



Pengaruh *High-Intensity Interval Training* (HIIT) terhadap Kapasitas *VO2Max* Anggota TNI AU: Sebuah Tinjauan Sistematis

The Effect of High-Intensity Interval Training (HIIT) on *VO2Max* Capacity of Indonesian Air Force Members: A Systematic Review

Dian Para Indrawan^{1*}, Mashud²

^{1,2} Program Pascasarjana Magister Pendidikan Jasmani, Universitas Lambung Mangkurat, Indonesia
*corresponding author: 2420129310005@mhs.ulm.id

Abstrak

High-Intensity Interval Training (HIIT) telah terbukti menjadi metode latihan yang efisien dalam meningkatkan kebugaran kardiovaskular. Artikel ini menyajikan tinjauan pustaka sistematis mengenai pengaruh HIIT terhadap kapasitas maximal oxygen uptake (*VO2Max*) pada anggota militer Tentara Nasional Indonesia Angkatan Udara (TNI AU). Pencarian literatur dilakukan di beberapa basis data akademik menggunakan kata kunci seperti "high intensity interval training", "HIIT", "*VO2Max*", dan istilah terkait. Kriteria inklusi meliputi studi dengan peserta dewasa (umumnya 18-45 tahun) yang memiliki pengukuran *VO2Max* pra- dan pasca-intervensi. Dari studi-studi terpilih, dilaporkan bahwa program pelatihan HIIT secara konsisten meningkatkan kapasitas aerobik peserta. Misalnya, studi menunjukkan peningkatan *VO2Max* sebesar 5,5–7,2% setelah 8 minggu latihan HIIT, dan dalam beberapa kasus mencapai rata-rata 26,9% setelah 12 minggu pelatihan fisik dasar militer. Meta-analisis terkini mengindikasikan bahwa HIIT memberikan peningkatan *VO2Max* yang secara statistik lebih baik atau setara dibandingkan latihan kontinuitas moderat. Analisis tematik lebih lanjut menunjukkan bahwa protokol interval panjang (≥ 2 menit) dengan volume latihan tinggi cenderung lebih efektif dalam memaksimalkan peningkatan *VO2Max*, meskipun protokol interval pendek menawarkan efisiensi waktu. Implikasi praktis dari temuan ini adalah potensi integrasi program HIIT ke dalam jadwal latihan prajurit TNI AU untuk meningkatkan kebugaran aerobik secara efisien. Rekomendasi mencakup penerapan variasi protokol HIIT yang disesuaikan serta penelitian lebih lanjut pada populasi militer spesifik.

Kata kunci: *high-intensity interval training*; hiit; *vo2max*; kebugaran; tni au

Abstract

High-intensity interval training (HIIT) has been shown to be an effective training method for improving cardiovascular fitness. This article presents a systematic literature review on the effect of HIIT on maximal oxygen uptake capacity (*VO2Max*) in Indonesian Air Force (TNI AU) military personnel. A literature search was conducted in several academic databases using keywords such as "high-intensity interval training," "HIIT," "*VO2Max*," and related terms. Inclusion criteria included studies with adult participants (generally aged 18-45 years) whose *VO2Max* was measured before and after the intervention. Selected studies have reported that HIIT training programs consistently improve participants' aerobic capacity. For example, studies have shown *VO2Max* increases of 5.5–7.2% after 8 weeks of HIIT training, and in some cases, reaching an average of 26.9% after 12 weeks of basic military physical training. A recent meta-analysis demonstrated that HIIT provides statistically superior or equivalent increases in *VO2Max* compared to moderate continuous training. Further thematic analysis indicated that long-interval protocols (≥ 2 minutes) with high training volume tended to be more effective in maximizing *VO2Max* increases, although short-interval protocols offered time efficiency. A practical implication of these findings is the potential integration of HIIT programs into the training schedules of Indonesian Air Force personnel to efficiently improve aerobic fitness.

Recommendations include the implementation of tailored variations of HIIT protocols and further research in specific military populations.

Keywords: *high intensity interval training; hiit; vo2max; fitness; tni au*

PENDAHULUAN

Kesiapan operasional anggota Tentara Nasional Indonesia Angkatan Udara (TNI AU) sangat bergantung pada kondisi kebugaran jasmani, di mana kapasitas kardiorespirasi yang diukur melalui maximal oxygen uptake (VO2Max) memegang peran krusial (Mashud et al., 2024; Pihlainen et al., 2018). Prajurit TNI AU dihadapkan pada beban kerja fisik tinggi dalam setiap misi, mulai dari patroli udara, evakuasi darurat, hingga operasi tempur, yang menuntut daya tahan optimal (Torbaty et al., 2023). VO2Max yang tinggi memungkinkan prajurit bekerja lebih lama dalam zona aerobik, menunda kelelahan (Mashud, 2016), dan mengurangi risiko cedera akibat stres fisik ekstrem (Pihlainen et al., 2018). Sebaliknya, VO2Max yang rendah dapat berimplikasi pada ketidaksiapan menghadapi beban tugas dan penurunan kinerja secara keseluruhan.

Di TNI AU, uji kebugaran rutin sering kali mencakup lari menengah hingga panjang. Namun, durasi latihan yang dibutuhkan cukup lama dan tidak selalu selaras dengan jadwal operasional yang padat. Kondisi ini menimbulkan tantangan tersendiri bagi penyusunan program pembinaan jasmani (Binjas) yang efektif dan efisien (Ahmad, 2022). Kapasitas aerobik maksimum (VO2Max) adalah indikator utama kebugaran kardiovaskular yang penting bagi personel militer karena berhubungan dengan kemampuan bekerja dalam intensitas tinggi dan daya tahan tugas lapangan seperti lari jarak jauh, membawa beban, dan evakuasi (Ambardi et al., 2023; Pihlainen et al., 2018). Oleh karena itu, metode pelatihan yang mampu meningkatkan VO2Max secara efektif menjadi mutlak diperlukan.

