

**PENGARUH *MODERATE INTENSITY INTERVAL TRAINING (MIIT)*
DAN *HIGH INTENSITY INTERVAL TRAINING (HIIT)* TERHADAP
KADAR *IRISIN* DAN *MALONDIALDEHYDE (MDA)*
PADA TIKUS OBESITAS**



Oleh:

Didib Riwayadi

NIM 20711251004

**Tesis ini ditulis untuk memenuhi sebagian persyaratan
untuk mendapatkan gelar Magister Olahraga**

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KEOLAHRAGAAN
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

2024

ABSTRAK

Didib Riwayadi, Pengaruh *Moderate Intensity Interval Training (MIIT)* dan *High Intensity Interval Training (HIIT)* Terhadap Kadar *Irisin* dan *Malondialdehyde (MDA)* pada Tikus Obesitas. Tesis. Yogyakarta: Program Studi Ilmu Keolahragaan, Program Pascasarjana, Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan, Universitas Negeri Yogyakarta, 2024

Obesitas dapat mengakibatkan gangguan secara fisiologis. Gangguan-gangguan fisiologis tersebut tidak terlepas dari peranan *Irisin* dan *Malondialdehyde (MDA)*. Olahraga dengan takaran yang tepat, terukur, dan teratur merupakan strategi penanganan obesitas. Tujuan dari penelitian ini adalah (1) untuk mengetahui pengaruh kadar *irisin* pada latihan dengan model *Moderate Intensity Interval Training (MIIT)* dan *High Intensity Interval Training (HIIT)* (2) untuk mengetahui pengaruh kadar *Malondialdehyde (MDA)* pada tikus obesitas.

Penelitian ini merupakan penelitian *True Experimental Laboratories* dengan rancangan *Pretest-posttest Control Group Design*. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Biosains Universitas Brawijaya, Malang. Sampel penelitian menggunakan 27 tikus Wistar berjenis kelamin jantan kondisi obesitas dengan pembagian 9 tikus kelompok MIIT, 9 tikus HIIT, dan 9 tikus kontrol. Intervensi latihan diberikan selama 6 minggu dengan frekuensi 4 kali per minggu, Intensitas MIIT (60-80% dari kemampuan *base line*), HIIT (90-100% dari kemampuan *base line*) kadar *irisin* dan kadar MDA didapat dari pengujian darah dengan menggunakan uji *enzyme linked immunosorbent assay (ELISA)*. Analisis data menggunakan uji Anova dan analisis *post hoc tukey* dengan taraf signifikansi 0.01.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada kadar *irisin* ($p=0.507$). Nilai selisih *irisin* HIIT lebih rendah dibandingkan MIIT ($p= 0.932$) dan Kontrol ($p= 0.491$) dan tidak ada perbedaan selisih nilai *irisin* antara kelompok MIIT dan Kontrol ($p= 0.708$). Sementara untuk variabel MDA terdapat perbedaan yang signifikan, jadi dapat disimpulkan latihan dengan intensitas moderat lebih aman dibandingkan kelompok kontrol.

Kata Kunci: Obesitas, MIIT, HIIT, *Irisin*, *Malondialdehyde*

ABSTRACT

Didib Riwayadi, Effect of Moderate Intensity Interval Training (MIIT) and High Intensity Interval Training (HIIT) on Irisin and Malondialdehyde (MDA) Levels in Obese Rats. Thesis. Yogyakarta: Sports Science Study Program, Postgraduate Program, Faculty of Sports and Health Sciences, Yogyakarta State University, 2024.

Obesity can cause physiological disorders. These physiological disturbances cannot be separated from the roles of irisin and malondialdehyde (MDA). Exercising with the right measure, measurable, and regularly is a strategy for dealing with obesity. The aims of this study were (1) to determine the effect of irisin levels on exercise with the Moderate Intensity Interval Training (MIIT) and High Intensity Interval Training (HIIT) models and (2) to determine the effect of malondialdehyde (MDA) levels in obese rats.

This research is a true experimental laboratory study with a pretest-posttest control group design. This research was conducted at the Bioscience Laboratory of Brawijaya University, Malang. The research sample used 27 obese male Wistar rats divided into 9 MIIT group rats, 9 HIIT rats, and 9 control rats. Exercise intervention is given for 6 weeks at a frequency of 4 times per week. The intensity of MIIT (60–80% of base line ability), HIIT (90–100% of base line ability), irisin levels, and MDA levels are obtained from blood tests using enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). Data analysis used the Anova test and post hoc Tukey analysis with a significance level of 0.01.

The results showed that there was no significant difference in irisin levels ($p = 0.507$). The HIIT irisin difference was lower than MIIT ($p = 0.932$) and Control ($p = 0.491$), and there was no difference in irisin value between the MIIT and Control groups ($p = 0.708$). Meanwhile, for the MDA variable, there is a significant difference, so it can be concluded that moderate-intensity exercise is safer than the control group.

Keywords: obesity, MIIT, HIIT, irisin, malondialdehyde

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa : Didib Riwayadi

Nomor mahasiswa : 20711251004

Program Studi : Ilmu Keolahragaan

Dengan ini menyatakan bahwa tesis ini merupakan hasil karya saya sendiri dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar magister di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya dalam tesis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 12 Februari 2024

Yang membuat pernyataan



Didib Riwayadi
NIM 20711251004

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH MODERATE INTENSITY INTERVAL TRAINING (MIIT) DAN
HIGH INTENSITY INTERVAL TRAINING (HIIT) TERHADAP KADAR
IRISIN DAN MAELONDYALDEHID (MDA) PADA TIKUS OBESITAS**

TESIS

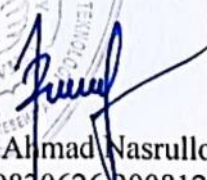
**DIDIB RIWAYADI
NIM 20711251004**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tesis
Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan Universitas Negeri Yogyakarta
Tanggal: Februari 2024

DEWAN PENGUJI

Nama/Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Dr. Sigit Nugroho, M.Or. (Ketua/Penguji)		12/02/2024
Prof. dr. Novita Intan Arovah, M.P.H., Ph.D. (Sekretaris/Penguji)		12/02/2024
Dr. dr. Rachmah Laksmi Ambardini, M.Kes. (Pembimbing/Penguji)		12/02/2024
Prof. Dr. dr. BM. Wara Kushartanti, M.S. (Penguji Utama)		12/02/2024

Yogyakarta, Februari 2024
Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan
Universitas Negeri Yogyakarta
Dekan


Prof. Dr. Ahmad Nasrulloh, M.Or
NIP. 198306262008121002

KATA PENGANTAR

Puji syukur selalu dipanjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul, “**Pengaruh *Moderate Intensity Interval Training (MIIT)* dan *High Intensity Interval Training (HIIT)* Terhadap Kadar *Irisin* dan *Malondyaldehyde (MDA)* pada Tikus Obesitas**”.

Tesis ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar Magister Pendidikan Program Studi Ilmu Keolahragaan Program Pascasarjana Universitas Negeri Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa tesis ini tidak mungkin dapat diselesaikan tanpa bimbingan dan bantuan serta dukungan dari semua pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini perkenankanlah penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Rektor Universitas Negeri Yogyakarta, Prof. Dr. Sumaryanto, M.Kes., AIFO, yang telah memberikan staff pengajar yang berkualitas di Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Kaprodi Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Yogyakarta, Prof. Dr. Yudik Prasetyo, M.Kes. yang telah memberikan izin penulis untuk mengadakan penelitian.
3. Penasihat akademik, Prof. Dr. Ahmad Nasrulloh, M.Or, yang telah memberikan nasihat dan arahan sehingga perkuliahan dapat berlangsung lancar.
4. Validator, Prof. Dr. dr. BM. Wara Kushartanti, M.S. yang telah memberikan saran dan masukan sehingga tersusun program latihan yang baik untuk penelitian.

5. Dr. dr. Rachmah Laksmi Ambardini, M. Kes. selaku dosen pembimbing yang telah banyak membantu mengarahkan, membimbing, dan memberikan dorongan sampai tesis ini terwujud.
6. Orang tua saya dan keluarga yang tidak pernah lelah mendoakan, memberikan semangat, dan motivasi agar selalu optimis untuk menyelesaikan tesis ini.
7. Teman-teman mahasiswa Program Pascasarjana Universitas Negeri Yogyakarta 2020, khususnya Program Studi Ilmu Keolahragaan yang selalu memberikan motivasi, saran, masukan, dan semangat selama menempuh studi di Pascasarjana Universitas Negeri Yogyakarta.
8. Pihak-pihak lain yang telah membantu penyelesaian tesis ini yang tidak dapat dituliskan satu persatu.

Semoga semua pihak yang telah membantu mendapat pahala dari Allah SWT. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan tesis ini, bahkan masih jauh dari kata sempurna. Untuk itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak demi perbaikan di masa datang. Penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca. Aamiin.

Yogyakarta, 12 Februari 2024



Didib Riwayadi
NIM 20711251004

DAFTAR ISI

Abstrak	ii
Pernyataan Keaslian Karya	iv
Lembar Persetujuan	v
Kata Pengantar	vi
BAB I. Pendahuluan	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Pembatasan Masalah	5
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II. Kajian Pustaka	7
A. Kajian Teori	7
1. Pengertian Obesitas	7
2. <i>Irisin</i>	10
3. <i>Malondialdehyde</i>	14
4. <i>Irisin</i> dan <i>Malondialdehyde</i> pada Individu Obesitas	15
5. <i>Moderate Intensity Interval Training (MIIT)</i>	16
6. <i>High Intensity Interval Training (HIIT)</i>	17
B. Kajian Penelitian yang Relevan	18
C. Kerangka Berpikir	19
D. Hipotesis Penelitian	20
BAB III. Metode Penelitian	21
A. Jenis Penelitian	21
B. Tempat dan Waktu Penelitian	22
C. Populasi dan Sampel Penelitian	22
D. Variabel Penelitian	24
E. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data	25
F. Validitas dan Reliabilitas Instrumen	26
G. Teknik Analisis Data	26
BAB IV. Hasil Penelitian dan Pembahasan	28
A. Deskripsi Hasil Penelitian	28

B. Hasil Uji Hipotesis.....	31
C. Pembahasan	36
D. Keterbatasan Penelitian	38
BAB V. Kesimpulan dan Saran	39
A. Kesimpulan.....	39
B. Implikasi	39
C. Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi BMI menurut WHO dan Asia Pasific	8
Tabel 2.2 Klasifikasi berat badan normal tikus <i>wistar</i>	8
Tabel 2.3 Kajian penelitian yang relevan.....	18
Tabel 4.1 Hasil Analisis Deskriptif Karakteristik Subjek Penelitian.....	28
Tabel 4.2 Hasil selisih perubahan <i>Pre-test</i> dan <i>Post-test</i>	31
Tabel 4.3 Hasil Uji Normalitas Subjek Penelitian	32
Tabel 4.4 Hasil Uji Homogenitas	33
Tabel 4.5 Hasil Uji Beda Pre dan Post Berat Badan	33
Tabel 4.6 Hasil Uji Annova Berat Badan	34
Tabel 4.7 Uji Beda Pre dan Post masing-masing variabel	35
Tabel 4.8 Hasil Uji Annova	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Persebaran jaringan adipose di tubuh.....	9
Gambar 2. Struktur Irisin	10
Gambar 3. Jaringan adipose putih.....	11
Gambar 4. Jaringan Adiposa Cokelat.....	11
Gambar 5. <i>Irisin reduce exercise</i>	12
Gambar 6. Peningkatan irisin dapat meningkatkan <i>energy expenditure</i>	12
Gambar 7. Kerangka Berfikir	19

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kartu Bimbingan Tesis	48
Lampiran 2. Surat Izin Penelitian.....	49
Lampiran 3. Surat Permohonan Validasi	50
Lampiran 4. Hasil Validasi	51
Lampiran 5. Surat Laik Etik.....	52
Lampiran 6. Program Latihan	53
Lampiran 7. Hasil Uji Elisa <i>Irisin Pre-Post</i>	59
Lampiran 8. Hasil Uji Elisa MDA <i>Pre-test</i>	63
Lampiran 9. Hasil Uji Elisa MDA <i>Post-test</i>	65
Lampiran 10. Hasil Uji Statistika.....	68
Lampiran 11. Dokumentasi.....	73

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Seiring dengan peningkatan jumlah orang obesitas di Indonesia, obesitas menjadi masalah yang memerlukan penanganan serius. Menurut Riset Kesehatan Dasar (2013), prevalensi obesitas pada remaja usia 16 sampai 18 tahun di Indonesia meningkat dari 1,4% pada tahun 2010 menjadi 7,3% pada tahun 2013. Daerah dengan bobot prevalensi paling besar adalah DKI Jakarta (4,2%) dan yang paling kecil adalah Sulawesi Barat (0,6%). 15 daerah lainnya menunjukkan di atas rata-rata, yaitu Yogyakarta, Bangka Belitung, Jawa Tengah, Sulawesi Selatan, Banten, Kalimantan Tengah, Papua, Jawa Timur, Kepulauan Riau, Kalimantan Selatan, Gorontalo, Yogyakarta, Bali, Kalimantan Timur, Sulawesi Utara dan DKI Jakarta. Jika hal ini diperbolehkan, maka rata-rata kegemukan akan terus meningkat. Diperkirakan 57,8 % populasi global akan mengalami obesitas pada tahun 2030 jika tren prevalensi obesitas yang meningkat setiap tahun terus berlanjut. (Kelly *et al.*, 2008).

Berat badan akan menjadi masalah medis global yang serius (Kandinasti & Farapti, 2018). Orang dewasa dan kelompok usia lainnya akan terkena dampak dari obesitas (Kandinasti & Farapti, 2018) yang menjadi masalah besar bagi negara lain (Gadde *et al.*, 2018; Tsuchiya *et al.*, 2014). Salah satu penyebab utama sindrom metabolik adalah obesitas (Kaur *et al.*, 2010: 366). Sindrom metabolik dapat mengakibatkan gangguan finansial dan gangguan fisiologis. Dari sisi finansial, bisa dijelaskan bahwa Jaminan Kesehatan Nasional (JKN) melalui Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) terus mengalami kenaikan biaya. Tahun

2016, penyakit jantung menghabiskan 6,9 triliun, *stroke* 1,5 triliun, penyakit ginjal 1,5 triliun, dan diabetes melitus 1,2 triliun (Kompas, 2017). Jika obesitas tidak segera ditangani, dapat memicu terjadinya sindrom metabolik (Widjaja *et al.*, 2013: 100). Obesitas memicu terjadinya *atherosclerosis* (pengerasan dinding pembuluh darah) (Grundy *et al.*, 2005: 2745). Costa *et al.*, (2012: 306) juga menyatakan bahwa, obesitas sebagai penyebab terbesar terjadinya resistensi insulin. Selain itu, sindrom metabolik dapat meningkatkan risiko kanker, *stroke*, insufisiensi ginjal, dan penyakit jantung koroner (Kelli *et al.*, 2015). Selain itu, diabetes mellitus juga menjadi faktor terbesar dalam menyebabkan *polyneuropathy* (gangguan saraf perifer) (Hebert *et al.*, 2017: 560). Gangguan-gangguan fisiologis yang disebabkan oleh obesitas tersebut juga tidak terlepas dari peranan dari *irisin* dan *malondialdehyde* (MDA).

Kadar *irisin* akan turun pada orang yang mengalami obesitas. Penelitian yang dilakukan (de Macedo *et al.*, 2017), yang menunjukkan bahwa obesitas secara signifikan menurunkan *irisin* dan *FNDC5* pada otot rangka. Ini karena ekspresi *myostatin* (*MSTN*) otot rangka dapat meningkat pada individu yang obesitas. Ekspresi *miR-34a* meningkat sebagai hasil dari aktivasi jalur pensinyalan yang disebabkan oleh pengikatan *myostatin* ke reseptornya. *mRNA FNDC5* terdegradasi dan dicegah untuk diterjemahkan oleh *miR-34a*. *Myostatin* juga berkontribusi pada fosforilasi dan aktivasi *SMAD3*. Protein *SMAD3* bertindak untuk menekan penciptaan *irisin*. Hal ini didukung oleh konsekuensi dari sel otot rangka, yang menunjukkan bahwa *SMAD3* akan mengikat *FNDC5* dan *Ppargc1a* dan mengurangi aliran keluar dari kualitas ini. Obesitas dapat memicu terjadinya peningkatan derajat oksidatif stres dikarenakan jaringan adiposa terutama pada kompartemen *visceral* mampu melepaskan molekul aktif biologis dalam bentuk

berbagai adipositokin (*adipokin*) yang berada pada suatu mekanisme untuk kinerja menghasilkan spesies oksigen reaktif (ROS) (Marseglia *et al.*, 2015). Menurut Susantiningsih (2015), kerusakan sel, jaringan, atau organ tubuh dapat terjadi pada kondisi stres oksidatif yang dapat memicu penyakit degeneratif. Ketidakseimbangan antara radikal bebas dan antioksidan mengakibatkan terjadinya stres oksidatif. (Arsana *et al.*, 2013).

Meningkatnya stres oksidatif diakibatkan oleh kerusakan sel. Kerusakan sel ditandai dengan terjadinya perubahan pada kadar MDA (Budi *et al.*, 2019). Istilah untuk reaksi rantai karbon ganda dengan oksidan adalah peroksidasi lemak. Peroksidasi lipid membuat struktur lemak hidroperoksida tidak stabil, membuatnya mudah diubah menjadi MDA, 4-hidroksi-2-nonenal (4-HNE), dan beberapa bentuk aldehida lainnya. Karena lebih bersifat mutagenik daripada aldehida lainnya, MDA merupakan produk utama yang dihasilkan selama proses terjadinya peroksidasi lemak. (Anggraeni, 2017). Selain itu, ada hubungan antara obesitas dan stres oksidatif melalui peran *Cyclic Adenosine Mono Phosphate* (cAMP) dalam mengatur keseimbangan energi. Jaringan adiposa tidak hanya berfungsi sebagai tempat penyimpanan energi, tetapi juga merupakan organ endokrin yang bertanggung jawab atas patofisiologi stres oksidatif. Jaringan adiposa meningkat melalui apoptosis, lipogenesis berlebihan, penghambatan lipolisis, dan proses inflamasi pada obesitas. (Susantiningsih, 2015).

