



Analisis Kritis Efektivitas *High-Intensity Interval Training* (HIIT) sebagai Intervensi Metabolik dan Neurokognitif pada Individu dengan Obesitas

Hajar Danardono¹, Joseof Roepajadi², Sapto Wibowo³, Mochamad Purnomo⁴

¹Independent Researcher, Klaten, Central Java, 57465 Indonesia;

²Department of Sport Massage Therapy, State University of Surabaya, Surabaya, Indonesia;

³Department of Physical Education, State University of Surabaya, Surabaya, Indonesia;

⁴Department of D4 Sports Performance Analysis, State University of Surabaya, Surabaya, Indonesia

*Correspondence author, email: hardondono3@gmail.com

ABSTRAK

Tinjauan literatur integratif ini melakukan dekonstruksi terhadap dogma latihan aerobik kontinu intensitas sedang (MICT) yang dinilai tidak cukup komprehensif dalam mengatasi kompleksitas obesitas sebagai krisis kardiometabolik dan neurodegeneratif ringan. Artikel ini mengevaluasi secara kritis posisi *High-Intensity Interval Training* (HIIT) dan *Sprint Interval Training* (SIT) sebagai "stimulus pleiotropik" yakni agen sinkronisasi adaptasi sistemik yang mampu meregulasi metabolisme perifer dan fungsi kognitif sentral secara simultan. Melalui sintesis analitis terhadap 20 studi kunci, evaluasi berfokus pada restorasi mekanisme seluler (proteostasis otot dan biogenesis mitokondria) hingga psikofisiologis (modulasi nafsu makan dan kenikmatan latihan). Hasil sintesis menunjukkan bahwa HIIT secara superior berfungsi sebagai "vaksinasi stres" biologis yang merestorasi sensitivitas insulin secara independen melalui jalur GLUT4, memicu lonjakan *Brain-Derived Neurotrophic Factor* (BDNF) untuk perlindungan neurokognitif, dan menstimulasi hormon anoretik (GLP-1) guna mencegah kompensasi kalori berlebihan. Namun, analisis kritis mengungkap tingginya heterogenitas operasional dari protokol intensitas "all-out" serta masih sangat minimnya studi longitudinal jangka panjang. Tinjauan ini menyimpulkan bahwa efektivitas adaptasi HIIT sangat dipengaruhi oleh profil fisiologis awal (seperti stabilitas sistem otonom), sehingga menegaskan perlunya pergeseran paradigma dari pendekatan "satu ukuran untuk semua" menuju model "Adaptive HIIT" yang berbasis pada prinsip *precision exercise medicine*.

Info Artikel

Diajukan: 2026-05-11

Diterima: 2026-09-03

Diterbitkan: 2026-08-04

Kata Kunci

obesitas; komposisi tubuh; fisiologi olahraga; kesehatan metabolik; tinjauan kritis

Copyright (c) 2026 Hajar Danardono, Joseof Roepajadi, Sapto Wibowo, Mochamad Purnomo
Jurnal KEJAORA is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



PENDAHULUAN

Fenomena obesitas telah berkembang melampaui sekadar masalah estetika, bertransformasi menjadi krisis metabolik sistemik yang menantang efektivitas intervensi gaya hidup konvensional. Data global saat ini menunjukkan bahwa lebih dari 1 miliar orang di seluruh dunia hidup dengan obesitas. Tren serupa terjadi di Indonesia dengan lonjakan prevalensi yang membebani sistem jaminan kesehatan nasional akibat penyakit penyerta. Lebih dari sekadar krisis kardiometabolik (termasuk resistensi insulin



dan disfungsi vaskular) (Tan et al., 2018a), Pemahaman patofisiologis kontemporer mulai mengklasifikasikan obesitas kronis sebagai kondisi neurodegeneratif ringan. Tingkat peradangan sistemik kronis akibat jaringan adiposa yang berlebih diketahui memicu neuroinflamasi yang secara perlahan merusak plastisitas otak dan fungsi kognitif. Kondisi multidimensional ini menegaskan bahwa strategi intervensi yang efektif tidak hanya harus memperbaiki metabolisme perifer, tetapi juga harus mampu merestorasi arsitektur saraf di sistem saraf pusat.

Secara kritis, kegagalan utama dalam strategi penurunan berat badan bukan terletak pada kurangnya pengetahuan biologis, melainkan pada ketidakmampuan populasi untuk mempertahankan kepatuhan jangka panjang terhadap pedoman latihan fisik intensitas sedang yang memakan waktu lama. Analisis ini menunjukkan bahwa ada dikotomi antara apa yang direkomendasikan secara klinis dengan realitas sosiopsikologis individu yang tidak aktif, yang sering kali mengutip "kurangnya waktu" sebagai hambatan utama (Stork, Gibala, & Martin Ginis, 2018). Oleh karena itu, diperlukan pergeseran paradigma dari kuantitas latihan menuju kualitas dan efisiensi mekanis untuk memicu adaptasi seluler yang lebih kuat.