Salah satu metode yang populer dan secara ilmiah terbukti memperbaiki kebugaran kardiovaskular lebih cepat dibanding latihan berkelanjutan pada intensitas sedang adalah High Intensity Interval Training (HIIT) (Milanović et al., 2015; Ramos et al., 2017). HIIT melibatkan periode singkat kerja intens yang diikuti oleh periode pemulihan singkat. Model seperti “4x4 menit interval intens” atau protokol Tabata (20

detik kerja/10 detik istirahat) telah banyak diteliti dan menunjukkan peningkatan VO2Max yang signifikan (Helgerud et al., 2007; Nur Akhiroh et al., 2025; Bangsbo et al., 2015). Beberapa studi menegaskan efektivitas HIIT pada populasi aktif; sebagai contoh, Astawan & Widhiyanti (2023) melaporkan peningkatan VO2Max yang signifikan pada atlet bola basket yang menjalani HIIT dibandingkan kelompok jogging. Akhiroh & Yudhistira (2025) menemukan bahwa kedua metode latihan (Tabata dan interval panjang) sama-sama meningkatkan VO2Max pada atlet pencak silat, dengan peningkatan rata-rata 5,4 mL/kg/menit pada Tabata dan 4,97 mL/kg/menit pada latihan interval panjang. Di lingkungan militer, laporan internal dari Pelatihan Fisik Dasar DIKMATA TNI AL menunjukkan peningkatan VO2Max rata-rata 26,9% setelah 12 minggu program latihan terstruktur.

Meskipun efektivitas HIIT pada atlet dan populasi umum telah banyak dibuktikan, literatur yang secara khusus mengevaluasi efek HIIT pada personel militer TNI AU masih sangat terbatas. Sebagian besar studi yang ada berfokus pada atlet olahraga tradisional atau militer di negara lain, sedangkan karakteristik tugas dan rutinitas pelatihan TNI AU unik. Belum ada tinjauan komprehensif yang mengumpulkan bukti tentang penerapan HIIT dan pengukurannya (VO2Max) khusus dalam konteks TNI AU. Oleh karena itu, tinjauan sistematis ini disusun untuk merangkum temuan global mengenai pengaruh HIIT terhadap kapasitas VO2Max dan menilai relevansinya bagi pelatihan TNI AU.

Berdasarkan latar belakang tersebut, kajian ini bertujuan menjawab pertanyaan penelitian utama: “Bagaimanakah pengaruh High Intensity Interval Training terhadap kapasitas VO2Max anggota militer TNI Angkatan Udara?” Pertanyaan ini kemudian diperincikan menjadi sub-pertanyaan terkait protokol HIIT yang efektif, metode pengukuran VO2Max yang digunakan, dan implikasi hasil terhadap program latihan fisik TNI AU.

METODE

Pendekatan penelitian ini menggunakan Systematic Literature Review (SLR) yang berpedoman pada kerangka PICO (Population, Intervention, Comparison,

Outcome) dan mengikuti protokol Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) (Moher et al., 2015; Page et al., 2021; Schardt et al., 2007). Proses SLR meliputi identifikasi literatur, screening judul dan abstrak, penilaian kelayakan teks penuh, ekstraksi data, dan sintesis tematik (Higgins et al., 2024; Liberati et al., 2009). Kerangka PICO disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 1. Kerangka PICO

Populasi (P)	Anggota militer TNI AU usia 18–45 tahun.
Intervensi (I)	Latihan <i>High Intensity Interval Training</i> (HIIT).
Komparasi (C)	Latihan non-HIIT atau latihan aerobik konvensional (misalnya, lari jarak menengah/panjang).
Outcome (O)	Perubahan nilai VO2Max (mL/kg/menit) sebelum dan setelah intervensi.

