

**PERBANDINGAN EFEK ADAPTASI LATIHAN *MODERATE INTENSITY INTERVAL TRAINING* DAN *HIGH INTENSITY INTERVAL TRAINING* TERHADAP LEPTIN DAN
PARAMETER OBESITAS PADA TIKUS OBESITAS**

TESIS



**Oleh:
SEPTIANA DWI RAKHMAWATI
20711251027**

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

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

2023

ABSTRAK

Septiana Dwi Rakhmawati: Perbandingan Efek Adaptasi Latihan *Moderate Intensity Interval Training* dan *High Intensity Interval Training* terhadap Leptin dan Parameter Obesitas pada Tikus Obesitas. **Tesis. Yogyakarta: Program Pascasarjana, Universitas Negeri Yogyakarta, 2023.**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek adaptasi latihan *Moderate Intensity Interval Training* (MIIT) dan *High Intensity Interval Training* (HIIT) terhadap kadar leptin dan parameter obesitas yang meliputi *Body Mass Index* (BMI), *Lee Index*, dan rasio *Abdominal Circumference/Thoracic Circumference* (AC/TC) pada tikus obesitas.

Penelitian ini merupakan penelitian *True Experimental Laboratories* dengan model penelitian *The Randomized Pretest-Posttest Control Group Design*. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Biosains Universitas Brawijaya, Malang dan Laboratorium Ilmu Faal, Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya, Malang. Sampel penelitian menggunakan 28 ekor tikus *Ratus Norvegicus Strain Wistar* jenis kelamin jantan kondisi obesitas dengan pembagian kelompok MIIT 9 ekor, kelompok HIIT 10 ekor, dan kelompok kontrol 9 ekor. Intervensi latihan diberikan selama 6 minggu dengan frekuensi 4 kali seminggu, intensitas HIIT (90% - 95% dari kemampuan maksimal baseline) dan MIIT (65% - 70% dari kemampuan maksimal baseline). Kadar leptin didapat dari pengujian darah menggunakan uji ELISA dan perhitungan parameter obesitas didapat dari data pengukuran berat badan, panjang badan, panjang nasoanal, *abdominal circumference* (lingkar perut) dan *thoracic circumference* (lingkar dada). Analisis data menggunakan uji beda *One-Way ANOVA* dan *Kruskal-Wallis* yang dilanjutkan dengan analisis *post hoc tukey* pada selisih *pretest* dan *posttest* dengan taraf kepercayaan 0.05.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dari kadar leptin pada ketiga kelompok ($p=0.02$). Nilai selisih leptin HIIT lebih tinggi dibandingkan MIIT ($p= 0.003$) dan Kontrol ($p= 0.007$) dan tidak ada perbedaan selisih nilai leptin antara kelompok MIIT dan Kontrol ($p= 0.953$). Disisi lain tidak ditemukan perbedaan parameter obesitas BMI ($p= 0.098$), *Lee Index* ($p= 0.436$), dan rasio AC/TC ($p=0.874$) antar tiga kelompok perlakuan. Dari hasil penelitian ini, latihan HIIT dapat disarankan untuk meningkatkan kadar leptin. Penelitian lebih lanjut untuk durasi dan periode MIIT dan HIIT diperlukan untuk memperbaiki parameter obesitas.

Kata Kunci: HIIT, MIIT, Leptin, Parameter Obesitas, Obesitas

ABSTRACT

Septiana Dwi Rakhmawati: Comparison of the Effects of Moderate Intensity Interval Training and High Intensity Interval Training on Leptin and Obesity Parameters in Obese Rats. **Thesis. Yogyakarta: Postgraduate Program, State University of Yogyakarta, 2023.**

This study aims to determine the effects of Moderate Intensity Interval Training (MIIT) and High Intensity Interval Training (HIIT) on leptin levels and obesity parameters including Body Mass Index (BMI), Lee Index, and Abdominal Circumference/Thorac Circumference (AC/TC) ratio in obese rats.

This research is a True Experimental Laboratories research with The Randomized Pretest-Posttest Control Group Design research model. This study was conducted at the Biosciences Laboratory, Brawijaya University, Malang and the Laboratory of Faal Science, Faculty of Medicine, Brawijaya University, Malang. The research sample used 28 male Ratus Norvegicus Strain Wistar rats with obese conditions with the division of the MIIT group of 9 rats, HIIT group of 10 rats, and control group of 9 rats. Exercise intervention was given for 6 weeks with a frequency of 4 times a week, HIIT intensity (90% - 95% of baseline maximum ability) and MIIT (65% - 70% of baseline maximum ability). Leptin levels were obtained from blood testing using the ELISA test and calculation of obesity parameters obtained from data measuring body weight, body length, nasoanal length, abdominal circumference and thoracic circumference. Data analysis used One-Way ANOVA and Kruskal-Wallis tests followed by Tukey post hoc analysis on the difference between pre-test and post-test with a confidence level of 0.05.

The results showed that there was a significant difference in leptin levels in the three groups ($p = 0.02$). HIIT leptin difference value is higher than MIIT ($p = 0.003$) and Control ($p = 0.007$) and there is no difference in leptin value difference between MIIT and Control groups ($p = 0.953$). On the other hand, there was no difference in obesity parameters BMI ($p = 0.098$), Lee Index ($p = 0.436$), and AC/TC ratio ($p = 0.874$) between the three treatment groups. From the results of this study, HIIT training can be recommended to increase leptin levels. Further research for the duration and period of MIIT and HIIT is needed to improve obesity parameters.

Keywords: HIIT, MIIT, Leptin, Obesity Parameters, Obesity

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa : Septiana Dwi Rakhmawati

Nomor mahasiswa : 20711251027

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, 16 Februari 2023

Yang membuat pernyataan



Septiana Dwi Rakhmawati

NIM 20711251027

LEMBAR PERSETUJUAN

PERBANDINGAN EFEK ADAPTASI LATIHAN *MODERATE INTENSITY INTERVAL TRAINING* DAN *HIGH INTENSITY INTERVAL TRAINING* TERHADAP LEPTIN DAN PARAMETER OBESITAS PADA TIKUS OBESITAS

SEPTIANA DWI RAKHMAWATI

NIM 20711251027

**Tesis ini ditulis untuk memenuhi sebagian persyaratan
guna mendapatkan gelar Magister Olahraga
Program Studi Magister Ilmu Keolahragaan
Menyetujui untuk diajukan pada Ujian Tesis**

Pembimbing,



Prof. dr. Novita Intan Arovah MPH., Ph.D.

NIP 197811102002122

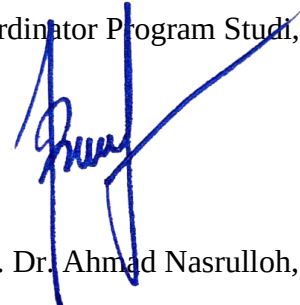


Dekan,

Prof. Dr. Wawan Sundawan Suherman, M.Ed.

NIP. 196407071988121001

Koordinator Program Studi,



Prof. Dr. Ahmad Nasrulloh, M.Or

NIP. 198306262008121002

LEMBAR PENGESAHAN

PERBANDINGAN EFEK ADAPTASI LATIHAN *MODERATE INTENSITY INTERVAL TRAINING* DAN *HIGH INTENSITY INTERVAL TRAINING* TERHADAP LEPTIN DAN PARAMETER OBESITAS PADA TIKUS OBESITAS

SEPTIANA DWI RAKHMAWATI
NIM 20711251027

Dipertahankan di depan Tim Penguji Tesis Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan
Universitas Negeri Yogyakarta
Tanggal : 24 Februari 2023

TIM PENGUJI :

Prof. Dr. Ahmad Nasrulloh, M.Or.

(Ketua/Penguji)

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

(Sekretaris/Penguji)

Prof. dr. Novita Intan Arovah, M.P.H., Ph.D.

(Pembimbing/Penguji)

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

(Penguji Utama)

17 Mei 2023

17 Mei 2023

17 Mei 2023

17 Mei 2023

Yogyakarta, 19 Mei 2023

Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan

Universitas Negeri Yogyakarta

Dekan,



Prof. Dr. Wawan Sundawan Suherman, M.Ed

NIP. 196407071988121001

LEMBAR PERSEMBAHAN

Tesis ini saya persembahkan kepada:

1. Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) yang telah memberikan dukungan penuh kepada penulis selama menempuh studi di Universitas Negeri Yogyakarta, baik secara finansial maupun pencapaian akademik dan non-akademik
2. Orang tua tercinta saya, Almarhum Bapak Achmad dan Ibu Munfingah yang selalu berjuang sejak kecil hingga dewasa hingga mencapai cita-cita saya. Terimakasih atas doa dan dukungannya selama ini.
3. Kakakku tercinta, Novia Kurniawati yang selalu mendukung dan mendampingi saya selama kuliah hingga menyelesaikan tesis ini. Terimakasih atas bantuan, doa, dan semangat yang diberikan.
4. Dosen pembimbing, ibu Prof. dr. Novita Intan Arovah, MPH., Ph.D, saya ucapkan banyak terimakasih karena telah membantu dan membimbing saya hingga tesis ini terselesaikan dengan sangat baik. Terimakasih atas kebaikan dan kesabaran ibu selama ini.
5. Muhammad Harits, yang telah memberikan dukungan terbaik dan selalu memberikan bantuan selama saya menempuh perkuliahan.
6. Almamater Universitas Negeri Yogyakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “Perbandingan Efek Adaptasi Latihan *Moderate Intensity Interval Training* dan *High Intensity Interval Training* Terhadap Leptin dan Parameter Obesitas Pada Tikus Obesitas”.

Penyusunan tesis ini menjadi salah satu syarat guna memperoleh gelar Magister Olahraa pada Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Yogyakarta. Dalam proses penulisan dan penyusunan tesis ini, penulis mendapatkan bantuan, bimbingan, dan pengarahan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada ibu Prof. dr. Novita Intan Arovah, MPH., Ph.D selaku dosen pembimbing. Pada kesempatan ini, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) yang telah memberikan dukungan penuh kepada penulis selama menempuh studi di Universitas Negeri Yogyakarta, baik secara finansial maupun pencapaian akademik dan non-akademik.
2. Rektor Universitas Negeri Yogyakarta, Prof. Dr. Sumaryanto, M.Kes., AIFO, yang telah memberikan staff pengajar yang berkualitas di Universitas Negeri Yogyakarta.

3. Kaprodi Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Yogyakarta, Dr. Ahmad Nasrulloh, M.Or., yang telah memberikan izin penulis untuk mengadakan penelitian.
4. Penasihat akademik, Prof. Dr. Wawan S. Suherman, M.Ed, yang telah memberikan nasihat dan arahan sehingga perkuliahan dapat berlangsung lancar.
5. Validator, Prof. Dr. dr. BM. Wara Kushartanti, M.S. yang telah memberikan saran dan masukan sehingga tersusun program latihan yang baik untuk penelitian.
6. Seluruh Dosen Pascasarjana Fakultas Ilmu Keolahragaan atas ilmu pengeahuan yang telah diberikan selama perkuliahan.
7. Seluruh staf Laboratorium *Biosains* dan Fisiologi Molekuler Universitas Brawijaya, Malang yang telah membantu penulis selama melakukan penelitian.
8. Staf Tata Usaha Jurusan Ilmu Keolahragaan, Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Yogyakarta yang telah membantu dalam seluruh urusan administrasi perkuliahan dan penelitian.
9. Kedua orang, keluarga, dan orang-orang terdekat saya yang selalu memberi dukungan, motivasi, dan semangat dalam proses penyusunan tesis ini.

10. Seluruh teman-teman mahasiswa program studi magister Ilmu Keolahragaan kelas A 2020 dan pihak-pihak yang telah memberikan bantuan baik berupa pemikiran, bantuan moril, emosional, serta material secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis berharap dan berdoa semoga Allah SWT membalas segala kebaikan dari berbagai pihak tersebut. Dalam penyelesaian penelitian ini, penulis telah melakukan usaha yang terbaik, namun selalu disadari masih banyak kekurangan dari penulisan tersebut. Maka dari itu, kritik, saran, dan sumbangan yang membangun dari seluruh pihak maupun pembaca sangat diperlukan agar tesis ini dapat lebih bermanfaat terutama dibidang ilmu keolahragaan dan kesehatan, serta masyarakat.

Yogyakarta, 16 Februari 2023



Septiana Dwi Rakhmawati

NIM 20711251027

DAFTAR ISI

SAMPUL DALAM.....	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA	iv
LEMBAR PERSETUJUAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vi
LEMBAR PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	8
C. Pembatasan Masalah	9
D. Rumusan Masalah	9
E. Tujuan Penelitian	10
F. Manfaat Penelitian	10
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
A. Kajian Teori	12
1. Pengertian Obesitas	12
2. Leptin	14
3. Parameter Antropometri Obesitas pada Tikus	19
4. Latihan (<i>Training</i>)	25
5. Latihan Interval dan Continuous	29

6. <i>Moderate Intensity Interval Training (MIIT)</i>	31
7. <i>High Intensity Interval Training (HIIT)</i>	32
B. Kajian Penelitian yang Relevan	34
C. Kerangka Pikir	36
D. Hipotesis Penelitian	40
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian.....	41
B. Tempat dan Waktu Penelitian	42
C. Populasi dan Sampel Penelitian	42
D. Variabel Penelitian.....	45
E. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data.....	46
F. Validitas dan Reliabilitas Instrumen	48
G. Teknik Analisis Data.....	49
BAB IV METODE PENELITIAN	
A. Deskripsi Hasil Penelitian.....	51
B. Hasil Uji Hipotesis	56
C. Pembahasan.....	60
D. Keterbatasan Penelitian.....	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	68
B. Implikasi	68
C. Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN	79

