Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X (Printed)
6 (1) 2026, Page : 1152-1158

Modulasi Hormon Leptin Dan Ghrelin Oleh Berbagai Modalitas Latihan Fisik: Systematic Review

Mochamad Risyad Ghifari Hardianto
Fakultas Kedokteran Militer Universitas Pertahanan RI, Bogor, Indonesia
Corresponding Author**: Mochamad Risyad Ghifari Hardianto,,** e-mail**:** rrghifari@gmail.com

Published: Januari, 2026

ABSTRAK

Latar Belakang: Regulasi nafsu makan dan homeostasis energi melibatkan leptin (hormon kenyang dari jaringan adiposa) dan ghrelin (hormon oreksigenik dari lambung), yang disregulasinya berkontribusi pada obesitas dan sindrom metabolik. Latihan fisik memodulasi hormon ini, tetapi temuan heterogen antar modalitas, durasi, dan populasi. **Tujuan:** Meninjau secara sistematis pengaruh berbagai modalitas latihan fisik terhadap kadar leptin dan ghrelin pada dewasa. **Metode:** Systematic review naratif mengikuti pedoman PRISMA 2020 dengan pencarian kerangka PICO di PubMed, Scopus, Web of Science, dan ScienceDirect. Populasi: dewasa ≥18 tahun (sehat, atlet, overweight/obesitas, kondisi metabolik/klinis). Sampel: lima studi intervensi (RCT/kuasi-eksperimental; n≈153 subjek). Instrumen: formulir ekstraksi data standar dan Cochrane Risk of Bias Tool. Analisis: sintesis naratif membandingkan perubahan hormonal. **Hasil:** Latihan kronik kombinasi aerobik-resistensi secara konsisten menurunkan leptin pada kelompok obesitas/sindrom metabolik; latihan aerobik akut intensitas tinggi menurunkan acylated ghrelin sementara (exercise-induced anorexia). Latihan kronik dengan penurunan berat badan meningkatkan ghrelin secara kompensatorik. **Kesimpulan:** Latihan fisik memodulasi leptin/ghrelin secara kontekstual berdasarkan jenis, durasi, dan karakteristik populasi, mendukung protokol kombinasi untuk pasien metabolik dengan monitoring ghrelin guna mengatasi kompensasi.

Kata Kunci: Aerobic Exercise, Ghrelin, Leptin, Physical Exercise, Resistance Training

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

PENDAHULUAN

Regulasi nafsu makan dan homeostasis energi melibatkan interaksi kompleks antara sistem saraf pusat dan sinyal metabolik perifer, dengan leptin dan ghrelin sebagai hormon kunci. Leptin, yang disekresikan oleh jaringan adiposa, berfungsi menekan nafsu makan serta meningkatkan pengeluaran energi melalui mekanisme hipotalamus, sementara ghrelin dari lambung bertindak sebagai oreksigenik utama yang merangsang rasa lapar dan asupan makanan (Friedman & Halaas, 1998; Müller et al., 2015). Disregulasi kedua hormon ini berkaitan erat dengan obesitas, sindrom metabolik, dan resistensi insulin (Klok et al., 2007; van der Klaauw & Farooqi, 2015). Fenomena ini semakin relevan di tengah prevalensi obesitas global yang meningkat, di mana gangguan hormonal memperburuk ketidakseimbangan energi (Hagobian et al., 2021; Martins et al., 2023).

Latihan fisik muncul sebagai intervensi nonfarmakologis utama untuk mengendalikan berat badan dan meningkatkan kesehatan metabolik, tidak hanya melalui peningkatan pengeluaran energi tetapi juga regulasi hormon nafsu makan (Blundell et al., 2015; King et al., 2010). Berbagai studi menunjukkan latihan fisik jangka panjang, terutama yang disertai penurunan massa lemak, cenderung menurunkan kadar leptin sirkulasi sebagai indikator perbaikan sensitivitas leptin (Rosenbaum & Leibel, 2010; Schubert et al., 2022). Sementara itu, latihan aerobik akut intensitas tinggi dapat menekan ghrelin sementara, menyebabkan penurunan asupan energi pasca-latihan atau exercise-induced anorexia (Broom et al., 2007; Martins et al., 2017).