Sindrom metabolik dapat diatasi dan dicegah dengan berolahraga, orang dengan sindrom metabolik mengalami penurunan faktor resiko melalui peningkatan kebugaran fisik setelah diintervensi dengan latihan fisik secara teratur (Leite *et al.*, 2009). Selain itu, dengan berolahraga secara rutin, dapat meningkatkan kadar kadar *irisin* dan menurunkan kadar MDA pada individu obesitas. Olahraga dengan

takaran yang tepat, terukur, dan teratur adalah strategi penanganan kelebihan berat badan dan obesitas melalui pendekatan nonfarmakologis (Sugiharto: 2014). Program latihan untuk menurunkan kadar lemak tubuh bisa dilakukan dengan MIIT pada puncak VO₂ 60-70% intensitas selama 45 menit (Mikami *et al.*, 2015). Latihan dengan intensitas tinggi dapat secara signifikan menurunkan kadar lemak subkutan, dan visceral (Maillard *et al.*, 2016). Kondisi tersebut karena latihan dengan intensitas tinggi ditanggapi secara fisik melalui peningkatan aktivitas enzim sitokrom oksidase (COX) serta komponen kardiometabolik yang ditandai dengan penurunan kadar lemak dan hormon insulin dalam plasma darah. Tipe latihan, intensitas, durasi, dan populasi mempengaruhi tingkat stres oksidatif, menurut Wellman dan Bloomer (2009). Olahraga intens mampu memperburuk stres oksidatif. Olahraga kronis dapat menyebabkan adaptasi oksidatif yang lebih baik, yang dapat meningkatkan kinerja fisiologis dan kesehatan fisik. Ini terjadi meskipun respons aerobik dan anaerobik berbeda (Huang *et al.*, 2015).

Dari hasil permasalahan di atas, peneliti akan mengkaji terkait pemberian intervensi latihan yang dilakukan dengan model MIIT dan HIIT terhadap kadar *irisin* dan kadar MDA pada tikus obesitas.

B. Identifikasi Masalah

Dengan paparan di atas, beberapa masalah tambahan dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Menurut Riskesdas, jumlah penderita obesitas di Indonesia meningkat setiap tahunnya.
2. Peningkatan obesitas dapat menyebabkan terjadinya sindrom metabolik dan dapat meningkatkan risiko penyakit jantung koroner, *stroke*, insufisiensi

ginjal, kanker, stress oksidatif.

3. Masih bervariasinya hasil temuan tentang adaptasi MIIT dan HIIT sedang banyak dilakukan.
4. Hasil penelitian tentang efek kedua model latihan tersebut masih bervariasi dan bahkan kontradiksi.
5. Belum diketahuinya tingkat efektivitas latihan MIIT dan HIIT dalam peningkatan kadar *irisin* dalam proses *loss fat* dan penurunan kadar MDA dalam proses stres oksidatif.

C. Pembatasan Masalah

Berdasarkan permasalahan di atas, serta sebagai salah satu pembatas agar permasalahan dalam penelitian ini tidak meluas mengingat keterbatasan akan kemampuan peneliti, serta sebagai antisipasi munculnya berbagai penafsiran, penelitian ini hanya terbatas pada “Kajian adaptasi latihan *Moderate Intensity Interval Training* (MIIT) dan *High Intensity Interval Training* (HIIT) terhadap kadar *irisin* dan kadar MDA pada tikus obesitas”. Pemilihan hewan percobaan antara lain tikus wistar yang mudah didapat, mudah dirawat, dan memiliki kemampuan metabolisme yang cepat sehingga bermanfaat dalam proses penelitian.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah pengaruh latihan dengan model MIIT dan HIIT terhadap kadar *Irisin* pada tikus obesitas?
2. Bagaimanakah pengaruh latihan dengan model MIIT dan HIIT terhadap

kadar MDA pada tikus obesitas?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang disebutkan di atas, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh model latihan MIIT dan HIIT terhadap kadar *irisin* pada tikus obesitas.
2. Mengetahui pengaruh model latihan MIIT dan HIIT terhadap kadar MDA pada tikus obesitas.

F. Manfaat Penelitian

1. Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan dalam memperluas pengetahuan dan pengembangan ilmu khususnya dalam bidang keolahragaan.
2. Sebagai sumber informasi baru dalam membuat suatu program latihan olahraga sebagai alat *preventive* maupun *rehabilitative* untuk mengatasi obesitas.
3. Agar dapat dijadikan sebagai informasi bagi masyarakat dalam mengatasi masalah obesitas dan sindrom metabolik dengan olahraga.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Obesitas

World Health Organization (WHO, 2008) menjelaskan bahwa indeks massa tubuh naik menunjukkan kondisi obesitas atau Indeks Massa Tubuh (BMI) seseorang memiliki nilai 25 sampai 29,9 kg/m². Obesitas kini sudah menjadi wabah yang mendunia (Windarti *et al.*, 2019). Obesitas adalah suatu penyakit kronis yang bersifat multifaktorial yang disebabkan oleh akumulasi lemak tubuh pada jaringan adiposa (Sancez *et al.*, 2011: 3117). Penimbunan lemak *visceral* yang berlebihan dikaitkan dengan prevalensi gangguan metabolisme *syndrome metabolic* (Goodpaster *et al.*, 2005: 783). Obesitas adalah masalah besar yang dapat mengancam kualitas sumber daya manusia (Aker *et al.*, 2014). Obesitas memicu terjadinya sindrom metabolik (Marie *et al.*, 2014), penyakit kardiovaskular, stroke, hipertensi, diabetes mellitus, batu empedu, dan cancer, (Bales & Buhr, 2008), metabolisme terganggu (Aktar *et al.*, 2017). Latihan merupakan pilihan yang tepat untuk mengurangi kenaikan prevalensi obesitas yang terjadi (Murawska-Cialowicz *et al.*, 2015). Model latihan yang baik dapat mencegah dan mengurangi obesitas. (Huh *et al.*, 2014). Latihan teratur dan berkelanjutan membantu mempertahankan homeostasis glukosa dan perbaikan berat badan. (Boström *et al.*, 2012).

Metode antropometri, yang mengukur berat badan seseorang secara langsung, dapat digunakan untuk menentukan tingkat obesitas (Sudargo *et al.*, 2016). Dengan melihat hasil pengukuran *body mass index* (BMI) seseorang, metode ini dapat digunakan untuk menentukan apakah individu tersebut obesitas atau tidak.

Kriteria obesitas orang dewasa dapat dilihat berdasarkan kriteria BMI (Hastuti, 2018). BMI dapat dihitung dengan membagi berat badan (kg) dengan tinggi badan (m²) (Nimptsch *et al.*, 2019; Aktar *et al.*, 2017). Tabel 2.1 berikut menunjukkan kriteria BMI Asia-Pasific dan WHO.

Tabel 2.1 Kriteria BMI (Lim *et al.*, 2017:2466)

Kategori	WHO	Asia-Pasific
<i>Underweight</i>	≤ 18.5	≤ 18.5
Normal	18.5 – 24.9	18.5 – 22.9
<i>Overweight</i>	25 – 29.9	23 – 24.9
<i>Obesity</i>	≥ 30	≥ 25

Berat badan dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan mengukur obesitas (Beechy *et al.*, 2012). Namun, BMI tidak cukup akurat untuk mengukur lemak tubuh (Akpinar *et al.*, 2007; Wardle, 1995). Massa lemak dan massa otot juga tidak dapat diukur dengan BMI (Nimptsch *et al.*, 2019). Dalam pengukuran komposisi tubuh tidak hanya menggunakan parameter BMI saja sehingga keakuratan data dapat dipertanggungjawabkan dan bisa dijadikan rujukan sebagai pengendalian obesitas dimasa akan datang (Chooi *et al.*, 2019).

Penentuan klasifikasi berat badan tikus *wistar* secara normal dapat diklasifikasikan sesuai dengan umur dan jenis kelamin dengan rata-rata sebagai berikut:

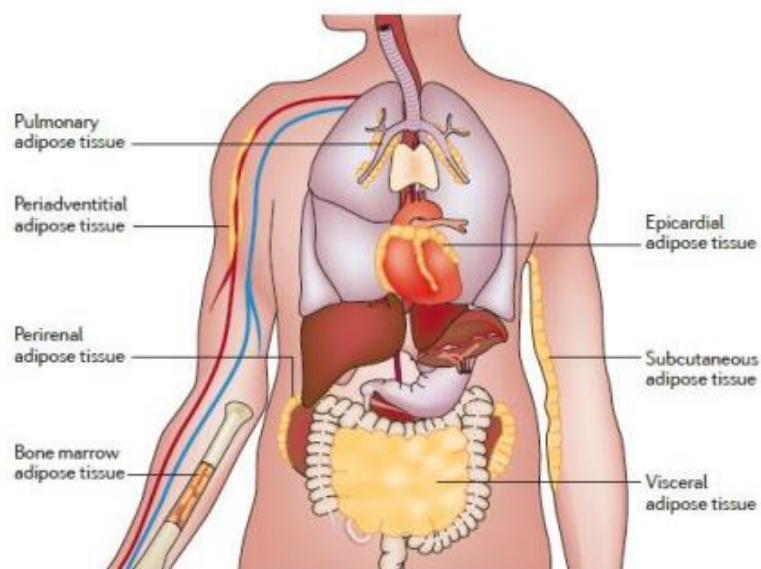
Tabel 2.2. Klasifikasi berat badan normal tikus *wistar* (Fitria & Sarto, 2014).

Jenis Kelamin	Minggu Ke		
	4	6	8
Jantan	63.36 gram	63.36-163.50 gram	163.50-196.78 gram
Betina	59.50 gram	59.50-132.38 gram	132.38-151.60 gram

Penentuan klasifikasi berat badan tikus juga dapat diketahui melalui (BMI) dengan rumus sebagai berikut. Berat badan dalam satuan (gram) dibagi dengan panjang dalam satuan (cm²). BMI normal untuk tikus *wistar* jantan adalah 0.45 - 0.68 g/cm²,

untuk *wistar* betina berkisar antara 0.45- 0.50 g/cm² (Rabiu *et al.*, 2017). Sementara itu Aslani *et al.* (2015: 351) *wistar* jantan usia 8 minggu dengan berat 160 g dapat dikategorikan obesitas. Karena begitu bervariasinya pengkategorian dari berat badan *wistar*, (Fitria & Sarto, 2014) dalam kajiannya terhadap profil hematologi dan berat badan tikus *wistar* beralasan bahwa ciri-ciri khas tidak dapat ditentukan secara mendasar berdasarkan referensi yang luas, ciri-ciri khas ditentukan dari pusat-pusat penelitian atau kandang hewan sebagai penyuplai dan pemeliharaan. Hewan coba yang digunakan dalam studi tingkat *overweight* dan obesitas dapat dideteksi melalui BMI dan lingkar pinggang.

Asupan energi yang berlebih, minimnya aktivitas fisik dan kerentanan dari faktor genetik adalah penyebab utama terjadinya obesitas. Jaringan adiposa paling besar berada pada bagian *visceral*. Dalam kondisi obesitas, jaringan adiposa akan berkembang pada bagian-bagian tubuh yang lain seperti jantung, subkutan, ginjal, pembuluh darah dan pulmonal. Ouchi (2011: 86) menyatakan akumulasi jaringan adipose dapat berdampak pada fungsi organ dan metabolisme sistemik .

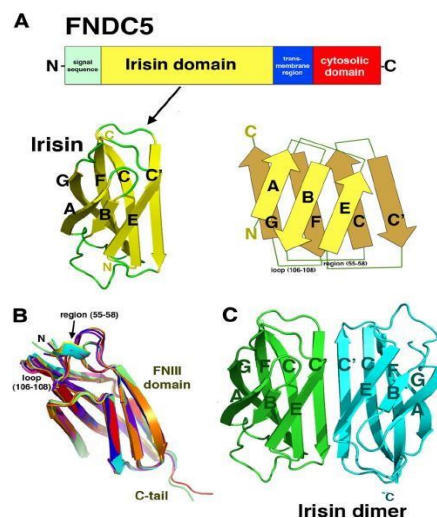


Gambar 1. Persebaran jaringan adipose di tubuh (Ouchi, 2011: 86)

Dari penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa akumulasi lemak pada jaringan adiposa adalah penyebab obesitas. Tingkat *overweight* dan obesitas seseorang dapat dideteksi melalui BMI dan lingkar pinggang. *Overweight* dan obesitas yang tidak ditangani akan menyebabkan terjadinya gangguan kesehatan seperti hipertensi, penyakit kardiovaskuler, penyakit jantung koroner serta Diabetes Melitus tipe dua.

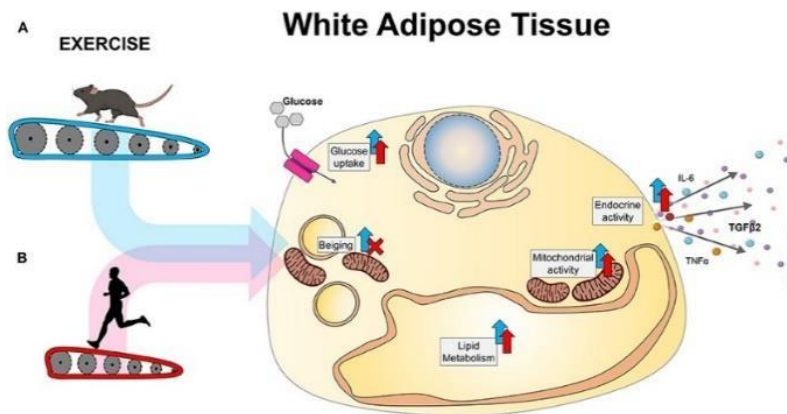
2. *Irisin*

Irisin adalah salah satu hormon yang paling baru ditemukan dan diisolasi, yang berasal dari otot rangka tikus pada tahun 2012. *Irisin* disekresikan dari otot sebagai respons terhadap olahraga dan dapat memediasi beberapa efek menguntungkan dari olahraga pada manusia, seperti penurunan berat badan dan termoregulasi. *Irisin* adalah protein pembelahan dari *fibronektin* tipe III domain 5 (FNDC5). *Irisin* tikus dan *irisin* manusia 100% identik; tingkat kesamaannya adalah 85% untuk *insulin*, 90% untuk *glukagon*, dan 83% untuk *leptin*. *Irisin* diharapkan menjadi agen terapeutik potensial untuk pengobatan obesitas dan kondisi terkaitnya. FNDC5 diubah menjadi *irisin* setelah *exercise*.



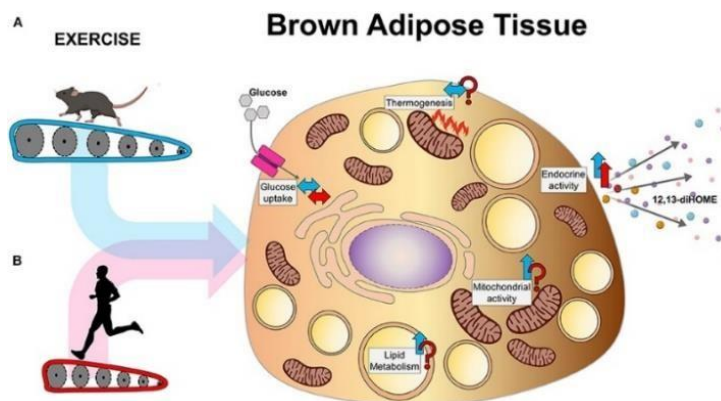
Gambar 2. Struktur *irisin*

Peningkatan *irisin* menyebabkan pencoklatan jaringan adiposa putih pada manusia dan tikus. Jaringan adiposa putih (*White Adipose Tissue*) adalah organ endokrin yang sangat terintegrasi dalam homeostasis dan mampu membangun cara berkomunikasi dan mempengaruhi berbagai proses metabolisme.



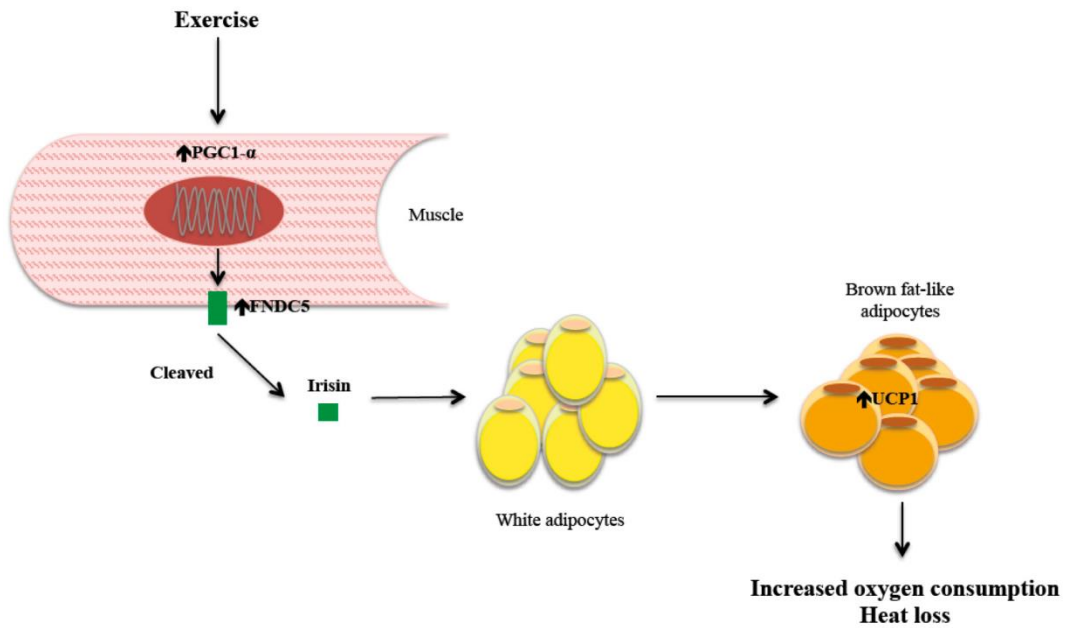
Gambar 3. Jaringan adiposa putih

Jaringan adiposa coklat (BAT) meningkatkan pengeluaran energi dengan memasukkan protein pelepasan 1 (UCP1), juga dikenal sebagai *termogenin*, yang memisahkan respirasi sel dan produksi panas, dalam membran mitokondria. Data terbaru menunjukkan adanya pembentukan sel termogenik dari adiposit putih (sel *beige* atau *brite*) dengan peran potensial dalam mencegah obesitas dan sindrom metabolik.