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Klasifikasi BMI menurut WHO dan Asia-Pasific.....	12
Tabel 2. Standar Nilai Panjang Badan Tikus sesuai Usia	23
Tabel 3. Standar Nilai Lingkar Dada Tikus sesuai Usia	24
Tabel 4. Standar Nilai Lingkar Perut Dada Tikus sesuai Usia.....	25
Tabel 5. Karakter Rata-rata Berat Badan, Panjang Badan, Panjang Nasoanal, <i>Abdominal Circumference</i> (AC), <i>Thoracic Circumference</i> (TC) Awal Sampel.....	52
Tabel 6. Data Rata-rata Pre-test, Posttest, dan Selisih Leptin, BMI (<i>Body Mass Index</i>), <i>Lee Index</i> , Rasio AC/TC pada Kelompok HIIT, MIIT, dan Kontrol	53
Tabel 7. Uji Normalitas Nilai Selisih Kadar Leptin, BMI, Lee Index, dan Rasio AC/TC.....	56
Tabel 8. Uji Homogenitas Nilai Selisih Kadar Leptin, BMI, Lee Index, dan Rasio AC/TC.....	57
Tabel 9. Hasil Uji <i>One-Way Anova</i> Data Selisih Leptin, <i>Lee Index</i> , dan Rasio AC/TC.....	58
Tabel 10. Hasil Uji <i>Kruskal-Wallis</i> Data Selisih BMI.....	59
Tabel 11. Hasil Uji <i>Post Hoc Tukey Pre-test</i> dan <i>Post-test</i>	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Efek Alami dari Leptin.....	16
Gambar 2. Sistem Transduksi Sinyal Leptin.....	17
Gambar 3. Stimulasi Leptin Invivo dan Invitro	18
Gambar 4. Perubahan Berat Badan Tikus sesuai Usia.....	22
Gambar 5. Pengukuran Panjang Badan Tikus.....	23
Gambar 6. Letak Lingkar Dada Tikus.....	24
Gambar 7. Letak Lingkar Perut Tikus.....	25
Gambar 8. Kerangka Berpikir	39
Gambar 9. Grafik Kadar Leptin Pretest dan Posttest	54
Gambar 10. Grafik Nilai BMI Pretest dan Posttest.....	54
Gambar 11. Grafik Nilai Lee Index Pretest dan Posttest	55
Gambar 12. Grafik Nilai Rasio AC/TC Pretest dan Posttest	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kartu Bimbingan	80
Lampiran 2. Surat Ijin Penelitian	81
Lampiran 3. Surat Validasi Instrumen	82
Lampiran 4. Program Latihan	83
Lampiran 5. Data Antropometri Parameter Obesitas pada Penelitian	84
Lampiran 6. Data Parameter Obesitas Hewan Coba.....	86
Lampiran 7. Hasil Uji ELISA Leptin.....	88
Lampiran 8. Hasil Pengujian Data	92
Lampiran 9. <i>Ethical Clearance</i>	97
Lampiran 10. Dokumentasi Penelitian.....	98

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Obesitas merupakan permasalahan gizi yang banyak dialami di dunia maupun di Indonesia. Kasus obesitas atau kegemukan pada anak, remaja, hingga dewasa di Indonesia terus meningkatkan berdasarkan hasil Riset Kesehatan Dasar sejak tahun 2007 hingga saat ini (Riskesda, 2019). Pada tahun 2007, prevalensi obesitas (indeks massa tubuh di atas 27,0) pada usia di atas 18 mencapai angka sebesar 10,5% (Riskesda, 2018). Pada tahun 2013, angka obesitas mengalami peningkatan mencapai persentase 14,8%, dan pada tahun 2018 mengalami peningkatan kembali yang lebih tinggi yaitu mencapai 21,8%. Pada tahun 2020, prevalensi berat badan lebih dan obesitas sebesar 16% pada remaja usia 13-15 tahun dan 13,5% pada remaja usia 16-18 tahun. Angka obesitas semakin bertambah setiap tahunnya dan banyak terjadi pada usia remaja (Kementrian Kesehatan RI, 2020). Terdapat sekitar 1,9 milyar orang dewasa usia di atas 18 tahun mengalami kelebihan berat badan, 650 juta orang di antaranya mengalami obesitas yang terdiri dari 11% laki-laki dan 15% perempuan (WHO, 2018). Hal tersebut berarti lebih dari sepertiga orang dewasa secara global mengalami obesitas (Kibria, 2019). Apabila setiap tahun prevalensi obesitas terus mengalami kenaikan diperkirakan tahun 2025 prevalensi obesitas menjadi 18% laki-laki dan 21% perempuan (NCD Risk Factor Collaboration, 2016).

Kasus peningkatan obesitas yang tidak segera ditangani maka dapat menyebabkan terjadinya sindrome metabolik pada seseorang. Obesitas dapat timbul akibat adanya nafsu makan dan rasa lapar yang tidak dapat terkendalikan dengan baik. Rasa lapar dan ingin makan secara terus-menerus atau tidak terkendalikan tersebut disebabkan oleh hormon leptin yang rendah sehingga memicu seseorang untuk makan secara berlebihan (Widjaja et al., 2013). Sindrom Metabolik (SM) adalah kondisi seseorang yang memiliki tekanan darah tinggi, obesitas sentral dan dislipidemia, dengan atau tanpa hiperglikemik. Menurut *International Diabetes Federation* (IDF) (2021) menjelaskan bahwa sindrom metabolik adalah sekelompok faktor risiko yang meliputi obesitas, diabetes, kolesterol tinggi, dan hipertensi. Sindrom metabolik juga dapat memicu terjadinya gangguan fisiologis lainnya yaitu gangguan kardiovaskuler seperti pengerasan pada dinding pembuluh darah atau bisa disebut *atherosclerosis* (IDF, 2021).

Leptin merupakan hormon yang dibuat oleh sel lemak yang bertugas mengendalikan nafsu makan serta rasa lapar, sehingga jika hormon leptin dalam tubuh terlalu rendah, maka dapat menyebabkan seseorang menjadi makan berlebihan, dan hal itu dapat memicu obesitas (Bhat, 2022). Pada orang yang mengalami obesitas, kondisi hormon leptin sering kali terkait dengan resistensi leptin. Resistensi leptin adalah kondisi di mana tubuh menjadi kurang responsif terhadap sinyal leptin, yang mengarah pada penurunan efektivitas hormon tersebut dalam mengatur berat badan dan keseimbangan energi. Orang yang obesitas cenderung memiliki kadar leptin yang tinggi dalam darah. Jaringan lemak yang berlebihan, yang kaya akan sel lemak (adiposit), memproduksi dan melepaskan

lebih banyak leptin ke dalam sirkulasi. Kadar leptin yang tinggi pada umumnya memberikan sinyal ke otak bahwa tubuh memiliki cadangan lemak yang cukup dan dapat mengurangi nafsu makan. Namun, pada orang yang obesitas, meskipun kadar leptin tinggi, otak cenderung menjadi kurang responsif terhadap sinyal tersebut (Obradovic, 2021). Obesitas juga dapat menimbulkan resiko gangguan kesehatan lain seperti diabetes melitus tipe 2, hipertensi, stroke, jantung, kanker, batu empedu, osteoarthritis, peningkatan penyakit kardiovaskular, gangguan metabolisme serta gangguan pernafasan. Resiko tersebut terjadi dikarenakan adanya peningkatan tekanan darah atau hipertensi, ketidak normalan profil lipid dan metabolisme glukosa, yang menjadi penyebab terjadinya penyakit-penyakit degeneratif tersebut. Latihan fisik dianjurkan bagi penderita obesitas karena dapat membantu meningkatkan metabolisme pada tubuh (Murawska-Cialowicz *et al.*, 2015). Dengan melakukan latihan fisik, tubuh akan membangun lebih banyak otot, sehingga akan meningkatkan metabolisme tubuh seseorang saat istirahat. Oleh karenanya, latihan fisik menjadi salah satu hal yang dianjurkan untuk membantu seseorang mengatasi obesitas. Melalui latihan fisik diharapkan kadar leptin akan menjadi lebih tinggi yang mampu mengontrol obesitas, sehingga parameter obesitas pun akan membaik (Tehfe, 2021).

Latihan fisik jenis *moderate intensity interval training (HIIT)* dan *high intensity interval training (HIIT)* merupakan pendekatan yang umum digunakan dalam konteks pengelolaan obesitas karena keduanya memiliki efektifitas dalam pembakaran kalori dan meningkatkan kebugaran kardiorespirasi. MIIT maupun HIIT dapat membantu membakar kalori lebih banyak dalam waktu yang relatif

singkat dibandingkan latihan dengan intensitas rendah yang berkepanjangan, sehingga hal tersebut penting dalam pengelolaan obesitas karena menciptakan defisit kalori yang diperlukan untuk penurunan berat badan. Latihan MIIT dan HIIT mampu meningkatkan metabolisme basal dan pasca latihan, yang mana pada HIIT dapat meningkatkan pengeluaran energi setelah latihan yang biasa dikenal sebagai “*afterburn effect*”, hal lain pada MIIT juga meningkatkan metabolisme untuk beberapa waktu saat latihan meskipun intensitasnya sedikit lebih rendah. MIIT dan HIT dapat membantu mengurangi lemak tubuh, termasuk lemak visceral yang terkait dengan risiko penyakit metabolik, serta mempengaruhi mekanisme pembakaran lemak tubuh dan meningkatkan sensitivitas insulin, yang dapat membantu mengurangi penimbunan lemak di area-area yang rentan. Selain itu, kedua metode latihan ini juga meningkatkan kebugaran kardiorespirasi, yang merupakan faktor penting dalam kesehatan dan pengelolaan obesitas. Meningkatnya kapasitas kardiorespirasi memungkinkan individu untuk melakukan aktivitas fisik dengan lebih efisien dan lebih lama, yang dapat membantu meningkatkan pembakaran kalori dan kesehatan secara keseluruhan. Variasi latihan dari MIIT dan HIIT dapat membantu mempertahankan motivasi dan keterlibatan dalam jangka panjang. Latihan interval dengan variasi intensitas dan durasi dapat memberikan variasi yang diperlukan dalam rutinitas latihan dan menghindari kebosanan (Kramps, 2021; Reljic, 2021; Cao, 2023).

Pada jenis latihan interval intensitas sedang atau MIIT memiliki resiko yang lebih rendah dibandingkan HIIT, namun ada beberapa potensi efek negative yang perlu diperhatikan yaitu kelelahan, resiko cedera, latihan yang lebih

monoton atau kurang variatif (Lucas, 2015). Meskipun HIIT memiliki banyak manfaat, namun ada beberapa hal potensi efek negative yang perlu diperhatikan, seperti cedera otot, tendon, dan sendi seperti penarikan otot, sprain, atau cedera lutut dapat terjadi jika tidak berhati-hati, terutama jika teknik yang benar tidak diikuti atau jika individu tidak memiliki kekuatan atau fleksibilitas yang cukup. Selain itu, peningkatan denyut jantung dan tekanan darah secara singkat selama latihan dapat menjadi menantang bagi individu dengan kondisi jantung yang sudah ada atau yang memiliki faktor risiko kardiovaskular, kelelahan dan *overtraining*, stress fisik dan mental, serta latihan HIIT yang intens dapat menyebabkan ketidaknyamanan fisik, terutama bagi individu yang tidak terbiasa dengan latihan intens atau memiliki kondisi fisik yang terbatas. Beban berat pada sendi, kelelahan yang tinggi, atau kesulitan mengikuti kecepatan dan intensitas latihan dapat membuat latihan HIIT sulit ditoleransi atau dapat mengurangi motivasi untuk melanjutkan (Graham, 2019).

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa latihan fisik secara interval dan kontinyu dapat meningkatkan kadar leptin, memperbaiki parameter obesitas, serta meningkatkan kebugaran aerobik. Namun, program latihan interval memberikan perbaikan yang lebih besar dibandingkan latihan kontinyu. Latihan interval dapat meningkatkan angiogenesis dan aliran darah, kontrol glikemik serta memperbaiki nilai parameter pada obesitas (Mitranun, 2014; Akbari, 2021). Kelebihan dari latihan interval antara lain lebih efisien waktu sehingga didapatkan manfaat latihan yang signifikan dalam waktu yang relatif singkat, serta lebih efektif dalam pembakaran lemak pada tubuh (Kaspar, 2016). Penelitian Racil

(2016) melaporkan bahwa program latihan yang diberikan pada remaja putri obesitas dengan HIIT 100% dan MIIT 80% dari VO_{2max} yang berlangsung selama 12 minggu, sesi latihan 3 kali per minggu di lintasan lari dengan ketentuan jarak lari berlangsung selama 15 detik diselingi istirahat aktif 15 detik, mencatat nilai atau skor RPE kelompok HIIT lebih besar untuk latihan maksimal (-29,0%, $p < 0,001$) dibandingkan dengan kelompok MIIT (-14,9%, $p < 0,05$). Secara keseluruhan, MIIT dan HIIT menginduksi perubahan yang menguntungkan dalam sensitivitas leptin secara independent dari intensitas latihan. Namun, HIIT lebih efisien menurunkan skor *rating of perceived exertion* dibandingkan MIIT (Racil *et. al.*, 2016). Penelitian yang dilakukan oleh Herrera (2021) juga menunjukkan latihan HIIT di *treadmill* intensitas antara 80% dan 95% dari VO_{2max} , dengan interval dari yang pendek (30 detik) hingga panjang (4 menit), dapat digunakan pada orang obesitas karena dapat memberikan hasil yang optimal pada komposisi tubuh dan kebugaran kardiorespirasi serta menurunkan tekanan darah sistolik (Herrera Covarrubias *et. al.*, 2021). Akan tetapi, sejauh ini belum diketahui pengaruh dari MIIT dan HIIT terhadap kadar leptin serta parameter obesitas seperti *Body Mass Index (BMI)*, *Lee Index*, dan *Ratio AC/TC* pada populasi tikus obesitas.

Latihan fisik memiliki peran penting dalam mengelola obesitas. Meskipun seperti itu, terdapat beberapa masalah yang timbul terkait dengan latihan pada individu yang mengalami obesitas, antara lain ketidaknyamanan fisik saat melakukan latihan dikarenakan berat badan berlebihan dapat menempatkan tekanan tambahan pada sendi, sehingga dapat mengakibatkan nyeri atau

ketidaknyamanan lain saat bergerak hingga cedera. Beban tambahan pada sendi dan struktur tubuh lainnya dapat meningkatkan resiko cedera pada lutut, pinggang, pergelangan kaki, dan bagian tubuh lainnya. Orang dengan obesitas mungkin menghadapi masalah kelelahan dan ketahanan yang lebih besar selama latihan fisik. Selain itu, aktivitas fisik yang intens atau berat dapat menjadikan lebih sulit dilakukan karena kondisi kardiorespirasi yang terpengaruh.