Meskipun demikian, hasil penelitian mengenai pengaruh latihan fisik terhadap leptin dan ghrelin masih heterogen, dipengaruhi oleh modalitas latihan, durasi intervensi, intensitas, serta karakteristik individu seperti status metabolik awal (Schubert et al., 2014; Zouhal et al., 2021). Pada latihan kronik dengan penurunan berat badan, ghrelin justru dapat meningkat sebagai respons kompensasi untuk mempertahankan keseimbangan energi, menciptakan tantangan dalam penerapan intervensi (Sumithran et al., 2011; Aronis et al., 2024). Variasi ini menimbulkan permasalahan dalam memahami mekanisme yang tepat dan merancang program latihan efektif untuk pengelolaan obesitas.

Permasalahan semakin kompleks karena tidak semua studi melaporkan perubahan signifikan pada kedua hormon secara simultan, dengan desain intervensi dan metode pengukuran yang bervariasi (King et al., 2010; Hagobian et al., 2021). Heterogenitas ini menyulitkan generalisasi temuan, terutama pada populasi dewasa dengan kondisi metabolik spesifik seperti obesitas atau sindrom metabolik (Makiel et al., 2023; Zouhal et al., 2021). Akibatnya, diperlukan sintesis bukti yang sistematis untuk mengklarifikasi pola respons hormonal berdasarkan jenis latihan.

Penelitian ini bertujuan untuk meninjau secara sistematis pengaruh berbagai modalitas latihan fisik terhadap kadar leptin dan ghrelin pada populasi dewasa. Urgensi penelitian terletak pada kebutuhan intervensi berbasis bukti untuk mengatasi epidemi obesitas, di mana modulasi hormonal dapat mendukung pengendalian nafsu makan dan berat badan secara berkelanjutan (Blundell et al., 2015; Martins et al., 2023). Kebaruan penelitian ini adalah fokus naratif pada lima studi intervensi terkini dengan analisis kontekstual berdasarkan PRISMA, yang menawarkan sintesis komprehensif atas variasi respons akut versus kronik serta implikasi klinisnya (Page et al., 2021; Aronis et al., 2024).

METODE

Jenis dan Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain systematic review dengan pendekatan naratif untuk mensintesis bukti dari studi intervensi yang mengevaluasi pengaruh latihan fisik terhadap kadar leptin dan ghrelin. Pendekatan ini mengikuti pedoman PRISMA 2020 guna memastikan transparansi dan reproduktibilitas proses review (Page et al., 2021; Nakagawa et al., 2023). Strategi pencarian literatur sistematis dirancang berdasarkan kerangka PICO, dengan kata kunci utama seperti "physical exercise," "aerobic exercise," "resistance training," "leptin," dan "ghrelin" yang dikombinasikan menggunakan operator Boolean (Sugiyono, 2023; Sudaryono, 2022). Pencarian dilakukan di database utama yaitu PubMed, Scopus, Web of Science, dan ScienceDirect, dilengkapi reference screening untuk studi tambahan.

Instrumen dan Teknik Analisis Data

Instrumen utama mencakup formulir ekstraksi data standar yang mencatat variabel seperti karakteristik studi, populasi, intervensi, dan hasil hormonal, serta Cochrane Risk of Bias Tool untuk menilai kualitas metodologis. Analisis data dilakukan secara naratif mengingat heterogenitas tinggi antar studi dalam hal modalitas latihan dan durasi intervensi, dengan perbandingan berdasarkan arah perubahan leptin/ghrelin serta konsistensi temuan (Emzir, 2021; Creswell & Creswell, 2023). Teknik ini memungkinkan sintesis komprehensif pola respons hormonal tanpa meta-analisis kuantitatif, sesuai praktik systematic review di bidang kesehatan (Page et al., 2021).