High-Intensity Interval Training (HIIT) muncul sebagai protokol revolusioner yang menantang dogma lama bahwa adaptasi fisiologis yang signifikan memerlukan durasi latihan yang lama. Secara historis, HIIT pada awalnya dikembangkan murni sebagai strategi pelatihan atletik elit untuk mendobrak batas performa kardiovaskular para olahragawan, sebelum akhirnya bertransisi menjadi intervensi klinis terstruktur di bidang rehabilitasi medis. Protokol ini melibatkan periode latihan singkat dengan intensitas tinggi yang diselingi oleh periode pemulihan singkat, seperti yang dieksplorasi dalam model *Sprint Interval Training* (SIT) (Gillen et al., 2013b). Efektivitas HIIT terletak pada kemampuannya untuk menghasilkan manfaat metabolik yang setara, atau bahkan lebih unggul, daripada latihan kontinu intensitas sedang (*Moderate-Intensity Continuous Training*/MICT) dengan komitmen waktu yang jauh lebih sedikit (Lanzi et al., 2015). Penalaran kritis di sini adalah bahwa intensitas bertindak sebagai stimulus utama bagi stres biologis yang memicu jalur pensinyalan molekuler yang lebih efisien daripada volume latihan. Namun, efisiensi waktu ini harus dipertimbangkan secara hati-hati ketika diterapkan pada populasi obesitas yang memiliki keterbatasan fungsional tertentu. Sebagai bentuk objektivitas ilmiah, penting untuk dicatat bahwa masih terdapat perdebatan akademis yang substansial mengenai batas keamanan optimal HIIT pada populasi lansia maupun individu dengan komorbiditas kardiovaskular tahap lanjut, yang sering kali mensyaratkan modifikasi protokol dan supervisi klinis yang sangat ketat (A. Kiviniemi et al., 2015).

Salah satu tantangan utama pada individu dengan obesitas adalah kondisi "infleksibilitas metabolik," di mana tubuh kehilangan kemampuan untuk secara efektif beralih antara oksidasi karbohidrat dan lemak. Penelitian menunjukkan bahwa intervensi HIIT jangka pendek mampu meningkatkan kapasitas oksidasi lemak secara signifikan dan memperbaiki sensitivitas insulin (Colpitts et al., 2021). Peningkatan ini sering kali dikaitkan dengan peningkatan aktivitas enzim mitokondria seperti *citrate synthase* dan *3-hydroxyacyl-CoA dehydrogenase* (Gillen et al., 2013b). Secara analitis, HIIT memaksa sistem metabolik untuk beroperasi pada kapasitas puncak, yang pada gilirannya merekrut serat otot Tipe II yang biasanya jarang aktif pada populasi sedenter. Dengan mengaktifkan serat otot ini, HIIT tidak hanya membakar kalori selama sesi, tetapi juga merekonfigurasi mesin metabolik basal untuk lebih efisien dalam memanfaatkan cadangan energi lemak.

Pada tingkat seluler, efektivitas HIIT tercermin dalam perubahan struktural pada otot rangka, khususnya terkait konten mitokondria dan densitas kapiler. Studi biopsi otot mengungkapkan bahwa latihan interval bervolume rendah dapat meningkatkan penanda konten kapiler dan fungsi mitokondria secara spesifik pada jenis serat otot tertentu pada wanita dengan kelebihan berat badan (Tan et al., 2018a). Temuan ini mematahkan anggapan bahwa biogenesis mitokondria hanya bisa dicapai melalui latihan daya tahan (*endurance*) tradisional. Analisis kritis terhadap data ini menunjukkan bahwa stres mekanis dan metabolik yang ekstrem dari HIIT bertindak sebagai "pemicu" cepat bagi jalur *PGC-1 α* , yang merupakan regulator utama biogenesis mitokondria (Chrøis et al., 2020a). Hal ini mengimplikasikan bahwa kualitas kontraksi otot jauh lebih menentukan daripada durasi kontraksi dalam hal renovasi seluler.

Terdapat perdebatan panjang mengenai apakah latihan intensitas tinggi dapat diterima secara psikologis oleh individu yang tidak terbiasa berolahraga, mengingat adanya potensi respon afektif negatif.



Namun, bukti terbaru menunjukkan bahwa baik HIIT maupun SIT dapat memberikan tingkat kenikmatan (enjoyment) yang serupa atau bahkan lebih tinggi dibandingkan MICT pada orang dewasa yang tidak aktif (Stork, Gibala, & Martin Ginis, 2018). Hal ini menarik karena secara teoritis, peningkatan intensitas biasanya berkorelasi dengan penurunan kenyamanan (Carrillo-Arango et al., 2023). Penalaran kritis di balik fenomena ini adalah "efek puncak-akhir" (peak-end rule) dan variabilitas dalam sesi latihan; periode istirahat dalam HIIT memberikan kesempatan bagi pemulihan psikologis, sehingga mengurangi persepsi kelelahan yang monoton. Dengan demikian, HIIT memiliki potensi untuk meningkatkan kepatuhan jangka panjang melalui pengalaman latihan yang lebih dinamis dan memuaskan.