Penelitian ini dilakukan pada subjek tikus jenis *Rattus norvegicus strain wistar* yang telah banyak digunakan sebagai hewan percobaan pada penelitian, karena memiliki ukuran yang relatif tidak terlalu besar sehingga mempermudah pemeliharaan pada masa perlakuan dan memiliki daya adaptasi yang baik. Tikus tersebut memiliki sistem metabolisme dan hormonal yang mirip dengan manusia (Johnson, 2012). Jenis kelamin tikus pada penelitian ini yaitu jantan, dikarenakan menghindari siklus menstruasi yang halnya terjadi pada tikus betina sehingga dapat mempengaruhi perubahan hormonal yang dapat mempengaruhi keakuratan hasil penelitian (Wolfensohn dan Lloyd, 2013). Penelitian menggunakan tikus sebagai hewan coba dengan pertimbangan karena tikus lebih mudah dikendalikan dan minimal distraksi eksternal selama berlangsungnya penelitian.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk membandingkan perlakuan *moderate intensity interval training* (MIIT) dan *high intensity interval training* (HIIT) pada tikus obesitas, yang dilakukan selama 6 minggu dengan intensitas MIIT 65 – 70% dan HIIT 90 – 95% untuk melihat perubahan efektivitas peningkatan kadar leptin dan perbaikan parameter obesitas dari dua jenis latihan pada intensitas yang berbeda.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan adanya peningkatan kasus obesitas di Indonesia secara terus menerus setiap tahunnya dan menjadi beban bagi setiap manusia karena beresiko memicu penyakit degeneratif, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan, antara lain:

1. Terjadi peningkatan kasus obesitas di Indonesia dan belum terkelola dengan baik sehingga perlu pencegahan dan penanganan yang baik.
2. Rendahnya kadar leptin pada obesitas dapat menyebabkan peningkatan nafsu makan seseorang, sehingga memerlukan penanganan lebih lanjut.
3. Obesitas dapat menimbulkan gangguan kesehatan seperti diabetes melitus tipe 2, tekanan darah tinggi, stroke, jantung, kanker, batu empedu, osteoarthritis, peningkatan penyakit kardiovaskular, gangguan metabolisme dan pernafasan.
4. Efek latihan interval dalam pengelolaan obesitas masih variatif.
5. Belum terklarifikasikan jenis latihan yang aman bagi penderita obesitas.
6. Belum diketahui perbandingan pengaruh antara *Moderate Intensity Interval Training* (MIIT) dan *High Intensity Interval Training* (HIIT) terhadap kadar leptin dan parameter obesitas yang terdiri dari *Body Mass Index (BMI)*, *Lee Index*, dan *Ratio AC/TC*.

C. Pembatasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang ada, maka perlu diberi batasan masalah agar penelitian dapat dilakukan secara terfokus, tidak meluas, dan dapat terselesaikan dengan lebih baik. Penelitian membatasi pada masalah belum diketahuinya perbandingan antara pengaruh *Moderate Intensity Interval Training* (MIT) dan *High Intensity Interval Training* (HIIT) terhadap kadar leptin dan parameter obesitas yang terdiri dari *Body Mass Index (BMI)*, *Lee Index*, dan Ratio AC/TC.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan di atas, maka rumusan masalah penelitian adalah belum diketahuinya perbandingan antara MIIT dan HIIT terhadap leptin dan parameter obesitas. Secara lebih rinci, rumusan masalah dipecah menjadi:

1. Bagaimana perbedaan pengaruh latihan MIIT dan HIIT terhadap kadar leptin?
2. Bagaimana perbedaan pengaruh MIIT dan HIIT parameter obesitas tikus yang terdiri dari *Body Mass Index (BMI)*, *Lee Index*, dan Ratio AC/TC?

E. Tujuan Penelitian

Secara umum, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek adaptasi leptin dan parameter obesitas terhadap jenis latihan pada subjek obesitas, sedangkan secara khusus:

1. Mengetahui perbedaan pengaruh latihan HIIT dan MIIT terhadap kadar leptin.
2. Mengetahui perbedaan pengaruh HIIT dan MIIT terhadap parameter obesitas tikus yang terdiri dari *Body Mass Index (BMI)*, *Lee Index*, dan *Ratio AC/TC*.

F. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis
 - a. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai suatu kajian teori dalam meningkatkan wawasan perkembangan kelimuan khususnya dalam bidang ilmu keolahragaan.
 - b. Dapat dijadikan sebagai suatu rujukan dalam penelitian yang serupa bagi peneliti untuk dikembangkan lebih lanjut.
 - c. Dapat memberikan bukti secara ilmiah tentang seberapa besar pengaruh latihan MIIT dan HIIT terhadap kadar leptin dan parameter obesitas pada obesitas.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Pelatih

Dapat dijadikan sebagai acuan dan sumber informasi baru dalam pembuatan program latihan bagi atlet sebagai langkah yang berkelanjutan untuk mengatasi masalah obesitas.

b. Bagi Masyarakat

Memberikan informasi dan pemahaman bagi masyarakat mengenai olahraga bahwasanya olahraga mampu memberikan dampak yang baik dan buruk bagi sistem tubuh.

c. Bagi Peneliti Selanjutnya

Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan atau referensi tambahan untuk melakukan penelitian yang relevan.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Pengertian Obesitas

Menurut WHO (2019), Obesitas didefinisikan sebagai kondisi akumulasi lemak berlebihan pada jaringan adiposa dan juga distribusi lemak dalam tubuh terutama distribusi lemak perut. Obesitas dianggap menjadi wabah atau epidemi, bahkan saat ini telah menjadi masalah global atau pandemi (Windarti *et al.*, 2019). Hal tersebut dikarenakan tingkat prevalensi obesitas mengalami kenaikan yang tinggi, terutama pada perempuan (Chooi *et al.*, 2019). Tingkat kenaikan prevalensi obesitas menjadi ancaman yang serius bagi kualitas kesehatan sumber daya manusia di dunia (Akter *et al.*, 2014)

Tabel 1. Klasifikasi BMI menurut WHO dan Asia-Pasific (Lim *et al.*, 2017)

Kategori (BMI)	WHO (BMI)	Asia-Pasific (BMI)
<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

Obesitas dan *overweight* didefinisikan sebagai akumulasi lemak abnormal atau berlebihan yang berisiko bagi kesehatan dan merupakan faktor risiko terjadinya penyakit kronis seperti diabetes, jantung dan kanker (Vaamonde, 2020). Kegemukan dan obesitas didefinisikan sebagai akumulasi lemak abnormal atau berlebihan yang dapat mengganggu kesehatan. Indeks massa tubuh (BMI) adalah indeks sederhana berat badan menurut tinggi badan yang biasanya digunakan untuk mengklasifikasikan kelebihan berat badan dan obesitas pada orang dewasa (WHO, 2019). BMI ditentukan dengan berat badan seseorang dalam kilogram (kg) dibagi kuadrat tinggi badannya dalam meter (kg/m^2) (Nimptsch *et al.*, 2019; Aktar *et al.*, 2017).

Pada orang dewasa, BMI lebih besar atau sama dengan 25 dikategorikan *overweight*, sedangkan BMI lebih besar atau sama dengan 30 disebut obesitas (WHO, 2019). BMI memberikan ukuran tingkat kelebihan berat badan dan obesitas yang paling berguna pada populasi karena sama untuk kedua jenis kelamin dan untuk semua usia orang dewasa. Hal tersebut dapat dianggap sebagai acuan kasar karena tingkat kegemukan setiap individu berbeda (Nimptsch *et al.*, 2019). Kelebihan berat badan dan obesitas pada anak-anak dihitung dengan mempertimbangkan usia. WHO mengelompokkan usia anak menjadi dua, yaitu anak dibawah 5 tahun dan anak usia 5-19 tahun. Kriteria *overweight* bagi anak di bawah 5 tahun adalah tinggi badan lebih dari 2 standar deviasi di atas median Standar Pertumbuhan Anak WHO; dan obesitas adalah tinggi badan lebih dari 3 standar deviasi di atas median Standar Pertumbuhan Anak WHO. Pada anak-anak berusia antara 5–19 tahun, definisi *overweight*

adalah jika nilai IMT lebih dari 1 standar deviasi di atas median Referensi Pertumbuhan WHO; dan obesitas bila nilai IMT lebih besar dari 2 standar deviasi di atas median Referensi Pertumbuhan WHO (WHO, 2019).

Obesitas juga menjadi salah satu penyebab utama kecacatan dan kematian baik pada orang dewasa, remaja, bahkan anak-anak di seluruh dunia (Aktar *et al.*, 2017; Ul Hassan *et al.*, 2017). Obesitas memicu timbulnya berbagai masalah kesehatan seperti peningkatan penyakit kardiovaskular (Marie *et al.*, 2014), diabetes melitus tipe 2, tekanan darah tinggi, stroke, kanker, batu empedu, osteoarthritis, gangguan metabolisme dan pernafasan (Aktar *et al.*, 2017). Maka dari itu, diperlukan strategi pencegahan peningkatan prevalensi obesitas, salah satunya yaitu latihan (Murawska-Cialowicz *et al.*, 2015).

2. Leptin

a. Struktur dan Fungsi Leptin terhadap Obesitas

Leptin berasal dari Bahasa Yunani leptos yang berarti kurus. Leptin merupakan suatu hormon berperan dalam regulasi energi yang masuk dan keluar, termasuk napsu makan dan metabolisme dalam tubuh. Leptin terdiri atas 167 asam amino dengan berat molekul 16kDa yang dihasilkan oleh jaringan adiposa putih berkorelasi dengan jumlah jaringan lemak tubuh. Leptin pertama kali ditemukan pada tahun 1994 oleh Jeffrey M. Friedman dan koleganya melalui suatu uji coba pada Tikus (Seth, 2020). Leptin adalah hormon yang dihasilkan oleh jaringan adiposa (anggota adipositokin) yang

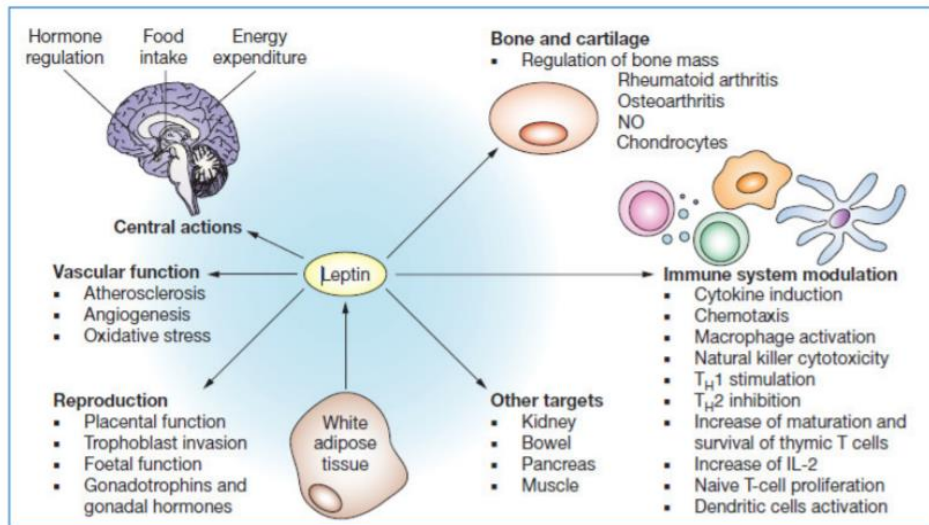
memiliki peran menghantarkan sinyal hormon jaringan adiposa (Seth, 2020). Leptin memiliki peran penting dalam menghantarkan sinyal yang mengatur homeostatis energi baik bersifat sentral maupun perifer, mengurangi nafsu makan, massa jaringan adiposa, dan berat badan. Ekspresi leptin menurun pada kondisi lapar dan adanya testosterone, hormone tiroid dan suhu rendah (Cahyaningrum, 2015).

Resistensi leptin adalah gangguan yang bisa sebabkan obesitas. Orang yang mengalami obesitas memiliki banyak lemak tubuh di sel-sel lemaknya. Karena hormon leptin diproduksi oleh sel-sel lemak, maka jumlah leptin yang ada pada tubuh seseorang sebanding dengan jumlah lemak dalam tubuh.

Fungsi utama leptin pada obesitas adalah menghambat nafsu makan dengan bekerja pada reseptor di Hypothalamus dengan cara :

1. Menghambat kerja Neuropeptide Y (suatu stimulant nafsu makan yang sangat potent yang disekresi pada usus dan hypothalamus).
2. Menghambat efek daripada Anandamide (suatu stimulant nafsu makan).
3. Merangsang sintesa dari Alpha Melanocyte Stimulating Hormone (α -MSH), suatu supresan nafsu makan.

Fungsi leptin tidak hanya mengontrol nafsu makan. Leptin merupakan regulator kunci tidak hanya pada sistim endokrin dan pada “sistem hypothalamicpituitary-adrenal axis”, tapi juga homeostasis energy, sekresi insulin, angiogenesis, pembentukan tulang dan reproduksi.

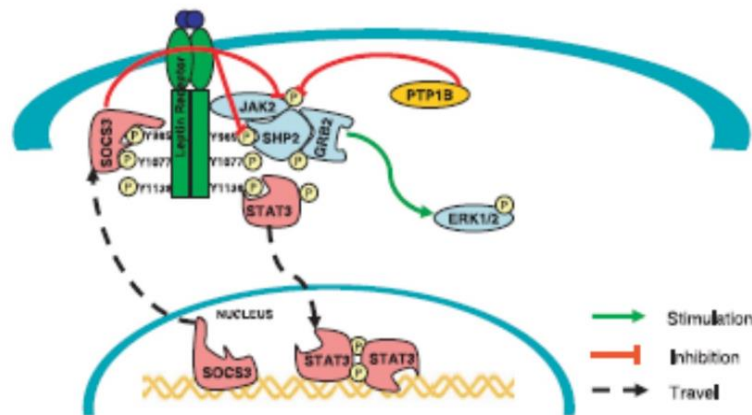


Gambar 1. Efek Alami dari Leptin (Yang, R., 2007)

b. Transduksi Sinyal Leptin

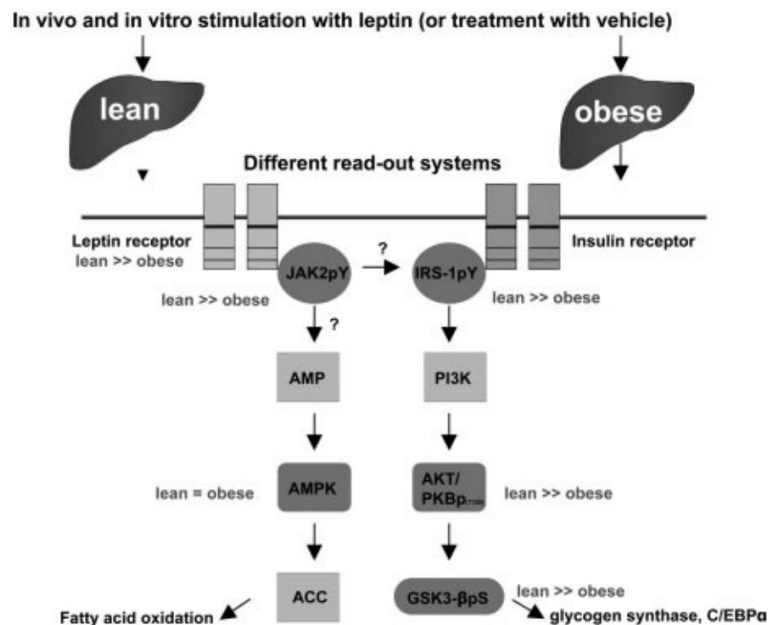
Sistem transduksi sinyal leptin diperantarai oleh JAK-STAT3. Pengikatan ligan oleh reseptor, menyebabkan reseptor tersebut mengalami dimerisasi dan berikatan dengan *janus kinase* (JAK) terutama JAK2. JAK2 akan mengalami autofosforilasi dan fosforilasi dari Tyr985, Tyr1077 dan Tyr1138 yang terdapat di reseptor. Fosforilasi Tyr1138 dan JAK2 akan membentuk kompleks Ob-R/JAK yang akan mengaktifkan protein STAT. Protein STAT3 dan tirosin yang terfosforilasi akan mengalami dimerisasi dan STAT3 akan masuk ke dalam inti sel mengaktifkan transkripsi dari gen sasaran, termasuk gen dari keluarga *suppressors of the cytokine signaling* (SOCS3). Protein SOCS3 akan berikatan dengan Tyr985 di reseptor leptin dan menyebabkan umpan balik negatif sistem transduksi sinyal leptin.

