

SPORT-SPECIFIC HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING (S-HIIT): EFEK TERHADAP KAPASITAS ANAEROBIK DAN INDEKS KELELAHAN PADA ATLET TAEKWONDO SENIOR

Grace Ameylia Trisna Barus¹, Mona Fiametta Febrianty², Geraldi Novian³

^{1,2,3}Study Program of Sport Physical Coaching, Faculty of Sport and Health Education,
Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, West Java, Indonesia

Email: graceameyliaa@upi.edu , monafiametta@upi.edu , geraldi.novian@upi.edu

ABSTRAK

Taekwondo modern dengan *Protector and Scoring System* (PSS) mengharuskan atlet untuk melakukan serangan intensitas tinggi secara terus-menerus, menjadikan kapasitas energi anaerobik alaktik sebagai faktor penentu dalam performa. Penurunan kapasitas ini sering ditandai dengan *Fatigue Index* (FI) yang tinggi, ang mempengaruhi akurasi dan kekuatan tendangan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh intervensi *Sport-Specific High-Intensity Interval Training* (S-HIIT) terhadap kapasitas anaerobik dan indeks kelelahan ada atlet taekwondo senior. Penelitian ini menggunakan desain *quasi-experimental*, dengan *one-group pretest-posttest*. Subjek penelitian terdiri dari 20 atlet Taekwondo senior (berusia 19-22 tahun) yang dipilih menggunakan teknik sampling total. Perlakuan terdiri dari latihan S-HIIT berdasarkan tendangan *Dollyo-chagi* berturut-turut, yang diberikan tiga kali seminggu selama empat minggu. Alat yang digunakan adalah *Running-based Anaerobic Sprint Test* (RAST) untuk mengukur *Peak Power* (PP), *Mean Power* (MP), dan *Fatigue Index* (FI). Analisis data menggunakan Uji *Wilcoxon Signed-Rank*, sebuah uji nonparametrik. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan yang signifikan pada *Mean Power* dari $172,40 \pm 90,28$ Watt menjadi $191,85 \pm 94,33$ Watt ($p = 0,025$). *Fatigue Index* juga menurun secara signifikan dari $2,55 \pm 1,76$ menjadi $1,80 \pm 1,40$ ($p = 0,013$). Namun, tidak ada efek signifikan pada *Peak Power* ($p = 0,723$). Latihan S-HIIT efektif dalam meningkatkan kapasitas kerja anaerobik rata-rata dan kemampuan pemulihan atlet, tetapi tidak meningkatkan kekuatan eksplosif maksimum dalam periode 4 minggu. Pelatih disarankan untuk mengintegrasikan S-HIIT ke dalam program latihan fase persiapan khusus dan menggabungkannya dengan latihan beban atau plyometrics untuk mengoptimalkan *Peak Power*.

Keywords: *Kapasitas Kelelahan, Indeks Kelelahan, Power, Sport-Specific HIIT*

PENDAHULUAN

Taekwondo, sebagai seni bela diri dan olahraga Olimpiade, ditandai dengan aktivitas berintensitas tinggi dan intermittent, di mana atlet melakukan serangkaian tendangan dan pukulan yang eksplosif dalam waktu singkat, diikuti dengan periode pemulihan yang singkat (Bartel et al., 2022). Di era modern taekwondo, pola dan ritme kompetisi telah berubah dengan penggunaan *Protector and Scoring System* (PSS), yang mendorong atlet untuk menyerang dengan intensitas yang lebih tinggi dan secara terus-menerus sepanjang pertandingan (Márquez et al., 2022). Perubahan format kompetisi ini terjadi karena PSS hanya mencatat poin jika tendangan memenuhi ambang batas akurasi dan kekuatan tertentu, sehingga atlet harus menghasilkan output kekuatan yang cukup dan relatif konsisten setiap kali mereka menendang (Lee et al., 2021). Selama latihan interval dengan intensitas sangat tinggi, tubuh sangat bergantung pada pemulihan *phosphocreatine* (PCr) selama istirahat singkat, sehingga setiap ledakan usaha berikutnya tetap mempertahankan daya ledak yang konsisten (Hargreaves & Spriet, 2020). Atlet yang berkompetisi di tingkat tinggi harus mampu mengatasi tingkat stres yang tinggi untuk menahan tekanan eksternal dan mempertahankan performa optimal. Hal ini sangat penting karena stres emosional dapat mempercepat kelelahan fisik, yang jika tidak diimbangi dengan kapasitas anaerobik yang memadai, akan memperburuk penurunan akurasi teknis pada fase-fase krusial kompetisi (Febrianty et al., 2021). Dalam taekwondo modern, kebutuhan energi dalam kompetisi lebih bergantung pada sistem energi anaerobik dibandingkan pada era penilaian manual, karena format kompetisi saat ini mengharuskan serangan yang lebih sering, lebih kuat, dan berulang dengan waktu pemulihan yang sangat singkat (Campos et al., 2022).