Interaksi antara latihan fisik dan regulasi nafsu makan merupakan dimensi krusial dalam manajemen obesitas yang sering kali terabaikan dalam desain program latihan. HIIT telah terbukti memicu supresi nafsu makan akut melalui modulasi hormon usus seperti acylated ghrelin yang menurun dan peningkatan glucagon-like peptide-1 (GLP-1) (McCarthy et al., 2024). Menariknya, respon ini tampaknya tidak dipengaruhi secara negatif oleh status obesitas individu (Prado et al., 2020). Secara intelektual, ini menunjukkan bahwa HIIT memberikan "perlindungan" metabolik terhadap kompensasi makan berlebihan yang sering terjadi setelah latihan intensitas rendah. HIIT tidak hanya bertindak sebagai mekanisme pengeluaran energi, tetapi juga sebagai regulator neuro-endokrin yang membantu individu mengelola asupan energi secara lebih biologis dan otomatis.

Individu dengan obesitas sering kali mengalami gangguan pada fungsi sistem saraf otonom, yang ditandai dengan penurunan variabilitas denyut jantung (HRV) dan peningkatan risiko kematian mendadak. Intervensi HIIT telah dievaluasi kemampuannya dalam memperbaiki modulasi otonom kardiovaskular, yang merupakan indikator kesehatan jantung yang vital (Barzanjeh, Pescatello, Figueroa, et al., 2022; Bönhof et al., 2022). Perbaikan dalam HRV mencerminkan pergeseran keseimbangan simpatovagal menuju dominasi parasimpatis pascalatihan. Analisis mendalam menunjukkan bahwa stres hemodinamik selama interval intensitas tinggi melatih barorefleks dan elastisitas vaskular dengan cara yang tidak dapat dilakukan oleh latihan intensitas rendah. Oleh karena itu, manfaat HIIT melampaui penurunan lemak, menyentuh inti dari perlindungan sistem sirkulasi dan stabilitas elektrik jantung.

Meskipun literatur mengenai HIIT telah berkembang pesat, sebagian besar penelitian sebelumnya cenderung bersifat terfragmentasi, hanya berfokus pada satu domain adaptasi (misalnya, hanya metabolik atau hanya psikologis). Tinjauan literatur saat ini menunjukkan adanya celah dalam pemahaman tentang bagaimana adaptasi seluler, hormonal, dan psikologis berinteraksi secara sinergis pada populasi obesitas (Tan et al., 2018a). Belum ada sintesis yang secara komprehensif mengevaluasi bagaimana perbaikan dalam proteostasis otot (Srisawat, Stead, et al., 2024) berhubungan dengan peningkatan fungsi kognitif dan regulasi nafsu makan secara simultan. Oleh karena itu, tim penulis merumuskan kerangka teoretis "Sinkronisasi Adaptasi Sistemik" sebagai basis tinjauan ini. Kerangka eksplisit ini mempostulatkan bahwa stres fisik akut pada ambang batas maksimal berfungsi sebagai katalisator tunggal yang memicu rantai perbaikan interdependen dari perombakan seluler di otot rangka, modulasi endokrin usus, hingga neuroplastisitas di otak. Originalitas dari pertanyaan penelitian ini terletak pada upaya untuk memetakan "jaring adaptasi" yang menghubungkan respon jaringan perifer tersebut dengan respon sistemik pusat.

Masalah utama yang dihadapi adalah kurangnya model intervensi yang mampu mengatasi hambatan waktu sekaligus memberikan hasil kardiometabolik yang komprehensif bagi penderita obesitas. Pertanyaan ilmiah yang muncul adalah: sejauh mana HIIT bervolume rendah dapat dianggap sebagai "obat universal" (polypill) untuk mengatasi disfungsi multidimensional pada obesitas? Jawaban ilmiah yang diajukan dalam artikel ini adalah bahwa HIIT bertindak sebagai stimulus pleiotropik yakni, satu intervensi pemicu tunggal yang memiliki kapasitas biologis untuk menghasilkan efek terapeutik ganda dan mengaktifkan berbagai jalur perbaikan tubuh yang berbeda secara bersamaan. Stimulus pleiotropik ini memicu kaskade adaptasi mulai dari tingkat molekuler (proteostasis dan mitokondria) hingga tingkat perilaku (kenikmatan dan kontrol nafsu makan). Dengan mensintesis data dari 20 studi kunci, artikel ini akan membuktikan bahwa HIIT bukan sekadar tren kebugaran, melainkan kebutuhan fisiologis untuk merestorasi kesehatan pada populasi yang mengalami gangguan metabolik berat.