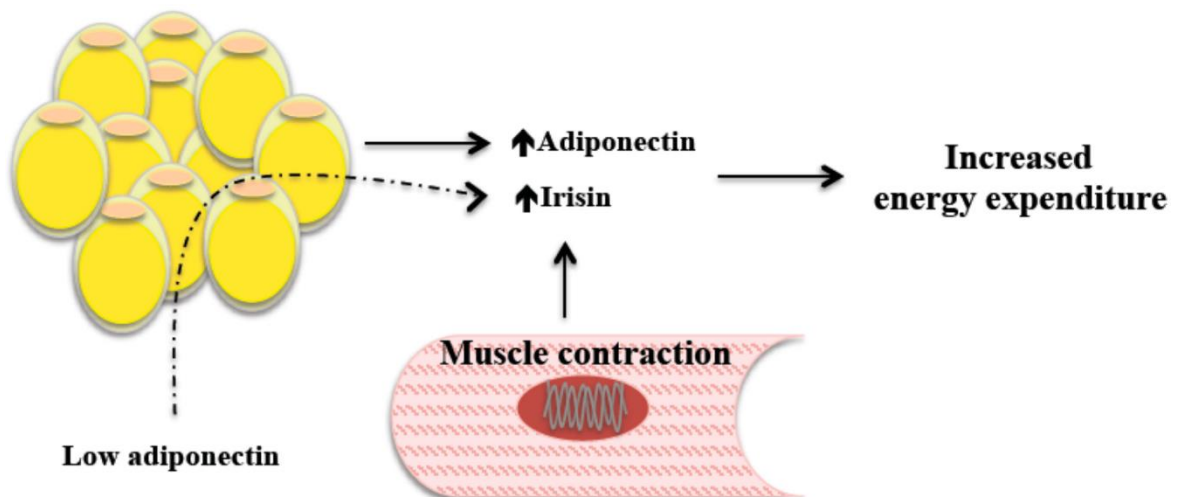


Gambar 4. Jaringan Adiposa Cokelat

Pembentukan sel-sel ini dipengaruhi oleh aktivitas fisik yang menginduksi ekspresi *coaktivator PPAR γ -1 (PGC1)* dan protein membran hilir, protein 5 yang mengandung domain *fibronektin* tipe III (FNDC5) pada otot rangka.



Gambar 5. *Irisin* reduce exercise (Arias Loste et al., 2014)



Gambar 6. Peningkatan *irisin* pada *energy expenditure* (Arias Loste et al., 2014)

Aktivitas mendasar dapat memicu perkembangan PGC-1 α pada otot rangka dan kardiovaskular, yang dapat memicu perkembangan bawahannya menjadi ruang fibronektin khusus yang mengandung protein 5 (FNDC5) dan pembelahan proteolitik FNDC5 untuk menghasilkan irisin. Pada tingkat yang berbeda, irisin kemudian masuk ke jaringan lemak, hati, otak, tulang, pankreas, ginjal, dan ovarium. Beberapa peneliti berpendapat bahwa pembentukan PGC-1 α dapat menyebabkan pelepasan komponen tertentu yang bermanfaat bagi jaringan lain selain otot rangka. Sebaliknya, otot oksidatif memiliki akumulasi irisin yang lebih tinggi, sedangkan otot glikolitik atau otot campuran, seperti otot *gastrocnemius* atau paha depan, memiliki kadar PGC-1 α yang lebih rendah. Akibatnya, penelitian tambahan diperlukan untuk menemukan dan memvalidasi kemungkinan bahwa sekresi irisin yang diinduksi oleh latihan tidak bergantung pada upregulasi PGC-1 α (Kertsholt *et al.*, 2015, Sanchez-Delgado *et al.*, 2015, Tang *et al.*, 2016).

Setelah 10 minggu aktivitas intensif, penyebaran *irisin* meningkat dua kali lipat. Peningkatan kadar *irisin* dalam darah dapat menunjukkan penurunan resistensi insulin. Untuk penelitian ini, sampel darah dan biopsi otot diambil sebelum, segera setelah, dua jam setelah 45 menit latihan dengan *ergocycle* pada 70% VO₂max, dan dua belas minggu setelah kombinasi latihan ketahanan dan penguatan. Segera setelah latihan intens, kadar *irisin* pada subjek sehat meningkat dua kali lipat, dan kemudian turun lagi setelah dua jam istirahat. Pada individu yang sehat, hasil *irisin* setelah dua belas minggu latihan tidak menunjukkan peningkatan yang signifikan (Norheim *et al.*, 2015, Hofmann *et al.*, 2014).

Ada korelasi negatif antara *irisin*, insulin, kadar trigliserida, dan adiponektin dengan usia. Sebaliknya, *irisin* berkorelasi positif dengan sirkum *ferensbiceps*,

indeks massa tubuh, glukosa, dan peptida endogen usus (yang mencegah sekresi insulin). Menurut Arias-Loste dkk. (2014), Sacherz-Delgado dkk. (2015), dan Panati dkk. (2016).

Irisin, adipomiokin termogenik yang diproduksi oleh pembelahan FNDC5 terlibat dalam pencoklatan jaringan adiposa. Sementara penelitian pada hewan sejalan dengan hubungan antara aktivitas fisik dan pelepasan *irisin*, hasil dari penelitian pada manusia masih kurang jelas. Oleh karena itu, ulasan ini berfokus pada kemajuan terbaru dalam pemahaman kita tentang otot dan termogenesis jaringan adiposa. Lebih lanjut, ini menjelaskan tentang mekanisme molekuler dimana *irisin* mempengaruhi olahraga, homeostasis glukosa dan obesitas. Terakhir, ulasan tersebut membahas kesenjangan dan kontroversi saat ini terkait dengan pelepasan *irisin*, cara kerjanya, dan potensinya di masa depan sebagai alat terapeutik dalam mengelola obesitas dan sindrom metabolik.

3. *Malondialdehyde* (MDA)

Menurut (Winarsi et al, 2013), *Malondialdehyde* (MDA) adalah senyawa aldehida yang diproduksi tubuh sebagai produk sampingan dari lipid peroksida. Pemecahan asam amino, heksosa, pentosa, dan karbohidrat kompleks menyebabkan MDA. Rumus molekulnya adalah $C_3H_4O_2$ dan terdiri dari tiga rantai karbon. MDA juga merupakan produk limbah dari biosintesis prostaglandin, yang merupakan produk akhir dari oksidasi membran lipid. Prostaglandin juga merupakan produk yang dibuat oleh tubuh melalui reaksi ionisasi dengan radikal bebas.

Helliwell dan Gutteridge menyatakan bahwa MDA adalah produk dari oksidasi radikal bebas asam lemak tak jenuh. Mereka juga menyatakan bahwa MDA adalah metabolit dari bagian sel yang dihasilkan oleh radikal bebas. Ketika ada banyak MDA, ini menunjukkan bahwa membran sel mengalami oksidasi. Status

antioksidan yang tinggi biasanya diikuti oleh penurunan kadar MDA. Pengukuran MDA dengan spektrofotometri atau fluorometri mudah dilakukan. Karena MDA tidak stabil, sampel harus disimpan pada tempat yang terlindung dari cahaya dan jika tidak diperiksa segera, harus disimpan pada suhu $-700\text{ }^{\circ}\text{C}$; penyimpanan pada $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ tidak cukup. Salah satu uji yang paling sering digunakan untuk mengukur jalan peroksidasi lipid dari lemak tak jenuh adalah uji TBARs, yang berarti bahan reaktif thiobarbituric acid. Uji TBAR dapat mengukur stres oksidatif berdasarkan reaksi asam thiobarbituric dan MDA. Supernatan plasma direaksikan dengan asam tiobarbiturat, yang menghasilkan kromofor merah muda dengan panjang gelombang 532 nm.

4. *Irisin* dan MDA pada Individu Obesitas

Dingin menyebabkan menggigil di otot rangka dan fase tidak menggigil (melalui SNS-sistem saraf simpatik) di mana jaringan adiposa coklat dan krem diaktifkan untuk melepaskan panas melalui *UCP-1*. Menggigil dan olahraga meningkatkan *thermogenesis* yang dimediasi jaringan adiposa melalui sekresi *irisin*. Olahraga meningkatkan *co-activator* transkripsi *PGC1- α* dan menginduksi ekspresi gen *FNDC5*. Protein membran *FNDC5* dibelah untuk melepaskan *irisin* ke dalam aliran darah. *Irisin* juga dilepaskan oleh adiposit sehingga menjadi *adipositokin*. Sumber lain seperti otak, pankreas, lambung, sel *Kupffer*, lidah, rektum, jantung, testis, sel *epitel sinusoidal*, dan saraf optik juga melepaskan *irisin*. *Irisin* meningkatkan "pencoklatan" pada adiposit putih matang sebagai respons terhadap olahraga. Jaringan adiposa coklat meningkatkan pengeluaran energi melalui pelepasan metabolisme oksidatif dari produksi ATP.

Lipid peroksida atau lipid hidroperoksida stabil pada suhu tubuh atau suhu fisiologis. Salah satu cara untuk mengetahui kadar peroksida lipid adalah dengan menggunakan metode asam tiobarbiturat (TBA), yang mengukur keberadaan MDA. Dalam hal ini, TBA akan bersaing dengan pengumpulan karbonil MDA atau setidaknya satu partikel MDA akan berikatan dengan dua atom TBA untuk membentangi senyawa kompleks berwarna merah. Untuk mengukur penyerapan warna merah pada rentang 532 nm, yang sebanding dengan jumlah oksidasi lipid, spektrofotometer akan digunakan. Reaksi ini juga mengandung beberapa senyawa lain yang sensitif terhadap TBA; namun, karena jumlah mereka sangat kecil, mereka dapat diabaikan. Menurut Ohkawa et al. (1979), zat ini terdiri dari glukosa (0,4 mg, atau 2,2 μmol) dan sukrosa (8,56 mg, atau 25,0 μmol). Tes TBA ini berfokus pada efek oksidasi lemak tak jenuh dan biasanya digunakan untuk memeriksa makanan yang mengandung lemak tak jenuh.

5. *Moderate Intensity Interval Training (MIIT)*

Moderate Intensity Interval Training (MIIT) adalah model latihan dengan intensitas sedang (*moderate*) yang menggunakan 65 – 70 % *maximal heart rate* atau 3 – 6 *Metabolic Equivalent (METs)* yang pada dasarnya masih dalam zona kapasitas *aerobic* (Norton et al., 2010: 497). Pada prinsipnya latihan moderat atau aerobik adalah latihan dengan menggunakan otot besar secara terus menerus dan bersifat ritmis, contoh dari latihan moderat atau aerobik adalah bersepeda santai, berlari, berenang, senam aerobik dan menari. Latihan dengan memperhatikan frekuensi, intensitas, waktu, dan jenis latihan, akan bermanfaat untuk kesehatan dari olahraga intensitas sedang. Setidaknya 150 menit latihan sedang atau aerobik per minggu dengan intensitas 50-70% dari denyut jantung maksimal atau tiga kali per minggu

selama 20-60 menit masing-masing dapat dilakukan. (WHO, 2010: 8).

6. *High Intensity Interval Training*

High Intensity Interval Training (HIIT) adalah suatu model latihan sesi berulang, dengan menggunakan intensitas 80-95 % *heart rate maximal* yang diselingi dengan periode istirahat atau intensitas rendah (Gibala, 2007: 1). Model latihan HIIT, intensitas dan durasi memainkan peran penting dan harus dipantau secara ketat. Ada berbagai latihan HIIT, seperti 10 repetisi untuk satu menit kerja dan satu menit istirahat, 5 repetisi untuk dua menit kerja dan satu menit istirahat, atau 3 hingga 4 repetisi untuk empat menit kerja dan tiga menit istirahat. (Ryan, 2015). HIIT memberikan manfaat kebugaran yang sama seperti latihan ketahanan kontinyu, tetapi dengan waktu yang lebih singkat. Ini mungkin karena latihan HIIT menyebabkan pembakaran kalori yang lebih tinggi daripada latihan ketahanan kontinyu, terutama setelah latihan. EPOC, atau kelebihan konsumsi oksigen pasca latihan, menyebabkan pembakaran kalori yang lebih tinggi karena tubuh membutuhkan banyak oksigen untuk bertahan hidup. HIIT dapat meningkatkan kapasitas aerobik dan anaerobik seseorang secara signifikan. Peningkatan terjadi pada sensitivitas insulin dan retensi molekul anti-inflamasi. Selain itu, inflamasi meningkat dengan latihan HIIT, yang menunjukkan penurunan risiko penyakit kardiovaskular (Steckling *et al.*, 2015: 3). Latihan HIIT dapat meningkatkan kapasitas oksidatif mitokondria, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kapasitas oksidasi lemak melalui jalur aktivasi AMP protein kinase (Alkahtani *et al.*, 2013: 6). Hasil adaptasi dari latihan HIIT juga dapat menunjukkan kemampuan untuk meningkatkan kapasitas oksidasi otot. Kemampuan oksidasi lemak yang meningkat dapat berkontribusi pada pengurangan jaringan adiposa dan

pengurangan risiko gangguan metabolisme seperti resistensi insulin (Gibala, 2007: 211).

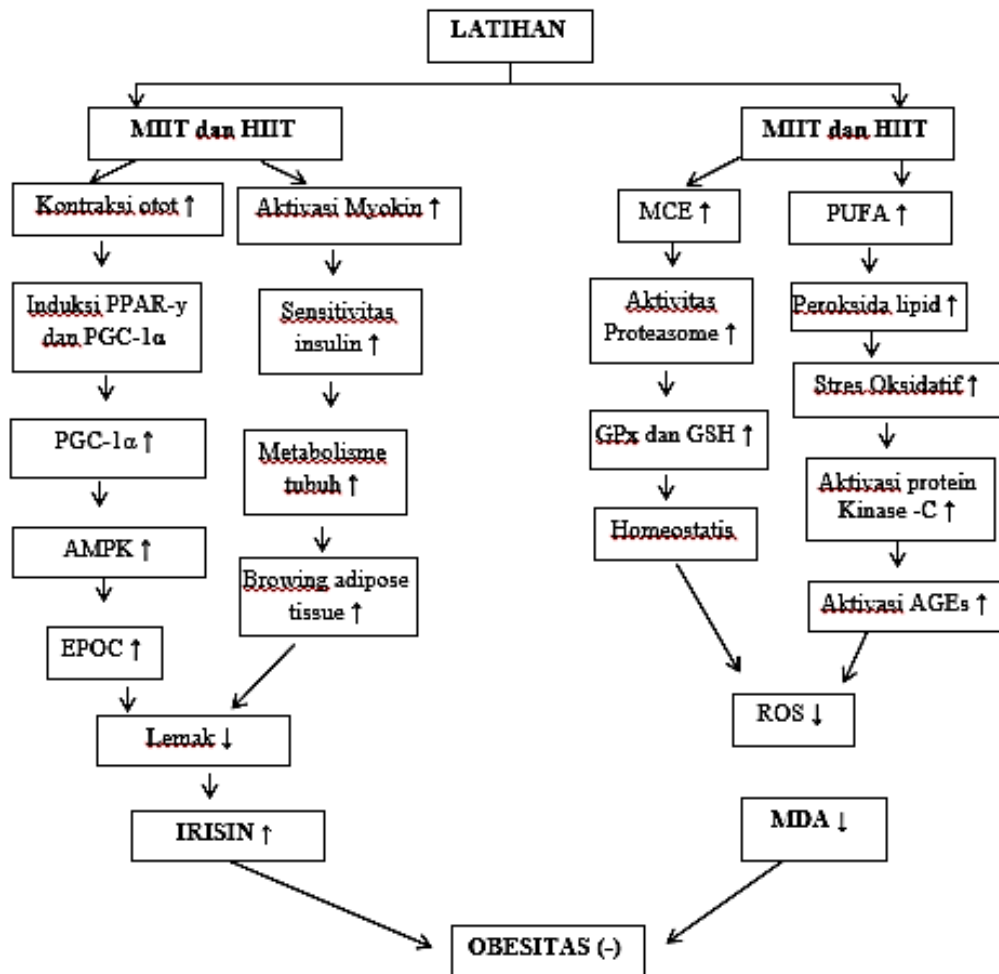
B. Kajian Penelitian yang Relevan

Tabel. 2.3 Kajian penelitian yang relevan

No.	Peneliti (Tahun)	Judul	Subyek	Hasil	Persamaan	Perbedaan
1.	Sofa, Ira Maya, (2018)	<i>The Incidence of Obesity, Central Obesity, and Excessive Visceral Fat</i>	Lansia Wanita	<i>Prevalensi lansia wanita yang mengalami obesitas sebanyak 34,6%.</i>	Subyek obesitas	Sampel manusia
2.	Joo Young, dkk, (2015)	<i>Irisin in Response to Exercise in Humans With and Without Metabolic Syndrome</i>	Pria obesitas	<i>Circulating Irisin increased immediately after HIIE, CME, and RE and declined 1 hour later. The increase was greater in response to resistance compared with either high-intensity intermittent exercise or CME</i>	Subyek obesitas	Sampel manusia
3.	Samsul Mu'arif (2018)	<i>Adaptation to the levels of MDA and SOD Enzyme Activity of MICT and HIIT Exercise on Wistar</i>	Tikus Obesitas	<i>The results showed that exercise HIIT and influence the MICT method changes the levels of MDA (Sig. < 0.05), but no effect on enzyme activity of SOD (Sig. > 0.05</i>	Subyek obesitas, Sampel tikus wistar	<i>Treatment MICT</i>

C. Kerangka Berfikir

Dari hasil survey di Indonesia, angka prevalensinya terus meningkat setiap tahunnya. Orang dengan obesitas mempunyai resiko lebih mudah terjangkit penyakit. Orang yang obesitas akan memiliki kadar irisin yang lebih rendah. Studi yang dilakukan (de Macedo et al., 2017) menemukan bahwa irisin dan FNDC5 pada otot rangka dikurangi secara signifikan oleh obesitas. Latihan meningkatkan stres oksidatif. Olahraga, di sisi lain, menunjukkan reaksi bergantian antara aktivitas anaerobik dan aktif, yang dapat meningkatkan kinerja fisiologis dan kesejahteraan. Olahraga teratur dapat menurunkan MDA dan meningkatkan irisin enam jam setelah berolahraga. Jenis, intensitas, durasi, dan populasi subjek yang diuji dapat memengaruhi tingkat stres oksidatif.