Tingkat penurunan performa yang tinggi atau *Fatigue Index* (FI) pada atlet taekwondo senior seringkali menjadi indikator utama penurunan kapasitas anaerobik menjelang fase krusial suatu kompetisi (Fortes et al., 2017). Kondisi ini secara fisiologis terkait dengan ketidakseimbangan antara laju penggunaan energi fosfagen (sistem ATP-PC) dan kemampuan tubuh untuk mensintesis ulang *phosphocreatine* (PCr) selama periode istirahat yang relatif singkat antara putaran (Hargreaves & Spriet, 2020). Dalam olahraga intensitas tinggi dengan interval seperti taekwondo, sistem energi anaerobik alaktat (ATP-PC) merupakan sumber daya utama untuk mendukung gerakan eksploratif berdurasi 2–5 detik, seperti tendangan dan kombinasi serangan cepat (Campos et al., 2012). Ketahanan dalam Taekwondo tidak hanya berkaitan dengan daya tahan kardiovaskular, tetapi juga kemampuan untuk mempertahankan kualitas tendangan yang kuat dan akurat bahkan dalam kondisi kelelahan yang ekstrem (Purnamasari et al., 2024).

Menurut berbagai penelitian, kelelahan anaerobik ekstrem tidak hanya mengurangi kekuatan otot tetapi juga secara langsung mempengaruhi akurasi teknik dan kecepatan reaksi atlet dalam olahraga intensitas tinggi seperti taekwondo (Sant'Ana et al., 2017). Penumpukan metabolit seperti ion H⁺ dan laktat selama latihan intensitas tinggi berkontribusi pada kelelahan neuromuskular dengan mengurangi kemampuan serat otot untuk menghasilkan kekuatan dan mengganggu fungsi sistem saraf, yang mengakibatkan eksekusi gerakan kompleks menjadi lebih lambat dan kurang presisi (Fiorenza et al., 2019; Iannetta et al., 2022). Temuan ini diperkuat oleh penelitian yang dilakukan oleh Bridge et al. (2013) dan Campos et al. (2012), hal ini menunjukkan bahwa penurunan kapasitas anaerobik selama simulasi pertandingan taekwondo secara signifikan terkait dengan penurunan efektivitas teknis dan waktu reaksi terhadap rangsangan lawan.

Meskipun telah banyak penelitian tentang *High-Intensity Interval Training* (HIIT) dalam seni bela diri (termasuk taekwondo), sebagian besar protokol yang diteliti menggunakan durasi kerja yang relatif lama (≥ 15 –30 detik) dan melibatkan kontribusi yang signifikan dari sistem glikolisis laktat, daripada sistem ATP-PC secara murni (Laursen & Buchheit, 2021; Valenzuela-Valdés Badilla et al., 2024). Ulasan oleh Apollaro et al. (2024) menunjukkan bahwa HIIT dalam seni bela diri umumnya dirancang untuk meningkatkan VO_{2max}, kapasitas anaerobik umum, dan kinerja spesifik, tetapi tidak secara sistematis menguji interval ultra-pendek 6–10 detik dengan pola tendangan eksploratif yang khas dalam taekwondo. Sebagian besar protokol HIIT taekwondo yang saat ini digunakan memiliki durasi kerja yang relatif panjang, yaitu sekitar 15–35 detik atau 20–24 detik per urutan tendangan. Durasi ini melebihi kapasitas sistem energi ATP-PC (alaktat), sehingga tubuh tidak lagi bergantung sepenuhnya pada fosfokreatin tetapi mulai didominasi oleh sistem glikolitik laktat, yang menghasilkan asam laktat (Huang & Al., 2025; Santos & al., 2024). Selain itu, banyak penelitian menggunakan lari cepat, melompat, atau gerakan non-spesifik sebagai bentuk latihan, sehingga transfer adaptasi terhadap pola tendangan eksploratif berdurasi 2–5 detik dalam kompetisi taekwondo modern belum sepenuhnya diuji.