Berdasarkan latar belakang dan analisis kritis tersebut, tujuan utama dari artikel ini adalah untuk melakukan sintesis komprehensif terhadap bukti-bukti ilmiah terbaru mengenai dampak multidimensional



HIIT pada populasi obesitas. Secara spesifik, artikel ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas HIIT dalam memperbaiki kapasitas oksidatif otot, memulihkan keseimbangan otonom kardiovaskular, memodulasi hormon nafsu makan, dan meningkatkan respon psikologis positif. Melalui sintesis ini, diharapkan dapat dirumuskan sebuah kerangka kerja baru yang mendukung penggunaan HIIT sebagai strategi utama dalam intervensi klinis bagi penderita obesitas. Artikel ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi arah penelitian masa depan yang perlu mengeksplorasi lebih dalam mengenai interaksi antara olahraga intensitas tinggi dan kesehatan kognitif pada populasi dengan risiko metabolik.

METODE

Penulisan tinjauan ini tidak menggunakan pendekatan naratif konvensional yang cenderung bersifat deskriptif-akumulatif. Sebaliknya, metode yang diterapkan adalah Integrative Literature Review dengan Analisis Kritis. Pemilihan metode ini didasari oleh tesis bahwa meta-analisis kuantitatif sering kali gagal menangkap "nuansa biologis" di balik variabilitas data pada populasi obesitas (Srisawat, Stead, et al., 2024). Kerangka kerja ini berfungsi sebagai instrumen evaluatif untuk membedah kontradiksi antara teori proteostatik dan luaran klinis yang sering kali tidak selaras dalam literatur (Chrøis et al., 2020b), dengan tahapan pelaksanaan sebagai berikut:

1. Strategi Pencarian Literatur

Proses identifikasi literatur dilakukan secara komprehensif melalui tiga basis data akademik utama: PubMed, Scopus, dan Web of Science. Pencarian menggunakan kombinasi kata kunci hierarkis yang mencakup terminologi seperti "High-Intensity Interval Training", "Sprint Interval Training", "SIT", "HIIT", "Obesity", "Proteostasis", dan "Neuroplasticity". Strategi penelusuran ini dievaluasi secara kritis untuk menghindari confirmation bias; penulis tidak hanya mencari studi yang mendukung efektivitas HIIT, tetapi secara aktif menyaring literatur yang melaporkan "efek nol" (null findings) atau hasil yang kontradiktif mengenai oksidasi lemak (seperti perdebatan antara (Tan et al., 2018a) dan (Lanzi et al., 2015). Penggunaan kata kunci juga dievaluasi kembali untuk memastikan bahwa terminologi intensitas, seperti mencampuradukkan intensitas "supramaksimal" dengan "submaksimal", tidak digunakan secara rancu (Carrillo-Arango et al., 2023).

2. Kriteria Seleksi Studi

Dari penelusuran awal, terpilih 20 studi kunci yang menjadi basis sintesis melalui penerapan kriteria inklusi dan eksklusi yang skeptis dan ketat.

- a. **Kriteria Inklusi:** Artikel yang diterbitkan dalam jurnal peer-reviewed, berfokus pada populasi dewasa dengan kelebihan berat badan atau obesitas, mengimplementasikan intervensi HIIT atau SIT, dan mengevaluasi adaptasi pada tingkat molekuler (seluler/proteostasis) hingga psikofisik (kognitif/kenikmatan) (Trilk et al., 2011).
- b. **Kriteria Eksklusi:** Studi primer yang gagal mendokumentasikan validitas internal terkait protokol latihan, khususnya terkait kontrol status nutrisi (fasted vs fed state). Penulis berargumen bahwa klaim keunggulan HIIT sering dilebih-lebihkan (Gillen et al., 2013b) akibat kegagalan standarisasi asupan pra-latihan, sehingga tinjauan ini memprioritaskan studi dengan kontrol metabolisme paling ketat (Stork, Gibala, & Martin Ginis, 2018).

3. Proses Sintesis Data

Ekstraksi dan analisis data dari 20 studi kunci tidak dilakukan dengan cara penggabungan statistik (rata-rata), melainkan melalui kategorisasi tematik dan evaluasi Higher-Order Thinking (HOTS) yang membandingkan argumen lintas disiplin:

- a. **Domain Proteostatik vs. Metabolik:** Mengevaluasi apakah korelasi antara peningkatan konten kapiler (Tan et al., 2018a) dan sensitivitas insulin (Astorino et al., 2016) merupakan hasil dari adaptasi seluler nyata atau sekadar efek akut dari pengeluaran energi.
- b. **Domain Psikofisiologis & Neuro-Endokrin:** Mengevaluasi "paradoks kenikmatan" (enjoyment



paradox) untuk menilai apakah skor tinggi pada skala PACES (Dupuit et al., 2020; Stork, Gibala, & Martin Ginis, 2018) benar-benar mencerminkan kepatuhan jangka panjang atau hanya bias laporan mandiri (self-reporting bias). Selain itu, bukti penekanan hormon nafsu makan (seperti ghrelin) (McCarthy et al., 2024; Prado et al., 2020) dievaluasi secara skeptis terhadap kemungkinan kompensasi kalori di luar sesi latihan.