Gambar 7. Kerangka Berfikir

D. Hipotesis Penelitian

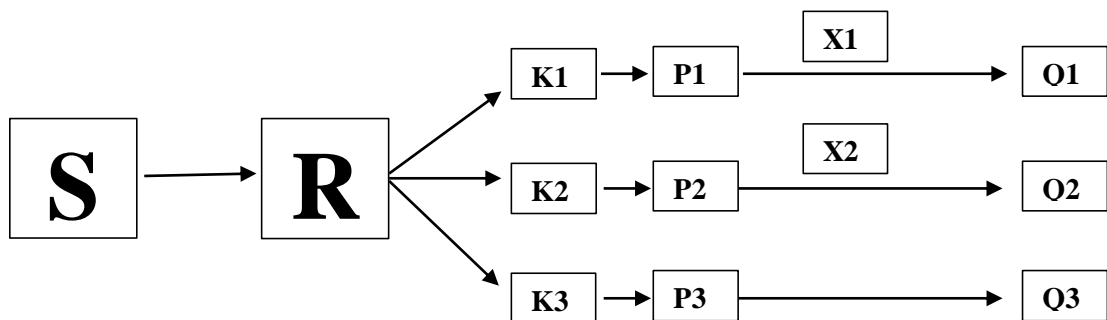
Berdasarkan paparan kajian teori diatas, maka hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Ada pengaruh model latihan MIIT dan HIIT terhadap kadar *irisin* pada subyek obesitas.
2. Ada pengaruh model latihan MIIT dan HIIT terhadap kadar MDA pada subyek obesitas.

BAB III
METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini adalah *experimental laboratory* dengan desain *pretest-posttest control group design*, dengan rancangan penelitian *randomized pretest-posttest control grup design*. Skema penelitian ini digambarkan sebagai berikut:



Keterangan:

- S = Sampel penelitian
- R = Randomisasi
- K1 = Kelompok MIIT
- K2 = Kelompok HIIT
- K3 = Kelompok Kontrol
- P1 = Pretest kelompok MIIT
- P2 = Pretest kelompok HIIT
- P3 = Pretest kelompok Kontrol
- X1 = Perlakuan MIIT
- X2 = Perlakuan HIIT
- Q1 = Posttest kelompok MIIT
- Q2 = Posttest kelompok HIIT
- Q3 = Posttest kelompok Kontrol

B. Tempat dan Waktu Penelitian

1. Perlakuan atau intervensi akan dilakukan di laboratorium Bioscience Universitas Brawijaya di Malang.
2. Tempat Uji ELISA berada di Laboratorium Fisiologi Molekuler, Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya, Malang.
3. Penelitian ini dimulai pada bulan Desember 2021.

C. Sampel Penelitian

Untuk penelitian ini, peneliti menggunakan tikus berjenis *Rattus Norvegicus Strain Wistar*. Pemilihan tikus wistar untuk penelitian ini harus memenuhi persyaratan berikut:

1. Tikus berjenis *Rattus Norvegicus Strain Wistar*.

Tikus jenis ini dipilih sebagai subjek penelitian karena ukurannya yang relatif lebih kecil dan lebih mudah dipelihara untuk hidup. Sistem hormonal dan metabolisme tikus ini juga hampir sama dengan manusia. Penggunaan tikus jenis ini juga didasarkan pada penelitian-penelitian terdahulu tentang *irisin dan MDA* yang menggunakan tikus ini.

2. Jenis Kelamin

Tikus berjenis jantan dipilih agar terhindar siklus menstruasi yang berpengaruh pada sistem hormonal dan akurasi hasil penelitian.

3. Kondisi Sehat

Tujuan dari pemilihan kondisi tikus sehat adalah untuk mengurangi kegagalan atau kematian subyek selama penelitian. Mata yang cerah dan bulu yang tidak kusam adalah karakteristik tikus *Rattus Norvicus Strain Wistar*

yang sehat.

4. Berusia 2 Bulan

Penelitian sebelumnya menjadi landasan penggunaan tikus berumur 2 bulan sebagai subjek penelitian. Tikus *Rattus Norvegicus Strain Wistar* sudah dewasa saat mencapai usia dua bulan sehingga cocok digunakan sebagai sampel penelitian.

5. Berat badan

Tikus yang digunakan dalam penelitian ini memiliki berat lebih dari 160 gram. Dalam waktu dua bulan, berat ini merupakan indikasi obesitas pada tikus Wistar. Pemakaian berat badan tersebut juga mengacu pada penelitian yang sebelumnya dari (Aslani *et al.*, 2015) sehingga dapat menjadi salah satu pertimbangan dalam pelaksanaan penelitian ini.

Standar Deviasi (SD) dan jumlah sampel (n) dari penelitian sebelumnya digunakan untuk menghitung sampel *size* dalam penelitian ini.. Peneliti mengambil penelitian dari Zhao, dkk (2011:4) yang berjudul “*Endurance exercise is a leptin signaling mimetic in hypothalamus of wistar rats*”. Standart Deviasi (SD) penelitian tersebut adalah 37.2 untuk kelompok perlakuan dan 31.5 kelompok kontrol, jumlah sampel (n) baik Kontrol maupun perlakuan adalah n=8. Untuk mengetahui jumlah sampel peneliti menggunakan rumus sebagai berikut (Dahlan, 2010)

$$n = 2 \left(\frac{(Z\alpha + Z\beta)S}{X1 - X2} \right)^2$$

Keterangan:

- n = jumlah sampel minimal yang diperlukan
- S = simpangan baku gabungan = 34.45

$Z\alpha$ = nilai deviat $\alpha = 1\% = 2.33$
 $Z\beta$ = nilai deviat baku $\beta = 1\% = 2.58$
 $X1-X2$ = rata-rata kelompok kontrol

Perhitungan sampel yang digunakan:

$$n = 2 \left(\frac{(Z\alpha + Z\beta)S}{X1 - X2} \right)^2$$

$$n = 2 \left(\frac{(2.33 + 2.58)34.45}{-87,8} \right)^2$$

$$n = 2 (-188.9)^2$$

$$n = 2 (3.57)$$

$$n = 7.13$$

Hasil penghitungan menunjukkan bahwa 7 tikus diambil sebagai sampel minimal untuk setiap kelompok. Untuk mencegah kerusakan dan kematian sampel selama penelitian, digunakan 9 tikus untuk kelompok Kontrol, 9 tikus untuk kelompok HIIT, dan 9 tikus untuk kelompok MIIT. Keseluruhan sampel tikus berjumlah 27.

D. Variable Penelitian

Adapun berbagai variabel yang akan diteliti dalam penelitian ini meliputi:

1. Variabel bebas: (1) *Moderate Intensity Interval Training* (MIIT) pada intensitas selama 45 menit (65-70% dari kemampuan *base line*). Intervensi latihan dilakukan selama enam minggu dan dilakukan empat kali seminggu. Latihan interval tinggi intensitas (HIIT) diberikan selama enam minggu dan dilakukan empat kali seminggu dengan intensitas 90%

- 95%. Latihan ini dapat secara signifikan menurunkan kadar lemak total yang mampu, perut subkutan, dan visceral hingga 90-100% dari kemampuan base line.

2. Variabel terikat : Kadar *irisin*, dan *MDA* dalam darah.
3. Variabel kendali :
 - a) Dosis latihan (intensitas, frekuensi, dan durasi latihan).
 - b) Teknik pemilihan sampel sebagai subyek penelitian.
 - c) Teknik penghitungan jumlah sampel penelitian.
 - d) Teknik pengelompokan sampel berdasarkan kelompok perlakuan.
 - e) Waktu peningkatan dosis yang termuat dalam program latihan masing-masing sampel penelitian.
 - f) Waktu pelaksanaan latihan.
 - g) Lingkungan pelaksanaan latihan.
 - h) Pengontrolan *heart rate* setiap individu.
 - i) Teknik pengambilan sampel darah.
 - j) Teknik analisis sampel darah.
 - k) Teknik analisis data.

E. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data

1. Berat Badan: Timbangan *Balance Analytic* digunakan untuk mengukur berat badan tikus. Pertama, pastikan nilai di layar penunjuk adalah 0. Kemudian, letakkan tikus di atas timbangan dan lihat angka yang menunjukkan berat badannya. Data tersebut dapat dijadikan rekaman untuk berat badan tikus.
2. Uji darah: Setiap sampel darah diambil dan diuji menggunakan metode

Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) untuk mengetahui kadar irisin dan MDA. Ini dilakukan di lab fisiologi molekuler di Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya di Malang.

F. Validitas dan Reliabilitas Instrumen

1. Berat Badan

Berat badan ditimbang melalui timbangan yang telah terkalibrasi

2. Uji darah

Uji darah dilakukan dengan metode ELISA di laboratorium Fisiologi Molekuler, Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya, Malang yang sudah terstandarisasi.

G. Teknik Analisis Data

- a) Data diolah dengan menggunakan statistik deskriptif.
- b) Selanjutnya akan dilakukan Uji normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,01$.
- c) Uji homogenitas menggunakan uji Barlett dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,01$.
- d) Perbedaan pengaruh model latihan *Moderate Intensity Interval Training* (MIIT) dan *High Intensity Interval Training* (HIIT) terhadap kadar Irisin dan MDA dalam darah diuji menggunakan statistik Anova, sedangkan jika data tidak terdistribusi normal maka dilakukan uji non parametrik *Kruskal-Wallis* test dilanjutkan dengan uji *Post Hoc Tukey* dengan taraf signifikansi ($p < 0.01$). Hipotesis diuji berdasarkan probabilitas sebagai berikut:

- Jika $P < 0,01$ maka $H_0 =$ ditolak dan $H_1 =$ diterima, berarti terdapat

perbedaan yang signifikan.

- Jika $P > 0,01$ maka H_0 = diterima dan H_1 = ditolak, berarti tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

Semua data diuji menggunakan analisis statistik anova dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,01$. Sebelum melakukan uji anova, maka data diuji menggunakan uji normalitas dan uji homogenitas terlebih dahulu sebagai prasyarat untuk dapat dilakukan uji anova. Pengujian semua data menggunakan program komputer melalui operasional aplikasi *Statistik Packet for Social Science (SPSS) V.20 or windows*.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Hasil Penelitian

1. Deskripsi Subjek Penelitian

Studi ini melibatkan 27 tikus jantan putih *Rattus Norvegicus Strain Wistar* yang berusia 2 bulan. Sebagian besar subjek tersebut dibagi menjadi tiga kelompok: Training Interval Intensitas Sedang (MIT), Training Interval Intensitas Tinggi (HIIT), dan Kelompok Kontrol. Kelompok HIIT memiliki 9 tikus wistar, sedangkan kelompok MIT memiliki 9 tikus wistar. Komisi Etik Penelitian Universitas Brawijaya mengesahkan bahwa semua hewan yang dicoba layak untuk digunakan dalam penelitian ini.

Tabel berikut menunjukkan hasil analisis deskriptif karakteristik subjek penelitian dari aspek antropometri, kondisi fisik, dan fisiologi untuk masing-masing kelompok.

Tabel 4.1 Hasil Analisis Deskriptif Karakteristik Subjek Penelitian

Variabel	Kelompok					
	K ₁		K ₂		K ₃	
	Pre-test Mean ± SD	Post-test Mean ± SD	Pre-test Mean ± SD	Post-test Mean ± SD	Pre-test Mean ± SD	Post-test Mean ± SD
Antropometri						
Berat Badan	176.7±4	293.4±6.8	177.8±2	267.2±4.6	177±3.8	253.6±9.9
Panjang Badan	18.7±0.4	20.1±0.3	18.6±0.4	20±0.4	18.2±0.3	19.5±0.2
Panjang Nasoanal	16.3±0.4	18.1±0.3	16.4±0.5	16±2	15.8±0.4	17.2±0.3
<i>Abdominal Circumference</i>	13.3±0.2	15.4±0.2	14.1±0.3	16.2±0.3	14±0.3	15.5±0.2
<i>Thoracic Circumference</i>	11.3±0.3	14.31±0.2	11.8±0.3	14.7±0.3	11.8±0.2	14.07±0.2
Variabel Terikat						
<i>Irisin</i>	4.421 ±0.72	4.420±0.93	4.968±1.09	4.097±0.65	4.616±1.25	3.951±0.96
<i>Malondialdehyde</i>	83.23±4.7	21.78±5.6	83.04±5.2	9.18±1.6	85.23±5.7	15.86±3.4

Keterangan: SD: *Std. Deviation*;

K₁ : Kelompok Kontrol

K₂ : Kelompok Latihan MIIT (*Moderate Intensity Interval Training*)

K₃ : Kelompok Latihan HIIT (*High Intensity Interval Training* (HIIT))

Berdasarkan tabel 4.1 Hasil Analisis Deskriptif Karakteristik Subjek Penelitian, pada variabel antropometri, data hasil pengukuran berat badan pada 3 kelompok subjek penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan berat badan dari hasil *pre-test* dan *post-test*. Kelompok kontrol (K₁) dengan rata-rata berat badan *pre-test* 176.7±4 mengalami peningkatan pada *post-test* menjadi 293.4±6.8, kelompok latihan MIIT (K₂) dengan rata-rata berat badan *pre-test* 177.8±2 mengalami peningkatan pada *post-test* menjadi 267.2±4.6, dan kelompok latihan HIIT (K₃) dengan rata-rata berat badan *pre-test* 177±3.8 menjadi 253.6±9.9 pada *post-test*.

Data hasil pengukuran panjang badan pada 3 kelompok subjek penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan panjang badan dari hasil *pre-test* dan *post-test*. Kelompok kontrol (K₁) dengan rata-rata panjang badan *pre-test* 18.7±0.4 mengalami peningkatan pada *post-test* menjadi 20.1±0.3, kelompok latihan MIIT (K₂) dengan rata-rata panjang badan *pre-test* 18.6±0.4 mengalami peningkatan pada *post-test* menjadi 20±0.4, dan kelompok latihan HIIT (K₃) dengan rata-rata panjang badan *pre-test* 18.2±0.3 menjadi 19.5±0.2 pada *post-test*.

Data hasil pengukuran panjang nasoanal pada 3 kelompok subjek penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan panjang nasoanal dari hasil *pre-test* dan *post-test*. Kelompok kontrol (K₁) dengan rata-rata panjang nasoanal *pre-test* 16.3±0.4 mengalami peningkatan pada *post-test* menjadi 18.1±0.3, kelompok latihan MIIT (K₂) dengan rata-rata panjang nasoanal *pre-test* 16.4±0.5 mengalami

peningkatan pada *post-test* menjadi 16 ± 2 , dan kelompok latihan HIIT (K_3) dengan rata-rata panjang nasoanal *pre-test* 15.8 ± 0.4 menjadi 17.2 ± 0.3 pada *post-test*.

Data hasil pengukuran *Abdominal circumference* pada 3 kelompok subjek penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan *Abdominal circumference* dari hasil *pre-test* dan *post-test*. Kelompok kontrol (K_1) dengan rata-rata *Abdominal circumference pre-test* 13.3 ± 0.2 mengalami peningkatan pada *post-test* menjadi 15.4 ± 0.2 , kelompok latihan MIIT (K_2) dengan rata-rata *Abdominal circumference pre-test* 14.1 ± 0.3 mengalami peningkatan pada *post-test* menjadi 16.3 ± 0.3 , dan kelompok latihan HIIT (K_3) dengan rata-rata *Abdominal circumference pre-test* 14 ± 0.3 menjadi 15.5 ± 0.2 pada *post-test*.

Data hasil pengukuran *Thoracic circumference* pada 3 kelompok subjek penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan *Thoracic circumference* dari hasil *pre-test* dan *post-test*. Kelompok kontrol (K_1) dengan rata-rata *Thoracic circumference pre-test* 11.3 ± 0.3 mengalami peningkatan pada *post-test* menjadi 14.31 ± 0.2 , kelompok latihan MIIT (K_2) dengan rata-rata *Thoracic circumference pre-test* 11.8 ± 0.3 mengalami peningkatan pada *post-test* menjadi 14.7 ± 0.3 , dan kelompok latihan HIIT (K_3) dengan rata-rata *Thoracic circumference pre-test* 11.8 ± 0.2 menjadi 14.07 ± 0.2 pada *post-test*.

Data pada variabel terikat, hasil pada parameter *irisin* menunjukkan penurunan pada 3 kelompok penelitian. Kelompok kontrol (K_1) dari 4.421 ± 0.72 menjadi 4.420 ± 0.93 , kelompok latihan MIIT (K_2) dari 4.968 ± 1.09 menjadi 4.097 ± 0.65 , dan kelompok latihan HIIT (K_3) dari 4.616 ± 1.25 menjadi 3.961 ± 0.96 .

