



Adaptasi Latihan Intensitas Tinggi dan Sedang Terhadap Kerusakan Sel Pada Obesitas

Yanuar Dhuma Ardhiyanto

Pendidikan Kepeleatihan Olahraga Universitas Muhammadiyah Karanganyar

Emai: yanuar.dhuma@umuka.ac.id

Abstrak: Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan rancangan random control group posttest-only design. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Institut Biosains Universitas Brawijaya Malang. Sampel yang digunakan adalah hewan coba berupa tikus jantan jenis wistar berjumlah 39 ekor, yang kemudian dibagi dalam 3 kelompok sama rata (kontrol, moderate intensity continuous training (MICT) dan high intensity interval training (HIIT). Latihan MICT berada pada intensitas 50-60% baseline, sedangkan HIIT pada intensitas 100% baseline kemampuan maksimal. Proses latihan dilakukan selama 6 minggu dengan densitas 4 kali per minggu. Pengumpulan data kadar MDA menggunakan metode Spectrophotometry. Teknik analisis data menggunakan uji Anova dan uji lanjutan Tukey HSD dengan taraf signifikansi 0,05. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa adanya pengaruh MICT dan HIIT terhadap perubahan berat badan dan kadar Malondialdehyde. Dalam uji lanjut, metode MICT dan HIIT memiliki pengaruh positif yang sama dalam perubahan berat badan ($0,876 > 0,05$). Sedangkan pada kadar MDA, interaksi tiga kelompok saling memiliki perbedaan (Sig. $< 0,05$). MICT dinilai lebih baik karena memiliki mean $91,45 \pm 1,89$ ng/mL, sedangkan HIIT dengan mean $184,07 \pm 6,19$ ng/mL. Dari keseluruhan hasil, MICT lebih efektif dan aman dibandingkan HIIT dalam memperbaiki status metabolik tubuh pada subyek obesitas yang dilihat melalui hasil adaptasi kadar MDA.

Kata kunci: MICT, HIIT, obesitas, kerusakan sel (malondialdehyde)

PENDAHULUAN

Pola hidup merupakan aspek penting yang selalu berhubungan dengan kesehatan. Namun, kesadaran menjaga pola hidup belum sepenuhnya disadari oleh semua orang. Hal ini ditandai dengan peningkatan jumlah orang yang memiliki berat badan tidak ideal atau dapat disebut obesitas. Obesitas didefinisikan oleh *body mass index* (BMI) yang melebihi angka ideal. Dengan

BMI yang tinggi diasosiasikan meningkatnya resiko penyakit-penyakit cardiovascular (Haidar & Horwich, 2023). Kondisi tersebut akan semakin bertambah jika tidak ada perubahan pola hidup, pola makan, istirahat dan kesadaran akan nutrisi.

Dalam artikel (Phelps et al., 2024), jumlah orang obesitas di dunia dari 1990-2022 semakin meningkat. Peningkatan jumlah tersebut tidak lepas dari pola hidup

yang dilakukan dan kurangnya aktivitas olahraga. Kondisi tubuh menjadi obesitas karena terjadinya *calori intake* (kalori masuk) yang lebih besar daripada *calori expenditure* (kalori keluar), sehingga sisa makanan yang tidak menjadi energi diubah dan disimpan menjadi lemak. Tubuh yang overweight atau obesitas memiliki kadar lemak yang tinggi.

Kolesterol yang tinggi menyebabkan berbagai masalah kesehatan termasuk meningkatkan stres oksidatif (Zheng et al., 2023). Hal tersebut akan berhubungan dengan ROS (*reactive oxygen spesies*) yang terbentuk akibat tidak seimbangnya oksidan dan antioksidan, sehingga berpotensi terjadi kerusakan sel. Radikal bebas dapat ditandai dengan adanya senyawa *malondialdehyde* dalam darah, yang diketahui sebagai penanda kerusakan sel (Zaetun et al., 2017). Dengan jumlah radikal bebas yang berlebih dapat menimbulkan potensi kerusakan DNA selama terjadinya peroksidasi lemak (Roy et al., 2013).