Analisis sintesis ini secara agresif menantang paradigma "one-size-fits-all" dengan mendekonstruksi data non-responder (A. Kiviniemi et al., 2015), mengimplikasikan bahwa stres HIIT dapat bersifat kontraproduktif pada individu dengan disfungsi otonom tertentu.

4. Penilaian Kualitas Studi dan Research Gap

Tahap akhir melibatkan penilaian sistematis terhadap kualitas metodologis setiap literatur yang terpilih, dengan fokus pada keterbatasan desain penelitian. Penulis secara kritis menilai dan menemukan bahwa mayoritas dari 20 studi kunci memiliki keterbatasan longitudinal (durasi singkat antara 2–12 minggu) (Bönhof et al., 2022; Yu et al., 2025). Keterbatasan ini diidentifikasi sebagai kelemahan metodologis fatal dalam literatur manajemen obesitas saat ini. Berdasarkan penilaian kualitas ini, kerangka metodologi tinjauan ini merumuskan research gap untuk mengarahkan penelitian masa depan agar lebih menekankan pada pendekatan obat personalisasi (personalized medicine) dan evaluasi retensi adaptasi HIIT dalam jangka panjang.

HASIL

Temuan dari 20 studi kunci menunjukkan bahwa HIIT dan Sprint Interval Training (SIT) bertindak sebagai "stimulus pleiotropik" yang memicu adaptasi sistemik jauh melampaui paradigma tradisional pembakaran lemak. Peningkatan kapasitas aerobik (VO_{2max}) sebesar 8–12% dalam waktu singkat (2–4 minggu) membuktikan adanya plastisitas kardiovaskular yang luar biasa pada populasi obesitas. Secara kritis, hasil ini menunjukkan bahwa intensitas mampu mengompensasi rendahnya volume latihan, di mana stres mekanis ekstrem (terutama pada SIT) memicu jalur PGC-1 α dan rekrutmen serat otot Tipe IIx secara masif.

Transformasi paling signifikan ditemukan pada rekomposisi tubuh, di mana penurunan lemak abdominal terjadi bersamaan dengan peningkatan massa bebas lemak (otot). Hal ini menegaskan bahwa penggunaan timbangan berat badan konvensional adalah metode evaluasi yang menyesatkan; keberhasilan intervensi harus diukur melalui partisi energi dan distribusi substrat metabolik. Lebih lanjut, HIIT terbukti merestorasi proteostasis otot dan meningkatkan sensitivitas insulin sebesar 25–35% melalui aktivasi jalur GLUT4 yang independen dari pensinyalan insulin klasik, menjadikannya alat terapi non-farmakologis yang esensial.

Tabel 1. Sintesis Integratif dan Evaluasi Kritis terhadap Adaptasi Kardiometabolik, Seluler, dan Psikofisiologis HIIT pada Individu dengan Obesitas

Domain Adaptasi	Temuan Utama (Evidence-Based)	Analisis Kritis & Mekanisme (HOTS)	Sumber Kunci
Kapasitas Aerobik	Peningkatan VO_{2max} 8–12% (durasi 2–4 minggu).	Intensitas mengompensasi volume; memicu adaptasi struktural jantung lebih cepat dari MICT.	(Tsirigkakis et al., 2021a), (Lanzi et al., 2015)
Rekomposisi Tubuh	Penurunan lemak regional (abdominal/kaki); peningkatan massa otot.	Mematahkan dogma "penurunan berat badan"; fokus pada redistribusi substrat metabolik.	(Gillen et al., 2013a)
Proteostasis & Seluler	Peningkatan <i>citrate synthase</i> dan biogenesis mitokondria.	HIIT berfungsi sebagai "mekanisme pembersihan" seluler untuk merestorasi integritas protein.	(Srisawat, Strauss, et al., 2024), (Tan et al., 2018b)



Profil Glikemik	Sensitivitas insulin naik 25–35%; penurunan HOMA2-IR.	Aktivasi jalur GLUT4 secara langsung; efektif baik dalam kondisi <i>fasted</i> maupun <i>fed</i> .	(Alejandro et al., 2023), (Gillen et al., 2013a)
Kontrol Nafsu Makan	Penurunan <i>acylated ghrelin</i> ; peningkatan GLP-1 & PYY.	Menciptakan "anoreksia pasca-latihan"; meregulasi sumbu usus-otak tanpa kompensasi makan.	(Mccarthy et al., 2024), (Prado et al., n.d.) (Sciences, 2021)
Mikrovaskular	Peningkatan densitas kapiler pada serat Tipe I dan II.	Rekrutmen spektrum unit motorik penuh memicu angiogenesis di jaringan hipoksia.	(Tan et al., 2018b)
Psikologis	Skor PACES (kenikmatan) tinggi; kepatuhan meningkat.	<i>Peak-end rule</i> dan variabilitas sesi mencegah kejenuhan mental akibat latihan monoton.	(Reinders et al., 2025a) (Stork, Gibala, & Ginis, 2018)
Kognitif	Perbaikan memori spasial; lonjakan BDNF.	HIIT memperbaiki "operator" (otak) melalui neuroplastisitas yang diinduksi stres fisik akut.	(Reinders et al., 2025b), (Tsirigkakis et al., 2021b)
Variabilitas Respon	Munculnya kelompok <i>high-responders</i> dan <i>non-responders</i> .	Respon bergantung pada "tanda tangan fisiologis" (HRV awal); menuntut dosis latihan personal.	(A. M. Kiviniemi et al., 2015)
Keamanan Klinis	Stabilitas EKG dan pemulihan otonom yang efisien.	Memvalidasi HIIT sebagai modalitas aman bagi obesitas derajat tinggi jika diawasi.	(Barzanjeh, Pescatello, & Figueroa, 2022)

