam periode waktu yang relatif singkat dengan efisiensi waktu yang tinggi memberikan alternatif metode latihan yang sangat berharga bagi pelatih dan pembina olahraga. Implementasi HIIT dalam program pelatihan sepak bola tidak hanya memberikan manfaat fisiologis dalam bentuk peningkatan kapasitas aerobik, tetapi juga memberikan manfaat praktis dalam bentuk efisiensi waktu latihan yang sangat relevan dengan kondisi dan keterbatasan yang dihadapi oleh atlet mahasiswa.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa latihan interval intensitas tinggi (HIIT) memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan VO₂ Max atlet sepak bola. Kelompok yang menjalani HIIT mengalami peningkatan kapasitas aerobik yang lebih besar dibandingkan kelompok kontrol yang menggunakan latihan konvensional. Temuan ini menegaskan bahwa HIIT efektif dalam meningkatkan kemampuan daya tahan kardiorespirasi atlet, sehingga dapat dijadikan metode latihan utama dalam program pembinaan fisik sepak bola. Dengan demikian, HIIT terbukti menjadi strategi latihan yang efisien, terukur, dan relevan untuk mengoptimalkan performa aerobik atlet.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, R., & Pramono, H. (2021). Pengaruh latihan high intensity interval training terhadap peningkatan VO₂ max pemain sepak bola. *Journal of Physical Education and Sports*, 10(2), 156-163.
- Arifin, Z. (2022). Hubungan VO₂ max dengan performa pemain sepak bola selama pertandingan. *Jurnal Ilmu Keolahragaan*, 21(1), 45-54.

- Fenanlampir, A., & Faruq, M. M. (2020). Tes dan pengukuran dalam olahraga. Andi Offset.
- Hidayat, R., & Nugraha, S. (2020). Adaptasi fisiologis akibat latihan interval intensitas tinggi pada atlet. *Jurnal Fisiologi Olahraga*, 8(3), 201–210.
- Kusnanik, N. W., & Nasution, J. (2021). Penerapan prinsip latihan dalam program high intensity interval training untuk atlet. *Jurnal Kepeleatihan Olahraga*, 13(1), 78–87.
- Maksum, A. (2020). *Metodologi penelitian dalam olahraga (Edisi kedua)*. Unesa University Press.
- Nala, I. G. N. (2021). Pentingnya kapasitas aerobik dalam permainan sepak bola modern. *Sport Science and Health*, 3(2), 112–120.
- Pratama, B. A., & Sugiharto. (2020). Mekanisme peningkatan VO₂ max melalui latihan aerobik pada atlet. *Jurnal Ilmu Faal Olahraga*, 2(1), 34–42.
- Rahmadani, F., & Kusuma, D. W. (2021). Efektivitas high intensity interval training dalam meningkatkan kebugaran kardiorespirasi atlet remaja. *Indonesia Journal of Sports Science*, 4(2), 89–98.
- Santoso, S. (2022). *Panduan lengkap SPSS versi 25*. Elex Media Komputindo.
- Saputra, D., & Wijayanto, A. (2020). Efisiensi waktu latihan interval intensitas tinggi untuk atlet mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Jasmani Indonesia*, 16(2), 145–153.
- Setiawan, A., & Firmansyah, G. (2021). High intensity interval training: Metode latihan modern untuk meningkatkan performa atlet. *Gelanggang Olahraga: Jurnal Pendidikan Jasmani dan Olahraga*, 5(1), 67–76.
- Sugiyono. (2021). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D (Edisi ketiga)*. Alfabeta.
- Wijaya, M. A. (2022). Perbandingan efektivitas berbagai metode latihan terhadap peningkatan VO₂ max atlet futsal. *Jurnal Sporta Saintika*, 7(1), 23–35.