Fosforilasi JAK dan Tyr985 juga akan menyebabkan terfosforilasinya SHP2 yang akan mengaktifkan dengan Tyr985 (Yang R., 2007; Yi, 2017).



Gambar 2. Sistem Transduksi Sinyal Leptin (Yang R., 2007)

Autofosforilasi dari JAK2 juga akan menyebabkan fosforilasi insulin reseptor melalui jalur PI3K yang akan mengaktifkan jalur selanjutnya. Di jantung, jalur leptin-associated PI3K dengan ERK cascade memiliki peranan penting dalam proliferasi kardiomyosit dan melindungi jaringan jantung dari *ischemia reperfusion injury*. Seperti sitokin lainnya, leptin memiliki kemampuan untuk mengaktifkan stress-activated protein kinase c-Jun N-terminal kinase (JNK) (Yang R., 2007; Yi, 2017).



Gambar 3. Stimulasi Leptin Invivo dan Invitro

c. Leptin sebagai Indikator Obesitas

Leptin berfungsi sebagai suatu penghantar pesan atau sinyal dari jaringan adiposa untuk memberikan informasi ukuran massa lemak ke otak. Efek dari hal tersebut adalah menghambat sintesa dan pelepasan neuropeptida Y, dengan cara meningkatkan asupan makanan, menurunkan thermogenesis dan meningkatkan kadar insulin. Kadar leptin akan menurun dalam waktu 12 jam setelah rasa lapar atau selama puasa dan meningkat setelah beberapa hari mengkonsumsi banyak makanan (Klein & Romijn, 2008). Leptin merupakan hormon anti obesitas dengan mengontrol keseimbangan energi pada manusia yang didasarkan pada hipotesis bahwa kadar leptin yang tinggi akan mencegah terjadinya obesitas (Izquierdo, 2019).

Beberapa penelitian membuktikan bahwa kadar leptin lebih tinggi pada orang yang obesitas dibanding orang dengan berat badan normal. Leptin yang bersirkulasi dalam darah orang normal sebesar 1-3 ng/mL, sedangkan kadar leptin yang bersirkulasi dalam darah orang obesitas sebesar 100 ng/mL. Ketika kadar leptin penderita obesitas meningkat, hal itu mampu menurunkan kemampuan leptin untuk menekan makanan yang masuk dan menekan penambahan berat badan. Hal tersebut dinamakan resistensi leptin (Hoda *et al.*, 2012). Kadar leptin dalam sel adiposa dapat dijadikan sebagai indikator seberapa efisien kerja leptin dalam menjaga homeostasis energi. Efisiensi leptin merupakan kadar leptin yang diproduksi dalam sel adiposa yang mampu menjaga homeostasis energi melalui regulasi berat badan.

3. Parameter Antropometri Obesitas pada Tikus

Antropometri adalah pengukuran dimensi tubuh untuk mengetahui variasi fisik pada individu. Antropometri sebagai suatu ilmu yang secara khusus berkaitan dengan pengukuran tubuh manusia yang digunakan untuk menentukan perbedaan pada individu, kelompok, dan sebagainya. Pengukuran parameter antropometri dapat dilakukan pada berbagai dimensi tubuh dan komposisi dasar tubuh manusia pada tingkat umur dan gizi yang berbeda. Pengukuran antropometri yang paling umum digunakan untuk mengetahui adanya *overweight* dan obesitas adalah menggunakan Indeks massa tubuh (IMT), lingkaran pinggang (LiPi) dan rasio lingkaran pinggang panggul (RLPP) (Kemenkes RI, 2019).

a. Body Mass Index (BMI)

Obesitas pada orang dewasa (di atas 18 tahun) dapat ditentukan berdasarkan BMI. BMI dapat diukur dengan menghitung berat badan (kg) dibagi dengan tinggi badan dalam meter kuadrat (m^2) (Nimptsch *et al.*, 2019; Aktar *et al.*, 2017).

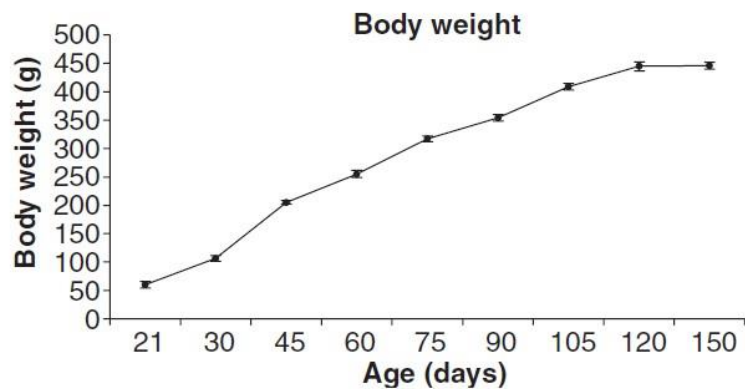
BMI merupakan alat yang biasa digunakan untuk mendeteksi obesitas dan mengukur berat badan dari waktu ke waktu. Namun, BMI memiliki tingkat akurasi yang rendah karena teknik ini tidak mampu menggambarkan komposisi dari masa lemak bebas dan masa lemak atau mengidentifikasi distribusi lemak tubuh. Selain itu, BMI juga tidak dapat membedakan antara massa lemak dengan massa otot. Oleh karena itu, mengukur komposisi tubuh dalam menentukan klasifikasi tingkat obesitas tidak dianjurkan hanya menggunakan parameter BMI karena akan menghambat intervensi pencegahan dan pengendalian obesitas di masa depan (Nimptsch *et al.*, 2019).

b. Berat Badan

Berat badan (BB) merupakan salah satu komponen dari pengukuran antropometri yang sering digunakan dalam berbagai macam pemeriksaan khususnya untuk mengetahui keadaan fisik dan gizi seseorang. Pengukuran berat badan standar pada hewan coba seperti tikus adalah dengan menggunakan alat berupa timbangan digital dengan satuan gram (g). penimbangan berat badan hewan coba tikus dilakukan setiap pekan atau

seminggu sekali untuk mengetahui tingkat perubahan berat badan dari hewan coba tikus tersebut (Ratnawati *et al.*, 2019).

Berat badan merupakan salah satu parameter yang memberikan gambaran massa tubuh secara makros. Peningkatan berat badan tersebut sebagai indikator pertumbuhan yang menunjukkan bahwa kondisi fisik dan kemampuan absorpsi tikus terhadap pangan yang baik (Hardinsyah dan Supariasa, 2016). Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh Soekanto (2011) berat badan rata-rata tikus jenis *Rattus norvegicus* galur Wistar Jantan yang berumur 7 hingga 8 minggu adalah 150-200 gram. Kenaikan berat badan tikus pada kelompok kontrol selama 2 bulan adalah 16,87 gram. Sedangkan hasil penelitian dari Widodo *et al* (2006) menjelaskan rata-rata berat badan tikus jenis *Rattus Norvegicus* galur Wistar Jantan yang berusia 5 sampai 6 minggu adalah $136,35 \pm 5,81$ gram dengan kenaikan berat badan rata-rata $95,23 \pm 5,81$ gram setelah diberikan diet normal PARS selama 4 minggu. Berat badan tikus jenis *Rattus Norvegicus* galur Wistar Jantan pada usia 21 hari rata-rata yaitu 60 ± 5 gram, selama penelitian tikus diberikan diet normal standar *chow*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berat badan tikus meningkat seiring dengan bertambahnya usia. Pada usia 120 hari sampai 150 hari kenaikan berat badan tidak signifikan. Namun, sebelum tikus berusia 60 hari, terjadi kenaikan berat badan dengan cepat dan kemudian mengalami pelambatan. Hal tersebut menunjukkan bahwa kenaikan berat badan tikus menurun seiring dengan bertambahnya usia (Novelli *et al.*, 2007). Berikut ini merupakan gambar grafik penurunan berat badan tikus:

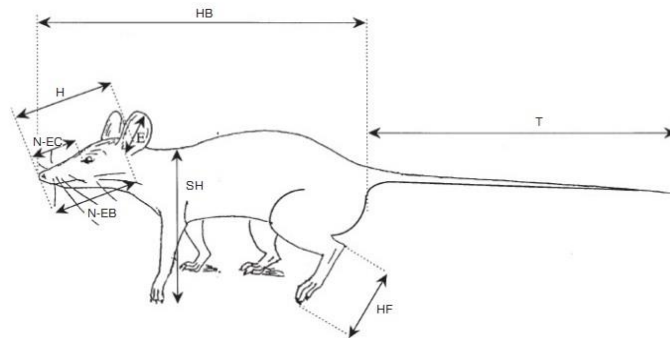


Gambar 4. Perubahan Berat Badan Tikus sesuai Usia (Novelli *et al.*, 2007)

c. Panjang Badan

Panjang badan merupakan salah satu komponen dari pengukuran antropometri yang paling umum digunakan dalam berbagai penelitian yang menggunakan hewan coba, salah satunya tikus. Panjang badan tikus diukur mulai dari ujung hidung sampai dengan ujung anus dari hewan coba (Novelli *et al.*, 2007). Pengukuran panjang badan dilakukan pada awal dan akhir perlakuan pada penelitian karena pertumbuhan atau penambahan panjang badan tikus sangat lambat (Ratnawati, *et al.*, 2019).

Pengukuran panjang badan tikus menggunakan penggaris atau meteran dengan satuan *centimeter* (cm). Pengukuran dilakukan saat kondisi hewan coba tenang setelah dilakukan anestesi (Winarto, 2009).



Gambar 5. Pengukuran Panjang Badan Tikus (Hansen, 1998)

Berikut nilai panjang badan tikus yang diberikan perlakuan diet normal berdasarkan usia tikus:

Tabel 2. Standar Nilai Panjang Badan Tikus sesuai Usia

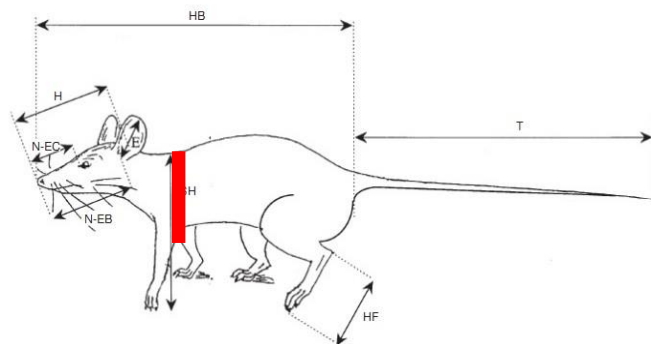
Parameter	Usia (hari)				
	30	60	90	120	150
Panjang badan (cm)	165 ± 4	23.9 ± 3	24.0 ± 3	25.57 ± 5	25.5 ± 6

(Novelli *et al.*, 2007)

d. Lingkar Dada (*Thoracic Circumference*)

Lingkar dada dapat digunakan untuk mengidentifikasi proporsi tubuh dan status gizi terutama distribusi lemak pada tubuh. Subjek yang memiliki lingkar dada melebihi standar berarti subjek tersebut mengalami *central body fat* pada bagian dada yang berarti mengalami obesitas sentral (Yang *et al.*, 2011). Lingkar dada merupakan salah satu antropometri yang diperlukan untuk mengetahui ukuran dan komposisi tubuh hewan coba, salah satunya tikus, serta dapat menunjukkan status gizi subjek. Ukuran tubuh menjadi

salah satu *marker* untuk menilai keefektifan dari penurunan obesitas. Lingkar dada pada tikus dapat diukur berada tepat di belakang kaki depan tikus. Pengukuran dilakukan saat tikus dalam kondisi tenang setelah dilakukan anestesi (Novelli *et al.*, 2007).



Gambar 6. Letak Lingkar Dada Tikus (Novelli *et al.*, 2007)

Berikut nilai lingkar dada tikus yang diberikan perlakuan diet normal berdasarkan usia tikus:

Tabel 3. Standar Nilai Lingkar Dada Tikus sesuai Usia

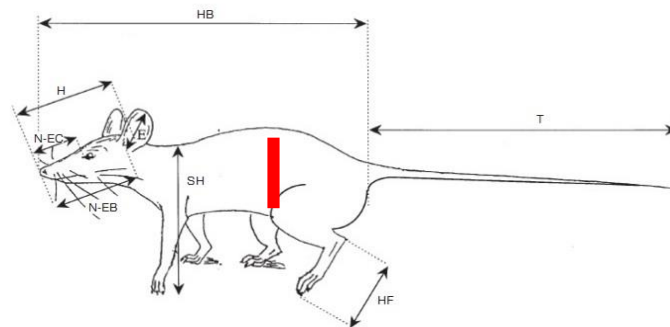
Parameter	Usia (hari)				
	30	60	90	120	150
Lingkar Dada (cm)	10.1 ± 2	13.2 ± 4	15.7 ± 5	16.2 ± 3	16.8 ± 2

(Novelli *et al.*, 2007)

e. Lingkar Perut (*Abdominal Circumference*)

Lingkar perut menjadi salah satu antropometri untuk menilai ukuran dan komposisi tubuh pada tikus yang menunjukkan keefektifan penurunan obesitas. Lingkar perut tikus tepat berada di depan kaki belakang tikus.

Lingkar perut diukur dengan meteran dan pengukuran dilakukan saat tikus dalam kondisi tenang setelah dilakukan anestesi (Novelli *et al.*, 2007).