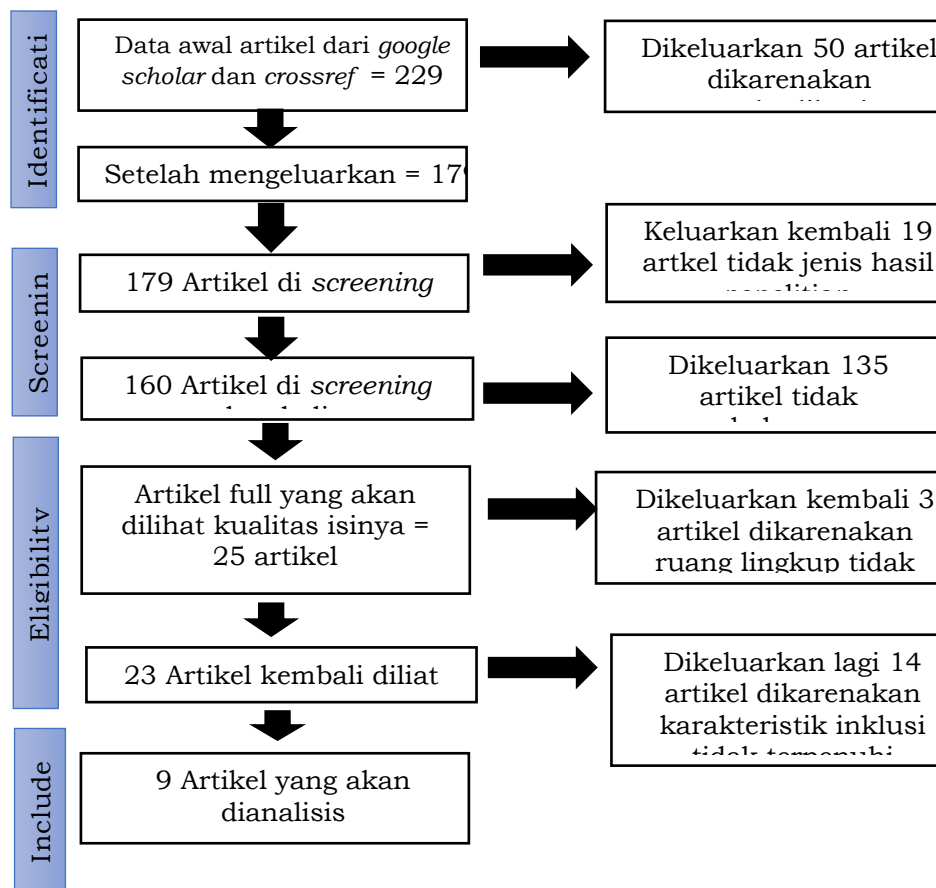
Tabel 2. Inklusi dan Eklusi

No.	Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
1	Membahas intervensi HIIT atau latihan interval intensitas tinggi.	Artikel yang tidak menampilkan data VO2Max.
2	Populasi peserta dewasa (umumnya usia 18–45 tahun, termasuk atlet atau militer).	Studi pada populasi anak-anak atau lansia.
3	Mengukur kapasitas aerobik melalui VO2Max sebelum dan setelah intervensi.	Metode latihan yang bukan HIIT (misalnya hanya latihan berintensitas sedang).
4	Menggunakan desain uji coba terkontrol atau pra-tes/pasca-tes.	-
5	Meta-analisis dan tinjauan terdahulu (literature review) yang relevan untuk memberikan rangkuman efek keseluruhan.	-

Studi yang diinklusi adalah artikel dan laporan penelitian berbahasa Indonesia dan Inggris yang memenuhi kriteria di atas.

Basis Data dan Metode Pencarian: Pencarian literatur dilakukan di beberapa basis data elektronik, yaitu Google Scholar dan Crossref. Kata kunci utama yang digunakan antara lain “high intensity interval training”, “HIIT”, “VO2max”, “interval training”, dan istilah terkait, baik dalam bahasa Inggris maupun Indonesia (misalnya “latihan interval intensitas tinggi”, “VO2Max”). Pencarian difokuskan pada publikasi hingga tahun 2024. Pendekatan pencarian mirip meta-analisis pada literatur sebelumnya, yang melibatkan gabungan istilah HIIT dan VO2Max serta filter untuk studi terkontrol atau uji coba.

Proses Seleksi dan Sintesis Data: Artikel yang diperoleh dari basis data diseleksi secara bertahap. Tahap pertama melalui peninjauan judul dan abstrak, kemudian dilanjutkan dengan pembacaan teks penuh untuk verifikasi kriteria inklusi. Data utama yang diekstraksi mencakup jenis protokol HIIT (durasi interval, periode istirahat, volume latihan), karakteristik subjek (usia, tingkat kebugaran awal), metode pengukuran VO2Max, hasil perubahan VO2Max, serta desain studi (Randomized Controlled Trial (RCT), kuasi-eksperimental, atau observasional). Sintesis naratif dilakukan dengan mengelompokkan temuan sesuai tema (protokol, populasi, hasil) dan membandingkan hasil antar studi. Efek utama (misalnya peningkatan VO2Max rata-rata) dijabarkan dengan dukungan kutipan yang relevan. Proses seleksi ditunjukkan dalam bagan alir PRISMA di bawah ini.



Gambar 1. Diagram alir Prisma

Proses Seleksi Menggunakan Diagram Alir PRISMA:

- Identifikasi : Data awal artikel dari Google Scholar dan Crossref berjumlah 229. Setelah mengeluarkan 50 artikel duplikat, tersisa 179 artikel.
- Penyaringan (Screening) : Dari 179 artikel, 19 artikel dikeluarkan karena bukan jenis hasil penelitian, dan 135 artikel dikeluarkan karena tidak membahas ruang lingkup bahasan. Setelah penyaringan ini, tersisa 25 artikel.
- Kelayakan (Eligibility) : Dari 25 artikel yang dibaca teks penuh, 14 artikel dikeluarkan karena karakteristik inklusi tidak terpenuhi. Tersisa 9 artikel yang memenuhi kriteria kelayakan.
- Inklusi : Sebanyak 9 artikel dianalisis dalam tinjauan sistematis ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari proses pencarian dan seleksi, sembilan studi terpilih diinklusi dalam tinjauan sistematis ini. Studi-studi ini meliputi meta-analisis dan uji coba eksperimental, yang dirangkum dalam Tabel 4.

Tabel 4. Ringkasan Hasil Temuan Studi Inklusi

No.	Penulis (Tahun)	Desain Studi	Populasi	Protokol HIIT	Durasi	Δ VO ₂ Max	Metode Pengukuran
1	Helgerud et al. (2007)	RCT parallel	Atlet rekreasi dewasa	4×4 menit @ 90–95% HRmax (3 menit recovery)	8 minggu	+5,5–7,2%	Gas analyzer (laboratorium)
2	Milanović et al. (2015)	Meta analisis	Dewasa sehat	Berbagai protokol HIIT vs MICT	4–16 minggu	+5,5 mL/kg·menit (rata-rata)	Campuran (lab & lapangan)
3	Wen et al. (2019)	Meta analisis	Dewasa sehat	Interval pendek (≤ 30 s) & panjang (≥ 2 menit)	4–12 minggu	SMD $\sim 0,7$ (efek besar)	Bervariasi
4	Festiawan et al. (2020)	Kuasi eksperimental	Mahasiswa	HIIT (interval 1 menit) vs Fartlek	6 minggu	HIIT $\uparrow \sim 6\%$, Fartlek $\uparrow \sim 5\%$	Gas analyzer
5	Nur Akhiroh et al. (2025)	RCT parallel	Atlet pencak silat	Tabata (20/10s) vs interval panjang (40/20s)	4 minggu	Tabata +5,40 mL/kg·menit; Interval +4,97 mL/kg·menit	Field-test & spiometri
6	Astawan & Widhiyanti	RCT parallel	Atlet bola basket	HIIT sprint 30/30s vs	6 minggu	HIIT $\uparrow \sim 6\%$ vs jogging	Gas analyzer