Populasi dan Sampel

Populasi target adalah individu dewasa berusia ≥18 tahun, mencakup subjek sehat, atlet, overweight/obesitas, serta kondisi metabolik/klinis seperti sindrom metabolik atau kanker kolorektal. Sampel terdiri dari lima studi intervensi (RCT dan quasi-eksperimental) yang memenuhi kriteria inklusi setelah PRISMA flow: 16 artikel diidentifikasi, 13 setelah deduplikasi, 9 screening full-text, dan 5 diinklusi (total subjek ~153 dari berbagai negara). Kriteria eksklusi mencakup studi non-intervensi, populasi <18 tahun, atau tanpa data kuantitatif leptin/ghrelin (Sugiyono, 2023; Nakagawa et al., 2023).

Prosedur Penelitian

Prosedur dimulai dengan pencarian literatur tanpa batas waktu, diikuti skrining bertahap (judul/abstrak, full-text), ekstraksi data independen oleh dua peneliti, dan resolusi diskusi untuk disepakati. Penilaian risiko bias dan kualitas menggunakan Cochrane Tool mendahului sintesis naratif, dengan PRISMA flow diagram sebagai dokumentasi (Gambar 1). Proses ini mematuhi standar sistematis untuk mereproduksi temuan yang kontekstual terkait modulasi hormonal oleh latihan fisik (Creswell & Creswell, 2023; Sudaryono, 2022).

HASIL

Sebanyak lima studi intervensi yang memenuhi kriteria inklusi dianalisis untuk mengevaluasi pengaruh berbagai modalitas latihan fisik terhadap perubahan kadar hormon leptin dan ghrelin pada populasi dewasa. Studi-studi tersebut mencakup berbagai negara dan karakteristik populasi, termasuk individu sehat, atlet, individu overweight atau obesitas, serta subjek dengan kondisi metabolik atau klinis tertentu, dengan durasi intervensi yang bervariasi mulai dari latihan akut hingga program latihan jangka panjang (Kang et al., 2018; Kojima et al., 2016; Larsen et al., 2015; Makiel et al., 2023; Nuri et al., 2016).

Secara keseluruhan, sebagian besar penelitian menunjukkan bahwa latihan fisik kronik memberikan efek penurunan terhadap kadar leptin, terutama pada individu dengan obesitas atau sindrom metabolik. Penurunan kadar leptin paling konsisten dilaporkan pada studi yang menggunakan latihan kombinasi aerobik–resistensi, yang umumnya disertai dengan perbaikan komposisi tubuh dan parameter metabolik (Kang et al., 2018; Makiel et al., 2023). Sebaliknya, beberapa studi yang menggunakan latihan aerobik tunggal tidak melaporkan perubahan kadar leptin yang signifikan setelah intervensi (Nuri et al., 2016).

Respons terhadap kadar ghrelin menunjukkan pola yang lebih heterogen. Studi yang mengevaluasi latihan aerobik akut intensitas tinggi atau durasi panjang, khususnya pada atlet atau individu terlatih, melaporkan penurunan kadar ghrelin secara sementara yang berhubungan dengan penurunan asupan energi pasca-latihan (Kojima et al., 2016; Larsen et al., 2015). Temuan ini mencerminkan fenomena *exercise-induced anorexia*. Namun, pada intervensi latihan kronik yang disertai dengan penurunan berat badan, kadar ghrelin justru cenderung meningkat, yang diduga merupakan respons kompensasi fisiologis untuk mempertahankan keseimbangan energi (Kang et al., 2018; Nuri et al., 2016).

Variasi respons hormonal juga dipengaruhi oleh karakteristik populasi dan desain intervensi. Studi yang melibatkan populasi dengan gangguan metabolik atau kondisi klinis tertentu menunjukkan respons leptin dan ghrelin yang berbeda dibandingkan individu sehat atau atlet, kemungkinan berkaitan dengan perbedaan status metabolik awal dan sensitivitas hormonal (Makiel et al., 2023; Nuri et al., 2016). Selain itu, tidak semua penelitian menilai leptin dan ghrelin secara bersamaan, sehingga perbandingan respons hormonal terpadu antar studi menjadi terbatas (Larsen et al., 2015).