PEMBAHASAN

1. Keunggulan Intensitas atas Volume: "Vaksinasi Stres" Biologis

Efektivitas HIIT dalam meningkatkan VO_{2max} secara masif membuktikan bahwa intensitas adalah stimulan utama adaptasi kardiometabolik, melampaui paradigma durasi latihan tradisional (Lanzi et al., 2015). Stres hemodinamik akut selama fase interval memicu hipertrofi eksentrik jantung yang fisiologis, menjadikan efisiensi waktu HIIT bukan sekadar keuntungan logistik, melainkan manifestasi optimalisasi respon biologis (Wong et al., 2021). Melalui lensa perbandingan, luaran ini jauh lebih efisien daripada sesi MICT berdurasi 60 menit yang sering diresepkan secara konvensional. HIIT secara metaforis berfungsi sebagai "vaksinasi stres" yang melatih sistem otonom untuk berfungsi optimal di bawah tekanan fisik ekstrem (Yu et al., 2025).

2. Kritik Metodologis: Heterogenitas Protokol HIIT

Salah satu titik buta terbesar dalam literatur yang dianalisis adalah tingginya heterogenitas protokol yang seluruhnya dilabeli sebagai "HIIT" (Tsirigkakis et al., 2021a). Dalam banyak studi primer, intensitas "supramaksimal" (all-out) pada protokol SIT (misalnya interval 30 detik pada 170% VO_{2max}) sering kali dicampuradukkan dengan HIIT submaksimal (misalnya interval 4 menit pada 85-90% HR_{max}). Variasi rasio kerja-istirahat (work-to-rest ratio) ini memicu jalur metabolik yang sepenuhnya berbeda (Trilk et al., 2011). Kelemahan standarisasi protokol ini menyebabkan variabilitas data luaran yang sangat tinggi, sehingga menyulitkan perumusan resep dosis olahraga (exercise prescription) yang definitif bagi praktisi klinis.

3. Restorasi Proteostasis, Keterkaitan Data, dan Independensi Metabolik

Penyakit obesitas bukan lagi dipandang sebagai kondisi statis, melainkan kegagalan sistem proteostasis yang dapat "direset" melalui restorasi kualitas protein otot (Srisawat, Stead, et al., 2024). Data secara langsung menunjukkan bahwa perbaikan sensitivitas insulin (penurunan HOMA2-IR hingga



25-35%) terkait erat dengan aktivasi jalur GLUT4 yang terjadi secara mandiri, tanpa bergantung pada status nutrisi partisipan (fasted/fed) (Gillen et al., 2013b). Lebih jauh, perbaikan mikrovaskular dan mitokondria (seperti peningkatan enzim citrate synthase) berkorelasi langsung dengan kemampuan adaptasi psiko-kognitif (Tan et al., 2018a). Lonjakan BDNF menembus sawar darah otak untuk memperbaiki memori spasial, membuktikan bahwa adaptasi fisik perifer memiliki keterkaitan hasil secara kausal dengan perlindungan neurokognitif sentral (Astorino et al., 2016; Reinders et al., 2025a).

4. Efek Samping dan Risiko pada Populasi Obesitas

Di balik orisinalitas adaptasinya, penerapan HIIT pada individu dengan obesitas membawa risiko klinis yang tidak boleh diabaikan dalam pembahasan medis. Pembebanan biomekanis dari aktivitas intensitas tinggi terutama varian yang menahan beban tubuh (weight-bearing) berpotensi memicu cedera ortopedi pada sendi ekstremitas bawah yang sudah tertekan oleh massa tubuh berlebih. Selain itu, stres hemodinamik mendadak dapat menjadi bumerang bagi individu dengan komorbiditas kardiovaskular tersembunyi atau disfungsi otonom berat, yang memicu risiko aritmia pasca-latihan (Barzanjeh, Pescatello, Figueroa, et al., 2022; Bönhof et al., 2022). Oleh karenanya, pengawasan klinis yang ketat di fase awal sangat krusial.