Data pada parameter MDA menunjukkan penurunan pada 3 kelompok penelitian. Kelompok kontrol (K_1) dari 83.23 ± 4.7 menjadi 21.78 ± 5.6 , kelompok

latihan MIIT (K₂) dari 83.54±5.2 menjadi 9.15±1.6, dan kelompok latihan HIIT (K₃) dari 85.23±5.7 menjadi 15.86±3.4.

Tabel 4. 2 Selisih perubahan *pre-test* dan *post-test* masing-masing variabel

Variabel	Kelompok	\bar{X} Rata-rata Perubahan	
		Peningkatan	Penurunan
<i>Irisin</i>	Kontrol	-	128 ng/mL
	MIIT	-	1.576 ng/mL
	HIIT	-	1.310 ng/mL
MDA	Kontrol	-	35.717 μ M
	MIIT	-	49.213 μ M
	HIIT	-	8.779 μ M
Berat Badan	Kontrol	115.44 gr	-
	MIIT	88.22 gr	-
	HIIT	70 gr	-

Pada data diatas perubahan terbesar variabel *irisin* terjadi pada kelompok MIIT yaitu 1.576 ng/mL, sedangkan pada variabel MDA perubahan terbesar terjadi pada kelompok MIIT yaitu 49.213 μ M dan pada variabel Berat badan perubahan terjadi pada kelompok kontrol yaitu 115.44 gr.

B. Hasil Uji Hipotesis

1. Uji normalitas karakteristik subjek penelitian

Data hasil uji normalitas karakteristik subjek penelitian pada masing-masing kelompok dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Hasil Uji Normalitas Subjek Penelitian

Variabel	Normalitas		
	Kontrol	MIIT	HIIT
Antropometri	<i>Sig.</i>	<i>Sig.</i>	<i>Sig.</i>
Berat Badan	0.607	0.731	0.376
Panjang Badan	0.330	0.283	0.295
Panjang Nasoanal	0.111	0.239	0.162
<i>Abdominal Circumference</i>	0.063	0.875	0.118
<i>Thoracic Circumference</i>	0.941	0.497	0.112
Variabel Terikat			
<i>Irisin</i>	0.402	0.452	0.107
<i>Malondialdehyde</i>	0.887	0.770	0.553

Dari hasil uji variabel *antropometri* memiliki nilai sig > 0.01 sehingga data berdistribusi normal. Data variabel terikat *irisin* kontrol (0.402), *Irisin* MIIT (0.452), *Irisin* HIIT (0.107), MDA kontrol (0.606), MDA MIIT (0.285), MDA HIIT (0.039). Dari hasil uji variabel terikat memiliki nilai sig > 0.01 sehingga data berdistribusi normal.

2. Uji homogenitas karakteristik subjek penelitian pada masing-masing kelompok

Data harus homogen setelah dinyatakan berdistribusi normal. Hasil uji homogenitas data karakteristik subjek penelitian untuk masing-masing kelompok disajikan dalam tabel 4.3.

Tabel 4.4 Hasil Uji Homogenitas Subjek Penelitian

Variabel	Homogenitas
Antropometri	
Berat Badan	0.061
Panjang Badan	0.659
Panjang Nasoanal	0.765
<i>Abdominal Circumference</i>	0.945
<i>Thoracic Circumference</i>	0.144
Variable Terikat	
<i>Irisin</i>	0.853
<i>Malondialdehyde</i>	0.130

Berdasarkan tabel 4.3 Hasil Uji Homogenitas, variabel *antropometri* nilai sig > 0.01 sehingga data termasuk homogen. Data variabel terikat *irisin* (0.853) dan MDA (0.243), nilai sig > 0.01 sehingga data termasuk homogen.

3. Uji beda Pre dan Post Antropometri

Tabel 4.5. Hasil uji beda Pre dan Post Antropometri

Antropometri	Kelompok		
	Kontrol	MIIT	HIIT
Berat Badan	0.000	0.000	0.000
Panjang Badan	0.000	0.000	0.000
Panjang Nasoanal	0.000	0.000	0.000
<i>Abdominal Circumference</i>	0.000	0.000	0.001
<i>Thoracic Circumference</i>	0.000	0.000	0.000

Berdasarkan tabel 4.4 Hasil Uji Beda *Pre-test* dan *Post-test* Berat Badan, Hipotesa (H_0) berbunyi tidak terdapat perbedaan berat badan pada kelompok

kontrol, MIIT, dan HIIT. Hipotesa (H_1) berbunyi terdapat perbedaan berat badan pada kelompok kontrol, MIIT, dan HIIT. Hasil uji beda menunjukkan bahwa nilai $\text{sig } 0.000 < 0.01$, sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima atau terdapat perbedaan berat badan yang signifikan dari kelompok kontrol, MIIT, dan HIIT.

4. Uji Anova Berat Badan

Tabel 4.6. Hasil uji Anova berat badan

Berat badan

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6742.889	2	3371.444	6.092	.007
Within Groups	13281.778	24	553.407		
Total	20024.667	26			

(I) kelompok	(J) kelompok	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
HIIT	MIT	27.222	11.090	.055	-.47	54.92
	KONTROL	37.444*	11.090	.007	9.75	65.14
MIT	HIIT	-27.222	11.090	.055	-54.92	.47
	KONTROL	10.222	11.090	.632	-17.47	37.92
KONTROL	HIIT	-37.444*	11.090	.007	-65.14	-9.75
	MIT	-10.222	11.090	.632	-37.92	17.47

Berdasarkan tabel 4.5 Hasil Uji Anova Berat Badan dari seluruh kelompok penelitian, yaitu kelompok kontrol, MIIT, dan HIIT, terdapat perbedaan antara kelompok kontrol dan HIIT dengan nilai $\text{sig. } 0.007 < 0.01$, sedangkan untuk perbandingan kelompok kontrol dan MIIT serta MIIT dan HIIT tidak terdapat perbedaan.

5. Uji beda Pre dan Post Variabel Terikat

Tabel. 4.7 Uji beda Pre dan Post variabel terikat

Variabel	PRE-POST		
	Kontrol	MIIT	HIIT
<i>Irisin</i>	0.998	0.071	0.255
MDA	0.000	0.000	0.000

Berdasarkan tabel 4.10 Hasil Uji Beda Pre dan Post dari masing-masing variabel, pada variabel *irisin* tidak terdapat perbedaan yang signifikan dengan nilai sig. $0.255 > 0.01$, sementara pada variabel MDA terdapat perbedaan yang signifikan dengan nilai sig. $0.000 < 0.01$.

6. Uji Anova

Tabel. 4.8 Uji Anova antar variabel terikat

Variabel	Nilai Sig
<i>Irisin</i>	0.507
MDA	0.003

ANOVA						
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
Irisin	Between Groups	1.036	2	.518	.699	.507
	Within Groups	17.786	24	.741		
	Total	18.822	26			
MDA	Between Groups	614030154.889	2	307015077.444	7.631	.003
	Within Groups	965575303.778	24	40232304.324		
	Total	1579605458.667	26			

Berdasarkan tabel 4.11 Hasil Uji Anova antar Variabel dari semua kelompok, terdapat perbedaan pada variabel MDA antara kelompok kontrol dan

MIIT serta kelompok MIIT dan HIIT dengan nilai sig. $0.003 < 0.01$, sementara pada variabel *irisin* tidak ada perbedaan yang signifikan pada semua kelompok.

C. Pembahasan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana efek latihan dengan HIIT dan MIIT terhadap kadar *irisin* dan MDA pada subjek obesitas. Hasilnya adalah sebagai berikut: (1) latihan dengan HIIT dan MIIT terhadap kadar MDA pada subjek penelitian (2) latihan dengan HIIT dan MIIT terhadap kadar *irisin* pada subjek penelitian.

1. Pengaruh Latihan HIIT dan MIIT terhadap kadar MDA

Pada penelitian ini, ditemukan bahwa kadar MDA dari semua kelompok mengalami penurunan dari semua kelompok. Terdapat perbedaan yang signifikan pada semua kelompok antara kadar MDA *pre-test* dan *post-test*. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang menyebutkan bahwa latihan dengan intensitas moderat selama 45 menit per sesi latihan secara signifikan dapat menurunkan kadar dari MDA (Anam *et al*, 2020: 363).

Perbandingan antara semua kelompok menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kelompok MIIT dengan kontrol dan HIIT. Hasil ini menunjukkan bahwa latihan dengan intensitas moderat lebih aman dalam menurunkan kadar dari MDA dibandingkan dengan latihan dengan intensitas tinggi dan kelompok kontrol (tanpa latihan) (Mu'arif & Widiyanto, 2019: 162) serta pada kelompok HIIT dan MIIT lebih rendah dari pada yang tidak melakukan aktivitas fisik sama sekali.

Penurunan tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya bahwa pada latihan dengan intensitas moderat secara terus menerus menyebabkan aktivasi

pensinyalan pengoksidasi nuklir *erytroid p-45* dan *factor-2* (Nrf-2) (Gounder, et al, 2012: 1-2) sebagai faktor pengatur gen transkripsi *antioxidant response element* (ARE) yang membangun homeostasis melawan reaktif (Narasimhan & Rajasekaran, 2016). Kondisi tersebut yang menyebabkan kadar MDA menurun.

2. Pengaruh latihan HIIT dan MIIT terhadap kadar *Irisin*

Pada penelitian ini, ditemukan bahwa kadar *irisin* dari semua kelompok tidak mengalami kenaikan secara signifikan. Hasil penelitian ini didukung penelitian dari (Norheim *et al.*, 2013: 741) yang menyatakan bahwa pada kelompok latihan dengan intensitas tinggi (HIIT) tidak mengalami peningkatan pada kadar *irisin*, penelitian tersebut dilakukan selama 12 pekan. Perbedaan pada metode latihan seperti intensitas dan durasi menjadi faktor yang berpengaruh pada hasil dari kadar *irisin* (Ahmadi, 2021:55-56).

Latihan dengan intensitas tinggi menstimulasi produksi dari *irisin* melalui FNDS 5 pada skeletal *myocytes* 3 jam setelah latihan (Tsuchiya *et al.*, 2014:138). Produksi kadar *irisin* yang lebih besar terjadi setelah latihan intensitas tinggi dibandingkan dengan latihan intensitas moderat ataupun rendah, ditandai dengan sekresi signal dari PGC-1 α (Tsuchiya *et al.*, 2014:138). Pada penelitian lain kadar *irisin* meningkat setelah latihan dengan intensitas moderat selama 3 pekan pada tikus (Shirvani & Ahmadabad, 2019:5) dan dapat dicek 30 menit setelah melakukan latihan. Latihan meningkatkan *Peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1-alpha* (PGC-1 α) pada otot rangka dan *Fibronectin type III* yang mengandung protein 5 (FNDC5) yang pada akhirnya akan membuat produksi dari *irisin* meningkat. Aktivasi dari protein kinase (AMPK) selama HIIT menjadi salah satu faktor peningkatan dari PGC-1 α dan *irisin* (Shirvani & Ahmadabad, 2019:5).

Hasil penelitian ini didukung dari penelitian lain yang menyatakan bahwa latihan tidak dapat meningkatkan *irisin* (Huh *et al.*, 2012). Latihan yang dilakukan dengan intensitas tinggi dan intensitas sedang juga tidak mempengaruhi dalam peningkatan kadar *irisin* (Pekkala *et al.*, 2013). Sesuai dengan temuan ini, kadar *irisin* plasma yang lebih tinggi pada subjek pra-diabetes yang kelebihan berat badan dibandingkan dengan kontrol yang sehat. Fakta bahwa kadar *irisin* yang bersirkulasi meningkat pada subjek pra-diabetes dibandingkan dengan kontrol yang sehat, dan menurun setelah latihan intensitas tinggi, dapat dijelaskan dengan peran *irisin* dalam metabolisme glukosa (Norheim *et al.*, 2013). Asosiasi positif yang signifikan antara *irisin* dan semua panel lipid kecuali HDL-C yang menunjukkan asosiasi negatif yang signifikan. Oleh karena itu, *irisin* lebih tinggi dari pada lipid aterogenik panel. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan adanya korelasi positif *irisin* dengan kolesterol total dan trigliserida di antara subyek non-diabetes. Korelasi positif juga terjadi antara *irisin* yang bersirkulasi dan IL-6 mengakibatkan sekresi *irisin* cenderung meningkat selama keadaan inflamasi.

D. Keterbatasan Penelitian

1. Karena jumlah waktu latihan yang tersisa terbatas, perubahan dalam setiap variabel dalam penelitian ini belum dapat digambarkan secara menyeluruh, meskipun ada perbedaan yang signifikan pada beberapa variabel.
2. *Treadmill* tikus yang memerlukan kalibrasi secara rutin agar alat perlakuan bisa digunakan secara maksimal.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Latihan dengan model MIIT dan HIIT selama 6 minggu tidak berpengaruh *irisin* secara signifikan.
2. Latihan dengan model MIIT dan HIIT dalam peranannya mampu menurunkan kadar MDA.

B. Implikasi

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dari sisi molekuler tentang bagaimana latihan HIIT dan MIIT bekerja untuk mengatasi obesitas. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk memilih latihan yang tepat untuk mengatasi masalah obesitas.

C. Saran

1. Latihan dengan model HIIT dapat disarankan untuk digunakan dalam mengatasi masalah *syndrome metabolic*, namun diharapkan bisa diawasi dan dengan protokol yang ketat mengingat dalam latihan ini intensitas latihan cukup tinggi dan meminimalisir cedera.
2. Penelitian terkait HIIT dan MIT dengan melakukan program ulang pada dosis latihan secara lebih lanjut dan mendalam sangat diperlukan mengingat peranannya sebagai salah satu cara untuk mengatasi sindrome metabolik.

DAFTAR PUSTAKA

- Akeson, G. & Malemud, C.J. (2017). A Role for Soluble IL-6 Receptor in Osteoarthritis. *Journal of Function Morphology and Kinesiology*, 1-12.
- Alberti, K.G, Zimmet, P, Shaw, J. (2005). *The metabolic syndrome-a new worldwide definition*. NCBI, 366, 1059-1062.
- Alkahtani, S.A, King.N.A, Hils. A.P, et al (2013). *Effect of interval training intensity on fat oxidation, blood lactate and the rate of perceived exertion in obese men*. Springer, 2:532.
- American College of Sport Medicine. (2014). Editor, 1-2.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan. (2013). *Riset Kesehatan Dasar (RISKESDAS) 2013*. Laporan Nasional 2013, 1–384, Jakarta, Kemenkes RI.
- Ball, D. (2015). *Metabolic and endocrine response to exercise: sympathoadrenal integration with skeletal muscle*. *Journal of Endocrinology*. 224, 79-95.
- Bastard, J.P, Maachi, M, Nhieu, J.T.V., et al. (2002). *Adipose Tissue IL-6 Content Correlates with Resistance to Insulin Activation of Glucose Uptake both in Vivo and in Vitro*. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 87, 2084–2089.
- Benito, (2011). *Tissue specificity on insulin action and resistance*. *Acta Physiologica* 2011, 201, 297–312.
- Calder, P.C, Brouns. F, Ahluwalia, N. et al (2011). *Dietary factors and low-grade inflammation in relation to overweight and obesity*. *British Journal of Nutrition*. 106.
- Costa, R. F., Santos, N.S., Goldraich, N.P. (2012). *Metabolic syndrome in obese adolescents: a comparison of three different diagnostic criteria*. *Journal de Pediatri*. 88, 303-309.
- Dahlan, M. S. (2010). *Besar sampel dan cara pengambilan sampel dalam penelitian kedokteran dan kesehatan*. Jakarta: Salemba Medika.
- Das, S.K. & Balakhrisnan, V. (2011). *Role of Cytokines in the Pathogenesis of NonAlcoholic Fatty Liver Disease*. *Journal of Clinical Biochemists*. 26, 202-209.

- Departement of health and human service USA (2013). *Managing overweight and obesity in adults*. National Heart, Lung, and Blood Institute, USA.
- Divella, R., Luca, R.D., Abbate, I., et al. (2016). *Obesity and cancer: the role of adipose tissue and adipo-cytokines-induced chronic inflammation*. *Journal of Cancer*. 7, 2346-2359.
- Dobrosielski, D.A., Gibbs, B.B., Chaudhari, s., et al. (2017). *Effect of exercise on abdominal fat loss in men and women with and without type 2 diabetes*. *Journal of sport and medicine*. 10, 1-7.
- Dubé, P.E., Punit, S., Polk, D.B. (2014). *Redeeming an old foe: protective as well as pathophysiological roles for tumor necrosis factor in inflammatory bowel disease*. *Journal Physiology gastrointest liver physiol*. 308, 161-170.
- Dungey, M., Young, H.M.L., Churchward,D.R., et al. (2017). *Regular exercise during haemodialysis promotes an anti-inflammatory leucocyte profile*. *Clinical Kidney Journal*. 1-9.
- Emanuela, F., Grazia,M., Marco, D.R., et al. (2012). *Inflammation as a Link between Obesity andMetabolic Syndrome*. *Journal of Nutrition and Metabolism*. 2012, 1-7.
- Francisqueti, F.V, Nascimento. A.V, Minatel, I.O, et al. (2017). *Metabolic syndrome and inflammation in adipose tissue occur at different times in animals submitted to a high-sugar/fat diet*. vol. 6, e41, page 1 of 8.
- Gates, M.L. & Bradford, R.K. (2015). *The Impact of Incarceration on Obesity: Are Prisoners with Chronic Diseases Becoming Overweight and Obese during Their Confinement?. Journal of Obesity*. 2015, 1-7.
- Gbaguidi, G.C, Colin, S.,& Staels, B. (2015). *Macrophage subsets in atherosclerosis*. *Cardiology*. 12, 10-17.
- Geest,C.R., Buitenhuis,M.& Koerkamp, M.J.A.G, et al. (2017). *Tight control of MEK-ERK activation is essential in regulating proliferation, survival, and cytokine production of CD34-derived neutrophil progenitors*. *Blood Journal*. 114, 3402-3412.
- Geissman. F, Manz. F.G, Jung. S et al. (2010). *Development of monocytes, macrophages and dendritic cells*. *Science*. 2010 February 5; 327(5966): 656– 661.
- Gibala, M. J. (2007). *High-intensity Interval Training: A Time-efficient Strategy for Health Promotion?. Current Sports Medicine Reports*, 6:211–213.
- Gleeson, M., Bishop,N.C.,Stensel, D.J., & et al. (2011). *The anti-inflammatory effects of exercise: mechanisms and implications for the prevention and treatment of disease*. *Immunology*. 1-9.