Menjaga kadar lemak stabil merupakan hal penting dalam kesehatan. Sehingga, setiap individu perlu memperhatikan kondisi tubuhnya agar terhindar dari penyakit-penyakit degeneratif. Dampak tersebut dapat dikurangi melalui aktivitas fisik berupa olahraga. Tentu, dengan aktivitas yang teratur dan terukur. Olahraga dengan dosis yang tepat sangat direkomendasikan, sehingga sel otot dapat berkembang dan tidak mengalami kerusakan berlebih. Latihan fisik akan memberikan dampak positif bagi kesehatan khususnya dalam perbaikan metabolisme lemak. Latihan dengan intensitas sedang dan tinggi dapat menurunkan kadar lemak tubuh karena mampu mengaktifasi komponen cardio

metabolic selama dan setelah berlatih sehingga adaptasi tersebut mampu meningkatkan mobilisasi asam lemak di mitokondria dan berdampak pada perbaikan profil lemak atau lipid (Boutcher, 2011)

Setiap metode latihan akan menghasilkan sisa metabolisme berupa oksidan yang dapat memicu berbagai kerusakan secara sistemik terhadap sel target, bahkan latihan dengan intensitas tinggi akan menghasilkan radikal bebas yang dapat memicu kerusakan oksidatif pada jaringan otot, hepar, darah dan jaringan-jaringan lainnya (Amirazodi et al., 2022).

Dampak latihan interval dan berkelanjutan cukup efektif dalam menurunkan kadar lemak tubuh dan mengurangi resiko penyakit kardiovaskuler (Gonçalves et al., 2024). Akan tetapi, kedua metode latihan tersebut belum terlihat perbedaan dalam peningkatan oksidasi lemak dan level radikal bebas yang dihasilkan di dalam tubuh. Hal-hal inilah yang perlu dikontrol agar kadar tersebut terukur dengan baik.

Ulasan-ulasan yang telah disebutkan diatas dapat ditarik beberapa inti permasalahan seperti: latihan interval intensitas tinggi, latihan intensitas sedang, subyek obesitas dan kadar *malondialdehyde*. Menentukan dosis latihan yang tepat merupakan tindakan tepat agar berdampak baik bagi pelaku olahraga dan perkembangan keilmuan olahraga. Melalui beberapa hal tersebut, perlunya dilakukan riset mengenai dampak *high intensity interval training* dan *moderate intensity continuous training* terhadap kerusakan sel (*malondialdehyde*) pada subyek obesitas.

METODOLOGI

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif, dengan metode *experimental laboratories* dan rancangan *random control group post-test only design*. Dasar penggunaan metode ini adalah perlakuan dengan memberikan latihan kepada subyek untuk mengetahui adaptasi 2 tipe latihan terhadap perubahan berat badan kadar MDA. Terdapat 2 variabel bebas dan 2 variabel terikat. MICT dan HIIT sebagai variabel bebas, sedangkan berat badan dan kadar *Malondialdehyde* (MDA) sebagai variabel terikatnya.

Secara operasional, pelaksanaan MICT dan HIIT dilakukan menggunakan *treadmill* khusus untuk tikus selama 24 kali latihan. MICT berada pada 50-60% kemampuan kecepatan maksimal, sedangkan HIIT pada 100% kemampuan kecepatan maksimal (Marcinko et al., 2015). Pemeriksaan kadar MDA dilakukan 72 jam setelah latihan terakhir dengan metode *spectrophotometry*. Untuk variabel kendali atau yang dikendalikan, suhu optimum ruangan untuk tikus adalah 22-24°C, tingkat kelembapan udara sebesar 50-60% dan ventilasi udara yang cukup. Tempat makan dan minum menggunakan standar dari Laboratorium Biosains. Ransum diganti setiap hari dan sisa ransum tidak diberikan lagi/dibuang, sehingga kemungkinan kontaminasi urin dan feses bisa dihindari.

Pakan yang digunakan selama proses penelitian adalah Ransum 511, 521 dan Japfa Comfeed Pellete. Takaran yang digunakan berdasarkan (Sengupta, 2013), diberikan sebanyak 10 gram/100 gram berat badan, sehingga setiap harinya sekitar 20-30 gram. Untuk banyaknya minum adalah 10-12 ml/100 gram berat badan yaitu 20-30 ml.

Pengecekan banyaknya minum dilihat pada ukuran yang tertulis pada *ad libitum*.

Dalam penelitian ini populasi yang dipilih adalah hewan coba (tikus) yang berusia 2-3 bulan. Sampel dalam penelitian ini menggunakan hewan coba berupa tikus jenis *rattus norvegicus strain wistar*. Penggunaan hewan coba dalam penelitian ini bertujuan untuk memudahkan peneliti dalam memperketat keseluruhan kontrol yang diberlakukan dalam penelitian guna mendukung tingkat keakuratan data hasil penelitian.