Taekwondo modern yang menggunakan PSS mengharuskan tendangan eksploratif berulang dengan tenaga minimal untuk mencetak poin, menjadikan kapasitas anaerobik alaktat sebagai faktor penentu dalam performa, terutama pada ronde-ronde akhir saat kelelahan meningkat. Tanpa kapasitas ini, penumpukan laktat dan ion H⁺ mengganggu fungsi saraf dan kontraksi otot, sehingga mengurangi efektivitas serangan krusial, meskipun kemampuan teknis atlet memadai. Analisis pertandingan menunjukkan bahwa atlet elit kini melakukan jauh lebih banyak aksi singkat dan eksploratif dibandingkan era manual, sehingga kegagalan fisik anaerobik secara langsung memengaruhi hasil pertandingan. Studi ini menjawab kebutuhan ini dengan mengembangkan protokol S-HIIT ultra-pendek berdasarkan tendangan taekwondo (6–10 detik kerja, 20–30 detik istirahat) yang secara spesifik menargetkan sistem ATP-PC murni, berbeda dengan HIIT konvensional yang dominan glikolitik, dengan tujuan mengoptimalkan

sintesis ulang fosfokreatin, mempertahankan konsistensi kekuatan tendangan, dan secara langsung mentransfer adaptasi fisik ke kinerja kompetitif atlet taekwondo elit.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimental yang mengutamakan pengumpulan data dalam bentuk angka atau variabel numerik (Wajdi et al., 2024), dan berfokus pada objektivitas yang melibatkan proses pengumpulan, analisis, interpretasi, dan penulisan hasil penelitian (Creswell & Creswell, 2018; Queirós et al., 2017). Desain yang diterapkan adalah desain quasi-eksperimen dengan desain *pretest-posttest* satu kelompok. Desain ini dipilih untuk mengamati hubungan kausal antara intervensi *Sport-Specific High-Intensity Interval Training* (S-HIIT) dan variabel kapasitas anaerobik serta Indeks Kelelahan. Data yang dikumpulkan pada sesi pertama digunakan sebagai pretest, sedangkan data yang dikumpulkan pada sesi terakhir digunakan sebagai posttest untuk mengevaluasi dampak kumulatif program latihan. (Montero-Odasso & Al., 2021; Ojeda-Aravena & Al., 2021; Song et al., 2024). Peserta dalam penelitian ini adalah 20 atlet Taekwondo dari Universitas Pendidikan Indonesia, berusia 19-22 tahun, yang telah berlatih Taekwondo selama 5-10 tahun. Teknik sampling yang digunakan adalah sampling total, karena seluruh populasi atlet menjadi sampel penelitian.

Perlakuan terdiri dari latihan S-HIIT yang dilakukan selama 4 minggu, dengan 3 sesi per minggu. Fokus utama perawatan adalah merangsang sistem energi anaerobik alaktik (ATP-PC) menggunakan teknik tendangan *dollyo-chagi* pada target (latihan tendangan ganda). Durasi 4 minggu dipilih karena dianggap cukup untuk memicu dan mengukur adaptasi fisiologis yang signifikan (Chen et al., 2022). Program *Sport-Specific High-Intensity Interval Training* (S-HIIT) dirancang untuk berlangsung selama empat minggu, dengan beban latihan yang berbeda setiap minggunya. Pada minggu pertama, atlet melakukan 8 repetisi dalam 2 set, dengan durasi kerja 6 detik diikuti oleh periode istirahat pasif 30 detik. Pada minggu kedua, intensitas ditingkatkan menjadi 8 detik kerja dengan 40 detik istirahat, diulang 8 kali dalam 2 set. Minggu ketiga merupakan puncak volume latihan, dengan 10 detik kerja dan 50 detik istirahat, serta peningkatan jumlah repetisi menjadi 10 repetisi dalam 2 set. Kemudian, pada minggu keempat, fase tapering diterapkan, dengan durasi kerja kembali ke 6 detik tetapi dengan periode istirahat yang lebih lama, yaitu 60 detik, dilakukan sebanyak 6 repetisi dalam 2 set. Setiap minggu, semua sesi latihan menggunakan intensitas 100%, dilakukan dengan usaha maksimal, dengan atlet melakukan sebanyak mungkin tendangan dalam durasi kerja yang ditentukan, dan setiap latihan mempertahankan interval istirahat 5 menit yang konsisten antara set. Penyesuaian terhadap beban, repetisi, dan interval latihan perlu dilakukan sesuai dengan kemampuan fisik masing-masing atlet agar adaptasi otot optimal tanpa risiko kelebihan latihan (Novian et al., 2025).