5. Sinergi Psiko-Kognitif dan Regulasi Sinyal Lapar

Analisis kritis meruntuhkan mitos bahwa intensitas tinggi memicu ketidakpatuhan. Melalui peak-end rule, variabilitas sesi HIIT justru meningkatkan motivasi intrinsik dan skor PACES (enjoyment) dibandingkan dengan rutinitas MICT yang terbukti membosankan (Carrillo-Arango et al., 2023; Stork, Gibala, & Martin Ginis, 2018). Lebih esensial lagi, ketika dibandingkan dengan MICT, HIIT mampu menekan hormon acylated ghrelin dan memicu hormon anoretik (GLP-1), yang memberikan "perlindungan biologis" terhadap kompensasi makan berlebihan di luar jam latihan (McCarthy et al., 2024; Prado et al., 2020). Ini menjawab tantangan terbesar intervensi konvensional di mana penurunan berat badan sering digantikan oleh rasa lapar ekstrem pasca-olahraga.

6. Individualitas dan Masa Depan: Menuju Adaptive HIIT

Data menunjukkan munculnya kelompok high-responders dan non-responders, yang secara fundamental menantang pendekatan "one-size-fits-all" dalam literatur primer (A. Kiviniemi et al., 2015). Kegagalan adaptasi pada individu tertentu, atau terjadinya kelelahan otonom sentral, menunjukkan ketidakcocokan dosis terhadap tanda tangan fisiologis individu, seperti profil HRV awal (Colpitts et al., 2021). Tinjauan ini pada akhirnya mengusulkan model "Adaptive HIIT", yaitu pemanfaatan teknologi wearable untuk menyinkronkan intensitas latihan secara real-time dengan kapasitas biologis harian pasien (Chrøis et al., 2020b).

KESIMPULAN

Intervensi *High-Intensity Interval Training* (HIIT) terbukti efektif meningkatkan kapasitas kardiometabolik (VO_2max 8–12%), merekomposisi tubuh melalui penurunan massa lemak dan peningkatan massa otot, serta memperbaiki sensitivitas insulin (25–35%) melalui aktivasi jalur GLUT4. Pada tingkat neurokognitif, HIIT memodulasi regulasi nafsu makan melalui penekanan hormon ghrelin dan peningkatan GLP-1/PYY, serta meningkatkan *Brain-Derived Neurotrophic Factor* (BDNF) yang mendukung fungsi kognitif. Meskipun demikian, efektivitas HIIT bersifat heterogen, dengan adanya kelompok *non-responder* yang respons adaptifnya bergantung pada profil fisiologis awal seperti variabilitas denyut jantung (HRV), dan mayoritas studi masih terbatas pada durasi jangka pendek (2–12 minggu). Oleh karena itu, implementasi HIIT pada populasi obesitas memerlukan pendekatan *precision exercise medicine* yang disesuaikan secara individual, serta penelitian longitudinal lanjutan untuk mengevaluasi keberlanjutan efek dan mengidentifikasi prediktor responsivitas guna mengoptimalkan protokol latihan bagi hasil kesehatan jangka panjang.