- Goh, J., Goh, K.P. & Abbasi, A. (2016). *Exercise and adipose tissue macrophages: new frontier obesity reseach?. Endocrinology.* 7, 1-7.
- Golbidi. S, Laher. I. (2014). *Exercise Induced Adipokine Changes and the Metabolic Syndrome.* Journal of Diabetes Research. 726861. 1-16.
- Goodpaster, B.H., Krishnaswami, S., Harris, T.B., et al. (2005). *Obesity, Regional Body Fat Distribution, and the Metabolic Syndrome in Older Men and Women.* Arch Intern Med. 165, 777-783.
- Grundy,S.M., Cleeman, J.I., Daniels, S.R. & et al. (2005). *Diagnosis and Management of the Metabolic Syndrome An American Heart Association/National Heart, Lung, and Blood Institute Scientific Statement.* Circulation. 112, 2735-2752.
- Gulati. K, Guhathakurta. S, Joshi. J. (2016). *Cytokines and their Role in Health and Disease: A Brief Overview.* MOJ Immunol. 2016, 4 (2), 1.
- Gunther,C., Neumann,H., Neurath, M.F., et al. (2012). *Apoptosis, necrosis and necroptosis: cell death regulation in the intensitinal epithelium.* BMJ. doi:10.1136/gutjnl-2011-301364.
- Gutteridge, J. M., & Halliwell, B. (1988). The deoxyribose assay: an assay both for 'free'hydroxyl radical and for site-specific hydroxyl radical production. *Biochemical Journal*, 253(3), 932.
- Hamzic, N. (2012). *The Role of Interleukin-6 in the Febrile Response.* Disertasi doctor, Linköping University, Linköping.
- Hebert, H. L., Veluchamy,A., Torrance, N, et al. (2017). *Risk factors for neuropathic pain in diabetes mellitus.* Pain. 158. 560–568.
- Homaee, H. M., Moradi, L., Azarbaijany, M.A, et al. (2014). *Effect of high intensity exercise training (HIIT) and endurance training on weight loss and C-reactive protein in obese men.* Journal of biosciences. 4, 190-196.
- Huh JY, Panagiotou G, Mougios V, Brinkoetter M, Vamvini MT, Schneider BE & Mantzoros CS (2012) FNDC5 and irisin in humans: *I. Predictors of circulating concentrations in serum and plasma and II. mRNA expression and circulating concentrations in response to weight loss and exercise.* Metabolism 61, 1725–1738
- Huh, J. Y., Park, Y. J., Ham, M., & Kim, J. B. (2014). *Crosstalk between adipocytes and immune cells in adipose tissue inflammation and metabolic dysregulation in obesity.* Mol Cells, 37(5), 365–371.
- International Diabetes Federation. (2006). *The IDF consensus worldwide definition of the metabolic syndrome.* 1-7.

- Ionescu, A. A., Mickleborough, T.D., Bolton, C.E. et al. (2006). *The systemic inflammatory response to exercise in adults with cystic fibrosis*. Journal of Cystic Fibrosis. 5, 105-112.
- Jung, U. J., & Choi, M.S. (2014). *Obesity and Its Metabolic Complications: The Role of Adipokines and the Relationship between Obesity, Inflammation, Insulin Resistance, Dyslipidemia and Nonalcoholic Fatty Liver Disease*. Journal of molecular sciences. 15, 6184-6223.
- Kaspar, F., Jelinek, H.F., Perkins, S. et al. (2016). *Acute-Phase Inflammatory Response to Single-Bout HIIT and Endurance Training: A Comparative Study*. Mediators of Inflammation. 2016, 1-6.
- Kaur, P., Radhakrishnan, E., Rao, S.R. & et al. (2010). *The Metabolic Syndrome and Associated Risk Factors in an Urban Industrial Male Population in South India*. JAPI, 363-366.
- Kelli, H. M., Kassas, I & Lattouf, O.M. (2015). *Cardio Metabolic Syndrome: A Global Epidemic*. Journal diabetes & metabolism. 6, 1-14.
- Khan, M. M. (2008). *Role of Cytokines*. Immunopharmacology, DOI: 10.1007/978-0-387-77976-8 2.
- Khaybullina, Z. R. (2017). *Inflammation and Oxidative Stress: Critical Role for Metabolic Syndrome*. Journal of Vascular Medicine & Surgery. 5, 1-3.
- Kikuchi, M., Kuroki, S., Kayama, S. & et al. (2012). *Protease Activity of Procaspase8 Is Essential for Cell Survival by Inhibiting Both Apoptotic and Nonapoptotic Cell Death Dependent on Receptor-interacting Protein Kinase 1 (RIP1) and RIP3*. The journal of biological chemistry. 287 (49), 41165–41173.
- Kim, O.K., Jun, W. & Lee, J. (2015). *Mechanism of ER Stress and Inflammation for Hepatic Insulin Resistance in Obesity*. Annals of Nutrition & Metabolism. 67:218–227 DOI: 10.1159/000440905.
- Kim, J.H., Kim, J.E., Liu, H.Y. & et al. (2007). *Regulation of il-6 induced hepatic insulin resistance by mtor through the stat3-socs pathway*. Journal biological chemistry. 10, 1-11.
- Kim, J.H., Yoon, M.S. & Chen, J. (2009). *Signal transducer and activator of transcription 3 (stat3) mediates amino acid inhibitor of insulin signaling through ser727 phosphorylation*. Journal biological chemistry. 10, 1-10.
- Koh, Y & Park, K.S. (2017). *Response of inflammation cytokines following moderate intensity walking exercise in overweight or obese individuals*. Journal of exercise rehabilitation. 13 (4), 472-476.

- Kordi, M. R., Choopani S, Hemmatinafar M. (2013). *The effects of the six week high intensity interval training (HIIT) on resting plasma levels of adiponectin and fat loss in sedentary young women*. Journal of Jahrom University of Medical Sciences. 11
- Kosacka, J, Nowicki. M, Paeschake. S, et al .(2018). *Up-regulated autophagy: as a protective factor in adipose tissue of WOKW rats with metabolic syndrome*. Diabetology & Metabolic Syndrome. 10:13.
- Kwon, H. & Pessin, J.E. (2013). *Adipokines mediate inflammation and insulin resistance*. *Experimental endocrinology*. 4 (71), 1-13.
- Leite, N., Milano, Ceislak, F (2009). *Effect of physical exercise and nutritional guidance on metabolic syndrome in obese adolescents*. Revista Brasileira de Fisioterapia. 13 (1), 73-81.
- Linden, M. A, Pincu, Y, Martin, S.A, et al. (2014). *Moderate exercise training provides modest protection against adipose tissue inflammatory gene expression in response to high-fat feeding*. *Physiological Reports*. 2 (7), 2014, e12071.
- Many, G., Hurtado,M.E, Dressman, H.G., & et al. (2013). *Moderate-Intensity Aerobic Training Program Improves Insulin Sensitivity and Inflammatory Markers in a Pilot Study of Morbidly Obese Minority Teens*. *Pediatric Exercise Science*. 25, 12-26.
- Martins, L.M., Oliveira, A.R.S., Cruz, K.J.C., & et al. (2014). *Obesity, inflammation, and insulin resistance*. *Journal of Pharmaceutical Sciences*. 50 (4), 677-692.
- Mohammadi, M., Gozashti, M.H., Aghadavood, M. & et al. (2017). *Clinical Significance of Serum IL-6 and TNF- α Levels in Patients with Metabolic Syndrome*. *Reports of Biochemistry & Molecular Biology*. 6 (1), 74-79.
- Napetschnig, J. & Wu, H. (2013). *Molecular Basis of NF- κ B Signaling*. *Biophys*. 17
- Neto, J.G, Antunes, B.M.M, Campo E.Z. (2016). *Impact of long-term high-intensity interval and moderate-intensity continuous training on subclinical inflammation in overweight/obese adults*. *Journal of Exercise Rehabilitation*. 12(6):575-580
- Norton, K., Norton,L., & Sadgrove, D. (2010). *Position statement on physical activity and exercise intensity terminology*. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 13, 496-502.

- Novelli, E. L. B, Diniz. Y. S, Galhardi. C.M. et al. (2007). *Anthropometrical parameters and markers of obesity in rats*. *Laboratory Animal*. 41, 111–119.
- Okabe, Y., & Medzhitov, R. (2014). *Tissue-Specific Signals Control Reversible Program of Localization and Functional Polarization of Macrophages*. *Cell*. 157, 832–844.
- Ouchi, N., Parker, J.L., Lugus, J.J., Walsh, J. & et al. (2011). *Adipokines in inflammation and metabolic disease*. *Immunology*. 11, 85-97.
- Palloni, A., Sánchez, H.B., Novak, B., & et al. (2015). *Adult obesity, disease and longevity in Mexico*. *Obesity*. 57 (1), 22-30.
- Pedersen, B. K & Febbraio, M.A. (2008). *Muscle as an Endocrine Organ: Focus on Muscle-Derived Interleukin-6*. *Physiol Rev* 88: 1379–1406.
- Pekkala S, Wiklund PK, Hulmi JJ, Ahtiainen JP, Horttanainen M, Pöllänen E, Mäkelä KA, Kainulainen H, Häkkinen K, Nyman K, Alén M, Herzig KH, Cheng S. *Are skeletal muscle FNDC5 gene expression and irisin release regulated by exercise and related to health?* *J Physiol*. 2013 Nov 1;591(21):5393-400. doi: 10.1113/jphysiol.2013.263707. Epub 2013 Sep 2. PMID: 24000180; PMCID: PMC3936375.
- Perry, C.G.R., Heigenhauser, G.J.F., Bonen, A., & et al. (2008). *High intensity aerobic interval training increase fat and carbohydrate metabolic capacities in human skeletal muscle*. *Physiology, nutrition and metabolism*. 33, 1112-1123.
- Petersen, A. M. W & Pedersen. B. K. (2005). *The anti-inflammatory effect of exercise*. *Journal of Applied Physiology*. 98: 1154–1162.
- Plowman, S.A, Smith, D.L. (2014). *Exercise Physiology for health, fitness and performance*. Philadelphia. Wolters Kluwer. Popko, K., Gorska, E. Demkov, U. & et al. (2010).
- Ryan, A. S. (2014). *High Intensity Interval Training: A Time Efficient Exercise Strategy for Promoting Health*. *Exercise and sport science*.
- Salamat, K. M., Azarbayjani, M. A., Yusof, A., & Dehghan, F. (2016). *The response of pre-inflammatory cytokines factors to different exercises (endurance, resistance, concurrent) in overweight men*. *Alexandria Journal of Medicine*, 52(4), 367–370.
- Sánchez, A., Madrigal-Santillán, E., Bautista, M., & et al. (2011). *Inflammation, oxidative stress, and obesity*. *International Journal of Molecular Sciences*, 12(5), 3117–3132.


















- Steckling, F. M., Lima, F. D., Bouffleur, J., Lopes, D., & et al. (2015). Obesity , *Inflammation and Aerobic Physical Exercise*. Sport medicine research. 2 (2), 1-5.
- Sugiharto. (2014). *Fisiologi Olahraga*. Malang. Penerbit universitas Negeri Malang.
- Sullivan, K. E., Reddy, A. B. M., Dietzmann, K., & et al. (2007). *Epigenetic Regulation of Tumor Necrosis Factor Alpha*. *Molecular and Cellular Biology*, 27(14), 5147–5160.
- Winarsi, H., Yuniati, A., & Purwanto, A. (2013). Deteksi aging pada perempuan berdasarkan status antioksidan. *Majalah Kedokteran Bandung*, 45(3), 141-146.
- WHO. (2008). *Waist Circumference and Waist-Hip Ratio: Report of a WHO Expert Consultation*. World Health Organization, (December), 8–11.
- WHO. (2010). *Global recommendations on physical activity for health*. Geneva: World Health Organization,

Lampiran

Lampiran 1. Kartu Bimbingan Tesis

MONITORING BIMBINGAN TESIS

Nama : Didib Riwayadi
NIM : 20711251004
Prodi : Ilmu Keolahragaan
Judul Tesis : Pengaruh *Moderate Intensity Interval Training (MIIT)* dan *High Intensity Interval Training (HIIT)* Terhadap Kadar *Irisin* Dan *Maelondyaldehid (MDA)* Pada Tikus Obesitas
Pembimbing : Dr. dr. Rachmah Laksmi Ambardini, M. Kes

No	Hari, Tanggal	Permasalahan	Paraf Dosen
1.	26 Oktober 2021	Konsultasi terkait judul penelitian	
2.	31 Oktober 2021	Pengajuan Proposal Tesis	
3.	03 November 2021	Ujian Proposal Tesis	
4.	10 November 2021	Revisi Proposal Tesis Pasca ujian	
5.	25 Januari 2022	Penentuan parameter penelitian	
6.	05 Februari 2022	BAB I, II, III	
7.	10 Maret 2022	Konsultasi terkait kit yang akan digunakan	
8.	05 April 2022	Revisi BAB I, II, III	
9.	17 Mei 2022	Pembuatan Program Latihan	
10.	19 Mei 2022	Rencana pelaksanaa penelitian	
11.	20 Mei 2022	Validasi Instrumen Penelitian	
12.	14 Juni 2022	Membahas proses selama penelitian	
13.	7 Juli 2022	Proses pelaksanaan penelitian	
14.	16 Maret 2023	BAB IV	
15.	10 Mei 2023	BAB IV dan BAB V	
16.	24 Mei 2023	Tesis keseluruhan	
17.	25 Mei 2023	Final Revisi	

Dosen Pembimbing



Dr. dr. Rachmah Laksmi Ambardini, M. Kes
NIP. 197101282000032001

Yogyakarta, 25 Mei 2023

Mahasiswa



Didib Riwayadi
NIM. 20711251004

Lampiran 2. Surat Izin Penelitian

23/05/22 14.32

SURAT IZIN PENELITIAN



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN
TEKNOLOGI

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN

Alamat : Jalan Colombo Nomor 1 Yogyakarta 55281
Telepon (0274) 586168, ext. 560, 557, 0274-550826, Fax 0274-513092
Laman: fik.uny.ac.id E-mail: humas_fik@uny.ac.id

Nomor : 839/UN34.16/PT.01.04/2022

23 Mei 2022

Lamp. : 1 Bendel Proposal

Hal : **Izin Penelitian**

Yth . **Direktur Institut Bio Sains/Institut Biosains – Universitas Brawijaya, Jl. Mayjend Panjaitan,
Malang 65145 Jawa Timur, Indonesia**

Kami sampaikan dengan hormat, bahwa mahasiswa tersebut di bawah ini:

Nama : Didib Riwayadi
NIM : 20711251004
Program Studi : Ilmu Keolahraagaan - S2
Tujuan : Memohon izin mencari data untuk penulisan Tesis
Judul Tugas Akhir : Institut Bio Sains / Pengaruh Moderate Intensity Interval Training (MIIT)
dan High Intensity Interval Training (HIIT) Terhadap Kadar Irisin dan
Malondyaldehid (MDA) pada Tikus Obesitas
Waktu Penelitian : 29 Mei - 3 Juli 2022

Untuk dapat terlaksananya maksud tersebut, kami mohon dengan hormat Bapak/Ibu berkenan memberi izin dan bantuan seperlunya.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya kami sampaikan terima kasih.

Wakil Dekan Bidang Akademik,



Tembusan :

1. Sub. Bagian Akademik, Kemahasiswaan, dan Alumni;
2. Mahasiswa yang bersangkutan.

Lampiran 3. Surat Permohonan Validasi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN

Jalan Colombo Nomor 1 Yogyakarta 55281
Telepon (0274) 513092, 586168 Fax. (0274) 513092
Laman: fik.uny.ac.id Email: humas_fik@uny.ac.id

Nomor : B/3.122/UN34.16/KM.07/2022

20 Mei 2022

Lamp. : -

Hal : Permohonan Validasi

Yth. Bapak/Ibu/Sdr:

Prof. Dr. dr. BM. Wara Kushartanti, M.S.

di tempat

Dengan hormat, kami mohon Bapak/Ibu/Sdr bersedia menjadi Validator Program Latihan bagi mahasiswa:

Nama : Didib Riwayadi

NIM : 20711251004

Prodi : S-2 Ilmu Keolahragaan

Pembimbing : Dr. dr. Rachmah Laksmi Ambardini, M.Kes.

Judul : PENGARUH MODERATE INTENSITY INTERVAL TRAINING (MIIT)
DAN HIGH INTENSITY INTERVAL TRAINING (HIIT) TERHADAP
KADAR IRISIN DAN MALONDIALDEHIDE PADA TIKUS OBESITAS

Kami sangat mengharapkan Bapak/Ibu/Sdr dapat mengembalikan hasil validasi paling lambat 2 (dua) minggu. Atas perkenan dan kerja samanya kami ucapkan terimakasih.