Alat yang digunakan dalam studi ini adalah *Running-based Anaerobic Sprint Test* (RAST), yaitu tes lapangan yang dirancang untuk menilai kapasitas anaerobik dan daya melalui serangkaian sprint maksimal berulang. RAST terdiri dari 6 repetisi sprint maksimal sejauh 35 meter dengan istirahat 10 detik di antara repetisi. Waktu yang tercatat untuk setiap repetisi dimasukkan ke dalam Kalkulator RAST, setelah itu hasil perhitungan memberikan data indikator kinerja anaerobik, termasuk daya puncak, daya rata-rata, daya minimum, daya puncak relatif, dan indeks kelelahan (Nara et al., 2022; Zagatto et al., 2009). Dalam studi ini, data rata-rata daya dan indeks kelelahan digunakan dalam pengolahan dan analisis data untuk menggambarkan kapasitas anaerobik dan indeks kelelahan atlet taekwondo senior. Sebelum memulai Uji Sprint Anaerobik Berbasis Lari (RAST), pengukuran antropometri dan pemanasan terstruktur dilakukan untuk memastikan kondisi atlet yang optimal. Pengukuran berat badan (BW), tinggi badan (HT), dan indeks massa tubuh (BMI) dilakukan. Setelah tahap pemeriksaan awal, peserta menjalani pemanasan spesifik selama 10 menit yang terdiri dari

jogging ringan (15 menit pada 50-60% HRmax), peregangan dinamis (ayunan kaki, lingkaran lengan), dan 2 set sprint 20m submaksimal (70% usaha), dilakukan pada intensitas ringan hingga rendah. Pemanasan ini bertujuan untuk mengaktifkan sistem neuromuskular, meningkatkan suhu otot, dan mempersiapkan energi fosfagen tanpa menyebabkan kelelahan sebelum tes. RAST dilakukan di lintasan lurus, datar, dan kering sepanjang 35 meter, dengan garis start/finish ditandai oleh kerucut kontras. Peserta melakukan enam sprint maksimum dengan interval istirahat pasif 10 detik (berdiri diam), dimulai dari posisi berdiri dengan sinyal peluit dan instruksi verbal standar. Waktu setiap sprint diukur dengan cermat oleh tiga pemeriksa independen menggunakan stopwatch digital. Protokol ini memastikan data yang akurat, andal, dan valid untuk menilai daya dan kapasitas anaerobik alaktat atlet taekwondo. Data yang dikumpulkan dianalisis menggunakan perangkat lunak SPSS versi 25.

HASIL

Kami menyajikan hasil analisis data dalam bentuk Tabel dan Gambar. Deskripsi statistik dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1. Deskripsi Statistik Kapasitas Anaerobik dan Indeks Kelelahan Atlet Taekwondo Senior

Variabel	Tes	Mean ± Std. Deviation
Kapasitas Anaerobik (Watt)	Sebelum	172.40 ± 90.28
	Sesudah	191.85 ± 94.33
Indeks Kelelahan (Watt/second)	Sebelum	2.55 ± 1.76
	Sesudah	1.80 ± 1.40

Berdasarkan Tabel 1, statistik deskriptif menunjukkan perubahan yang bervariasi pada komponen kapasitas anaerobik atlet. Nilai daya rata-rata meningkat secara signifikan dari 172,40 watt ± 90,28 watt pada pra-tes menjadi 191,85 watt ± 94,33 watt pada pasca-tes. Hal ini menunjukkan peningkatan keseluruhan pada kapasitas kerja anaerobik atlet. Indeks kelelahan menunjukkan penurunan positif, dengan skor rata-rata turun dari 2,55 watt/detik ± 1,76 watt/detik menjadi 1,80 watt/detik ± 1,40 watt/detik. Penurunan ini menunjukkan bahwa atlet memiliki kemampuan pemulihan yang lebih baik dan dapat mempertahankan performa tinggi dalam periode yang lebih lama. Selanjutnya, hasil uji normalitas dapat dilihat pada Tabel 2.

Table 2. Hasil Uji Normalitas Kapasitas Anaerobik dan Indeks Kelelahan pada Atlet Taekwondo Senior

Variabel	Tes	Statistik	Sig.
Kapasitas Anaerobik	Sebelum	.789	.001
	Sesudah	.785	.001
Indeks Kelelahan	Sebelum	.825	.002
	Sesudah	.795	.000

Berdasarkan Tabel 2, hasil uji Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa semua variabel penelitian memiliki nilai signifikansi (p-value) kurang dari 0,05. Secara rinci, variabel Kapasitas Anaerobik menunjukkan perbedaan yang signifikan antara pra-tes dan pasca-tes dengan nilai 0,001, sementara variabel Indeks Kelelahan memiliki nilai signifikan 0,002 pada awal tes dan 0,000 pada akhir tes. Hasil ini menunjukkan bahwa data tidak terdistribusi secara normal, sehingga analisis beralih dari statistik parametrik ke nonparametrik, menggunakan Uji Wilcoxon Signed Ranks. Hasil uji efek dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Pengaruh S-HIIT terhadap Kapasitas Anaerobik dan Indeks Kelelahan

Variabel	Asym. Sig. (2-tailed)	Keterangan
Kapasitas Anaerobik	.025	H_0 ditolak
Indeks Kelelahan	.013	H_0 ditolak

Berdasarkan Tabel 3, hasil Uji Wilcoxon Signed Ranks menunjukkan bahwa kapasitas anaerobik memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kapasitas anaerobik, $p = 0,025$ ($p < 0,05$), sehingga hipotesis nol (H_0) ditolak. Hal ini menunjukkan bahwa latihan S-HIIT secara efektif meningkatkan daya rata-rata atlet dan kapasitas kerja anaerobik secara keseluruhan. Demikian pula, Indeks Kelelahan $p = 0,013$ ($p < 0,05$), yang berarti H_0 ditolak. Hasil ini menunjukkan bahwa intervensi berhasil secara signifikan mengurangi kelelahan atlet. Selanjutnya, persentase kapasitas anaerobik dan kelelahan dapat dilihat pada Gambar 1.