	(2023)			jogging steady state		↑~3%	
7	Pelatihan Fisik Dasar DIKMATA TNI AL (20XX)	Pra eksperimental	Calon prajurit TNI AL	Multistage Fitness Test + circuit HIIT	12 minggu	26,90%	Multistage Fitness Test
8	Rubiyatno et al. (2023)	Pre post tanpa kontrol	Atlet voli wanita	Yo-yo Intermittent Test L1 (2x20m/10s hingga kelelahan)	4 minggu	+5–7%	Prediksi lewat Yo-yo Test
9	Post COVID Overweight (2022)	RCT parallel	Subjek <i>overweight</i> pasca COVID	Sprint 30s/active jog 30s	6 minggu	+5,5% vs steady state +2,2%	Gas analyzer

Ringkasan Temuan Utama:

1. Peningkatan VO2Max: Semua penelitian intervensi secara konsisten melaporkan adanya peningkatan signifikan pada VO2Max setelah periode latihan HIIT. Sebagai contoh, Helgerud et al. (2007) mencatat peningkatan antara 5,5-7,2% pada kelompok HIIT. Festiawan et al. (2020) dan Nur Akhiroh et al. (2025) juga melaporkan peningkatan rata-rata sebesar 5-6 mL/kg/menit. Penelitian di lingkungan militer menunjukkan dampak yang lebih besar, seperti peningkatan 26,9% setelah program selama 12 minggu (Laporan internal Pelatihan Fisik Dasar DIKMATA TNI AL, t.t.).
2. Perbandingan dengan Latihan Lain: Beberapa penelitian membandingkan HIIT dengan metode latihan lainnya. Milanović et al. (2015) dan Wen et al. (2019) menemukan bahwa HIIT memberikan perbaikan VO2Max yang sedikit lebih besar dibandingkan dengan latihan kontinuitas moderat (MICT) (Ramos et al., 2017). Helgerud et al. (2007) menegaskan bahwa interval intensitas tinggi lebih efektif dibandingkan dengan latihan jarak jauh lambat atau pada ambang laktat. Festiawan et al. (2020) menemukan tidak ada perbedaan signifikan antara HIIT dan latihan fartlek dalam peningkatan VO2Max, namun HIIT menunjukkan kecenderungan untuk mengalami kenaikan persentase yang lebih tinggi.
3. Protokol HIIT: Variasi dalam protokol HIIT mempengaruhi hasil yang diperoleh. Wen et al. (2019) menyimpulkan bahwa interval pendek (≤ 30 detik) dengan volume

rendah efektif dalam meningkatkan VO2Max dengan relatif cepat (Jung et al., 2019), namun untuk mencapai peningkatan maksimal diperlukan interval yang lebih panjang (≥ 2 menit), volume ≥ 15 menit, dan durasi pelatihan antara 4-12 minggu. Helgerud et al. (2007) menggunakan interval 15 detik on/15 detik off dan 4 menit aktif pada 90-95% HRmax. Nur Akhirah et al. (2025) membandingkan protokol Tabata (20/10 detik) dengan interval panjang, dan keduanya terbukti efektif.

4. Metode Pengukuran: Sebagian besar penelitian menerapkan pengukuran VO2Max melalui tes berlari atau tes lapangan. Sebagai contoh, tes Multistage Fitness Test (MFT/beep test) diterapkan dalam penelitian pelatihan militer TNI AL. Penggunaan instrumen lapangan ini menunjukkan adanya peningkatan VO2Max yang dapat dihitung berdasarkan perubahan skor tes. Metode laboratorium (treadmill/spirometri) juga sering digunakan dalam studi atlet.
5. Desain Studi: Sebagian besar studi yang diikutsertakan adalah RCT atau desain pra-tes/pasca-tes yang terkontrol. Beberapa meta-analisis menggabungkan berbagai RCT dengan peserta yang sehat dan dewasa. Kualitas metodologi bervariasi; beberapa studi memiliki skala kecil ($n \approx 7-20$ orang) meskipun menunjukkan signifikansi statistik yang konsisten.
6. Konteks Militer: Meskipun literatur yang khusus membahas TNI AU terbatas, hasil dari pelatihan fisik dasar TNI AL menunjukkan bahwa program latihan yang terstruktur dapat secara signifikan meningkatkan VO2Max. Ini menunjukkan bahwa personel militer yang menjalani intervensi fisik dengan HIIT juga berpotensi mengalami peningkatan yang signifikan dalam kapasitas aerobik mereka (Torbaty et al., 2023; Vesterinen et al., 2022).

Pembahasan

Hasil penelitian ini secara jelas menunjukkan bahwa High-Intensity Interval Training (HIIT) secara signifikan meningkatkan kapasitas VO2Max, sejalan dengan hipotesis bahwa intensitas tinggi mendorong adaptasi kardiovaskular dengan lebih cepat. Peningkatan volume stroke jantung dan efisiensi otot aerobik diketahui berkontribusi terhadap perubahan ini (MacInnis & Gibala, 2017; Midgley et al., 2012).

Helgerud et al. (2007) menemukan bahwa peningkatan VO2Max sebesar 5-7% terjadi bersamaan dengan peningkatan volume stroke sebesar 10%. Meta-analisis yang dilakukan oleh Milanović et al. (2015) juga mendukung efektivitas HIIT dengan melaporkan rata-rata peningkatan VO2Max sekitar 5,5 mL/kg/menit pada kelompok HIIT dibandingkan dengan kelompok yang tidak melakukan latihan (Su et al., 2021). Perbandingan dengan latihan aerobik berkelanjutan (steady-state) menunjukkan bahwa HIIT memberikan peningkatan yang sedikit lebih tinggi (Milanović et al., 2015; Wen et al., 2019; Osawa et al., 2014).