Wakil Dekan

Bidang Akademik dan Kerja Sama,

Dr. Yudik Prasetyo, M.Kes.
NIP.19820815 200501 1 002

Lampiran 4. Surat Keterangan Validasi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN
Jalan Colombo Nomor 1 Yogyakarta 55281, Telepon (0274) 513092, 586168
Fax. (0274) 513092 Laman: fik.uny.ac.id Email: humas_fik@uny.ac.id

SURAT KETERANGAN VALIDASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Prof. Dr. dr. BM. Wara Kushartanti, M.S.
Jabatan/Pekerjaan : Guru Besar / Dosen
Instansi Asal : Universitas Negeri Yogyakarta

Menyatakan bahwa instrumen penelitian dengan judul:

Pengaruh *Moderate Intensity Interval Training (MIIT)* dan *High Intensity Interval Training (HIIT)* Terhadap Kadar *Irisin* dan *Malondialdehyde (MDA)* pada Tikus Obesitas.

dari mahasiswa:

Nama : Didib Riwayadi
NIM : 20711251004
Prodi : S2 – Ilmu Keolahragaan

(sudah siap/~~belum siap~~)* dipergunakan untuk penelitian dengan menambahkan beberapa saran sebagai berikut:


1. Pada saat *off* merupakan istirahat aktif dengan kecepatan treadmill 5m/menit (*active rest*)
2. HIIT bukan menggunakan durasi 2 menit *on* dan 2 menit *off* tetapi durasi 4 menit *on* dan 2 menit *active rest*.
3.
.....

Demikian surat keterangan ini kami buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 25 Mei 2023
Validator,

Prof. Dr. dr. BM. Wara Kushartanti, M.S
NIP. 195805161984032001

Lampiran 5. Laik Etik



**KOMISI LAIK ETIK PENELITIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**KETERANGAN KELAIKAN ETIK
"ETHICAL CLEARENCE"**

NO: 084-KEP-UB- 2022

**KOMISI ETIK PENELITIAN (ANIMAL CARE AND USE COMMITTEE)
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**TELAH MEMPELAJARI SECARA SEKSAMA RANCANGAN PENELITIAN
YANG DIUSULKAN,MAKA DENGAN INI MENYATAKAN BAHWA :**

**PENELITIAN BERJUDUL : PENGARUH MODERATE INTENSITY INTERVAL
TRAINING (MIIT) DAN HIGH INTENSITY INTERVAL
TRAINING (HIIT) TERHADAP KADAR IRISIN DAN
MALONDYALDEHID (MDA) PADA TIKUS OBESITAS**

PENELITI UTAMA : DIDIB RIWAYADI


ANGGOTA : "

UNIT/LEMBAGA/TEMPAT : UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

DINYATAKAN : LAIK ETIK

Malang, 25 Mei 2022

Ketua Komisi Etik Penelitian
Universitas Brawijaya



Prof. Dr. drh. Aulanni'am, DES.
NIP.19600903 1988022001



PROGRAM LATIHAN

**MODERATE INTENSITY
INTERVAL TRAINING**



HIGH INTENSITY INTERVAL TRAINING



VOLUME 01

A. Pendahuluan

Program latihan ini merupakan latihan dengan metode *Moderate Intensity Interval Training* (MIIT) dan *High Intensity Interval Training* (HIIT) yang akan diberikan kepada kelompok perlakuan dalam penelitian ini. Model latihan tersebut akan dijadikan sebagai *treatment* dalam penelitian ini yang nantinya akan dilihat kadar *Irisin* dan *Malondialdehyde* pada kedua kelompok model latihan tersebut. Program latihan ini didesain berdasarkan saturasi yang didapat dari kajian mengenai beberapa jurnal hasil penelitian yang membahas tentang interval latihan, saturasi rentang usia antara hewan coba dan manusia, saturasi *total capacity* dan *baseline* pada hewan coba, metode penerapan program latihan pada hewan coba menggunakan *treadmill running*, dan waktu pelaksanaan program latihan untuk hewan coba.

B. Tujuan

Mengatur tingkat pembebanan latihan dengan metode MIIT dan HIIT.

C. Beban latihan

1. Intensitas latihan ditentukan berdasarkan *Baseline total capacity*.
2. MIIT (65-70 %) *baseline*
3. HIIT (85-90 %) *baseline*
4. Durasi latihan ditentukan berdasarkan waktu capaian hingga ambang *exhaustion*.
5. Frekuensi 4x/minggu.
6. *Load progression* ditingkatkan setelah masuk minggu ke-2 dan meningkat pada tiap awal minggu pelaksanaan latihan.
7. Latihan dilakukan 24x yang akan dilaksanakan dalam 6 minggu

D. Peralatan

1. *Treadmill running* hewan coba
2. *Stopwatch*

E. Prosedur Program Latihan

Program Latihan MIIT

Latihan dengan metode *Moderate Intensity Interval Training* (MIIT) merupakan suatu bentuk latihan yang dilakukan dengan intensitas *moderate*. Target capaian dalam latihan MIIT menitikberatkan pada intensitas dan durasi, artinya seberapa lama durasi yang mampu dipertahankan dalam intensitas *moderate* menunjukkan tingkat ambang rangsang *aerobic*.

Petunjuk Pelaksanaan

1. Latihan dilakukan pada jam 11.00-01.00 [3]
2. Aklimatisasikan hewan coba untuk berjalan pada treadmill dengan kecepatan 10- 15meter selama 15 menit tiap hari selama 3 hari [1]. (pada H-3, H-2, dan H-1).
3. Sebelum menerapkan program latihan (pada minggu 0) terlebih dulu lakukan uji *total capacity* yang dimiliki hewan coba untuk mendapat *baseline* yang dimiliki hewan coba dengan tahap sebagai berikut:
 - a) Tempatkan hewan coba pada *treadmill* dengan kecepatan 8m/menit [1]
 - b) Tingkatkan kecepatan sebesar 1m/menit setiap 2 menit [1]
 - c) Amati perubahan yang terjadi, ketika hewan coba menyentuh *shocker* ≥ 5 detik, artinya hewan coba telah memasuki ambang *exhaustion* [5]
 - d) Catat jarak yang ditempuh dan durasi tempuh yang mampu dilalui hewan coba sampai ambang *exhaustion* [1]
 - e) Kecepatan lari terakhir yang mampu dicapai hewan coba sampai ambang *exhaustion* merupakan *total capacity*, sedangkan *baseline* didapatkan dari rata-rata kecepatan yang mampu dicapai keseluruhan hewan coba kelompok MIIT [1]
 - f) Latihan dikatakan *moderate intensity* ketika diambil 65-70% dari *baseline* [1,6,7]
4. *Warming up* dicapai dengan menempatkan hewan coba pada *treadmill* dengan kecepatan 6m/menit selama 5 menit sebelum latihan [4]
5. Total durasi tiap minggu 160 menit

6. Perbandingan interval latihan 1:1 ^[1]
7. Tipe latihan *treadmill running*^[1]

Program Latihan HIIT

Latihan dengan metode *High Intensity Interval Training* (HIIT) merupakan suatu bentuk latihan yang memuat dua intensitas (*high intensity* dan *low-moderate*) pada tiap sesi latihannya dan di desain secara interval.

Petunjuk Pelaksanaan

1. Latihan dilakukan pada jam 11.00-01.00 ^[3]
2. Aklimatisasikan hewan coba untuk berjalan pada treadmill dengan kecepatan 10- 15meter selama 15 menit tiap hari selama 3 hari ^[1]. (pada H-3, H-2, dan H-1).
3. Sebelum menerapkan program latihan (pada minggu 0) terlebih dulu lakukan uji *total capacity* yang dimiliki hewan coba untuk mendapat *baseline* yang dimiliki hewan coba dengan tahap sebagai berikut:
 - a) Tempatkan hewan coba pada *treadmill* dengan kecepatan 8m/menit ^[1]
 - b) Tingkatkan kecepatan sebesar 1m/menit setiap 2 menit ^[1]
 - c) Amati perubahan yang terjadi, ketika hewan coba menyentuh *shocker* ≥ 5 detik, artinya hewan coba telah memasuki ambang *exhaustion* ^[5]
 - d) Catat jarak yang ditempuh dan durasi tempuh yang mampu dilalui hewan coba sampai ambang *exhaustion* ^[1]
 - e) Kecepatan lari terahir yang mampu dicapai hewan coba sampai ambang *exhaustion* merupakan *total capacity*.
 - f) Latihan dikatakan *high intensity* ketika diambil 85-90% dari *baseline* ^[1,6,7]
4. *Warming up* dicapai dengan menempatkan hewan coba pada *treadmill* dengan kecepatan 6m/menit selama 5 menit sebelum latihan ^[4]
5. Total durasi tiap minggu 64 menit ^[1,7,8]
6. Perbandingan interval latihan 1:1 ^[1]
7. Tipe latihan *treadmill running*^[1]

PROGRAM LATIHAN HIIT DAN MIIT PADA TIKUS OBESITAS

Weeks	Exercise	Intensity (%)	Speed on (m/minute)	Speed off (m/minute)	Duration on (minute)	Duration off (minute)	Distance on (m)	Distance off (m)	Repetisi (x)	Total distance per sesi (m)	Total distance per hari (m)	Total durasi per hari (m)	
1	HIIT	90	19,1	5	4	2	76,21	10	10	86,2	862	60	
													Dov.1
													Dov.2
													Dov.3
MIIT	65	13,8	5	5,5	2	75,68	10	10	10	85,7	857	75	
													Dov.1
													Dov.2
													Dov.3
HIIT	91	19,3	5	4	2	77,06	10	10	10	87,1	871	60	
													Dov.1
													Dov.2
													Dov.3
MIIT	66	14,0	5	5,5	2	76,85	10	10	10	86,8	868	75	
													Dov.1
													Dov.2
													Dov.3
HIIT	92	19,5	5	4	2	77,91	10	10	11	87,9	967	66	
													Dov.1
													Dov.2
													Dov.3
MIIT	67	14,2	5	5,5	2	78,01	10	10	11	88,0	968	82,5	
													Dov.1
													Dov.2
													Dov.3
HIIT	93	19,7	5	4	2	78,75	10	10	11	88,8	976	66	
													Dov.1
													Dov.2
													Dov.3
MIIT	68	14,4	5	5,5	2	79,18	10	10	11	89,2	981	82,5	
													Dov.1
													Dov.2
													Dov.3
HIIT	94	19,9	5	4	2	79,60	10	10	12	89,6	1075	72	
													Dov.1
													Dov.2
													Dov.3
MIIT	69	14,6	5	5,5	2	80,34	10	10	12	90,3	1084	90	
													Dov.1
													Dov.2
													Dov.3
HIIT	95	20,1	5	4	2	80,45	10	10	12	90,4	1085	72	
													Dov.1
													Dov.2
													Dov.3
MIIT	70	14,8	5	5,5	2	81,50	10	10	12	91,5	1098	90	
													Dov.1
													Dov.2
													Dov.3

Exercise	Start	Maximum	Interval	On	Off
HIIT	19	20,1	2:1	4	2
MIIT	13,8	14,8	2,75:1	5,5	2

Daftar Referensi

- [1] 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. *Journal molecular metabolism*, 4, 903-915.
- [2] Sugiharto. (2014). Fisiologi Olahraga (*Teori dan Aplikasi Pembinaan Olahraga*). Malang: UM Press.
- [3] Chung, E., & Difee, G. M. (2012). Moderate intensity, but not high intensity, treadmill exercise training alters power output properties in myocardium from aged rats. *Journal of gerontology*, 67, 11, 1178-1187.
- [4] Chavanelle, V., Boisseau, N., & Otero, Y. F., et al. (2017). Effects of high intensity interval training and moderate-intensity continuous training on glycaemic control and skeletal muscle mitochondrial function in db/db mice. *Scientific reports*, 7, 204, 1-10.
- [5] Petrosino, J. M., Heiss, V. J., & Maurya S. K., et al. (2016). Graded maximal exercise testing to assess mouse cardio-metabolic phenotypes from aged rats. *Plos one*, 11, 2, 1-21.
- [6] Kim. D. H, Kim. S. H., & Moon, C. H. (2013). The effect of treadmill exercise on expression of UCP 2 of brown adipose tissue and TNF α of soleus muscle in obese zucker rats. *Journal exercise nutrition biochemist*. 17 (4), 199, 207
- [7] Sabaghi. A, Heirani. A, Yousofvand. N, Sabaghi. S, Sadeghi. F (2020), Comparison of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training in their effects on behavioral functions and CORT levels in streptozotocin-induced diabetic mice. *Sport Sciences for Health*. <https://doi.org/10.1007/s11332-020-00661-3>
- [8] [Campbell](#). M, [Rutherford](#). Z (2017), The Role of Physical Activity and Exercise in Managing Obesity and Achieving Weight Loss. *Practical Guide to Obesity Medicine*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-48559-3.00020-8>

Lampiran 7. Hasil Uji Elisa Irisin Pre-Post

abs irisin UNY.mpl 09/15/2022 14:25 PM

Title irisin (UNY)
 Protocol
 Date/Time 09/15/2022 14:17:41
 Technician
 Plate ID
 Unit ng/mL
 Reader Setup 450nm Endpoint Mix off Temp **.*
 Reader Info iMark 21225 1.04.02.E Build 00
 Comments

Using Standard Data Set from Current Experiment.
 Quadratic Fit: $Y=A+BX+CX^2$
 20/50/80%: X = 2.225 / 5.789 / 10.579 Y = 0.469 / 0.897 / 1.324
 A: 0.155 (+/-0.017), B: 0.149 (+/-0.007), C: -0.004 (+/-0.000)
 chi2=0.003, RMS=0.027, r^2=0.998

Standards Report:

Std #	Conc (ng/mL)	Well	Replicates	Mean	SD	%CV
1	0.25	H12	0.184	0.184	(*)	(*)
2	0.5	G12	0.203	0.203	(*)	(*)
3	1	F12	0.317	0.317	(*)	(*)
4	2	E12	0.446	0.446	(*)	(*)
5	4	D12	0.726	0.726	(*)	(*)
6	8	C12	1.087	1.087	(*)	(*)
7	16	B12	1.609	1.609	(*)	(*)

Sample Report:

Sample ID	Well	Replicates	Mean	Conc (ng/mL)	SD (Conc)
BLANK	A1	0.038	0.038	(-)	(*)
H01	F3	0.862	0.862	5.470	(*)
H02	G3	0.874	0.874	5.580	(*)
H03	H3	0.913	0.913	5.944	(*)
H04	A4	0.804	0.804	4.948	(*)
H05	B4	0.369	0.369	1.489	(*)
H06	C4	0.801	0.801	4.921	(*)
H07	D4	0.692	0.692	3.987	(*)

H08	E4	0.818	0.818	5.072	(*)
H09	F4	0.832	0.832	5.197	(*)
H10	G4	0.797	0.797	4.886	(*)
JH01	G10	0.646	0.646	3.608	(*)
JH02	H10	0.595	0.595	3.198	(*)
JH03	A11	0.333	0.333	1.231	(*)
JH04	B11	0.476	0.476	2.278	(*)
JH05	C11	0.642	0.642	3.576	(*)
JH06	D11	0.518	0.518	2.598	(*)
JH07	E11	0.630	0.630	3.479	(*)
JH08	F11	0.488	0.488	2.369	(*)
JH09	G11	0.654	0.654	3.674	(*)
JH10	H11	0.654	0.654	3.674	(*)
JK01	E8	0.784	0.784	4.772	(*)
JK02	F8	0.687	0.687	3.945	(*)
JK03	G8	0.743	0.743	4.417	(*)
JK04	H8	0.905	0.905	5.869	(*)
JK05	A9	0.481	0.481	2.316	(*)
JK06	B9	0.596	0.596	3.206	(*)
JK07	C9	0.809	0.809	4.992	(*)
JK08	D9	0.623	0.623	3.422	(*)
JK09	E9	0.950	0.950	6.298	(*)
JM	F9	0.775	0.775	4.693	(*)
JM02	G9	0.792	0.792	4.842	(*)
JM03	H9	0.497	0.497	2.437	(*)
JM04	A10	0.513	0.513	2.559	(*)
JM05	B10	0.551	0.551	2.853	(*)
JM06	C10	0.532	0.532	2.705	(*)
JM07	D10	0.362	0.362	1.439	(*)
JM08	E10	0.649	0.649	3.633	(*)
JM09	F10	0.653	0.653	3.665	(*)
K01	B1	0.810	0.810	5.001	(*)

K02	C1	0.638	0.638	3.543	(*)
K03	D1	0.647	0.647	3.617	(*)
K04	E1	0.797	0.797	4.886	(*)
K05	F1	0.850	0.850	5.360	(*)
K06	G1	0.757	0.757	4.537	(*)
K07	H1	0.834	0.834	5.215	(*)
K08	A2	0.669	0.669	3.797	(*)
K09	B2	0.674	0.674	3.838	(*)
K10	C2	0.734	0.734	4.340	(*)
M01	D2	0.832	0.832	5.197	(*)
M02	E2	0.855	0.855	5.406	(*)
M03	F2	0.857	0.857	5.424	(*)
M04	G2	0.972	0.972	6.513	(*)
M05	H2	0.961	0.961	6.406	(*)
M06	A3	0.743	0.743	4.417	(*)
M07	B3	0.665	0.665	3.764	(*)
M08	C3	0.694	0.694	4.004	(*)
M09	D3	0.643	0.643	3.584	(*)
M10	E3	0.843	0.843	5.297	(*)
MH01	C7	0.653	0.653	3.665	(*)
MH02	D7	0.623	0.623	3.422	(*)
MH03	E7	0.676	0.676	3.854	(*)
MH04	F7	0.815	0.815	5.045	(*)
MH05	G7	0.741	0.741	4.400	(*)
MH06	H7	0.692	0.692	3.987	(*)
MH07	A8	0.488	0.488	2.369	(*)
MH08	B8	0.555	0.555	2.884	(*)
MH09	C8	0.764	0.764	4.598	(*)
MH10	D8	0.832	0.832	5.197	(*)
MK01	A5	0.672	0.672	3.821	(*)
MK02	B5	0.796	0.796	4.877	(*)
MK03	C5	0.526	0.526	2.659	(*)

MK04	D5	0.730	0.730	4.306	(*)
MK05	E5	0.812	0.812	5.019	(*)
MK06	F5	0.803	0.803	4.939	(*)
MK07	G5	0.873	0.873	5.571	(*)
MK08	H5	0.821	0.821	5.099	(*)
MK09	A6	0.632	0.632	3.495	(*)
MM01	B6	0.710	0.710	4.138	(*)
MM02	C6	0.676	0.676	3.854	(*)
MM03	D6	0.698	0.698	4.037	(*)
MM04	E6	0.613	0.613	3.342	(*)
MM05	F6	0.821	0.821	5.099	(*)
MM06	G6	0.777	0.777	4.711	(*)
MM07	H6	0.721	0.721	4.230	(*)
MM08	A7	0.566	0.566	2.970	(*)
MM09	B7	0.752	0.752	4.494	(*)

Lampiran 8. Hasil Uji Elisa MDA *Pre-Test*

08/19/2022 15:10 PM

Title mda serum tikus (didib uny)
 Protocol
 Date/Time 08/19/2022 15:05:14
 Technician
 Plate ID
 Unit uM
 Reader Setup 450nm Endpoint Mix off Temp ***
 Reader Info iMark 21225 1.04.02.E Build 00
 Comments

Using Standard Data Set from Current Experiment.