Gambar 7. Letak Lingkar Perut Tikus (Novelli *et al.*, 2007)

Berikut nilai lingkar perut tikus berdasarkan usia tikus:

Tabel 4. Standar Nilai Lingkar Perut Dada Tikus sesuai Usia

Parameter	Usia (hari)				
	30	60	90	120	150
Lingkar Perut (cm)	11.4 ± 1	14.9 ± 2	16.17 ± 4	17.5 ± 7	17.27 ± 3

(Novelli *et al.*, 2007)

4. Latihan (*Training*)

Istilah kata latihan sering disamaartikan dengan kata pelatihan. Namun, sebenarnya kedua kata tersebut memiliki makna yang berbeda. Berdasarkan ciri-cirinya, latihan dan pelatihan memiliki penjelasan tersendiri. Pelatihan merupakan program yang dilakukan dengan satuan waktu minggu, bulan dan tahun. Sedangkan latihan merupakan bagian dari pelatihan dengan satuan waktu lebih pendek. Jika berdasarkan efek pada tubuh, latihan berkaitan dengan perubahan tubuh yang sifatnya sementara, sedangkan pelatihan adanya

perubahan yang sifatnya lebih menetap. Latihan berkaitan dengan respon, pelatihan berkaitan dengan adaptasi, respon berulang menjadi adaptasi. Menurut McArdle *et al.* (2010) terdapat dua jenis latihan atau *exercise*, yaitu *acute exercise* dan *chronic exercise*. *Acute exercise* atau latihan akut adalah latihan yang dilakukan dalam jangka waktu pendek dan menyebabkan perubahan fungsi fisiologis yang sifatnya sementara. *Chronic exercise* atau latihan kronik adalah latihan yang dilakukan dengan teratur, terukur dan terprogram serta dilakukan dalam jangka waktu tertentu sehingga menyebabkan terjadinya perubahan fungsi fisiologis tubuh yang sifatnya lebih menetap.

Latihan adalah suatu proses atau perbuatan yang dilakukan secara berulang-ulang bertujuan untuk membiasakan diri dan semakin mahir untuk melakukannya. Dalam bahasa Inggris, latihan berasal dari beberapa kata yaitu *exercise*, *practice*, dan *training* (Mylsidayu, 2015). Pengertian latihan dari kata *exercise* merupakan perangkat utama dalam program latihan dalam menyempurnakan gerakan secara sistematis, berkesinambungan dan berulang-ulang pada cabang olahraga yang ditekuni (Palar Djon *et. al.*, 2015). Latihan berasal dari kata *practice* memiliki arti sebagai aktivitas untuk meningkatkan keterampilan atlet pada masing-masing cabang olahraga yang ditekuni dengan didukung oleh peralatan yang sesuai dengan cabang olahraganya. Latihan yang berasal dari kata *training* berarti penyempurnaan kemampuan berolahraga sesuai dengan cabang olahraganya dengan teori dan praktek menggunakan

metode pendekatan ilmiah, serta prinsip pendidikan yang terencana dan teratur sehingga tercapai tujuan latihan sesuai dengan rencana dan tepat waktu.

Bentuk dan metode yang berbeda menyebabkan hasil yang berbeda pula. Hal tersebut berarti dalam melakukan kegiatan berlatih melatih, berbagai alat pendukung sangat berperan penting dalam meningkatkan setiap keterampilan cabang olahraga yang dipelajari. Dari beberapa pendapat para ahli mengenai pengertian latihan, dapat disimpulkan bahwa pengertian latihan adalah suatu proses perubahan ke arah yang lebih baik secara sistematis dan terstruktur guna meningkatkan kualitas fisik dan psikis serta kemampuan seseorang sesuai dengan bidang yang ditekuni.

Dalam melakukan latihan, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas suatu latihan tersebut yaitu variabel-variabel latihan, antara lain intensitas, volume, dan frekuensi latihan.

1. Intensitas

Intensitas latihan merupakan komponen penting dari latihan yang menunjukkan kualitas dari beban latihan. Indikator penentu intensitas dapat menggunakan dasar *heart rate* yaitu *Heart Rate Reserve* (HRR). HRR (Heart Rate Reserve) merupakan selisih antara detak jantung maksimum dan detak jantung istirahat seseorang. HRR digunakan dalam pelatihan olahraga untuk mengatur intensitas latihan berdasarkan zona detak jantung target. Rumus untuk menghitung HRR adalah $HRR = HR_{max} - HR_{rest}$, di mana HR_{max} adalah detak jantung maksimum seseorang. Rumus umum untuk

mengestimasi adalah 220 dikurangi usia seseorang. Namun, rumus ini bisa memberikan perkiraan yang kasar, dan variasi individual dapat terjadi. Untuk estimasi yang lebih akurat, disarankan untuk melakukan tes fisik yang melibatkan pemantauan detak jantung maksimum. HRrest adalah detak jantung istirahat seseorang, yaitu detak jantung saat berada dalam keadaan istirahat yang sepenuhnya. Hal ini biasanya diukur saat seseorang sedang tidur atau saat bangun tidur di pagi hari. Selain itu juga dapat diukur dengan detak jantung istirahat dengan memantau denyut nadi selama 1 menit saat beristirahat (Abu Hanifah, 2013).

Intensitas latihan juga dapat diukur dengan VO_{2max} (banyaknya oksigen (O_2) dalam mililiter (ml) yang dikonsumsi per kilogram (kg) dari berat badan (BB) per menit yang biasa dinyatakan dengan satuan $ml/kg/min$ (Hunn, *et al.*, 2002).

2. Volume

Volume latihan adalah total kuantitas dalam aktivitas latihan yang dilakukan (Zein, 2013). Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan volume latihan, antara lain:

- a. Waktu dan durasi latihan.
- b. Beban volume latihan menggunakan resisten dengan rumus; beban volume = jumlah set x repetisi x hambatan/r dalam kilogram).
- c. Jumlah repetisi atau pengulangan dari sebuah latihan atau elemen teknik yang dilaksanakan.

3. Frekuensi

Frekuensi latihan adalah jumlah beban yang dilakukan dalam periode latihan tertentu yang pada umumnya untuk menunjukkan jumlah latihan dalam seminggu. Frekuensi latihan untuk pemula yaitu 3 hingga 4 kali perminggu, dengan frekuensi tersebut tubuh di beri kesempatan untuk beradaptasi dengan beban latihan yang diterimanya sehingga terjadi peningkatan kualitas kondisi fisik tanpa menimbulkan kelelahan berlebihan. Kemudian frekuensi dapat ditingkatkan secara bertahap untuk mencapai tujuan dari latihan (Ammann *et al*, 2014).

5. Latihan Interval dan Continuous

Latihan *interval* adalah latihan intensitas rendah hingga tinggi dengan diselingi waktu istirahat pada sesi latihan (Gibala *et al.*, 2014). Latihan dengan sistem interval merupakan latihan yang membagi satuan program latihan menjadi beberapa sesi, dan menyisipkan istirahat aktif disela-sela sesi latihan tersebut (Trisandi *et al*, 2017). Ciri-ciri latihan *interval* yaitu adanya periode selang-seling antara periode kerja dan pemulihan (Sugiharto, 2014). Latihan *interval* adalah model latihan ketahanan yang diskontinyu dengan memiliki karakteristik gerakan yang relatif singkat dengan beban aktivitas fisik berat, dan diselingi istirahat aktif dengan beban ringan yang berguna melatih otot jantung dan meningkatkan kapasitas aerobik, sehingga dapat membantu

seseorang melakukan latihan lebih lama pada beban latihan yang intens (Tschakert and Hofmann, 2013).

Latihan *interval* lebih banyak diterapkan pada latihan kardiovaskuler, seperti berlari atau bersepeda. Manfaat latihan *interval* yaitu untuk membakar kalori lebih tinggi dalam periode latihan yang relatif singkat (Baekkerud *et al.*, 2016). Latihan *interval* juga bermanfaat bagi penderita penyakit kardiovaskuler, karena meningkatkan kebugaran kardiorespirasi dan meningkatkan kualitas kesehatan (Gist *et al.*, 2014), sehingga mampu mencegah timbulnya penyakit kardiovaskular, stroke, hipertensi, kanker usus dan payudara, diabetes mellitus tipe 2, obesitas pada seseorang (Karlsen *et al.*, 2017; Wewege *et al.*, 2017).

Latihan *continuous* adalah latihan berkelanjutan atau latihan secara terus-menerus pada latihan fisik tanpa diselingi interval istirahat sampai waktu yang ditentukan. Latihan *continuous* dapat dilakukan pada intensitas rendah hingga tinggi (Busyairi, 2018). Ciri-ciri latihan *continuous* adalah memerlukan waktu latihan lebih dari 30 menit. Latihan *continuous* bertujuan untuk mengembangkan adaptasi aerobik dengan kecepatan kerja di bawah ambang batas anaerobik (Sugiharto, 2014), dapat meningkatkan kemampuan menghirup oksigen dan memungkinkan metabolisme berlangsung lebih efisien, serta meningkatkan daya tahan jantung dan paru (kardiorespirasi) (Hasibuan dan Damanik, 2019). Jika seseorang melakukan latihan *continuous* secara teratur dan terstruktur, maka dapat meningkatkan daya tahan tubuh, sensitivitas insulin, kapilarisasi otot serta menurunkan berat badan (Cocks *et al.*, 2016).

Contoh latihan *continuous*, seperti bersepeda, *jogging*, jalan kaki, mendayung, lompat tali dan berenang ((Busyairi, 2018).

6. *Moderate Intensity Interval Training (MIIT)*

Latihan interval intensitas moderat merupakan latihan dengan menggunakan kelompok otot besar yang dilakukan bersifat ritmis diselingi dengan istirahat aktif atau pasif. Manfaat kesehatan dari latihan moderat dapat diperoleh apabila dalam penerapannya memperhatikan *Frequency, Intensity, Time, Type* (FITT). Latihan moderat atau aerobik dapat dilakukan setidaknya 150 menit per minggu dengan intensitas 50 – 70 % maximal heart rate atau dilakukan 3 kali per minggu dengan durasi 20-60 menit setiap latihan diselingi istirahat aktif 2 menit atau disesuaikan dengan interval (WHO, 2019). Latihan moderat adalah latihan ringan atau tidak berlebihan sehingga tidak mengakibatkan kelelahan yang berlebihan. Moderat merupakan jenis dari intensitas latihan. Maka dari latihan moderat diartikan sebagai latihan dengan intensitas ringan (Powers dan Howley, 2015).

Menurut Powers & Howley (2015), salah satu dasar yang digunakan untuk menentukan intensitas atau berat ringannya latihan adalah dengan intensitas yang dapat diukur dengan VO_{2max} , dengan satuan $ml/kg/min$. Beberapa ahli memiliki penjelasan mengenai nilai VO_{2max} pada latihan moderat yang dapat digunakan sesuai dengan jenis latihan yang digunakan. Menurut Wewege *et al.* (2017) latihan moderat merupakan latihan dengan intensitas 60-70 % HR_{max} atau setara 50-65 VO_{2max} . Sedangkan Hannan *et al.* (2018)

menjelaskan bahwa latihan moderat berada pada intensitas 50-80% HR_{max} atau setara dengan 50%-75% VO_{2max} . Pada penelitian yang dilakukan oleh Fisher menyatakan bahwa latihan moderat atau sedang merupakan latihan dengan intensitas 55%-65% VO_{2max} (Fisher, 2015).

7. *High Intensity Interval Training (HIIT)*

Latihan interval intensitas tinggi (HIIT) dapat menginduksi adaptasi metabolik yang berpengaruh dengan latihan continyu intensitas sedang pada orang sehat dengan penyakit tidak menular, khususnya obesitas (Andreato, et al., 2019). HIIT menjadi strategi terapi baru yang terbukti efektif dalam meningkatkan status fisik yang berhubungan dengan kesehatan pada orang dewasa, terutama orang obesitas (Cofré-Bolados *et al.*, 2016). HIIT terdiri dari latihan singkat yang intens, diselingi dengan periode singkat istirahat aktif atau pasif (Pereira-Rodríguez *et al.*, 2020). Beberapa penelitian membuktikan bahwa HIIT merupakan metode yang memiliki berbagai manfaat kesehatan; dan waktu yang dibutuhkan cukup singkat untuk menyelesaikan latihan dengan peralatan minimal guna mendapatkan adaptasi fisik, menjadi keunggulan utama mereka (López Chicharro, 2018).

Dalam model latihan interval intensitas tinggi memiliki peran durasi dan intensitas yang sangat berperan penting dan perlu diperhatikan dengan baik. Terdapat contoh bentuk latihan dari latihan interval intensitas tinggi seperti 10 repetisi 1 menit kerja, maksimal 1 menit istirahat, kemudian 5 repetisi 2 menit kerja maksimal 1 menit istirahat atau 3 - 4 repetisi 4 menit kerja, maksimal 3

menit istirahat (Ryan, 2015). Latihan interval intensitas tinggi memberikan efek peningkatan oksidasi lemak pada otot skeletal yang merupakan hasil reaksi adaptasi, termasuk meningkatkan volume mitokondria dan lipolisis jaringan adiposa (trigliserida) menjadi asam lemak (Permatasari, 2017). HIIT bisa menghasilkan peningkatan yang signifikan dalam kapasitas aerobik dan anaerobik. HIIT juga efektif dalam memperbaiki profil inflamasi, yang menunjukkan penurunan faktor risiko penyakit kardiovaskuler dan latihan HIIT juga terkait dengan peningkatan pelepasan molekul anti-inflamasi, Selain itu juga terlibat dalam peningkatan sensitivitas insulin (Steckling et al., 2015: 3).

HIIT atau latihan interval intensitas tinggi adalah latihan fisik berdurasi pendek yang terdiri dari beberapa siklus latihan dengan intensitas tinggi diselingi dengan periode istirahat pada intensitas yang lebih rendah. Latihan HIIT selama 2 minggu dapat meningkatkan kondisi kemampuan fisik. HIIT adalah latihan dengan intensitas 80 - 95% HRmax (Wibowo, 2021). Contoh bentuk latihan HIIT atau latihan interval intensitas tinggi menggunakan treadmill, seperti dilakukan sebanyak 5 hari per minggu selama 8 minggu di mana dilaksanakan secara konsisten dengan 10 repetisi durasi 4 menit, intensitas 85 – 90% VO_{2max} , menggunakan istirahat aktif selama 2 menit (5m/min) (Sabaghi, 2020).