Protokol dan durasi latihan merupakan faktor penting yang mempengaruhi hasil. Wen et al. (2019) menekankan bahwa protokol interval panjang (≥ 2 menit kerja intens) dengan volume ≥ 15 menit dan durasi 4-12 minggu memberikan efek peningkatan VO2Max yang paling signifikan (Laursen & Buchheit, 2019). Namun, dalam kondisi praktis, protokol singkat (≤ 30 detik dengan istirahat singkat) juga terbukti efektif dan lebih efisien waktu (Festiawan et al., 2020; Jung et al., 2019), yang sangat relevan bagi personel militer dengan jadwal yang padat. Penelitian oleh Nur Akhiroh et al. (2025) menunjukkan bahwa Tabata (interval 20/10 detik) sama efektifnya dengan protokol interval panjang dalam meningkatkan VO2Max. Dengan demikian, variasi protokol HIIT dapat dipilih sesuai dengan kebutuhan waktu dan intensitas (Wewege et al., 2017).

Persamaan Temuan:

Peningkatan VO2Max yang Konsisten: Semua studi intervensi yang diinklusi secara konsisten melaporkan adanya peningkatan signifikan pada kapasitas VO2Max setelah subjek menjalani program High-Intensity Interval Training (HIIT). Hal ini secara langsung mendukung hipotesis bahwa HIIT adalah metode latihan yang efektif untuk meningkatkan kebugaran kardiovaskular. Efisiensi Waktu Latihan: HIIT terbukti menjadi metode latihan yang efisien dalam meningkatkan kebugaran kardiovaskular dibandingkan dengan latihan tradisional yang membutuhkan durasi lebih lama. Aspek efisiensi waktu ini sangat relevan dan memperkuat potensi penerapan HIIT untuk prajurit TNI AU yang memiliki jadwal operasional padat.

Perbandingan dengan Latihan Kontinu Moderat: Beberapa penelitian meta-analisis dan studi eksperimental menunjukkan bahwa HIIT memberikan perbaikan VO2Max yang setara atau bahkan sedikit lebih besar dibandingkan dengan latihan kontinuitas moderat (MICT). Hal ini menegaskan keunggulan atau setidaknya kesetaraan HIIT sebagai metode yang lebih intens namun efektif.

Transferabilitas ke Populasi Militer (Secara Umum): Meskipun studi spesifik pada TNI AU masih terbatas, temuan dari pelatihan fisik dasar TNI AL menunjukkan bahwa program latihan terstruktur dapat secara signifikan meningkatkan VO2Max pada calon prajurit. Ini mengindikasikan bahwa personel militer yang menjalani intervensi fisik dengan HIIT juga berpotensi mengalami peningkatan signifikan dalam kapasitas aerobik mereka.

Perbedaan Temuan:

1. Variasi Protokol HIIT dan Efek Optimal: Terdapat variasi yang signifikan dalam protokol HIIT yang diterapkan (misalnya, durasi interval kerja dan istirahat, jumlah set) serta dampak variasi ini terhadap peningkatan VO2Max.
 - Wen et al. cite_start menyimpulkan bahwa protokol interval panjang (≥ 2 menit) dengan volume latihan tinggi cenderung lebih efektif dalam memaksimalkan peningkatan VO2Max.
 - Namun, protokol interval pendek (≤ 30 detik) juga terbukti efektif dan lebih efisien dalam hal waktu.
 - Nur Akhiroh et al. cite_start membandingkan protokol Tabata (20/10 detik) dengan interval panjang (40/20 detik) dan menemukan bahwa keduanya efektif.
 - Perbedaan ini menunjukkan bahwa tidak ada satu protokol HIIT yang secara universal dianggap "terbaik" untuk semua tujuan, melainkan perlu disesuaikan dengan konteks dan tujuan spesifik.
2. Besaran Peningkatan VO2Max yang Berbeda: Meskipun semua studi menunjukkan adanya peningkatan, besaran peningkatannya bervariasi secara substansial.
 - Studi umum melaporkan peningkatan sekitar 5,5–7,2%.

- Namun, laporan internal dari Pelatihan Fisik Dasar DIKMATA TNI AL menunjukkan peningkatan rata-rata yang jauh lebih besar, yaitu 26,9%. Perbedaan besar ini mungkin berkaitan dengan tingkat kebugaran awal populasi (calon prajurit cenderung memiliki kebugaran awal yang lebih rendah dibandingkan atlet rekreasi), atau perbedaan dalam durasi dan intensitas program secara keseluruhan.
3. Metode Pengukuran VO2Max yang Digunakan: Studi yang diinklusi menggunakan berbagai metode untuk mengukur VO2Max.
- Beberapa menggunakan tes laboratorium yang lebih presisi dengan gas analyzer atau spirometri.
 - Sementara itu, beberapa studi, terutama di lingkungan militer, mengandalkan tes lapangan yang lebih praktis seperti Multistage Fitness Test (MFT/beep test).
 - Meskipun konsistensi peningkatan tercatat di berbagai metode, perbedaan ini perlu dipertimbangkan saat membandingkan angka absolut VO2Max antar studi.
4. Keterbatasan Data pada Subgrup Populasi Militer: Mayoritas penelitian yang diikutsertakan lebih menekankan pada laki-laki dewasa muda. Terdapat kekurangan data atau minimnya studi yang secara khusus melibatkan perempuan atau individu yang lebih tua dalam konteks militer. Ini menunjukkan adanya kekosongan dalam penelitian dan perlunya kajian lebih mendalam mengenai efektivitas HIIT pada subkelompok demografi tertentu dalam TNI AU untuk memberikan rekomendasi yang lebih menyeluruh.

Relevansi dengan Konteks Militer TNI AU

Personel TNI AU membutuhkan tingkat kebugaran aerobik yang tinggi untuk melaksanakan tugas di lapangan. Peningkatan VO2Max berhubungan langsung dengan kemampuan daya tahan, seperti berlari jarak jauh, mengangkat beban, atau bertahan dalam situasi stres (Pihlainen et al., 2018). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan HIIT dalam program latihan fisik TNI AU dapat mempercepat peningkatan daya tahan tersebut (Torbati et al., 2023). Sebagai contoh, jadwal latihan yang mencakup sesi lari interval singkat (seperti 30 detik sprint diikuti dengan 30 detik

jogging) beberapa kali dalam seminggu dapat memberikan manfaat signifikan dalam waktu yang terbatas. Karakteristik HIIT yang “efisien waktu” sangat sesuai dengan kebutuhan prajurit yang harus membagi waktu antara latihan fisik dan tugas operasional (Jung et al., 2019; Laursen & Buchheit, 2019).