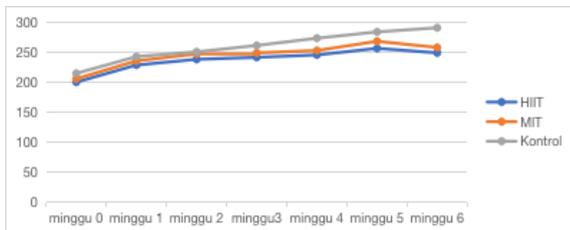
Teknik sampling dilakukan secara random berdasarkan kriteria inklusi sebagai berikut: tikus jenis *rattus norvegicus strain wistar*. jenis kelamin Jantan, usia 2-3 bulan dan *untrained* (tidak terlatih). Berbadan sehat dan tidak cacat dan status berat badan obesitas.

Sebagaimana pada manusia, tikus juga memiliki siklus menstruasi setiap 4-5 hari yang dimulai dari fase *estrous* selama 10-20 jam, setelah itu masuk pada fase *ovulasi* pada 8-11 jam setelah fase *estrous* (Sengupta, 2013). Kondisi tersebut yang menjadi dasar pertimbangan peneliti dalam menetapkan tikus dengan jenis kelamin jantan guna menghindari siklus menstruasi dan perubahan regulasi hormonal selama fase menstruasi yang mampu mempengaruhi performa hewan coba dalam menanggapi beban selama proses penelitian. Status *overweight* pada tikus dalam penelitian ini berdasarkan penelitian terdahulu dan standar yang dikeluarkan oleh pusat pengembangan hewan coba (*animal's house* atau biasa disebut juga sebagai *the rat laboratory*).

HASIL

Keseluruhan sampel memiliki rata-rata berat badan >200 gram, yaitu sebesar 207 ± 21.95 . Berat badan tersebut masuk dalam kategori “*overweight/obesitas*” pada usia sampel 2-3 bulan. Untuk perbedaan di masing-masing kelompok, kelompok Kontrol memiliki rata-rata berat badan awal 215 ± 21.72 , kelompok MICT mempunyai rata-rata berat badan awal 206 ± 22.77 , Sedangkan kelompok HIIT memiliki rata-rata berat badan awal 200 ± 20.43 .

Selama penelitian, subyek ditimbang sebanyak tujuh kali. Dimulai dari minggu awal sampai pada minggu ke enam. Penimbangan dilakukan pada hari awal setiap minggunya untuk melihat perubahan setiap satu minggu. Sampel yang dilakukan penimbangan berjumlah 39.



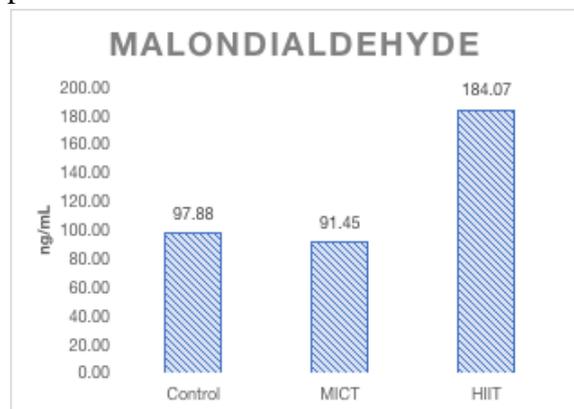
Grafik 1.1. Grafik Berat Badan

Dari data diatas terlihat bahwa kelompok Kontrol mengalami kenaikan berat badan pada setiap minggunya, dimulai pada rata-rata 215 ± 21.7 gram saat minggu awal hingga pada 291 ± 24.8 gram diminggu ke-enam. Untuk kelompok MICT kondisi berat badan bermula pada 206 ± 22.7 gram di minggu awal, terjadi kenaikan sampai minggu ke-lima yaitu 268 ± 22.5 gram, namun untuk minggu ke-enam mengalami penurunan berat badan menjadi 258 ± 19.6 gram. Kelompok HIIT mengalami kondisi yang sama dengan kelompok MICT, berat

badan diawali pada rata-rata 200 ± 20.4 gram naik sampai minggu ke-lima menjadi 257 ± 23.3 gram, lalu pada minggu ke-enam mengalami penurunan menjadi 249 ± 23.7 gram.