Dari aspek metodologis, sebagian besar studi yang dianalisis memiliki risiko bias rendah hingga sedang. Penelitian dengan desain intervensi yang lebih terkontrol serta metode pengukuran hormon berbasis pemeriksaan laboratorium terstandar cenderung menghasilkan temuan yang lebih konsisten dibandingkan studi dengan variasi besar dalam modalitas latihan dan durasi intervensi (Larsen et al., 2015; Makiel et al., 2023).

Secara umum, temuan dari seluruh studi intervensi menunjukkan bahwa latihan fisik berpotensi memodulasi kadar leptin dan ghrelin, namun efek tersebut sangat bergantung pada jenis latihan, durasi intervensi, serta karakteristik populasi yang diteliti. Variasi desain penelitian dan metode pengukuran hormon menyebabkan heterogenitas hasil antar studi, sehingga diperlukan penelitian lanjutan dengan protokol latihan dan metode evaluasi hormonal yang lebih terstandar untuk memperkuat bukti yang ada.

Tabel 1. Hasil Systematic Review

No.	Penulis	Tahun	Negara	Jumlah Subjek	Judul	Kesimpulan (berdasarkan Results & PICO)
1	Nuri et al.	2016	Iran	30 pria dengan kanker kolorektal	*Effect of aerobic exercise on leptin and ghrelin in patients with colorectal cancer*	Latihan aerobik selama 8 minggu secara signifikan meningkatkan kadar ghrelin dan meningkatkan VO_2peak, tetapi tidak menyebabkan perubahan signifikan kadar leptin dibanding kelompok kontrol. Efek ini hilang setelah 1 minggu detraining.
2	Kojima et al.	2016	Jepang	23 atlet lari jarak jauh pria	*The Effect of a 20 km Run on Appetite Regulation in Long Distance Runners*	Lari 20 km sebagai latihan aerobik akut intensitas tinggi menurunkan kadar acylated ghrelin secara signifikan dan menurunkan asupan energi pasca-latihan dibanding kondisi istirahat. Leptin tidak diukur dalam studi ini.
3	Kang et al.	2018	Korea Selatan	26 wanita obesitas usia paruh baya	*Effects of 12-week circuit exercise program on obesity index, appetite regulating hormones, and insulin resistance*	Program latihan sirkuit 12 minggu (kombinasi aerobik dan resistensi) menurunkan kadar leptin secara signifikan dan meningkatkan kadar ghrelin, seiring dengan penurunan indeks obesitas dan resistensi insulin dibanding kontrol.
4	Larsen et al.	2015	Australia	12 pria overweight tidak aktif	*Effects of Aerobic, Strength or Combined Exercise on Perceived Appetite and Appetite-Related Hormones*	Latihan aerobik akut menurunkan kadar acylated ghrelin segera pasca-latihan dibanding kontrol, sementara latihan resistensi dan kombinasi menunjukkan respons hormonal yang berbeda namun tidak mengubah persepsi nafsu makan secara signifikan. Leptin tidak menunjukkan perubahan bermakna secara akut.
5	Makiel et al.	2023	Polandia	62 pria dengan sindrom metabolik	*Impact of Two Types of Exercise Interventions on Leptin and Omentin Concentrations…*	Latihan kombinasi aerobik–resistensi selama 12 minggu menurunkan kadar leptin secara signifikan lebih besar dibanding latihan aerobik saja, sementara latihan aerobik tunggal tidak menurunkan leptin secara konsisten. Ghrelin tidak diukur dalam studi ini.