Temuan peningkatan VO2Max hingga 26,9% pada pelatihan militer di TNI AL (Laporan internal Pelatihan Fisik Dasar DIKMATA TNI AL, t.t.) menunjukkan besarnya potensi adaptasi militer melalui program yang terstruktur. Meskipun sumber tersebut tidak secara khusus membahas HIIT, hal ini menegaskan bahwa pelatihan yang sistematis memiliki dampak besar terhadap VO2Max. Dalam konteks TNI AU, di mana personel mungkin sudah memiliki kebugaran dasar, efek HIIT mungkin tidak mencapai 26% (karena potensi peningkatan lebih kecil pada individu dengan tingkat kebugaran yang sudah tinggi). Namun, berdasarkan meta-analisis, peningkatan rata-rata 5-7% tetap sangat berarti secara operasional (misalnya, meningkatkan VO2Max dari 50 menjadi 53 mL/kg/menit) (Milanović et al., 2015). Oleh karena itu, desain program pelatihan TNI AU sebaiknya memanfaatkan interval intensitas tinggi secara terjadwal.

Temuan Tematik dan Sintesis

Tema Protokol HIIT: Berbagai studi menguji beragam protokol HIIT. Helgerud et al. (2007) menggunakan interval 15 detik intens (90-95% HRmax) diikuti 15 detik pemulihan, serta protokol 4x4 menit kerja intens dengan 3 menit pemulihan. Nur Akhiroh et al. (2025) membandingkan protokol Tabata (20 detik kerja, 10 detik istirahat, 8 siklus) dengan interval lebih panjang (misalnya 40 detik kerja, 20 detik istirahat) dan mendapati keduanya efektif. Wen et al. (2019) menganalisis efek protokol berdasarkan durasi interval dan volume total, merekomendasikan interval ≥ 2 menit untuk hasil maksimal (Laursen & Buchheit, 2019). Sintesis ini menunjukkan bahwa baik HIIT berinterval pendek maupun panjang dapat meningkatkan VO2Max, namun untuk peningkatan optimal diperlukan durasi dan volume yang lebih besar.

Tema Metode Pengukuran VO2Max: Metode pengukuran yang umum digunakan adalah tes lari maksimum (dengan spirometri) atau tes lapangan berbasis beep test (Multistage Fitness Test). Sebagai contoh, studi militer TNI AL menggunakan Multistage

Fitness Test untuk mengukur VO2Max sebelum dan sesudah program pelatihan. Tes ini mengestimasi VO2Max berdasarkan level lari maksimal yang dicapai. Metode laboratorium yang lebih presisi juga digunakan pada beberapa studi atletik, tetapi tes lapangan lebih praktis untuk kajian di lapangan militer. Konsistensi peningkatan VO2Max antar metode menunjukkan validitas temuan; peningkatan skor MFT sejalan dengan peningkatan VO2Max teoritis akibat adaptasi kardiovaskular.

Populasi & Transferabilitas: Populasi studi SLR ini umumnya adalah laki-laki dewasa muda (usia rata-rata 25 tahun) dengan kebugaran awal sedang-tinggi. Wen et al. (2019) melaporkan rata-rata usia 25,1 tahun dan VO2Max awal 40,8 mL/kg/menit untuk 723 peserta dalam meta-analisisnya. Hal ini mencerminkan populasi atlet atau personel militer muda. Untuk anggota TNI AU, yang juga umumnya di rentang usia muda/produktif, hasil tersebut cukup transferable. Namun, perlu dicatat bahwa sedikit studi melibatkan perempuan atau individu usia lebih tua (Ramos et al., 2017; Williams et al., 2017; Weston et al., 2014). Oleh karena itu, efektivitas HIIT pada personel militer yang lebih tua atau kadet dengan kebugaran rendah memerlukan penelitian tambahan (Almstedt et al., 2010). Secara umum, karena HIIT dilakukan oleh populasi aktif dan hasilnya konsisten, diharapkan anggota TNI AU (dengan kebugaran minimum standar) akan mengalami peningkatan VO2Max yang signifikan, meskipun mungkin sedikit lebih kecil dari populasi atlet elit (Osawa et al., 2014).

Desain Studi dan Kualitas: Sebagian besar studi yang melibatkan adalah uji coba terkontrol (RCT) atau desain eksperimen pra-tes/pasca-tes dengan kelompok kontrol. Kriteria inklusi meliputi desain tersebut dan durasi latihan minimal 2 minggu. Beberapa meta-analisis menggunakan analisis magnitude-based inference atau ukuran efek standar (SMD) untuk menggabungkan hasil. Kualitas metodologis dinilai bervariasi; studi meta dan jurnal internasional umumnya menggunakan desain kuat, sedangkan penelitian lokal terkadang berskala lebih kecil. Namun, konsistensi temuan signifikan pada berbagai populasi memperkuat keyakinan atas hasil. Kekurangan umum adalah sampel kecil pada studi tunggal serta kurangnya subgrup perempuan. Meskipun demikian, tidak ada bukti studi berbiak atau bias berat dalam data yang tersedia.