Rata-rata peningkatan berat badan pada kelompok Kontrol dari minggu 0 sampai minggu 6 sebesar 13 ± 7.7 gram, kelompok ini tidak mengalami penurunan berat badan sama sekali justru kenaikannya secara progresif dengan rata-rata 5.1%. Pada kelompok MICT rata-rata kenaikan berat badan terjadi pada minggu 0 sampai minggu 5 sebesar 13 ± 13.5 gram (5.6%), pada minggu ke enam terjadi penurunan berat badan sebesar 10 ± 13.5 gram (4%). Kelompok HIIT memiliki skema yang sama dengan MICT, kenaikan ada pada minggu 0 sampai 5. Besarnya peningkatan sebesar 11 ± 11.6 gram (5%), sedangkan penurunan terjadi pada minggu ke-enam sebesar 7 ± 11.6 gram (3%).

Dari jumlah sampel 39, untuk kadar MDA yang dianalisis berjumlah 21 (Kontrol, MICT dan HIIT). Hal tersebut dilakukan karena dari hasil laboratorium ditemukan beberapa data ekstrem, sehingga pengurangan jumlah tersebut untuk memperbaiki tingkat homogenitas hasil penelitian.



Grafik 1.2. Diagram kadar MDA



Dari gambar diagram diatas terlihat bahwa kelompok kontrol memiliki kadar lebih tinggi dari kelompok MICT yaitu $97,88 \pm 4,06$ ng/mL, sedangkan kelompok MICT berada pada $91,45 \pm 1,88$ ng/mL. Selisih cukup besar terlihat pada kelompok HIIT yang memiliki rata-rata kadar MDA sebesar $184,07 \pm 6,19$ ng/mL.

Uji normalitas dan homogenitas merupakan uji prasyarat sebelum melakukan uji hipotesis. Uji normalitas ini menggunakan *Kolmogroff Smirnov* dan *Shapiro Wilk*, sedangkan uji homogenitasnya menggunakan *Levene Statistic*.

Untuk variabel MDA, kelompok kontrol memiliki nilai $0,467 > 0,05$. Pada kelompok MICT nilainya $0,262 > 0,05$ dan kelompok HIIT memiliki nilai $0,609 > 0,05$. Dari data tersebut semua nilai $> 0,05$. Oleh karena itu, data variabel MDA juga berdistribusi normal. Hal serupa juga terlihat pada berat badan, kelompok kontrol ada pada nilai sig. $0,907$, kelompok MICT $0,551$ dan kelompok HIIT $0,810$. Semua nilai tersebut $> 0,05$, sehingga data berat badan berdistribusi normal.

Untuk variabel MDA, nilainya menunjukkan $0,151 > 0,05$. Data tersebut juga memperlihatkan bahwa data variabel MDA adalah homogen. Hal yang sama terlihat pada data Berat Badan $0,538 > 0,05$, yang berarti data tersebut adalah homogen.

Dalam pengujian hipotesisnya menggunakan teknik *Anova* dan *Tukey*. *Anova* digunakan untuk mengetahui besarnya pengaruh kelompok perlakuan, sedangkan *Tukey* digunakan untuk mengetahui kelompok manakah yang memiliki selisih signifikan.

Uji Hipotesis 1

Pada uji *Anova* didapatkan nilai sig. $0,006 < 0,05$, sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima atau dapat diartikan ada pengaruh *Moderate-intensity continuous training* (MICT) dan *High-intensity interval training* (HIIT) terhadap perubahan berat badan.

Setelah melalui uji *Tukey*, didapatkan bahwa nilai sig. Kelompok kontrol terhadap kelompok MICT ialah $0,027 < 0,05$, sehingga dapat diartikan ada perbedaan berat badan yang signifikan. Untuk kelompok kontrol terhadap kelompok HIIT nilainya $0,008 < 0,05$. Dapat dimaknai bahwa nilai tersebut mengartikan ada perbedaan berat badan yang signifikan.

Uji Hipotesis 2

Dari hasil uji *Anova* didapat nilai sig. $0,000 < 0,05$, sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima atau dengan maksud bahwa “ada pengaruh *Moderate-intensity continuous training* (MICT) dan *High-intensity interval training* (HIIT) terhadap kadar *Malondialdehyde* (MDA)”.