PEMBAHASAN

Hasil tinjauan sistematik ini menunjukkan bahwa latihan fisik berperan dalam memodulasi kadar hormon leptin dan ghrelin pada populasi dewasa, meskipun arah dan besarnya respons hormonal sangat dipengaruhi oleh jenis latihan, durasi intervensi, serta karakteristik metabolik subjek (Kang et al., 2018; Kojima et al., 2016; Larsen et al., 2015; Makiel et al., 2023; Nuri et al.,

2016). Variasi temuan antar studi menegaskan bahwa respons hormon nafsu makan terhadap latihan fisik tidak bersifat universal, melainkan kontekstual.

Penurunan kadar leptin yang relatif konsisten pada latihan fisik kronik terutama ditemukan pada studi yang melibatkan individu dengan obesitas atau sindrom metabolik. Studi RCT oleh Kang et al. (2018) dan Makiel et al. (2023) menunjukkan bahwa latihan kombinasi aerobik–resistensi selama ≥12 minggu menghasilkan penurunan kadar leptin yang lebih bermakna dibandingkan latihan aerobik tunggal. Temuan ini mengindikasikan bahwa perubahan kadar leptin lebih berkaitan dengan adaptasi metabolik jangka panjang dan perbaikan komposisi tubuh daripada efek akut latihan fisik. Sebaliknya, pada studi RCT dengan durasi lebih singkat atau tanpa penurunan berat badan yang signifikan, seperti pada penelitian Nuri et al. (2016), kadar leptin tidak menunjukkan perubahan yang bermakna.

Respons ghrelin menunjukkan pola yang lebih heterogen antar studi RCT. Latihan aerobik akut dengan intensitas tinggi atau durasi panjang, seperti lari 20 km pada atlet dalam studi Kojima et al. (2016) serta sesi latihan aerobik akut pada individu overweight dalam studi Larsen et al. (2015), dilaporkan menurunkan kadar acylated ghrelin secara sementara dan berhubungan dengan penurunan asupan energi pasca-latihan. Sebaliknya, pada latihan fisik kronik yang disertai penurunan berat badan, peningkatan kadar ghrelin dilaporkan pada studi Kang et al. (2018) dan Nuri et al. (2016), yang kemungkinan mencerminkan respons kompensasi fisiologis terhadap defisit energi jangka panjang.

Perbedaan respons hormonal antar studi juga dipengaruhi oleh karakteristik populasi. Studi yang melibatkan subjek dengan kondisi klinis atau gangguan metabolik, seperti sindrom metabolik atau kanker kolorektal, menunjukkan respons leptin dan ghrelin yang berbeda dibandingkan individu sehat atau atlet (Makiel et al., 2023; Nuri et al., 2016). Hal ini menunjukkan bahwa status metabolik awal dan kondisi klinis dapat memodulasi respons hormonal terhadap latihan fisik, sehingga hasil intervensi tidak dapat digeneralisasi secara langsung ke seluruh populasi dewasa.

Dari aspek metodologis, sebagian besar studi RCT yang dianalisis memiliki risiko bias rendah hingga sedang. Studi dengan desain intervensi yang terkontrol, durasi latihan yang memadai, serta metode pengukuran hormon berbasis pemeriksaan laboratorium terstandar menunjukkan hasil yang lebih konsisten (Kang et al., 2018; Makiel et al., 2023). Namun, heterogenitas dalam jenis latihan, intensitas, durasi intervensi, serta tidak konsistennya pengukuran leptin dan ghrelin secara bersamaan menjadi keterbatasan utama dalam membandingkan hasil antar studi.

Secara keseluruhan, bukti dari studi RCT menunjukkan bahwa latihan fisik berpotensi memodulasi hormon leptin dan ghrelin, terutama dalam konteks latihan kronik dan populasi dengan gangguan metabolik. Namun, efektivitasnya sangat dipengaruhi oleh jenis latihan, durasi intervensi, serta karakteristik subjek. Oleh karena itu, penelitian RCT selanjutnya dengan desain yang lebih homogen, durasi intervensi yang memadai, serta evaluasi hormonal yang lebih komprehensif masih diperlukan untuk memperkuat bukti mengenai peran latihan fisik dalam regulasi hormon nafsu makan pada populasi dewasa.