B. Kajian Penelitian yang Relevan

1. Penelitian yang dilakukan oleh Racil, dkk pada tahun 2016 berjudul “*Rating of Perceived Exertion and Serum Leptin Responses to Maximal Exercise in Obese Female Adolescents: Effect of Exercise Training Intensity*”. Penelitian ini dilakukan untuk menguji efek *High Intensity Interval Training* (HIIT) dan *Moderate Intensity Interval Training* (MIIT) pada remaja perempuan obesitas. Dari hasil penelitian tersebut disimpulkan bahwa HIIT dan MIIT menginduksi perubahan yang menguntungkan dalam sensitivitas leptin secara independen dari intensitas latihan. Namun, HIIT dapat dianggap sebagai pendekatan yang efisien dalam menurunkan skor RPE dibandingkan dengan MIIT, yang dapat mengurangi kekerasan usaha dan *drop-out* dari latihan pada remaja perempuan obesitas.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Herrera Covarrubias C, dkk pada tahun 2021 berjudul “*HIIT in Treadmill for People with Overweight or Obesity: A Systematic Review*”. Penelitian dilakukan untuk menganalisis beban kerja protokol latihan interval intensitas tinggi (HIIT) di *treadmill*, untuk mengidentifikasi persentase intensitas yang paling banyak digunakan, yang diberikan pada orang dengan kelebihan berat badan atau obesitas. Dari hasil penelitian tersebut disimpulkan bahwa HIIT di atas treadmill dapat digunakan pada orang dengan kelebihan berat badan atau obesitas karena kemampuan dan keamanannya pada tingkat intensitas yang tinggi dan dapat memberikan hasil yang optimal dalam komposisi tubuh, kebugaran kardio respiratori, dan

parameter lain seperti IL-6 dan TNFalpha, selain untuk mengurangi tekanan darah sistolik.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Tehfe pada tahun 2021 berjudul “*The Effect of Exercise on Leptin and Adiposity: A Systematic Review*”. Penelitian dilakukan untuk mengetahui hubungan anatar latihan fisik dan leptin. Dari hasil penelitian tersebut disimpulkan bahwa jalur leptin melibatkan aktivasi mTOR yang berlebihan yang berkontribusi pada perkembangan obesitas, dengan jalur ini dihambat oleh aktivitas fisik. Hal ini sesuai dengan temuan bahwa tiga puluh sembilan penelitian melaporkan bahwa latihan fisik menghasilkan penurunan kadar leptin yang signifikan secara statistik dibandingkan dengan kelompok kontrol. Namun, bukti keseluruhan tidak cukup untuk menunjukkan hubungan yang signifikan secara statistik antara ROB dan faktor dampak, jumlah kutipan, dan jumlah penulis. Tinjauan sistematis ini menunjukkan hubungan terbalik antara latihan fisik dan leptin. Namun, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengatasi berbagai efek aktivitas fisik pada leptin dan untuk menentukan hubungan yang lebih konkret antara risiko bias dan karakteristik studi di bidang ini.
4. Penelitian yang dilakukan oleh Zein, dkk pada tahun 2017 berjudul “*Efek Interval Training terhadap Indeks Lee, Kadar Adiponektin, dan IL-6 pada Tikus Model Obesitas*”. Penelitian dilakukan untuk mengetahui perbedaan efek interval training tipe cepat, interval training tipe lambat, dan continuous training intensitas sedang terhadap berat badan, nilai indeks Lee, serta kadar adiponektin dan IL-6. Dari hasil penelitian tersebut disimpulkan bahwa

aktivitas fisik interval training tipe lambat lebih baik dalam memperlambat kenaikan berat badan dan menurunkan nilai indeks Lee akibat peningkatan penggunaan adiponektin dan IL-6.

5. Penelitian yang dilakukan oleh Liu G pada tahun 2023 berjudul “*Impact of High-Intensity Interval Training on Body Mass Index in College Students*”. Penelitian dilakukan untuk mengeksplorasi dampak latihan interval intensitas tinggi pada indeks lemak tubuh pada mahasiswa, menganalisis dasar ilmiah dan keamanan latihan ini melalui indikator detak jantung. Dari hasil penelitian tersebut disimpulkan bahwa *Individual Growth Curve* (IGC) wanita setelah latihan adalah $22,81 \pm 2,87$, IGC berkurang secara signifikan, dan ada perbedaan yang sangat signifikan; IGC pria setelah latihan adalah $22,74 \pm 2,12$, IGC berkurang secara signifikan, dan ada perbedaan yang sangat signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa latihan memiliki efek yang baik pada penurunan berat badan. Latihan HIIT lebih efektif, baik dalam hal waktu dan kekuatan kepatuhan. Latihan ini memiliki efek yang baik dalam meningkatkan fungsi kardiopulmoner, dan mengoptimalkan IGC yang sangat terpengaruh. Tingkat bukti II; Studi terapeutik-investigasi hasil pengobatan.

C. Kerangka Pikir

Peningkatan prevalensi obesitas di seluruh dunia memerlukan intervensi yang efektif untuk mengurangi tingkat obesitas dan mencegah komplikasi yang berhubungan dengan obesitas. *Moderate intensity interval training* (MIIT) dan *high intensity interval training* (HIIT) telah terbukti efektif dalam mengurangi

berat badan dan meningkatkan parameter obesitas. Berbagai penelitian yang ada menyatakan bahwa HIIT memiliki efek yang lebih besar dibandingkan MIIT pada tikus obesitas dalam menurunkan kadar leptin dan parameter obesitas lainnya. Pada penelitian ini, tujuan utamanya adalah kadar leptin dapat meningkat dan parameter obesitas dapat menurun.

Selama latihan HIIT yang waktu latihannya relatif singkat dan bersifat anaerobik, terkait dengan leptin, tubuh mengalami stres metabolik yang meningkatkan kebutuhan oksigen dan konsumsi energi secara signifikan, yang mengakibatkan peningkatan produksi asam laktat dan hormon pertumbuhan. Hal ini dapat mempercepat pembakaran lemak berlebih (EPOC) dan meningkatkan metabolisme basal dalam jangka panjang, sehingga dapat membantu menurunkan lemak tubuh. Latihan HIIT juga meningkatkan sensitivitas insulin, yaitu kemampuan sel-sel tubuh untuk menyerap glukosa dari darah dan menggunakannya sebagai bahan bakar. Ini dapat membantu mencegah penumpukan lemak dalam tubuh dan mengurangi risiko diabetes tipe 2. Selain itu, latihan HIIT juga dapat meningkatkan produksi hormon adiponektin dan meningkatkan kadar hormon leptin yang membantu mengatur nafsu makan dan berkontribusi pada penurunan berat badan.

Sedangkan pada MIIT adalah latihan interval dengan intensitas sedang yang dilakukan secara intermiten. Latihan ini dapat meningkatkan sensitivitas insulin dan menurunkan kadar lemak tubuh. Terkait dengan leptin, MIIT dapat meningkatkan sekresi leptin dari jaringan adiposa dan meningkatkan sensitivitas reseptor leptin pada otot rangka. Hal ini dapat meningkatkan kemampuan tubuh

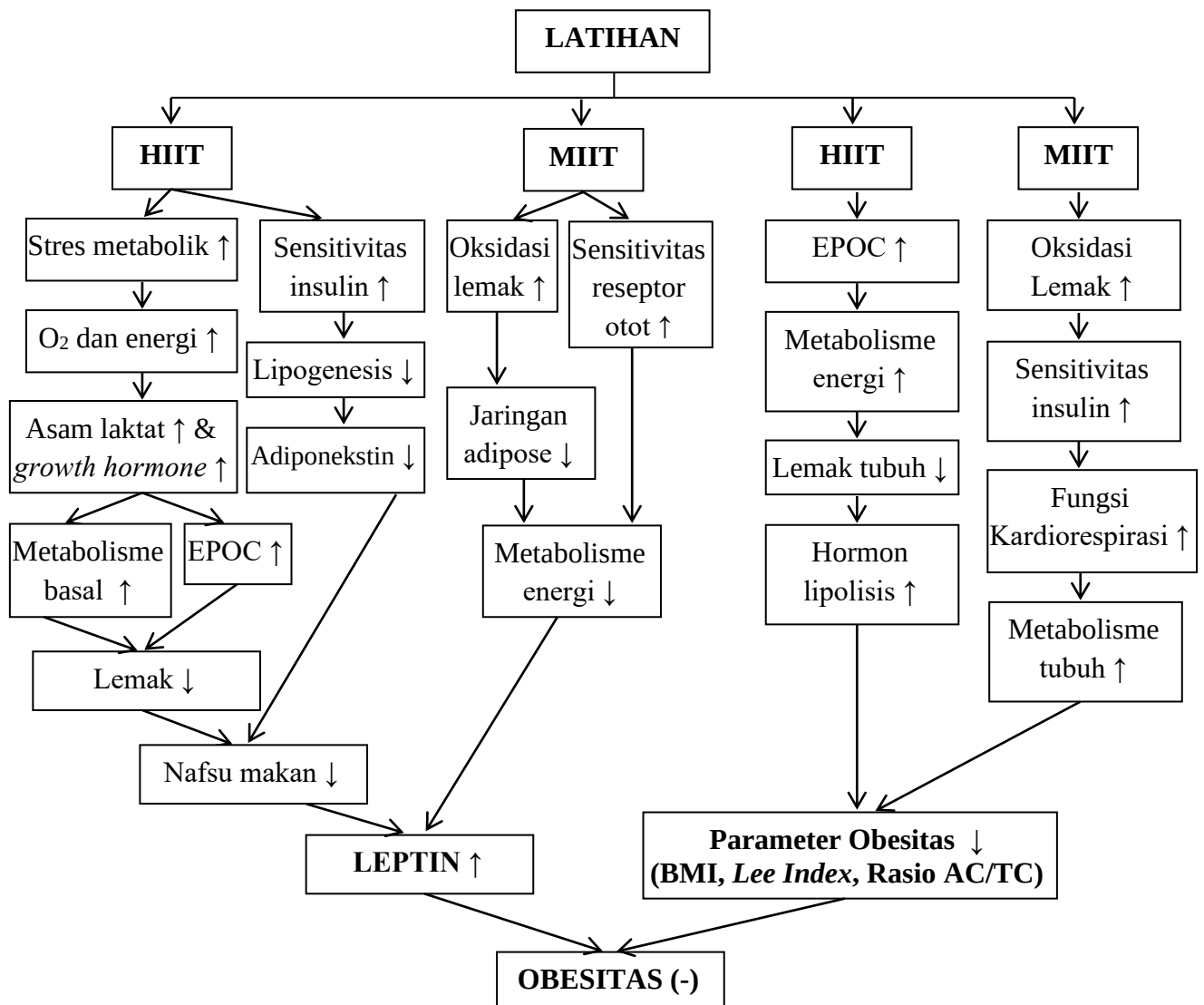
untuk mengatur nafsu makan dan metabolisme energi. Namun demikian, penelitian tentang efek MIIT pada leptin masih terbatas dan perlu dilakukan lebih banyak penelitian untuk memahami mekanisme yang terlibat.

Secara teori dan praktis, pada parameter obesitas, latihan, HIIT terfokus pada anaerobik dan secara desain waktu lebih singkat serta efisien dibandingkan MIIT. Latihan HIIT dapat meningkatkan perbaikan parameter obesitas dengan meningkatkan metabolisme dan penggunaan energi, meningkatkan sensitivitas insulin, dan mengurangi lemak tubuh. Latihan HIIT dapat meningkatkan konsumsi oksigen setelah latihan (EPOC), yang dapat membantu membakar lebih banyak kalori bahkan setelah latihan selesai. Selain itu, latihan HIIT juga dapat meningkatkan hormon lipolisis, yaitu hormon yang membantu memecah lemak dalam tubuh, sehingga dapat membantu menurunkan persentase lemak tubuh. Namun, efeknya tergantung pada intensitas dan durasi latihan serta kepatuhan terhadap program latihan yang ditetapkan.

Sedangkan latihan HIIT dapat meningkatkan penggunaan energi selama dan setelah latihan, sehingga membantu mengurangi lemak tubuh. Latihan MIIT juga dapat membantu meningkatkan sensitivitas insulin, yang merupakan faktor penting dalam mengatur metabolisme glukosa dalam tubuh. Selain itu dapat membantu meningkatkan kapasitas aerobik dan fungsi kardiorespirasi, yang dapat membantu meningkatkan kesehatan jantung dan paru-paru, serta membantu meningkatkan rasio otot-lemak dalam tubuh, yang dapat membantu meningkatkan metabolisme dan membakar lebih banyak kalori. Pada latihan MIIT yang terfokus pada aerobik, tetapi betaoksidasi lemak dilakukan dengan oksigen sehingga

terdapat teori yang menyampaikan bahwa dengan aerobik intensitas rendah memicu pembakaran lemak yang lebih banyak

Selama ini orang obesitas belum bisa melakukan latihan HIIT dan lebih banyak memilih melakukan latihan MIIT terutama pada individu yang baru memulai rutinitas latihan atau memiliki kondisi tertentu seperti obesitas yang membatasi intensitas latihannya. Namun, belum diketahui lebih potensial mana antara HIIT dan MIIT untuk pembakaran lemak pada parameter obesitas.



Gambar 8. Kerangka Pikir

D. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan berbagai kajian teori yang telah disampaikan di atas, maka terdapat hipotesis dalam penelitian ini sebagai berikut:

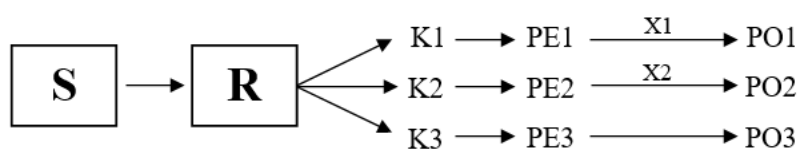
1. Terdapat perbedaan pengaruh HIIT dan MIIT pada kadar leptin
2. Terdapat perbedaan pengaruh HIIT dan MIIT terhadap parameter obesitas yang terdiri dari *Body Mass Index (BMI)*, *Lee Index*, dan Ratio AC/TC.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan penelitian *True Experimental Laboratories* dengan model penelitian *The Randomized Pretest-Posttest Control Group Design*. Berikut adalah skema jenis penelitiannya:



Keterangan:

S = Sampel penelitian

R = Randomisasi

K1 = Kelompok *moderate intensity interval training* (MIIT)

K2 = Kelompok *high intensity interval training* (HIIT)

K3 = Kelompok Kontrol

PE1 = Pre-test kelompok *Moderate Intensity Interval Training* (MIIT)

PE2 = Pre-test kelompok *High Intensity Interval Training* (HIIT)

PE3 = Pre-test kelompok Kontrol

PO1 = Post-test kelompok *Moderate Intensity Interval Training* (MIIT)

PO2 = Post-test kelompok *High Intensity Interval Training* (HIIT)

PO3 = Post-test kelompok Kontrol

X1 = Perlakuan *moderate intensity interval training* (MIIT)

X2 = Perlakuan *high intensity interval training* (HIIT)

B. Tempat dan Waktu Penelitian

1. Tempat pemberian perlakuan berada di Laboratorium Bioscience, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur.
2. Tempat Uji ELISA berada di Laboratorium Ilmu Faal, Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur.
3. Waktu Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni hingga September 2022.