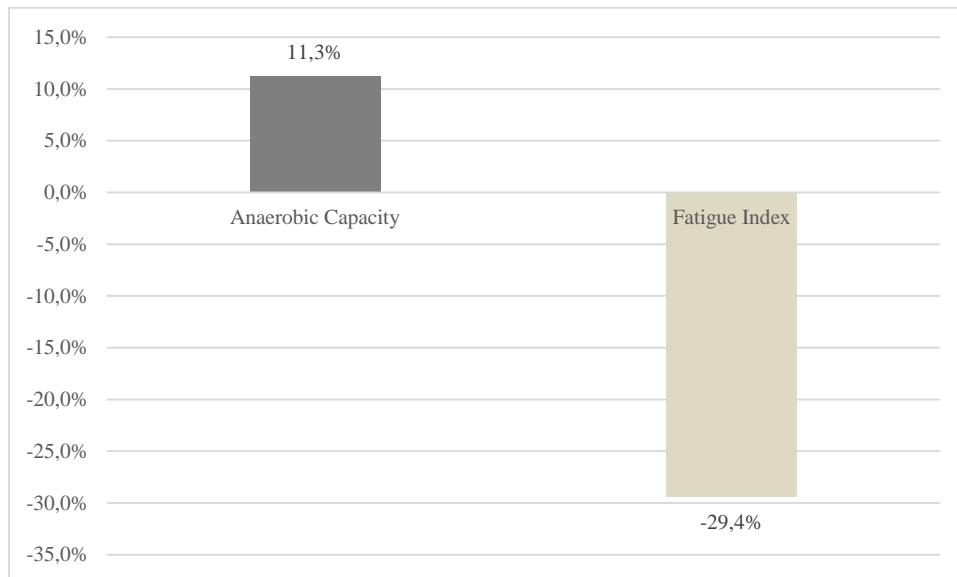


Figure 1. Persentase Kapasitas Anaerobik dan Indeks Kelelahan Sebelum dan Setelah S-HIIT

Gambar 1 menunjukkan bahwa program S-HIIT menghasilkan perubahan signifikan pada kapasitas anaerobik dan tingkat kelelahan atlet taekwondo senior. Kapasitas anaerobik meningkat sebesar 11,3%, menunjukkan bahwa otot-otot atlet lebih siap untuk menghasilkan energi eksplosif dengan cepat selama penggunaan berulang, seperti saat melakukan serangan tendangan dan pukulan intens selama pertandingan. Dengan kata lain, atlet memiliki daya ledak yang lebih tahan lama, memungkinkan mereka mempertahankan ritme dan kualitas gerakan tanpa kehilangan daya secara drastis seiring meningkatnya intensitas pertandingan. Selain itu, Indeks Kelelahan menurun sebesar 29,4%, menunjukkan bahwa penurunan kinerja akibat kelelahan berkurang secara signifikan setelah intervensi latihan. Ini berarti atlet tidak hanya menjadi lebih kuat tetapi juga lebih stabil dalam mengelola kelelahan yang biasanya terjadi selama repetisi tinggi atau menjelang akhir ronde. Penurunan kelelahan yang signifikan ini kuat menunjukkan bahwa latihan interval pendek dan pola gerakan yang mirip dengan situasi kompetisi membantu tubuh beradaptasi secara spesifik terhadap tuntutan fisiologis taekwondo. Secara keseluruhan, persentase dalam grafik ini menegaskan bahwa S-HIIT tidak hanya meningkatkan kapasitas energi anaerobik, tetapi juga memperkuat kemampuan atlet untuk tetap konsisten dan tidak mudah terpengaruh oleh kelelahan, terutama pada momen-momen yang sering menentukan hasil pertandingan.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa intervensi *Sport-Specific High-Intensity Interval Training* (S-HIIT) selama 4 minggu memiliki efek yang berbeda pada kapasitas anaerobik dan indeks kelelahan atlet Taekwondo senior. Temuan ini konsisten dengan studi intervensi HIIT yang menunjukkan peningkatan daya rata-rata dan ketahanan terhadap kelelahan pada atlet olahraga bela diri setelah 4-8 minggu (Song et al., 2024). Secara fisiologis,