Melalui uji *Tukey*, didapatkan bahwa nilai sig. kelompok kontrol–MICT, kontrol–HIIT dan MICT–HIIT $< 0,05$. Nilai-nilai tersebut menjelaskan bahwa “ada perbedaan yang signifikan pada kadar MDA antara kelompok kontrol, MICT dan HIIT.

Uji Hipotesis 3

Dengan melihat uji *Tukey* pada kadar MDA, kelompok MICT dan HIIT memiliki nilai sig. $0,000 < 0,05$, kemudian MICT – kontrol $0,035 < 0,05$. Hal ini diartikan H_0 ditolak dan H_1 diterima, sehingga “Efektivitas *Moderate-intensity continuous training* (MICT) lebih memengaruhi kadar *Malondialdehyde* (MDA)”.

PEMBAHASAN

Penelitian ini dirancang untuk mengetahui pengaruh metode MICT dan HIIT terhadap adaptasi kadar MDA dan LDL pada subyek berstatus obesitas. Beberapa temuan dari penelitian ini adalah: 1) Ada pengaruh MICT dan HIIT terhadap perubahan berat badan. 2) Ada pengaruh MICT dan HIIT terhadap kadar MDA. 3) Efektivitas MICT lebih positif memengaruhi kadar MDA daripada HIIT.

Perubahan berat badan dilihat setiap seminggu sekali, penimbangan tersebut dilakukan setiap awal minggu. Jumlah penimbangan dilakukan sebanyak 7 kali, berawal dari minggu ke-0 sampai minggu ke-6. Setiap subyek melewati fase ini tanpa terkecuali dan berdasarkan persebaran kelompoknya.

Kelompok kontrol memiliki rata-rata berat badan 291 gram. Kelompok ini mengalami kenaikan berat badan secara progresif dari awal sampai akhir. Gambaran ini sesuai dengan seorang *sedentary* atau aktivitas pasif, dimana kondisi tubuh mengalami peningkatan berat badan secara berkala sampai mengalami obesitas.

Pada kelompok perlakuan, kelompok MICT memiliki rata-rata akhir 258 gram dan kelompok HIIT 249 gram. Kelompok perlakuan ini mengalami fase penurunan berat badan yang sama. Tahap penurunan berat badan tersebut terjadi pada minggu keenam. Kelompok MICT dan HIIT tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Kondisi ini sama seperti hasil penelitian (Jung et al., 2015) bahwa kondisi berat badan kelompok MICT dan HIIT tidak memiliki perbedaan signifikan. Namun kelompok perlakuan tersebut jika dibandingkan dengan kelompok kontrol

memiliki perbedaan signifikan dan tergambar dengan jelas perbedaan subyek aktif dan subyek pasif.

Pada sumber lain, (Haram et al., 2009) yang menggunakan program latihan selama 8 minggu dan menyimpulkan bahwa penurunan berat badan efektif dilakukan dengan latihan intensitas moderat dan intensitas tinggi. Penelitian tersebut juga menggambarkan bahwa tidak adanya perbedaan penurunan berat badan, baik itu kelompok MICT maupun HIIT. Hal itu dapat dimaknai bahwa kedua jenis latihan tersebut memiliki efektivitas yang sama dalam menurunkan berat badan pada subyek obesitas.

Penurunan berat badan pada kelompok MICT terjadi melalui proses peningkatan penggunaan lemak dalam tubuh untuk memenuhi energi selama latihan intensitas sedang. Peningkatan penggunaan lemak tersebut terjadi pada proses pembakaran *free fatty acid* (FFA) dan *tracygliserol* (TG). Oksidasi lemak pada latihan intensitas sedang efektif terjadi selama proses latihan berjalan dan kemudian kebutuhannya akan diturunkan setelah proses latihan selesai. Hal ini yang menyebabkan jaringan adiposa tereduksi melalui rangsangan hormonal oleh susunan saraf simpatis. Hasil ini sesuai bahwa latihan dengan metode MICT dapat menurunkan berat badan.