C. Populasi dan Sampel Penelitian

Sampel dalam penelitian ini adalah menggunakan hewan coba berupa tikus putih obesitas jenis *Ratus Norvegius Strain Wistar*, jenis kelamin jantan, kondisi sehat, usia 2 bulan, memiliki berat badan > 160 gram. Pemilihan hewan tikus wistar sebagai hewan coba dalam penelitian ini harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

1. Tikus jenis *Rattus norvegicus strain wistar*

Tikus jenis ini dipilih sebagai subjek penelitian dikarenakan memiliki ukuran yang relatif lebih kecil sehingga mempermudah pemeliharaan. Tikus ini memiliki sistem metabolisme dan hormonal yang mirip dengan manusia.

2. Jenis Kelamin Jantan

Pemilihan tikus berjenis kelamin jantan bertujuan untuk menghindari siklus menstruasi. Siklus menstruasi pada tikus betina dikhawatirkan dapat mempengaruhi perubahan hormon sehingga mempengaruhi tingkat keakuratan hasil akhir penelitian.

3. Tikus kondisi sehat

Tikus jenis *Rattus norvegicus strain wistar* harus dalam kondisi sehat dengan ciri-ciri memiliki mata yang cerah dan bulu yang bersih atau tidak kusam. Hal tersebut guna memperkecil kemungkinan terjadinya kegagalan atau kematian subjek saat pelaksanaan penelitian.

4. Berusia 2 bulan

Tikus jenis *Rattus norvegicus strain wistar* dengan usia 2 bulan merupakan usia dewasa sehingga siap dijadikan sebagai sampel penelitian.

5. Berat badan tikus

Berat badan tikus yang dipakai dalam penelitian ini adalah > 160 gram. Berat badan tersebut merupakan kondisi obesitas pada tikus wistar berusia berkisar 2 bulan.

Perhitungan sampel size dalam penelitian ini melibatkan Standart deviasi (SD) dan jumlah sampel (n) penelitian terdahulu. Peneliti mengambil penelitian dari Zhao, dkk (2011:4) Standart Deviasi (SD) penelitian tersebut adalah 37.2 untuk kelompok perlakuan dan 31.5 kelompok kontrol, jumlah sampel (n) baik Kontrol maupun perlakuan adalah $n=8$. Jumlah sampel penelitian ini diketahui menggunakan rumus berikut:

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

(Dahlan, 2010)

Keterangan:

n = jumlah sampel minimal yang diperlukan

S = simpangan baku gabungan = 34.45

Z α = nilai deviat α = 1% = 2.33

Z β = nilai deviat baku β = 1% = 2.58

X1-X2 = rata-rata kelompok kontrol

Perhitungan sampel yang digunakan:

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

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

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

$$n = 2 (3.57)$$

$$n = 7.13$$

Jumlah sampel minimal pada setiap kelompok adalah 7 tikus. Untuk tindakan antisipasi selama penelitian apabila terjadi sampel rusak atau mati, maka digunakan 9 ekor tikus kelompok kontrol, 9 ekor tikus kelompok MIIT,

dan 10 ekor tikus kelompok HIIT. Kelompok HIIT diberi jumlah tikus lebih banyak dibandingkan kelompok yang lainnya karena kelompok HIIT memiliki tingkat intensitas latihan yang lebih tinggi dibandingkan yang lain, sehingga memiliki resiko sampel rusak atau mati yang lebih tinggi pula. Jumlah keseluruhan sampel yang dibutuhkan adalah 28 ekor tikus.

D. Variabel Penelitian

Adapun variabel-variabel yang akan diteliti dalam penelitian ini:

1. Variabel Bebas:

a. *Moderate Intensity Interval Training (MIIT)*

Pada penelitian ini, program MIIT diberikan pada tikus dengan intensitas 65% - 70%, latihan dilakukan selama 6 minggu dengan frekuensi 4 kali per minggu. Perlakuan dilakukan pada *treadmill* khusus untuk tikus yang telah terstandarisasi. Kecepatan lari dimulai dari 13,8 m/menit dan maksimum 14,8m/menit. Interval 2,75:1 yaitu durasi *on* 5,5 menit dan durasi *off* 2 menit, dengan repetisi 10 kali pada tiap sesi. Total durasi dalam satu sesi per hari sejak awal hingga perlakuan akhir adalah antara 75 hingga 90 menit. Sesi latihan dilakukan satu sesi dalam sehari. Detail program latihan dapat dilihat pada lampiran 4 halaman 83.

b. *High Intensity Interval Training (HIIT)*

Pada penelitian ini, program HIIT diberikan pada tikus dengan intensitas 90% - 95%, latihan dilakukan selama 6 minggu dengan frekuensi 4 kali per minggu. Perlakuan dilakukan pada *treadmill* khusus

untuk tikus yang telah terstandarisasi. Kecepatan lari dimulai dari 19 m/menit dan maksimum 20,1m/menit. Interval 2:1 yaitu durasi *on* 4 menit dan durasi *off* 2 menit, dengan repetisi 10 kali pada tiap sesi. Total durasi dalam satu sesi per hari sejak hari pertama hingga terakhir pelakuan adalah antara 60 hingga 72 menit. Sesi latihan dilakukan satu sesi dalam sehari. Detail program latihan dapat dilihat pada lampiran 4 halaman 83.

2. Variabel Terikat:

a. Kadar Leptin

Kadar leptin tikus pada penelitian ini merupakan variabel yang sampel penelitiannya diukur melalui pengambilan darah pada bagian pembuluh darah mata tikus yang diuji menggunakan teknik uji ELISA (*Enzyme Linked Immunosorbent Assay*) yang diukur pada sebelum dan sesudah penelitian.

b. Parameter Obesitas

Pada penelitian ini, parameter obesitas yang diteliti meliputi parameter *Body Mass Index* (BMI), *Lee Index*, dan *Ratio AC/TC* dengan teknik perhitungan yang tertera pada teknik analisis data. Hasil perhitungan terlampir pada lampiran 6 halaman 86.

E. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data

1. Mengukur Berat Badan

Pengukuran berat badan tikus menggunakan timbangan *Balance Analytic*. Langkah dalam melakukan pengukuran berat badan adalah pastikan

terlebih dahulu bahwa nilai pada layar penunjuk menunjukkan angka 0, kemudian letakkan tikus di atas timbangan dan lihat angka pada timbangan yang menunjukkan angka berat badan tikus, kemudian catat.

2. Mengukur Panjang Badan

Pengukuran panjang badan tikus menggunakan pita pengukur. Panjang badan tikus diukur dari ujung hidung sampai pangkal atau awal ekor tikus. Letakkan tikus di atas meja untuk mengukur, kemudian letakkan ujung penggaris angka 0 di ujung hidung tikus, tarik penggaris hingga pada bagian pangkal ekor dan lihat angka pada penggaris menunjukkan panjang badan tikus, kemudian catat menggunakan satuan sentimeter (cm).

3. Mengukur Panjang Nasoanal

Pengukuran panjang nasoanal tikus menggunakan pita pengukur. Panjang nasoanal pada tikus diukur dari hidung sampai anus. Letakkan tikus di atas meja untuk mengukur, kemudian letakkan ujung penggaris angka 0 di ujung hidung tikus, lurukan penggaris hingga pada bagian anus dan lihat angka pada penggaris menunjukkan panjang nasoanal tikus, kemudian catat menggunakan satuan sentimeter (cm).

4. Mengukur *Abdominal Circumference* (AC)

Pengukuran panjang *Abdominal Circumference* (AC) tikus menggunakan pita pengukur. Ukurlah lingkaran perut tikus yang terletak tepat di bagian depan kaki depan tikus, kemudian catat menggunakan satuan sentimeter (cm).

5. Mengukur *Thoracic Circumference* (TC)

Pengukuran panjang *Thoracic Circumference* (TC) tikus menggunakan pita pengukur. Ukurlah lingkaran dada yang terletak tepat di bagian depan kaki depan tikus, kemudian catat menggunakan satuan sentimeter (cm).

6. Uji Darah

Uji darah dilakukan untuk mengetahui kadar leptin. Uji darah dilakukan dengan menggunakan metode *enzyme linked immunosorbent assay* (ELISA). Darah diambil dari setiap sampel dan akan dilakukan analisis laboratorium menggunakan uji ELISA. Pengambilan darah dan uji ELISA dilakukan oleh laboratoris dari Laboratorium Bioscience, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur.

F. Validitas dan Reliabilitas Instrumen

1. Berat badan

Timbangan yang digunakan untuk mengukur berat badan tikus menggunakan timbangan yang telah terkalibrasi.

2. Panjang badan, *Abdominal Circumference*, dan *Thoracic Circumference*

Penggaris yang digunakan untuk mengukur merupakan penggaris yang telah terkalibrasi.

3. Uji darah

Uji dilakukan menggunakan metode ELISA di Laboratorium Ilmu Faal, Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur.

G. Teknik Analisis Data

1. Data awal diolah menggunakan statistika deskriptif.
2. Perhitungan parameter obesitas
 - a. *Body Mass Index* (BMI) atau Indeks Masa Tubuh (IMT) (g/cm^2):

$$\frac{\text{Berat badan (g)}}{\text{Panjang badan}^2 (\text{cm}^2)}$$

- b. *Lee Index* (g/cm)

$$\frac{\sqrt[3]{\text{berat badan (gr)}}}{\text{panjang nasoanal (cm)}}$$

Norma: nilai *Lee Index* > 310 dinyatakan obesitas

(Hioki *et.al.*, 2010 dalam Francis, 2020)

Keterangan:

Panjang nasoanal : panjang badan dari hidung sampai anus

- c. Nilai rasio *AC/TC* pada tikus.
3. Uji normalitas menggunakan Uji *Shapiro-Wilk* dengan masing-masing standar nilai signifikan = 0.05 , yaitu:
 - Jika nilai sig > 0.05 , maka data terdistribusi normal
 - Jika nilai sig < 0.05 , maka data tidak terdistribusi normal
4. Uji homogenitas menggunakan Uji *Levene Statistic* dengan standar nilai signifikan = 0.05
 - Jika nilai sig > 0.05 , maka variasi data dinyatakan homogen
 - Jika nilai sig < 0.05 , maka variasi data dinyatakan tidak homogen

5. Setelah dilakukan uji normalitas dan homogenitas, maka dilakukan uji beda untuk mengetahui perbedaan pengaruh perlakuan HIIT, MIIT, dan kontrol terhadap kadar leptin dan parameter obesitas dengan ketentuan seperti berikut:

- Jika data memenuhi syarat parametrik yaitu data terdistribusi normal dan homogen, maka dilakukan uji *One-Way Anova*.
- Jika data memenuhi syarat non-parametrik yaitu data tidak terdistribusi normal dan homogen, maka dilakukan uji *Kruskal-Wallis*.

6. Apabila ditemukan perbedaan yang signifikan pada data, maka akan dilakukan Uji *Post Hoc Tukey* untuk mengetahui perbandingan perbedaan yang signifikan antar kelompok, dengan interpretasi nilai probabilitas data sebagai berikut:

- Jika nilai $P < 0,05$ maka H_0 = ditolak dan H_1 = diterima, berarti terdapat perbedaan yang signifikan antar kelompok variabel.
- Jika nilai $P > 0,05$ maka H_0 = diterima dan H_1 = ditolak, berarti tidak terdapat perbedaan yang signifikan antar kelompok variabel.

Semua data diujikan menggunakan aplikasi *Statistic Packet for Social Science* (SPSS) V. 20 *for Windows*.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Hasil Penelitian

1. Deskripsi Karakteristik Subyek Penelitian pada Masing-masing Kelompok

Subyek dalam penelitian ini adalah dua puluh delapan tikus putih jenis *Rattus Norvegicus Strain Wistar* yang keseluruhan berjenis kelamin jantan dengan usia 2 bulan pada awal penelitian. Dua puluh delapan tikus wistar tersebut terbagi menjadi tiga kelompok, yaitu kelompok *Moderate Intensity Interval Training* (MIIT), *High Intensity Interval Training* (HIIT), dan kelompok kontrol. Kelompok MIIT terdiri dari 9 ekor tikus wistar, kelompok HIIT terdiri dari 10 ekor tikus wistar, dan kelompok kontrol terdiri dari 9 ekor tikus wistar. Seluruh hewan coba tersebut layak digunakan dalam penelitian ini dengan bukti terbit keterangan kelaikan etik atau *Ethical Clearance* yang dikeluarkan oleh Komisi Laik Etik Penelitian Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur.

Tabel 5. Karakter Rata-rata Berat Badan, Panjang Badan, Panjang Nasoanal, *Abdominal Circumference* (AC), *Thoracic Circumference* (TC) Awal Sampel

Kelompok	Berat badan (gram)	Panjang Badan (cm)	Panjang Nasoanal (cm)	AC (cm)	TC (cm)
MIIT	179 ± 7.4	18.67 ± 1.41	16.44 ± 1.59	14.11 ± 1.05	11.89 ± 1.05
HIIT	175.3 ± 15.96	18.1 ± 0.99	15.8 ± 1.23	13.9 ± 0.99	11.9 ± 0.74
Kontrol	178 ± 13.56	18.78 ± 1.2	16.33 ± 1.22	13.33 ± 0.87	11.33 ± 1.0
Uji Beda (nilai sig.)	0.813	0.566	0.669	0.184	0.200

Keterangan: ± *Standar Deviasi*

Berdasarkan tabel 5 menunjukkan bahwa data-data karakter subjek penelitian memiliki nilai probabilitas atau nilai sig > 0.05 berarti H_0 diterima sehingga tidak terdapat perbedaan yang signifikan karakter subjek penelitian pada masing-masing kelompok. Maka dari itu, apabila terjadi perubahan kadar leptin dan parameter obesitas, bukan disebabkan oleh faktor karakter subjek penelitian, namun kemungkinan dikarenakan faktor pemberian perlakuan. Hasil analisis kadar leptin dan parameter obesitas seperti BMI, *Lee Index*, dan rasio AC/TC antara *pretest* dan *posttest* pada masing-masing kelompok dapat dilihat pada deskripsi data variabel terikat berikut.