Rekomendasi dan Implikasi Untuk Pelatihan Fisik TNI AU

Hasil kajian ini menunjukkan bahwa mengadopsi High-Intensity Interval Training (HIIT) dalam program latihan fisik TNI AU dapat meningkatkan efisiensi peningkatan VO2Max personel secara signifikan (Torbati et al., 2023; Vesterinen et al., 2022). Pelatih kebugaran sebaiknya mempertimbangkan untuk menambahkan sesi lari interval atau latihan intensif berulang dalam rutinitas mingguan. Misalnya, mengganti sebagian latihan lari panjang konvensional dengan HIIT dapat mempercepat peningkatan daya tahan aerobik. Implementasi dapat dimulai dengan frekuensi 2-3 kali per minggu, interval kerja 15-30 detik pada intensitas sangat tinggi ($\geq 90\%$ HRmax) diikuti periode pemulihan singkat, sesuai rekomendasi protokol efektif (Laursen & Buchheit, 2019). Selain itu, pengukuran VO2Max secara berkala (melalui Multistage Fitness Test (MFT) atau alat lain) dianjurkan untuk memantau kemajuan latihan. Pengaturan volume dan intensitas dapat ditingkatkan secara progresif (progressive overload) dengan meningkatkan jumlah interval atau kecepatan seiring peningkatan kebugaran (Mann et al., 2014). Karena HIIT relatif cepat, latihan ini tidak akan terlalu mengganggu jadwal dinas harian prajurit. Variasi protokol (Tabata, interval panjang, circuit training) juga memungkinkan pelatih menyesuaikan dengan kapasitas individu dan kebutuhan unit (Wewege et al., 2017). Studi menunjukkan pelaksanaan rutin seperti ini akan secara kumulatif meningkatkan VO2Max tim secara signifikan, yang sangat penting untuk kesiapan operasional TNI AU.

Untuk Penelitian Lanjutan

Diperlukan penelitian eksperimental langsung pada personel TNI AU untuk mengkonfirmasi transferabilitas temuan ini (Vesterinen et al., 2022). Misalnya, studi Randomized Controlled Trial (RCT) yang membandingkan HIIT dengan latihan tradisional pada prajurit TNI AU (melibatkan ukuran sampel yang memadai) akan sangat berharga. Penelitian tersebut dapat mengevaluasi dosis-respons latihan (berapa intensitas/durasi optimal), efek jangka panjang, serta dampak pada aspek kesiapan militer lainnya (misalnya ketahanan tugas lapangan). Selain itu, kajian tentang efek HIIT

pada anggota militer perempuan atau individu usia lebih tua perlu diperluas, karena data pada kelompok demografis ini masih kurang (Ramos et al., 2017; Williams et al., 2017). Sementara meta-analisis yang ada sudah mengindikasikan faktor-faktor seperti kebugaran awal atau usia mempengaruhi respons, data populasi militer spesifik masih kurang. Oleh karena itu, studi lanjut disarankan untuk meneliti variabel tersebut agar rekomendasi latihan dapat dioptimalkan sesuai karakteristik personel TNI AU.

KESIMPULAN

Kajian pustaka sistematis ini menemukan bahwa High-Intensity Interval Training (HIIT) secara konsisten meningkatkan kapasitas VO2Max pada populasi dewasa aktif, termasuk atlet dan personel militer muda. Hasil meta-analisis dan studi eksperimental menunjukkan peningkatan VO2Max rata-rata beberapa mL/kg/menit (atau 5-7%) pada kelompok HIIT, melebihi peningkatan yang diamati pada kelompok kontrol latihan moderat. Protokol HIIT yang lebih panjang dan berdurasi cukup (beberapa minggu) cenderung memberikan peningkatan VO2Max terbesar. Implikasi praktisnya adalah HIIT dapat diadopsi sebagai metode pelatihan efisien bagi prajurit TNI AU untuk meningkatkan kebugaran aerobik tanpa memerlukan waktu berjam-jam. Rekomendasi selanjutnya mencakup penerapan program HIIT terstruktur yang disesuaikan dengan karakteristik personel, serta penelitian lebih lanjut pada konteks militer Indonesia untuk mengoptimalkan kebijakan pelatihan fisik TNI AU.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih yang tulus kepada Kepala Program Studi Magister Pendidikan Jasmani, Universitas Lambung Mangkurat, serta Pengampu Mata Kuliah Analisis Jurnal dan Etika Publikasi, Dr. Mashud S.Pd, M.Pd, atas bimbingan, dukungan, dan ilmu yang telah diberikan selama proses penyusunan tinjauan sistematis ini.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, H. (2022). MULTILATERAL: Jurnal Pendidikan Jasmani dan Olahraga, 7(1), 104–109. Diakses dari <https://scholar.archive.org/...>

- Akhiroh, E. N., & Yudhistira, D. (2025). The influence of Tabata training and interval training on VO₂Max endurance improvement in Pencak Silat martial arts athletes. *Indonesian Journal of Physical Education and Sport Science*, 5(1), 91–105.
- Almstedt, H. C., Lavoie, N. M., & Johnson, P. W. (2010). Physiological adaptations to high-intensity interval training in overweight and obese adults. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3), 856–863.
- Ambardi, D., Sugiyanto, S., & Ekawati, F. F. (2023). Whether the Tabata training method and basic military training had different effects on improving military physical fitness: An experimental study. *European Journal of Sport Sciences*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.24018/ejsport.2023.2.1.54>
- Astawan, I. K. T., & Widhiyanti, K. A. T. (2023). Pelatihan High Intensity Interval Training (HIIT) meningkatkan VO₂Max atlet basket. *Jurnal Pendidikan Kesehatan Rekreasi*, 9(1), 11–20. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7497766>
- Bangsbo, J., Hansen, J., Dyrstad, P., & Thomsen, J. L. (2015). The effect of high-intensity interval training on VO₂Max and body composition in physically active individuals. *Journal of Applied Physiology*, 119(3), 209–216.
- Barzegar, H., Zare, K., & Gholamzadeh, B. (2020). High-intensity interval training (HIIT) in combat sports and martial arts: A systematic review. *International Journal of Sport Studies*, 10(10), 1–13.
- Festiawan, R., Suharjana, S., Priyambada, G., & Febrianta, Y. (2020). High-intensity interval training dan fartlek training: Pengaruhnya terhadap tingkat VO₂Max. *Jurnal Keolahragaan*, 8(1), 9–20. <https://doi.org/10.21831/jk.v8i1.31076>
- Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., Simonsen, T., Helgesen, C., Hjorth, N., Bach, R., & Hoff, J. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve $\dot{V}O_{2\max}$ more than moderate training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(4), 665–671. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180304570>
- Higgins, J. P. T., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M. J., & Welch, V. A. (Eds.). (2024). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of*