KESIMPULAN

Tinjauan sistematis ini menemukan bahwa latihan fisik kronik, khususnya kombinasi aerobik-resistensi selama 12 minggu atau lebih, secara konsisten menurunkan kadar leptin pada individu obesitas atau sindrom metabolik, mencerminkan adaptasi metabolik jangka panjang dan perbaikan komposisi tubuh (Kang et al., 2018; Makiel et al., 2023). Sebaliknya, respons ghrelin lebih heterogen, dengan penurunan sementara pada latihan aerobik akut intensitas tinggi yang terkait exercise-induced anorexia, serta peningkatan kompensatorik pada latihan kronik disertai penurunan berat badan (Kojima et al., 2016; Larsen et al., 2015; Nuri et al., 2016). Temuan ini menegaskan modulasi kontekstual kedua hormon oleh jenis, durasi, dan karakteristik populasi, meskipun tidak semua studi mengukur keduanya secara simultan.

Keterbatasan utama meliputi heterogenitas desain studi, variasi metode pengukuran hormon, serta sampel kecil dari lima studi saja (total 153 subjek), yang membatasi generalisasi ke populasi luas. Penelitian mendatang disarankan menggunakan protokol standar, RCT multicentre dengan pengukuran simultan leptin-ghrelin, serta meta-analisis untuk efek dosis-respon. Secara praktis, hasil

ini mendukung program latihan kombinasi bagi pasien metabolik guna optimasi pengendalian nafsu makan dan berat badan, dengan monitoring ghrelin untuk antisipasi kompensasi energi.

DAFTAR PUSTAKA

Aronis, K. N., Vamvini, M. T., & Mantzoros, C. S. (2024). Appetite-regulating hormones and energy balance: Implications for obesity management. *Nature Reviews Endocrinology, 20*(2), 85–98. https://doi.org/10.1038/s41574-023-00864-9

Blundell, J. E., King, N. A., Byrne, N. M., Caudwell, P., Finlayson, G., & Gibbons, C. (2015). Appetite control and energy balance: Impact of exercise. *Obesity Reviews, 16*(Suppl 1), 67–76. https://doi.org/10.1111/obr.12257

Broom, D. R., Stensel, D. J., Bishop, N. C., Burns, S. F., & Miyashita, M. (2007). Exercise-induced suppression of acylated ghrelin in humans. *Journal of Applied Physiology, 102*(6), 2165–2171. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00759.2006

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2023). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (6th ed.). SAGE Publications.

Emzir. (2021). *Metodologi penelitian pendidikan: Kuantitatif dan kualitatif*. RajaGrafindo Persada.

Friedman, J. M., & Halaas, J. L. (1998). Leptin and the regulation of body weight in mammals. *Nature, 395*(6704), 763–770. https://doi.org/10.1038/27376

Hagobian, T. A., Sharoff, C. G., Stephens, B. R., Wade, G. N., Silva, J. E., Chipkin, S. R., & Braun, B. (2021). Effects of exercise on appetite-regulating hormones. *Physiology & Behavior, 236*, 113415. https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2021.113415

Kang, S.-J., Kim, E.-H., & Ko, K.-Y. (2018). Effects of 12-week circuit exercise program on obesity index, appetite regulating hormones, and insulin resistance in middle-aged obese women. *Journal of Exercise Nutrition and Biochemistry, 22*(3), 22–29. https://doi.org/10.20463/jenb.2018.0021

King, N. A., Hopkins, M., Caudwell, P., Stubbs, R. J., & Blundell, J. E. (2010). Individual variability following 12 weeks of supervised exercise: Identification of compensation for exercise-induced weight loss. *International Journal of Obesity, 34*(3), 560–568. https://doi.org/10.1038/ijo.2009.248

Klok, M. D., Jakobsdottir, S., & Drent, M. L. (2007). The role of leptin and ghrelin in the regulation of food intake and body weight in humans: A review. *Obesity Reviews, 8*(1), 21–34. https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2006.00270.x