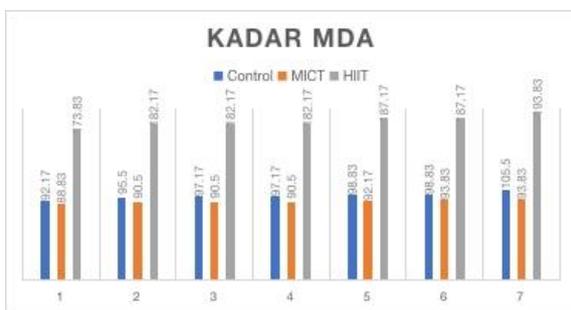
Pada kelompok HIIT kondisi penurunan berat badan terjadi karena meningkatnya oksidasi lemak selama latihan dan membutuhkan waktu lebih singkat. HIIT dapat meningkatkan oksidasi lemak dan densitas *mitochondria*. Sumber energi yang dipakai adalah karbohidrat dan lemak. Semakin tinggi intensitas akan semakin

menggunakan karbohidrat, karena jumlah oksigen menurun untuk menyuplai proses metabolisme lemak. Peningkatan oksidasi lemak yang terjadi dikarenakan metabolisme dalam otot meningkat, sehingga konsumsi oksigen naik setelah selesai latihan. HIIT juga menstimulasi metabolisme *post-exercise* seperti EPOC yang disuplai oleh lemak saat fase *recovery* (A. Alahmadi, 2014).

Dari hasil penelitian ini, MICT dan HIIT sama-sama efektif dalam program penurunan berat badan, sehingga metode latihan ini cocok digunakan untuk subyek obesitas.

Moderate-intensity continuous training (MICT) dan *High-intensity interval training* (HIIT) berpengaruh terhadap kadar *Malondialdehyde* (MDA). Kadar MDA dalam tubuh dapat dijadikan sebagai penanda besarnya oksidasi lemak (Zaetun et al., 2017). Dalam penelitian ini kondisi tersebut digambarkan dengan membedakan tiga keadaan kelompok. Kelompok kontrol memiliki kadar MDA 97,88 ng/mL, MICT 91,45 ng/mL dan HIIT 184,07 ng/mL.

Secara rinci gambarannya seperti berikut:



Grafik 1.3. Kadar MDA Tiap Sampel

Kondisi diatas terlihat besarnya MDA pada kelompok HIIT memiliki perbedaan cukup jauh dengan kelompok lain. Hasil serupa terjadi pada penelitian (Goto et al.,

2003a), latihan intensitas tinggi selama 12 minggu dengan 5-7 kali per minggu meningkatkan marker stres oksidatif berupa MDA.

Hal ini disebabkan HIIT membuat tubuh defisit oksigen dan menghasilkan ROS (*reactive oxygen spesies*) yang tinggi. Aktivitas ROS yang tinggi akan menekan aktivitas anti-oksidan menjadi defisit. Defisiensi anti-oksidan tersebut menjadi faktor penyebab tingginya MDA. Tingginya kadar MDA kelompok HIIT dimungkinkan karena belum sempurnanya proses *recovery* (3-5 hari). Peneliti memilih 72 jam (3 hari) setelah latihan terakhir untuk melakukan uji laboratorium, karena fase istirahat ideal setelah latihan intensitas tinggi lebih dari 48 jam (Casey & Herron, 2017). Dari permasalahan ini, diperlukan penelitian lanjutan untuk memastikan aktivitas MDA per satuan waktu.

Di lain sisi, kelompok MICT menunjukkan hasil yang positif dan adaptasinya tergambar jelas. Latihan ini berpengaruh secara signifikan dalam menurunkan besarnya lemak tubuh. Rendahnya kadar MDA pada kelompok MICT dapat disebabkan oleh pengaruh latihan aerobik meningkatkan enzim anti-oksidan (Brites et al., 2017), kemudian dengan adanya peningkatan anti-oksidan akan menurunkan konsentrasi malondialdehyde (Adamczyk-Sowa et al., 2007). Level MDA pada latihan berintensitas rendah dapat kembali normal pada 24 jam pasca latihan, sedangkan pada intensitas tinggi proses penormalan atau kembalinya terjadi lebih lambat (Li et al., 2015).

Berdasar beberapa kajian dan hasil penelitian, latihan MICT dan HIIT

memberikan pengaruh berbeda pada kadar Malondialdehyde. MICT memberikan hasil lebih aman terbukti dengan lebih rendahnya kadar MDA dalam darah, sedangkan HIIT berdampak kurang baik karena menyebabkan kadar MDA yang tinggi dan lebih tinggi dari kelompok kontrol.

Efektivitas *moderate-intensity continuous training* (MICT) lebih memengaruhi kadar *malondialdehyde* (MDA) daripada *high-intensity interval training* (HIIT). Dalam adaptasinya terhadap kadar MDA, kedua tipe latihan ini mempunyai pengaruhnya masing-masing. Baik itu adaptasi kearah positif maupun negatif.