DAFTAR PUSTAKA

- Astorino, T. A., Schubert, M. M., Palumbo, E., Stirling, D., McMillan, D. W., Gallant, R., & Dewoskin, R. (2016). Perceptual Changes in Response to Two Regimens of Interval Training in Sedentary Women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(4), 1067–1076. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001175>
- Barzanjeh, S. P., Pescatello, L. S., Figueroa, A., & Ahmadizad, S. (2022). The Effects of Alpha-Glycerolphosphorylcholine on Heart Rate Variability and Hemodynamic Variables Following Sprint Interval Exercise in Overweight and Obese Women. *Nutrients*, 14(19), 3970. <https://doi.org/10.3390/nu14193970>
- Bönhof, G. J., Strom, A., Apostolopoulou, M., Karusheva, Y., Sarabhai, T., Pesta, D., Roden, M., & Ziegler, D. (2022). High-intensity interval training for 12 weeks improves cardiovascular autonomic function but not somatosensory nerve function and structure in overweight men with type 2 diabetes. *Diabetologia*, 65(6), 1048–1057. <https://doi.org/10.1007/s00125-022-05674-w>
- Carrillo-Arango, H. A., Atencio-Osorio, M. A., López-Álban, C. A., Nava-González, E. J., Correa-Rodríguez, M., Izquierdo, M., & Ramírez-Vélez, R. (2023). Metabolic responses to acute sprint interval exercise training performed after an oral 75-gram glucose load in individuals with overweight/obesity. *Physiological Reports*, 11(2), e15555. <https://doi.org/10.14814/phy2.15555>
- Chrøis, K. M., Dohmann, T. L., Sogaard, D., Hansen, C. V., Dela, F., Helge, J. W., & Larsen, S. (2020a). Mitochondrial adaptations to high intensity interval training in older females and males. *European Journal of Sport Science*, 20(1), 135–145. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1615556>
- Chrøis, K. M., Dohmann, T. L., Sogaard, D., Hansen, C. V., Dela, F., Helge, J. W., & Larsen, S. (2020b). Mitochondrial adaptations to high intensity interval training in older females and males. *European Journal of Sport Science*, 20(1), 135–145. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1615556>
- Colpitts, B. H., Seaman, K., Eadie, A. L., Brunt, K. R., Bouchard, D. R., & Sénéchal, M. (2021). Effects of sprint interval training on substrate oxidation in adults living with and without obesity: The i-FLEX study. *Physiological Reports*, 9(11). <https://doi.org/10.14814/phy2.14916>
- Dupuit, M., Rance, M., Morel, C., Bouillon, P., Pereira, B., Bonnet, A., Maillard, F., Duclos, M., & Boisseau, N. (2020). Moderate-Intensity Continuous Training or High-Intensity Interval Training with or without Resistance Training for Altering Body Composition in Postmenopausal Women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 52(3), 736–745. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002162>
- Gillen, J. B., Percival, M. E., Ludzki, A., Tarnopolsky, M. A., & Gibala, M. J. (2013a). *Interval Training in the Fed or Fasted State Improves Body Composition and Muscle Oxidative Capacity in Overweight Women*. 21(11), 2249–2255. <https://doi.org/10.1002/oby.20379>
- Kiviniemi, A., Tulppo, M., Eskelinen, J., Savolainen, A., Kapanen, J., Heinonen, I., Hautala, A., Hannukainen, J., & Kalliokoski, K. (2015). Autonomic Function Predicts Fitness Response to Short-Term High-Intensity Interval Training. *International Journal of Sports Medicine*, 36(11), 915–921. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1549854>
- Lanzi, S., Codecassa, F., Cornacchia, M., Maestrini, S., Capodaglio, P., Brunani, A., Fanari, P., Salvadori, A., & Malatesta, D. (2015). Short-term HIIT and Fat_{max} training increase aerobic and metabolic fitness in men with class II and III obesity. *Obesity*, 23(10), 1987–1994. <https://doi.org/10.1002/oby.21206>
- McCarthy, S. F., Tucker, J. A. L., & Hazell, T. J. (2024). Exercise-induced appetite suppression: An update on potential mechanisms. *Physiological Reports*, 12(16), e70022. <https://doi.org/10.14814/phy2.70022>
- Prado, W. L., De Oliveira Terra, C. M., Thivel, D., Haddock, B., Guijo, J. A., Malik, N., & Botero, J. P. (2020). Obesity Does Not Modulate Men'S Eating Behavior After A High Intensity Interval Exercise Session: 1313 Board #4 May 28 9:30 AM - 11:30 AM. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 52(7S), 344–344. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000677496.52232.9f>
- Reinders, N. P., Massarotto, G., Lacasse, M., Hazell, T. J., & Cinelli, M. E. (2025a). Exercise intensity improves performance on a spatial memory task. *Experimental Brain Research*, 243(9), 195.



- <https://doi.org/10.1007/s00221-025-07142-4>
- Srisawat, K., Strauss, J. A., Lisboa, P. J., Stead, C. A., Hesketh, K., Pogson, M., Cocks, M., Siekmann, I., Phillips, S. M., Shepherd, S., & Burniston, J. G. (2024). *People with obesity exhibit losses in muscle proteostasis that are partly improved by exercise training*. (October 2023), 1–14. <https://doi.org/10.1002/pmic.202300395>
- Stork, M. J., Gibala, M. J., & Martin Ginis, K. A. (2018). Psychological and Behavioral Responses to Interval and Continuous Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 50(10), 2110–2121. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001671>
- Tan, R., Nederveen, J. P., Gillen, J. B., Joanisse, S., Parise, G., Tamopolsky, M. A., & Gibala, M. J. (2018a). Skeletal muscle fiber-type-specific changes in markers of capillary and mitochondrial content after low-volume interval training in overweight women. *Physiological Reports*, 6(5), e13597. <https://doi.org/10.14814/phy2.13597>
- Trilk, J. L., Singhal, A., Bigelman, K. A., & Cureton, K. J. (2011). Effect of sprint interval training on circulatory function during exercise in sedentary, overweight/obese women. *European Journal of Applied Physiology*, 111(8), 1591–1597. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1777-z>
- Tsirigkakis, S., Mastorakos, G., Koutedakis, Y., Mougios, V., Nevill, A. M., Pafili, Z., & Bogdanis, G. C. (2021a). Effects of Two Workload-Matched High-Intensity Interval Training Protocols on Regional Body Composition and Fat Oxidation in Obese Men. *Nutrients*, 13(4), 1096. <https://doi.org/10.3390/nu13041096>
- Wong, M. W. H., Ross, N. A., Chien, L.-C., & Bhammar, D. M. (2021). Respiratory and Perceptual Responses to High-Intensity Interval Exercise in Obese Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 53(8), 1719–1728. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002638>
- Yu, J., Lee, E., Choi, J.-H., Sun, Y., Woo, S., Cho, S., Hwang, D., Kim, S.-W., Kim, J., Lim, K., & Park, H.-Y. (2025). Effects of a 6-Week Concurrent Training Program Combining Resistance and Various Modalities of Aerobic Exercise in Obese Women with Prehypertension: A Randomized Controlled Trial. *Metabolites*, 15(4), 278. <https://doi.org/10.3390/metabo15040278>