peningkatan signifikan dalam kapasitas anaerobik dan perbaikan pada Indeks Kelelahan disebabkan oleh adaptasi pada sistem metabolisme energi anaerobik alaktat dan glikolitik yang dipicu oleh karakteristik S-HIIT (interval 6-10 detik dengan periode istirahat singkat). Kondisi ini memaksa atlet untuk melakukan kerja maksimal berulang dengan waktu pemulihan yang terbatas, yang kemungkinan besar disebabkan oleh peningkatan aktivitas transporter monokarboksilat (MCT1 dan MCT4) yang mempercepat pembuangan ion hidrogen (H^+) dari ruang intraseluler, sehingga mencegah penurunan drastis pH otot saat atlet melakukan serangan berulang (Ojeda-Aravena & Al., 2021; Song et al., 2024).

Latihan interval intensitas tinggi dapat meningkatkan efisiensi jalur glikolisis anaerobik (Atakan et al., 2021). Penggunaan gerakan Taekwondo spesifik dalam protokol HIIT (seperti variasi tendangan berulang) memberikan stimulasi fungsional yang lebih terarah dibandingkan dengan latihan sprint konvensional (Song et al., 2024). Latihan yang sesuai dengan tuntutan kompetisi membuat otot-otot utama yang digunakan oleh atlet menjadi lebih efisien secara metabolik, sehingga otot-otot tersebut dapat menghasilkan energi dengan lebih cepat dan efisien selama aktivitas berulang. Akibatnya, atlet dapat mempertahankan kekuatan atau daya rata-rata mereka secara stabil dan tidak menurun, tanpa mudah lelah, terutama pada fase akhir latihan atau kompetisi. Latihan yang mencerminkan tuntutan kompetisi yang sebenarnya juga mengasah sistem energi tubuh untuk bekerja secara lebih spesifik sesuai dengan olahraga yang dilakukan. Seiring waktu, otot menjadi lebih baik dalam menangani upaya intens dengan membersihkan penumpukan kelelahan secara lebih efisien dan beradaptasi dengan stres lebih cepat. Ini berarti atlet dapat terus berolahraga pada tingkat daya yang konsisten, bahkan melalui aksi intensitas tinggi yang berulang. Pada akhirnya, mereka tampil dengan daya tahan, stabilitas, dan kepercayaan diri yang lebih besar, terutama pada fase-fase krusial dalam pertandingan.

Metode S-HIIT meningkatkan daya tahan anaerobik dan ketahanan terhadap kelelahan karena mampu menekan ambang batas kemampuan atlet (Rezaei et al., 2024), khususnya pada atlet taekwondo senior. Latihan S-HIIT melibatkan jumlah repetisi yang besar, yang dapat menyebabkan kelelahan. Kelelahan ini sebenarnya menghambat otot untuk menghasilkan kekuatan ledak maksimum. Selain itu, adaptasi energi (metabolik) terjadi lebih cepat daripada adaptasi saraf dan struktur otot. Karena program ini hanya berlangsung selama 4 minggu, latihan ini cukup untuk meningkatkan daya tahan anaerobik tetapi tidak cukup lama atau spesifik untuk meningkatkan kapasitas anaerobik atlet. Temuan utama studi ini menunjukkan bahwa atlet mengalami peningkatan signifikan dalam kapasitas anaerobik, sehingga memungkinkan mereka mempertahankan *output* daya yang lebih tinggi selama aktivitas intensitas tinggi berulang. Hal ini diperkuat oleh penurunan signifikan pada indeks kelelahan yang menunjukkan bahwa atlet memiliki ketahanan yang lebih besar terhadap kelelahan dan pulih lebih cepat antara pertukaran serangan. Secara keseluruhan, S-HIIT terbukti sebagai metode efektif untuk memperkuat profil fisiologis atlet, memungkinkan mereka tetap kompetitif dan konsisten sepanjang pertandingan, dari ronde pertama hingga ronde terakhir.