TEMUAN

Temuan dari penelitian ini adalah MICT dan HIIT memiliki efek yang sama dalam perubahan berat badan yaitu lebih rendah dibandingkan kelompok kontrol. Namun pengaruhnya terhadap MDA berbanding terbalik. Kelompok MICT memiliki kadar MDA lebih rendah dari kelompok kontrol, sedangkan hasil kelompok HIIT lebih tinggi. Gambaran hasil kelompok HIIT ini serupa dengan penelitian (Goto et al., 2003b), kadar MDA meningkat setelah dilakukannya proses adaptasi latihan. Kondisi ini merupakan hal yang harus disikapi dengan tepat karena pengaruhnya bersebrangan. Dari hasil yang ada, MICT lebih aman dilakukan daripada HIIT, karena jumlah senyawa oksidan/radikal yang dihasilkan dari aktivitas fisik lebih rendah. Dengan begitu, resiko akan lebih mudah ditanggulangi. Untuk latihan dengan HIIT pada obesitas, akan lebih aman jika ditambahkan konsumsi anti-oksidan eksogen, sehingga defisit anti-oksidan dalam

tubuh akibat latihan intensitas tinggi tertangani dengan baik.

Dari beberapa analisa diatas, *Moderate-intensity continuous training* (MICT) lebih disarankan untuk dilakukan karena lebih efektif dan aman dalam penerapannya pada subyek obesitas.

KESIMPULAN

Metode *high intensity interval training* (HIIT) dan *moderate intensity continuous training* (MICT) signifikan dalam menurunkan berat badan pada subyek obesitas. Akan tetapi, kedua metode ini memiliki perbedaan dalam mengadaptasi kerusakan sel (*malondialdehyde*). Pada subyek obesitas, MICT menjadi pilihan metode latihan yang lebih aman dibandingkan HIIT.

REFERENSI

- A. Alahmadi, M. (2014). High-intensity Interval Training and Obesity. *Journal of Novel Physiotherapies*, 04(03). <https://doi.org/10.4172/2165-7025.1000211>
- Adamczyk-Sowa, M., Suchanek-Raif, R., Kuwahara, A., & Zabielski, R. (2007). Role of leptin, ghrelin, angiotensin II and orexins in 3T3 L1 preadipocyte cells proliferation and oxidative metabolism. In *Article in Journal of physiology and pharmacology: an official journal of the Polish Physiological Society*. <https://www.researchgate.net/publication/6385770>
- Amirazodi, M., Daryanoosh, F., Mehrabi, A., Gaeini, A., Koushkie Jahromi, M., Salesi, M., & Zarifkar, A. H. (2022). Interactive Effects of Swimming High-