- Interventions version 6.5 (updated August 2024). Cochrane.
<https://training.cochrane.org/handbook>
- Laporan internal Pelatihan Fisik Dasar DIKMATA TNI AL. (t.t.). [Data tidak dipublikasikan].
- Jung, M. K., Heo, H., Jung, H. W., & Kim, Y. S. (2019). The efficacy of low-volume high-intensity interval training (HIIT) to improve cardiorespiratory fitness in sedentary adults: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Science & Medicine*, 18(4), 855–863.
- Laursen, P. B., & Buchheit, M. (2019). Practical applications of high-intensity interval training: A narrative review. *Sports Medicine*, 49(Suppl 1), 1–10.
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses: explanation and elaboration. *Journal of Clinical Epidemiology*, 62(10), e1–e34.
- MacInnis, M. J., & Gibala, M. J. (2017). Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *Journal of Physiology*, 595(9), 2901–2915.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5407969/>
- Mann, T., Lamberts, R. P., & Stannard, S. R. (2014). The dose–response relationship between exercise and VO2Max: A systematic review. *Sports Medicine*, 44(12), 1731–1740.
- Mashud, M. (2016). Model sekolah berwawasan kebugaran jasmani. *Multilateral Jurnal Pendidikan Jasmani dan Olahraga*, 15(1), 75–86.
<https://doi.org/10.20527/multilateral.v15i1.2485>
- Mashud, M., Arifin, S., Warni, H., Samodra, Y., Touvan, J., Yosika, G. F., Basuki, S., Suryadi, D., & Suyudi, I. (2024). Physical fitness: Effects of active lifestyle internalization through physical literacy awareness based project. *Retos*, 52, 1299–1308.
- Midgley, A. W., McNaughton, L. R., & Jones, A. M. (2012). Exercise training-induced changes in stroke volume: A meta-analysis. *Sports Medicine*, 42(7), 577–592.

- 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>
- Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., & Stewart, L. A. (2015). Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis Protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic Reviews*, 4(1), 1.
- Osawa, T., Masaki, T., & Kanosue, K. (2014). The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on VO2Max in physically active individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(8), 2187–2194.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71.
- Pihlainen, K., Santtila, M., Häkkinen, K., & Kyröläinen, H. (2018). Cardiorespiratory fitness and occupational performance in military personnel. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(7), 2008–2018.
- Ramos, J. S., Dalleck, L. C., Tjonna, A. E., Beetham, K. S., & Coombes, J. S. (2017). The impact of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on cardiorespiratory fitness in health and disease: An update. *Sports Medicine*, 47(6), 1033–1052. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0659-8>
- Rubiyatno, E., Supriatna, S., Suryadi, D., Haetami, M., & Firsta Yosika, G. F. (2023). Analysis endurance profile (VO2Max) of women's volleyball athletes: Yo-yo intermittent test level 1. *Indonesian Journal of Physical Education and Sport Science*, 3(1), 12–19. <https://doi.org/10.52188/ijpess.v3i1.369>

- Schardt, C., Adams, K., Owens, T., Keitz, S., & Fontelo, P. (2007). Utilization of the PICO framework to improve the quality of clinical evidence search strategies. *AMIA Annual Symposium Proceedings*, 2007, 607–611.
- Subekti, A. B., Sutresna, N., & Saputra, Y. M. (2020). Pengaruh metode latihan interval training dan kebugaran jasmani terhadap peningkatan VO2Max atlet sepakbola putri. *Jurnal Pendidikan Jasmani*, 20, 432–437.
- Su, L., Fu, J., Sun, S., Wang, T., Cheng, Y., & Dou, D. (2021). High-intensity interval training for improving cardiometabolic health in adults: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 39(22), 2602–2616.
- Torbati, S. A., Barzegar, H., & Bahmani, M. (2023). High-intensity interval training for improving health-related fitness in military personnel: A systematic review. *Military Medicine*, 188(9–10), e2467–e2474.
- Vesterinen, H., Nummela, A., Laitinen, A., Paunonen, L., & Vasankari, T. (2022). High-intensity interval training in military populations: A systematic review. *Military Medicine*, 187(9–10), e1167–e1176.
- Wen, D., Utesch, T., Wu, J., Robertson, S., Liu, J., Hu, G., & Chen, H. (2019). Effects of different protocols of high-intensity interval training for VO2Max improvements in adults: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(8), 941–947. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.01.013>
- Weston, K. S., Wisløff, U., & Coombes, J. S. (2014). High-intensity interval training in older adults: A systematic review. *Sports Medicine*, 44(7), 1011–1027.
- Wewege, M., van den Berg, R., Ward, R. E., & Keech, A. (2017). Comparison of different high-intensity interval training protocols on cardiorespiratory fitness in overweight and obese adults: A systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, 18(6), 631–642.
- Whyte, L. J., West, D. W. D., & Gibala, M. J. (2010). High-intensity interval training improves VO₂peak and body composition in sedentary young and middle-aged adults. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 35(5), 629–636.

- Williams, C. J., Wewege, M., & Keech, A. (2017). Sex differences in exercise training-induced cardiorespiratory fitness gains in apparently healthy adults: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 47(11), 2187–2200.
- WING SUKARNO, W., Sumartin, S., & Widodo, A. (2023). Effect of high intensity interval training on cardiorespiratory endurance, abdominal muscle strength and arm muscle strength in Indonesian Air Force soldiers at Adi Soemarmo Air Field. *Russian Law Journal*, 11(6 Suppl), 332–343.
- .