KESIMPULAN

Temuan studi ini membuktikan bahwa S-HIIT merupakan metode yang efektif dan praktis untuk meningkatkan daya tahan anaerobik pada atlet taekwondo, menjadikannya tambahan berharga dalam program latihan, terutama pada fase persiapan khusus ketika intensitas dan spesifikasi menjadi faktor krusial. Peningkatan yang diamati menunjukkan bahwa interval intensitas tinggi yang singkat dan spesifik olahraga tidak hanya meningkatkan kemampuan atlet untuk mengulang aksi eksplosif, tetapi juga membantu mereka menahan kelelahan pada momen-momen yang sering menentukan kemenangan atau kekalahan. Meskipun hasil ini menjanjikan, proses adaptasi dalam olahraga bela diri kompleks dan kemungkinan berlanjut di luar jendela intervensi saat ini, yang membuka peluang penting

untuk penelitian di masa depan. Memperpanjang program menjadi 8–12 minggu mungkin memberikan wawasan yang lebih jelas tentang perubahan neuromuskular jangka panjang dan manfaat kinerja yang lebih tahan lama. Untuk memperkuat keyakinan ilmiah, studi-studi mendatang juga harus mencakup kelompok kontrol dan mengintegrasikan penanda fisiologis seperti profil laktat dan pemantauan detak jantung secara real-time. Langkah-langkah ini akan memberikan gambaran yang lebih lengkap tentang bagaimana tubuh merespons dan beradaptasi terhadap S-HIIT, membantu pelatih dan praktisi menerapkan metode ini dengan presisi dan justifikasi yang lebih tinggi. Pada akhirnya, studi ini mendukung S-HIIT sebagai pendekatan latihan berbasis bukti yang ramah pelatih, yang mencerminkan tuntutan nyata taekwondo, membangun ketahanan daya berulang, dan berkontribusi pada strategi kondisioning yang lebih cerdas dan efektif dalam lingkungan olahraga bela diri kompetitif.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian studi ini, terutama kepada Universitas Pendidikan Indonesia yang selalu mendukung kami.

DAFTAR PUSTAKA

- Apollaro, G., Ouergui, I., Rodríguez, Y. Q., Kons, R. L., Detanico, D., Franchini, E., Ruggeri, P., Falcó, C., & Faelli, E. (2024). Anaerobic Sport-Specific Tests for Taekwondo: A Narrative Review with Guidelines for the Assessment. *Sports*, 12(10), 1–25. <https://doi.org/10.3390/sports12100278>
- Atakan, M. M., Koşar, Ş. N., Güzel, Y., Tin, H. T., & Turnagöl, H. H. (2021). Evidence-based effects of high-intensity interval training on exercise capacity and health: A review with historical perspective. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(13), 1–27. <https://doi.org/10.3390/ijerph18137201>
- Bartel, C., Coswig, V. S., Protzen, G. V., & Del Vecchio, F. B. (2022). Energy demands in high-intensity intermittent taekwondo-specific exercises. *PeerJ*, 10, 1–14. <https://doi.org/10.7717/peerj.13654>
- Bridge, C. A., Jones, M. A., Hitchen, P., & Sanchez, X. (2013). Taekwondo exercise protocols do not recreate the physiological responses of championship combat. *International Journal of Sports Medicine*, 34(7), 573–581. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1327578>
- Campos, F. A. D., Bertuzzi, R., Dourado, A. C., Santos, V. G. F., & Franchini, E. (2012). Energy demands in taekwondo athletes during combat simulation. *European Journal of Applied Physiology*, 112(4), 1221–1228. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2071-4>
- Campos, F. A. D., Ceylan, H. I., de Souza, S. M., & Al., E. (2022). Energy demands in high-intensity intermittent taekwondo-specific exercises. *PeerJ*, 10, 1–14. <https://doi.org/10.7717/peerj.13654>
- Chen, Y. T., Hsieh, Y. Y., Ho, J. Y., Lin, T. Y., & Lin, J. C. (2022). Two weeks of detraining reduces cardiopulmonary function and muscular fitness in endurance athletes. *European Journal of Sport Science*, 22(3), 399–406. <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1880647>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*.
- Febrianty, M. F., Purnamasari, I., Novian, G., & History, A. (2021). Journal of Physical Education , Sport , Health and Recreations Analysis of Psychological Aspects of Taekwondo Athletes in Training Phase. *Journal of Physical Education, Sport, Health and Recreation*, 10(3), 113–120.