- Intensity Interval Training and Resveratrol Supplementation Improve Mitochondrial Protein Levels in the Hippocampus of Aged Rats. *BioMed Research International*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/8638714>
- Boutcher, S. H. (2011). High-intensity intermittent exercise and fat loss. In *Journal of Obesity* (Vol. 2011). Hindawi Publishing Corporation. <https://doi.org/10.1155/2011/868305>
- Brites, F., Martin, M., Guillas, I., & Kontush, A. (2017). Antioxidative activity of high-density lipoprotein (HDL): Mechanistic insights into potential clinical benefit. In *BBA Clinical* (Vol. 8, pp. 66–77). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.bbacli.2017.07.002>
- Casey, J. C., & Herron, R. L. (2017). *TIME COURSE OF RECOVERY FOLLOWING A HIGH INTENSITY FUNCTIONAL TRAINING WORKOUT*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25488.10242>
- Gonçalves, C., Raimundo, A., Abreu, A., Pais, J., & Bravo, J. (2024). Effects of High-Intensity Interval Training vs Moderate-Intensity Continuous Training on Body Composition and Blood Biomarkers in Coronary Artery Disease Patients: A Randomized Controlled Trial. *Reviews in Cardiovascular Medicine*, 25(3). <https://doi.org/10.31083/J.RCM2503102>
- Goto, C., Higashi, Y., Kimura, M., Noma, K., Hara, K., Nakagawa, K., Kawamura, M., Chayama, K., Yoshizumi, M., & Nara, I. (2003a). Effect of different intensities of exercise on endothelium-dependent vasodilation in humans: Role of endothelium-dependent nitric oxide and oxidative stress. *Circulation*, 108(5), 530–535. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000080893.55729.28>
- Goto, C., Higashi, Y., Kimura, M., Noma, K., Hara, K., Nakagawa, K., Kawamura, M., Chayama, K., Yoshizumi, M., & Nara, I. (2003b). Effect of different intensities of exercise on endothelium-dependent vasodilation in humans: Role of endothelium-dependent nitric oxide and oxidative stress. *Circulation*, 108(5), 530–535. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000080893.55729.28>
- Haidar, A., & Horwich, T. (2023). Obesity, Cardiorespiratory Fitness, and Cardiovascular Disease. In *Current Cardiology Reports* (Vol. 25, Issue 11, pp. 1565–1571). Springer. <https://doi.org/10.1007/s11886-023-01975-7>
- Haram, P. M., Kemi, O. J., Lee, S. J., Bendheim, M., Al-Share, Q. Y., Waldum, H. L., Gilligan, L. J., Koch, L. G., Britton, S. L., Najjar, S. M., & Wisløff, U. (2009). Aerobic interval training vs. continuous moderate exercise in the metabolic syndrome of rats artificially selected for low aerobic capacity. *Cardiovascular Research*, 81(4), 723–732. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvn332>
- Jung, M. E., Bourne, J. E., Beauchamp, M. R., Robinson, E., & Little, J. P. (2015). High-intensity interval training as an efficacious alternative to moderate-intensity continuous training for adults with prediabetes. *Journal of Diabetes*

- Research*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/191595>
- Li, X. D., Sun, G. F., Zhu, W. B., & Wang, Y. H. (2015). Effects of high intensity exhaustive exercise on SOD, MDA, and NO levels in rats with knee osteoarthritis. *Genetics and Molecular Research*, 14(4), 12367–12376. <https://doi.org/10.4238/2015.October.16.3>
- Marcinko, K., Sikkema, S. R., Samaan, M. C., Kemp, B. E., Fullerton, M. D., & Steinberg, G. R. (2015). High intensity interval training improves liver and adipose tissue insulin sensitivity. *Molecular Metabolism*, 4(12), 903–915. <https://doi.org/10.1016/j.molmet.2015.09.006>
- Phelps, N. H., Singleton, R. K., Zhou, B., Heap, R. A., Mishra, A., Bennett, J. E., Paciorek, C. J., Lhoste, V. P., Carrillo-Larco, R. M., Stevens, G. A., Rodriguez-Martinez, A., Bixby, H., Bentham, J., Di Cesare, M., Danaei, G., Rayner, A. W., Barradas-Pires, A., Cowan, M. J., Savin, S., ... Ezzati, M. (2024). Worldwide trends in underweight and obesity from 1990 to 2022: a pooled analysis of 3663 population-representative studies with 222 million children, adolescents, and adults. *The Lancet*, 403(10431), 1027–1050. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(23\)02750-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)02750-2)
- Roy, S., Hazra, B., Mandal, N., & Chaudhuri, T. K. (2013). Assessment of the antioxidant and free radical scavenging activities of methanolic extract of *diplazium esculentum*. *International Journal of Food Properties*, 16(6), 1351–1370. <https://doi.org/10.1080/10942912.2011.587382>
- Sengupta, P. (2013). The Laboratory Rat: Relating Its Age with Human's. In *Article in International Journal of Preventive Medicine* (Vol. 4, Issue 6). www.ijpm.inwww.ijpm.ir
- Zaetun, S., Budi, L., Dewi, K., Bagus, I., Wiadnya, R., Srigele, L., Jurusan, A., Kesehatan, K., & Mataram, I. (2017). PROFIL KADAR MDA (MALONDIALDEHIDE) SEBAGAI PENANDA KERUSAKAN SELULER AKIBAT RADIKAL BEBAS PADA TIKUS YANG DIBERIKAN AIR BEROKSIGEN. *Jurnal Analis Medika Bio Sains*, 4(2), 63–68.
- Zheng, Y., Lee, S. Y., Lee, Y., Lee, T. K., Kim, J. E., Kim, T. H., & Kang, I. J. (2023). Standardized Sanguisorba officinalis L. Extract Inhibits Adipogenesis and Promotes Thermogenesis via Reducing Oxidative Stress. *Antioxidants*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/antiox12040882>