4-Parameters Fit: $Y=(A-D)/(1+(X/C)^B)+D$

20/50/80%: X = 121.498 / 194.590 / 311.654 Y = 0.306 / 0.644 / 0.981

A: 0.081 (+/-0.064), B: 2.943 (+/-1.101), C: 194.590 (+/-31.175), D: 1.207 (+/-0.101)

chi2=0.023, RMS=0.108, r^2=0.983

Standards Report:

Std #	Conc (uM)	Well	Replicates	Mean	SD	%CV
1	0	A1	0.040	0.040	(*)	(*)
2	30	C1	0.150	0.150	(*)	(*)
3	100	B1	0.184	0.184	(*)	(*)
4	250	G5	0.881	0.881	(*)	(*)
5	500	F5	1.042	1.042	(*)	(*)
6	1000	E5	1.269	1.269	(*)	(*)

Sample Report:

Sample ID	Well	Replicates	Mean	Conc (uM)	SD (Conc)
C01	G1	0.155	0.155	79.131	(*)
C02	H1	0.146	0.146	75.521	(*)
C03	A2	0.172	0.172	85.331	(*)
C04	B2	0.185	0.185	89.659	(*)
C05	C2	0.179	0.179	87.699	(*)
C06	D2	0.180	0.180	88.030	(*)
C07	E2	0.156	0.156	79.516	(*)
C08	F2	0.164	0.164	82.501	(*)
C09	G2	0.162	0.162	81.770	(*)

C10	H2	0.146	0.146	75.521	(*)
H01	C4	0.168	0.168	83.934	(*)
H02	D4	0.189	0.189	90.932	(*)
H03	E4	0.179	0.179	87.699	(*)
H04	F4	0.159	0.159	80.655	(*)
H05	G4	0.157	0.157	79.899	(*)
H06	H4	0.157	0.157	79.899	(*)
H07	A5	0.182	0.182	88.687	(*)
H08	B5	0.154	0.154	78.742	(*)
H09	C5	0.198	0.198	93.712	(*)
H10	D5	0.188	0.188	90.616	(*)
M01	A3	0.180	0.180	88.030	(*)
M02	B3	0.166	0.166	83.222	(*)
M03	C3	0.184	0.184	89.336	(*)
M04	D3	0.169	0.169	84.286	(*)
M05	E3	0.159	0.159	80.655	(*)
M06	F3	0.170	0.170	84.637	(*)
M07	G3	0.169	0.169	84.286	(*)
M08	H3	0.136	0.136	71.155	(*)
M09	A4	0.162	0.162	81.770	(*)
M10	B4	0.158	0.158	80.278	(*)

Lampiran 9. Hasil Uji Elisa MDA Post-Test

sampel dan abs didib.mpl 09/14/2022 11:17 AM
 Title mda serum mata (M) dan jantung (J) UNY
 Protocol
 Date/Time 09/13/2022 15:19:55
 Technician
 Plate ID
 Unit uM
 Reader Setup 490nm Endpoint Mix off Temp ***
 Reader Info iMark 21225 1.04.02.E Build 00
 Comments

Using Standard Data Set from Current Experiment.
 4-Parameters Fit: $Y=(A-D)/(1+(X/C)^B)+D$
 20/50/80%: X = 10.886 / 28.909 / 76.771 Y = 0.191 / 0.376 / 0.562
 A: 0.067 (+/-0.040), B: 1.419 (+/-0.757), C: 28.909 (+/-18.725), D: 0.686 (+/-0.210)
 chi2=0.009, RMS=0.067, r^2=0.961

Standards Report:

Std #	Conc (uM)	Well	Replicates	Mean	SD	%CV
1	0	A1	0.046	0.046	(*)	(*)
2	6.25	F1	0.176	0.176	(*)	(*)
3	12.5	E1	0.201	0.201	(*)	(*)
4	25	D1	0.297	0.297	(*)	(*)
5	50	C1	0.549	0.549	(*)	(*)
6	100	B1	0.571	0.571	(*)	(*)

Sample Report:

Sample ID	Well	Replicates	Mean	Conc (uM)	SD (Conc)
JH01	B7	0.499	0.499	52.179	(*)
JH02	C7	0.495	0.495	51.070	(*)
JH03	D7	0.435	0.435	37.865	(*)
JH04	E7	0.409	0.409	33.544	(*)
JH05	F7	0.447	0.447	40.093	(*)
JH06	G7	0.411	0.411	33.854	(*)
JH07	H7	0.173	0.173	9.507	(*)
JH08	A8	0.426	0.426	36.296	(*)
JH09	B8	0.569	0.569	80.764	(*)

JH10	C8	0.554	0.554	72.601	(*)
JK01	D8	0.482	0.482	47.703	(*)
JK02	E8	0.440	0.440	38.773	(*)
JK03	F8	0.512	0.512	56.060	(*)
JK04	G8	0.457	0.457	42.083	(*)
JK05	H8	0.203	0.203	11.827	(*)
JK06	A9	0.493	0.493	50.529	(*)
JK07	B9	0.637	0.637	163.451	(*)
JK08	C9	0.641	0.641	174.475	(*)
JK09	D9	0.541	0.541	66.659	(*)
JM01	A6	0.316	0.316	21.866	(*)
JM02	B6	0.442	0.442	39.144	(*)
JM03	C6	0.433	0.433	37.509	(*)
JM04	D6	0.393	0.393	31.170	(*)
JM05	E6	0.341	0.341	24.575	(*)
JM06	F6	0.380	0.380	29.376	(*)
JM07	G6	0.358	0.358	26.571	(*)
JM08	H6	0.135	0.135	6.606	(*)
JM09	A7	0.380	0.380	29.376	(*)
MH01	B3	0.232	0.232	14.160	(*)
MH02	C3	0.253	0.253	15.932	(*)
MH03	D3	0.229	0.229	13.914	(*)
MH04	E3	0.226	0.226	13.668	(*)
MH05	F3	0.256	0.256	16.192	(*)
MH06	G3	0.269	0.269	17.342	(*)
MH07	H3	0.171	0.171	9.354	(*)
MH08	A4	0.246	0.246	15.333	(*)
MH09	B4	0.299	0.299	20.154	(*)
MH10	C4	0.304	0.304	20.648	(*)
MK01	D4	0.287	0.287	19.000	(*)
MK02	E4	0.274	0.274	17.794	(*)
MK03	F4	0.318	0.318	22.074	(*)

MK04	G4	0.319	0.319	22.179	(*)
MK05	H4	0.205	0.205	11.985	(*)
MK06	A5	0.286	0.286	18.905	(*)
MK07	B5	0.376	0.376	28.845	(*)
MK08	C5	0.383	0.383	29.780	(*)
MK09	D5	0.349	0.349	25.498	(*)
MM01	A2	0.148	0.148	7.602	(*)
MM02	B2	0.160	0.160	8.516	(*)
MM03	C2	0.190	0.190	10.813	(*)
MM04	D2	0.165	0.165	8.897	(*)
MM05	E2	0.149	0.149	7.679	(*)
MM06	F2	0.182	0.182	10.196	(*)
MM07	G2	0.190	0.190	10.813	(*)
MM08	H2	0.138	0.138	6.837	(*)
MM09	A3	0.196	0.196	11.279	(*)

Lampiran 10. Hasil Uji Data

BERAT BADAN

Tests of Normality

	kelompok	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
berat badan	hiit	.178	9	.200*	.918	9	.376
	miit	.139	9	.200*	.954	9	.731
	kontrol	.170	9	.200*	.942	9	.607

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Test of Homogeneity of Variance

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
berat badan	Based on Mean	3.143	2	24	.061
	Based on Median	2.285	2	24	.124
	Based on Median and with adjusted df	2.285	2	16.414	.133
	Based on trimmed mean	3.021	2	24	.068

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	prehiit - posthiit	-78.000	28.766	9.589	-100.112	-55.888	-8.135	8	.000
Pair 2	premiit - postmiit	-88.222	9.536	3.179	-95.553	-80.892	27.753	8	.000
Pair 3	prekontrol - postkontrol	115.444	27.236	9.079	-136.380	-94.509	12.716	8	.000

ANOVA

BERAT BADAN

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6742.889	2	3371.444	6.092	.007
Within Groups	13281.778	24	553.407		
Total	20024.667	26			

Post Hoc Tests**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: berat badan

Tukey HSD

(I) kelompok	(J) kelompok	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
HIIT	MIT	27.222	11.090	.055	-.47	54.92
	KONTROL	37.444*	11.090	.007	9.75	65.14
MIT	HIIT	-27.222	11.090	.055	-54.92	.47
	KONTROL	10.222	11.090	.632	-17.47	37.92
KONTROL	HIIT	-37.444*	11.090	.007	-65.14	-9.75
	MIT	-10.222	11.090	.632	-37.92	17.47

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

IRISIN**Tests of Normality**

	kelompok	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
	HIIT	.214	9	.200*	.800	9	.021
irisin	MIT	.232	9	.179	.910	9	.313
	KONTROL	.197	9	.200*	.962	9	.822

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Test of Homogeneity of Variance

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
	Based on Mean	.160	2	24	.853
	Based on Median	.194	2	24	.825
irisin	Based on Median and with adjusted df	.194	2	20.755	.825
	Based on trimmed mean	.180	2	24	.837

ANOVA**IRISIN**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3721825.852	2	1860912.926	1.106	.347
Within Groups	40386467.333	24	1682769.472		
Total	44108293.185	26			

MDA

Tests of Normality

	KELOMPOK	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
MDA	HIIT	.169	9	.200*	.937	9	.553
	MIIT	.178	9	.200*	.957	9	.770
	KONTROL	.120	9	.200*	.969	9	.887

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Test of Homogeneity of Variance

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
MDA	Based on Mean	2.225	2	24	.130
	Based on Median	1.849	2	24	.179
	Based on Median and with adjusted df	1.849	2	20.602	.183
	Based on trimmed mean	2.196	2	24	.133

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)	
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference					
				Lower	Upper				
Pair 1	PRE HIIT - POST HIIT	69365.889	5795.656	1931.885	64910.953	73820.824	35.906	8	.000
Pair 2	PRE MIIT - POST MIIT	72854.111	4473.123	1491.041	69415.765	76292.457	48.861	8	.000
Pair 3	PRE KONTROL - POST KONTROL	61455.333	8191.365	2730.455	55158.893	67751.774	22.507	8	.000

ANOVA

MDA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	614030154.889	2	307015077.444	7.631	.003
Within Groups	965575303.778	24	40232304.324		
Total	1579605458.66	26			
	7				

Multiple Comparisons

Dependent Variable: MDA

Tukey HSD

(I) KELOMPOK	(J) KELOMPOK	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
HIIT	MIIT	3488.222	2990.069	.484	-3978.84	10955.28
	KONTROL	-7910.556*	2990.069	.036	-15377.62	-443.49
MIIT	HIIT	-3488.222	2990.069	.484	-10955.28	3978.84
	KONTROL	-11398.778*	2990.069	.002	-18865.84	-3931.72
KONTROL	HIIT	7910.556*	2990.069	.036	443.49	15377.62
	MIIT	11398.778*	2990.069	.002	3931.72	18865.84

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Lampiran 11. Dokumentasi



Gambar 1. Kandang Inkubasi (Individu)



Gambar 2. Pemberian Makan dan Perawatan Hewan Coba



Gambar 3. Pengukuran Antropometri Hewan Coba



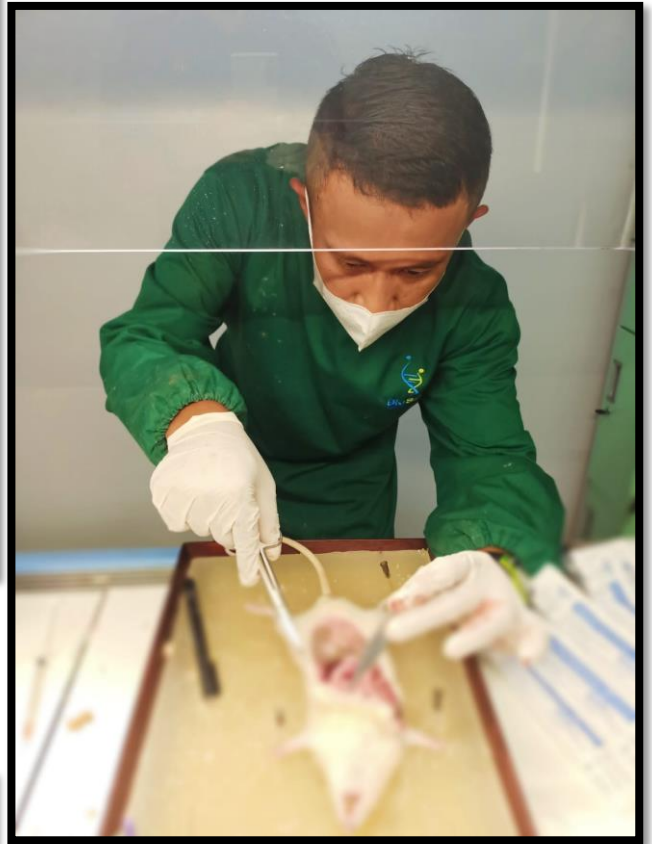
Gambar 6. Pemberian Perlakuan dengan *Treadmill* Hewan Coba



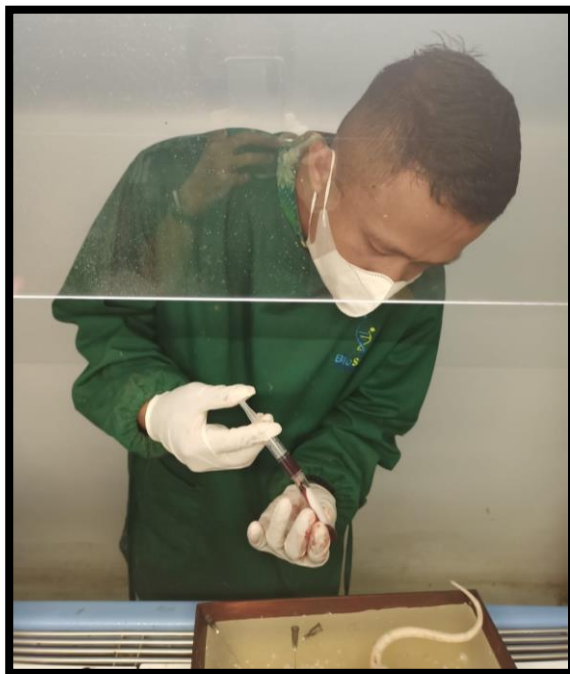
Gambar 5. Pengukuran Berat Badan Hewan Coba



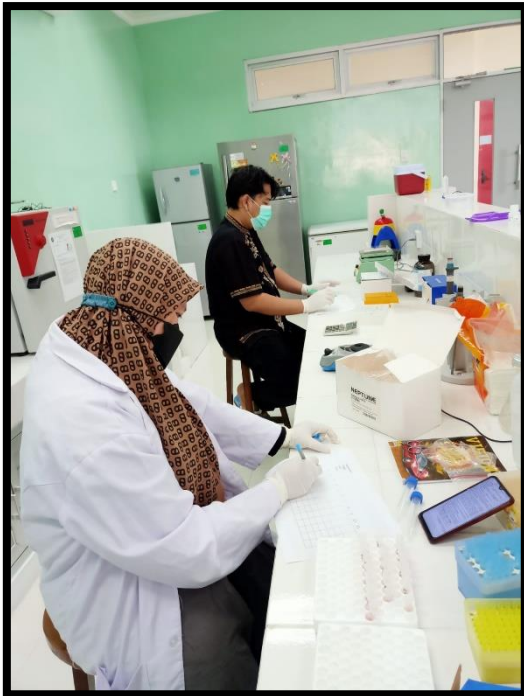
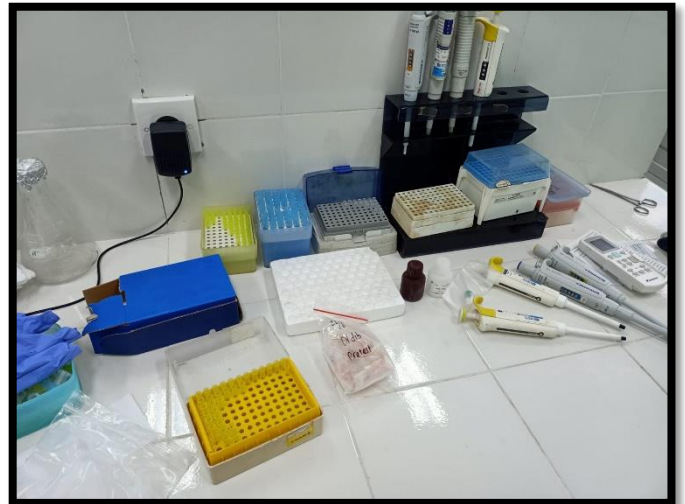
Gambar 7. Pemberian label pada *vacutainer*



Gambar 9. Proses Nekropsi Hewan coba



Gambar 8. Proses pengambilan darah



Gambar 10. Pengujian Serum di laboratorium Faal