- Fiorenza, M., Hostrup, M., Gunnarsson, T. P., & al., et. (2019). Neuromuscular fatigue and metabolism during high-intensity intermittent exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 51(8), 1642–1652. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001940>
- Fortes, L. S., Mortatti, A. L., Lima-Junior, D., Costa, B. D. V, Ferreira, M. E. C., & Lima, R. C. R. (2017). Effect of tapering on anaerobic power and capacity of Tae-kwon-do athletes. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 19(2), 251–261. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2017v19n2p251>
- Hargreaves, M., & Spriet, L. L. (2020). Skeletal muscle energy metabolism during exercise. *Nature Metabolism*, 2(9), 817–828. <https://doi.org/10.1038/s42255-020-0251-4>
- Huang, P.-T., & Al., E. (2025). Effects of a taekwondo-specific high-intensity interval training protocol on physiological responses in athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research, Advance online publication*. <https://doi.org/10.7150/ijms.115788>
- Iannetta, D., Zhang, J., Murias, J. M., & Aboodarda, S. J. (2022). Neuromuscular and perceptual mechanisms of fatigue accompanying task failure in response to moderate-, heavy-, severe-, and extreme-intensity cycling. *Journal of Applied Physiology*, 133(2), 323–334. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00764.2021>
- Laursen, P. B., & Buchheit, M. (2021). High-intensity interval training prescription for combat-sport athletes. *Strength and Conditioning Journal*, 43(4), 1–12. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000625>
- Lee, J. H., Lee, J. H., & Lee, B. H. (2021). Adequacy of setting standards for kick impact in the Taekwondo electronic protector and scoring system. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 13(110), 1–7. <https://doi.org/10.1186/s13102-021-00351-0>
- Márquez, J. J., López-Gullón, J. M., Menescardi, C., & Falcó, C. (2022). Comparison between the KNP and Daedo Protection Scoring Systems through a Technical-Tactical Analysis of Elite Taekwondo Athletes. *Sustainability (Switzerland)*, 14(4), 1–11. <https://doi.org/10.3390/su14042111>
- Montero-Odasso, M., & Al., E. (2021). Effects of 4 weeks of a technique-specific protocol with high-intensity intervals on general and specific physical fitness in taekwondo athletes: An inter-individual analysis. *Frontiers in Physiology*, 12(18), 1–18. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.645567>
- Nara, K., Kumar, P., Rathee, R., & Kumar, J. (2022). The compatibility of running-based anaerobic sprint test and Wingate anaerobic test: a systematic review and meta-analysis. *Pedagogy of Physical Culture and Sports*, 26(2), 134–143. <https://doi.org/10.15561/26649837.2022.0208>
- Novian, G., Komarudin, K., Rismayadi, A., Febrianty, M. F., & Syahid, A. M. (2025). A Study of Endurance Training Methods and Their Effects on Archery Athletes By. 4088, 62–66.
- Ojeda-Aravena, A., & Al., E. (2021). Inter-individual variability of a high-intensity interval training with specific techniques vs. repeated sprints program. *Frontiers in Physiology*, 12(766153), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.766153>
- Purnamasari, I., Novian, G., & Fiametta, M. (2024). Journal Sport Area Endurance training for judo athletes : Improving anaerobic and aerobic capacity in the high altitude. *Journal Sport Area*, 9(2), 295–306.
- Queirós, A., Faria, D., & Almeida, F. (2017). Strengths and Limitations of Qualitative and Quantitative Research Methods. *European Journal of Education Studies*, 3(9), 369–387. <https://doi.org/10.5281/zenodo.887089>
- Rezaei, M., Parnow, A., & Mohr, M. (2024). Additional high intensity intermittent training improves aerobic and anaerobic performance in elite karate athletes. *Sport Sciences for Health*, 20(3), 779–788. <https://doi.org/10.1007/s11332-023-01156-7>
- Sant'Ana, J., Franchini, E., da Silva, V., Diefenthäler, F., & Del Vecchio, F. B. (2017). Effect of fatigue on reaction time, response time, performance time, and kick impact in

- taekwondo roundhouse kick. *Sports Biomechanics*, 16(2), 201–209.
<https://doi.org/10.1080/14763141.2016.1217347>
- Santos, J. F. S., & al., et. (2024). A comparative analysis of high-intensity technique-specific training vs. running-based sprint interval training on taekwondo athletes' performance. *Journal of Sports Science & Medicine*, 23(3), 672–683.
<https://doi.org/10.52082/jssm.2024.672>
- Song, Y., Li, X., Zhang, H., Chen, J., & Wang, L. (2024). A comparative analysis of high-intensity technique-specific intervals and short sprint interval training in taekwondo athletes: Effects on cardiorespiratory fitness and anaerobic power. *Journal of Sports Science & Medicine*, 23(3), 672–683. <https://doi.org/10.52082/jssm.2024.672>
- Valenzuela-Valdés Badilla, P., Herrera-Valenzuela, T., & al., et. (2024). High-intensity interval training recommendations for combat sports athletes during the COVID-19 pandemic. *Revista de Artes Marciales Asiáticas*, 19(1), 1–15.
<https://doi.org/10.18002/rama.v19i1.6230>
- Wajdi, F., Seplyana, D., Rumahlewang, E., Nour Halisa, N., Rusmalinda, S., Kristiana, R., Fathun Niam, M., Wahyuning Purwanti, E., Melinasari, S., & Kusumaningrum, R. (2024). *Metode Penelitian Kuantitatif*.
- Zagatto, A. M., Beck, W. R., & Gobatto, C. A. (2009). Validity of the running anaerobic sprint test for assessing anaerobic power and predicting short-distance performances. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1820–1827.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b3df32>