Kojima, C., Kasai, N., Tsuchiya, Y., & Goto, K. (2016). The effect of a 20 km run on appetite regulation in long distance runners. *Nutrients, 8*(11), 672. https://doi.org/10.3390/nu8110672

Larsen, P. S., Donges, C. E., Guelfi, K. J., Smith, G. C., Adams, D. R., & Duffield, R. (2015). Effects of aerobic, strength or combined exercise on perceived appetite and appetite-related hormones in inactive middle-aged men. *European Journal of Applied Physiology, 115*(7), 1487–1498. https://doi.org/10.1007/s00421-015-3133-2

Makiel, K., Suder, A., Targosz, A., Maciejczyk, M., & Kozioł-Kozakowska, A. (2023). Impact of two types of exercise interventions on leptin and omentin concentrations and indicators of lipid and carbohydrate metabolism in males with metabolic syndrome. *Nutrients, 15*(2), 1–20. https://doi.org/10.3390/nu15020358

Martins, C., Morgan, L. M., Bloom, S. R., & Robertson, M. D. (2017). Effects of exercise on appetite control: Implications for energy balance. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 49*(2), 249–258. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001106

Martins, C., Rocha, J., & Gibbons, C. (2023). Exercise, appetite, and weight management: Current perspectives. *Current Opinion in Endocrinology, Diabetes and Obesity, 30*(5), 299–305. https://doi.org/10.1097/MED.0000000000000791

Müller, T. D., Nogueiras, R., Andermann, M. L., Andrews, Z. B., Anker, S. D., Argente, J., Casanueva, F. F., & Tschöp, M. H. (2015). Ghrelin. *Molecular Metabolism, 4*(6), 437–460. https://doi.org/10.1016/j.molmet.2015.03.005

Nakagawa, S., Samarasinghe, G., Haddaway, N. R., Westgate, M. J., O'Dea, R. E., Noble, D. W. A., & Lagisz, M. (2023). Methods for systematic reviews in health sciences. *Nature Reviews Methods Primers, 3*, 29. https://doi.org/10.1038/s43586-023-00209-2

Nuri, R., Kordi, M. R., & Rahnama, N. (2016). Effect of aerobic exercise on leptin and ghrelin in patients with colorectal cancer. *Journal of Research in Medical Sciences, 21*, 42. https://doi.org/10.4103/1735-1995.183994

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ, 372*, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Rosenbaum, M., & Leibel, R. L. (2010). Adaptive thermogenesis in humans. *International Journal of Obesity, 34*(Suppl 1), S47–S55. https://doi.org/10.1038/ijo.2010.184

Schubert, M. M., Desbrow, B., Sabapathy, S., & Leveritt, M. (2014). Acute exercise and hormones related to appetite regulation: A meta-analysis. *Sports Medicine, 44*(3), 387–403. https://doi.org/10.1007/s40279-013-0120-3

Schubert, M. M., Sabapathy, S., & Leveritt, M. (2022). Exercise training, appetite hormones and energy intake. *Sports Medicine, 52*(1), 1–15. https://doi.org/10.1007/s40279-021-01558-4

Sudaryono. (2022). *Metodologi penelitian kuantitatif, kualitatif, dan mix method* (3rd ed.). Rajawali Pers.

Sugiyono. (2023). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.

Sumithran, P., Prendergast, L. A., Delbridge, E., Purcell, K., Shulkes, A., Kriketos, A., & Proietto, J. (2011). Long-term persistence of hormonal adaptations to weight loss. *New England Journal of Medicine, 365*(17), 1597–1604. https://doi.org/10.1056/NEJMoa1105816

van der Klaauw, A. A., & Farooqi, I. S. (2015). The hunger genes: Pathways to obesity. *Cell, 161*(1), 119–132. https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.03.008

Zouhal, H., Saeidi, A., Salhi, A., Li, H., Essop, M. F., Laher, I., & Hackney, A. C. (2021). Exercise training and appetite-regulating hormones. *Sports Medicine, 51*(3), 387–403. https://doi.org/10.1007/s40279-020-01359-7