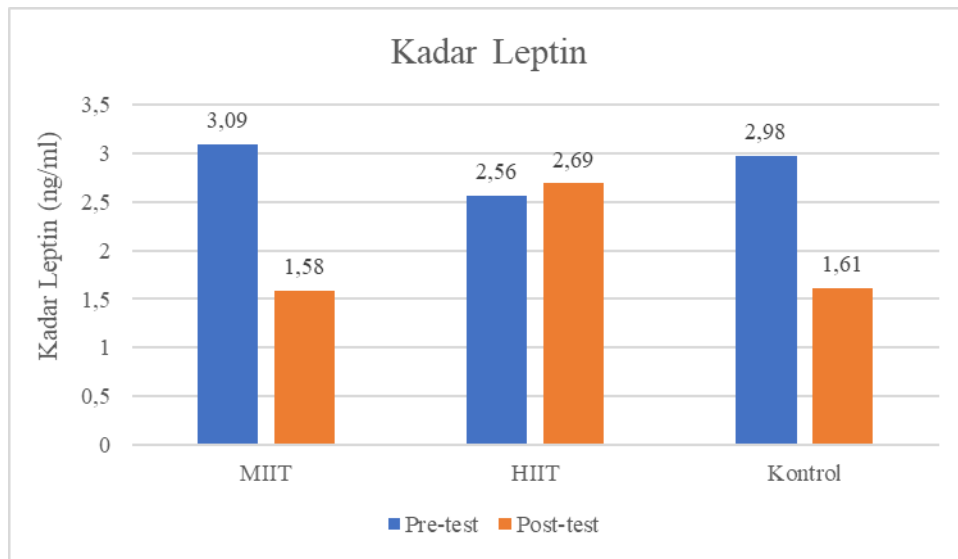
2. Deskripsi Data Variabel Terikat

Data variabel terikat dalam penelitian ini adalah kadar leptin dan parameter obesitas seperti BMI (*Body Mass Index*), *Lee Index*, dan Rasio AC/TC. Data leptin diperoleh dari pengujian darah menggunakan uji ELISA yang dilakukan pada minggu terakhir atau minggu ke enam perlakuan. Parameter obesitas diperoleh berdasarkan data pengukuran berat badan, panjang badan, panjang nasoanal, *abdominal circumference* (lingkar perut), dan *thoracic circumference* (lingkar dada). Kadar leptin dan data parameter obesitas diambil dari keseluruhan sampel yaitu 28 sampel penelitian.

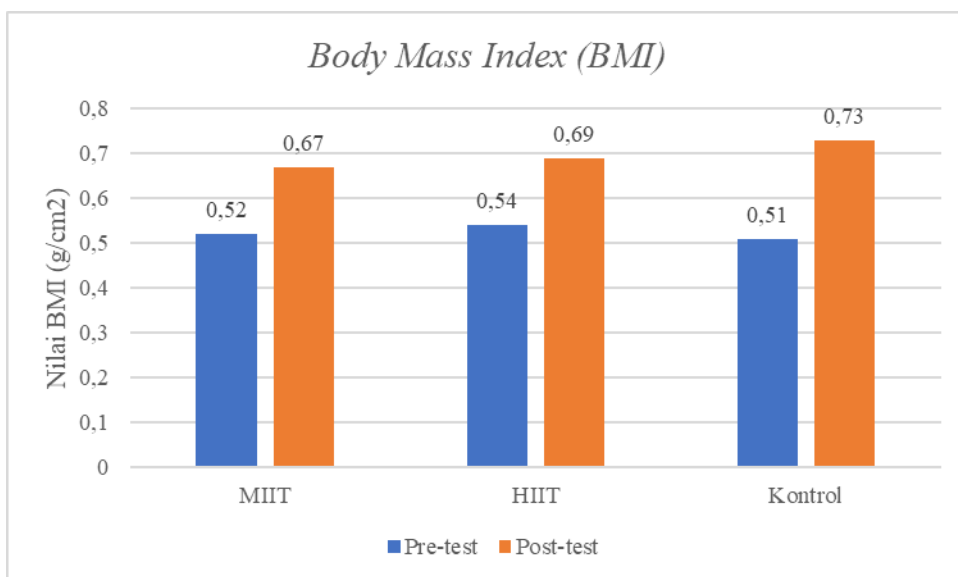
Tabel 6. Data Rata-rata *Pre-test*, *Posttest*, dan *Selisih Leptin*, BMI (*Body Mass Index*), *Lee Index*, Rasio AC/TC pada Kelompok MIIT, HIIT, dan Kontrol

Kelompok		Parameter			
		Leptin (ng/ml)	BMI (g/cm ²)	<i>Lee Index</i> (g/cm)	Rasio AC/TC (cm)
MIIT	<i>Pre-test</i>	3.09 ± 0.98	0.52 ± 0.09	339.80 ± 35.77	1.19 ± 0.09
	<i>Post-test</i>	1.58 ± 0.44	0.67 ± 0.09	354.06 ± 22.19	1.1 ± 0.04
	Selisih	-1.51 ± 0.97	0.15 ± 0.02	14.26 ± 14.67	-0.09 ± 0.09
HIIT	<i>Pre-test</i>	2.56 ± 0.5	0.54 ± 0.08	349.48 ± 24.80	1.17 ± 0.06
	<i>Post-test</i>	2.69 ± 1.05	0.69 ± 0.09	359.02 ± 22.94	1.1 ± 0.02
	Selisih	0.13 ± 1.08	0.15 ± 0.07	9.54 ± 14.93	-0.07 ± 0.06
Kontrol	<i>Pre-test</i>	2.98 ± 0.82	0.51 ± 0.08	340.21 ± 29.83	1.18 ± 0.07
	<i>Post-test</i>	1.61 ± 0.49	0.73 ± 0.07	360.47 ± 17.45	1.08 ± 0.09
	Selisih	-1.37 ± 0.83	0.22 ± 0.08	20.26 ± 22.95	-0.1 ± 0.13

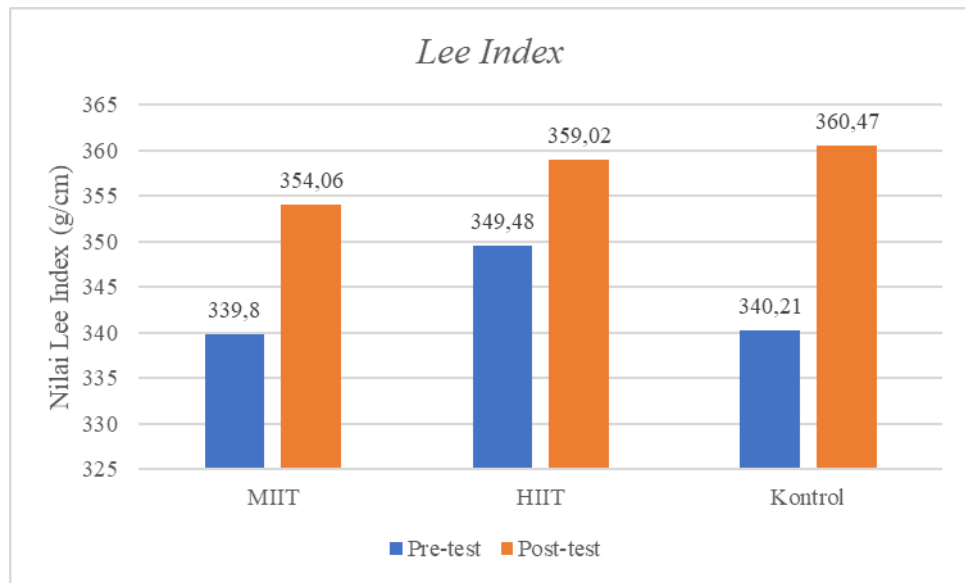
Keterangan: ± Standar Deviasi



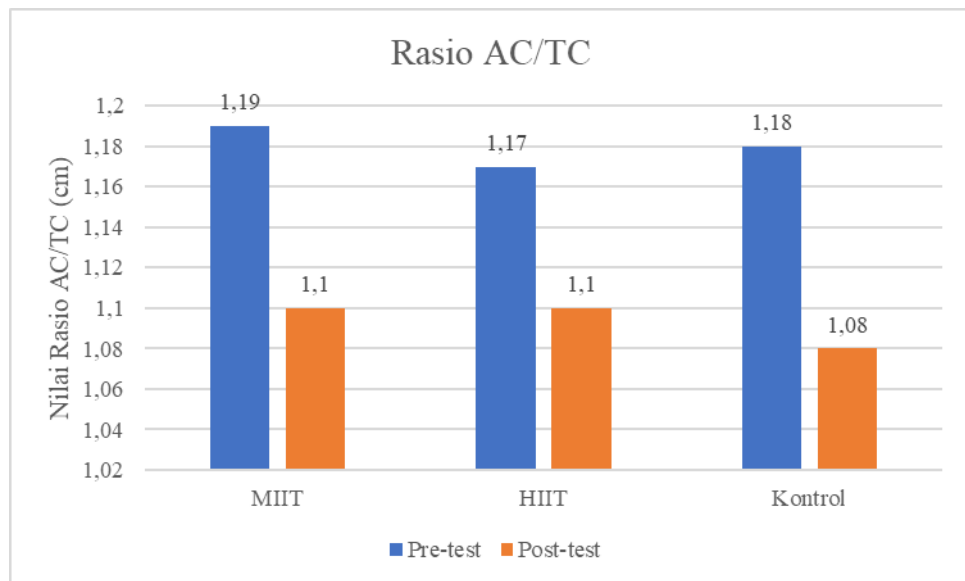
Gambar 9. Grafik Kadar Leptin *Pretest* dan *Posttest*



Gambar 10. Grafik Nilai BMI *Pretest* dan *Posttest*



Gambar 11. Grafik Nilai *Lee Index* Pretest dan Posttest



Gambar 12. Grafik Nilai Rasio AC/TC Pretest dan Posttest

B. Hasil Uji Hipotesis

1. Uji Normalitas dan Homogenitas

Uji normalitas dan homogenitas merupakan uji prasyarat sebelum melakukan uji hipotesis. Uji normalitas dilakukan untuk memeriksa apakah sampel data berasal dari distribusi normal atau tidak, sehingga dapat memberikan interpretasi yang akurat tentang data. Sedangkan uji homogenitas memeriksa apakah varians antara kelompok-kelompok yang dibandingkan secara statistik sama atau homogen. Uji homogenitas membantu memastikan bahwa metode statistik yang digunakan sesuai dengan karakteristik data yang diamati.

Uji normalitas menggunakan *Shapiro Wilk*, dan uji homogenitas menggunakan *Levene Statistic*. Pada uji hipotesis penelitian ini, data yang digunakan dalam analisis data merupakan data selisih *antara pre-test dan post-test* dari masing-masing variabel terikat yaitu kadar leptin, BMI, *Lee Index*, dan rasio AC/TC pada tiap kelompok perlakuan MIIT, HIIT, dan kontrol. Hasil uji normalitas dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 7. Uji Normalitas Nilai Selisih Kadar Leptin, BMI, *Lee Index*, dan Rasio AC/TC

Variabel	Kelompok	<i>Shapiro-Wilk</i>		
		<i>Statistic</i>	<i>df</i>	<i>Sig.</i>
Leptin	MIIT	.876	9	.144
	HIIT	.970	10	.895
	Kontrol	.915	9	.352

Body Mass Index (BMI)	MIIT	.978	9	.951
	HIIT	.873	10	.109
	Kontrol	.968	9	.876
Lee Index	MIIT	.902	9	.261
	HIIT	.950	10	.664
	Kontrol	.933	9	.508
Rasio AC/TC	MIIT	.843	9	.063
	HIIT	.930	10	.450
	Kontrol	.963	9	.825

Berdasarkan tabel 7, setelah dilakukan uji normalitas pada data nilai selisih antara *pre-test* dan *post-test* masing-masing variabel terikat, pada variabel leptin, BMI, *Lee Index*, dan rasio AC/TC dalam kelompok MIIT, HIIT dan kontrol menunjukkan nilai sig > 0.05 sehingga data dinyatakan terdistribusi normal dan memenuhi syarat data parametrik. Selanjutnya dilakukan uji homogenitas seluruh data selisih dari variabel kadar leptin, BMI, *Lee Index*, dan rasio AC/TC.

Tabel 8. Uji Homogenitas Nilai Selisih Kadar Leptin, BMI, *Lee Index*, dan Rasio AC

Variabel		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Leptin	Based on Mean	.263	2	25	0.771
BMI	Based on Mean	4.904	2	25	0.016
Lee Index	Based on Mean	1.930	2	25	0.166
Rasio AC/TC	Based on Mean	2.153	2	25	0.137

Dari tabel 8 dijelaskan bahwa pada variabel leptin, *lee index* dan rasio AC/TC menunjukkan nilai sig > 0.05 yang berarti data terdistribusi normal. Namun, pada variabel BMI menunjukkan bahwa nilai sig < 0.05 sehingga data dinyatakan tidak homogen.

Berdasarkan hasil uji normalitas dan homogenitas pada data selisih *pre-test* dan *post-test* masing-masing variabel terikat dalam tiap kelompok perlakuan menunjukkan bahwa variabel BMI menunjukkan data tidak terdistribusi normal dan tidak homogen yang berarti data tersebut memenuhi syarat non-parametrik. Data pada variabel BMI selanjutnya akan dilakukan uji beda *Kruskal-Wallis*. Sedangkan pada variabel leptin, *lee index*, dan rasio AC/TC menunjukkan data yang terdistribusi normal dan homogen, sehingga data memenuhi syarat parametrik yang selanjutnya dilakukan uji beda *One-Way ANOVA*.

2. Uji Beda *One-Way ANOVA*

Uji beda menggunakan *One-Way Anova* merupakan uji data statistik parametrik yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan antara kelompok MIIT, HIIT, dan kontrol pada variabel leptin dan rasio AC/TC pada penelitian ini.

Tabel 9. Hasil Uji *One-Way Anova* Data Selisih Leptin, *Lee Index*, dan Rasio AC/TC

	<i>Sum of square</i>	<i>Mean square</i>	F	Sig.
Leptin	15.995	7.997	8.441	.002
<i>Lee Index</i>	544.624	272.312	.857	.436
<i>Rasio AC/TC</i>	.002	.001	.136	.872

Hipotesa (H_0) berbunyi tidak terdapat perbedaan yang signifikan pengaruh MIIT, HIIT, dan kontrol pada kadar leptin, nilai *lee index*, dan rasio AC/TC. Hipotesa (H_1) berbunyi terdapat perbedaan yang signifikan pengaruh MIIT, HIIT, dan kontrol pada kadar leptin, nilai *lee index*, dan rasio AC/TC. Dari hasil uji *One-Way ANOVA* di atas, pada variabel *lee index* dan rasio AC/TC menunjukkan bahwa data tersebut tidak memiliki perbedaan yang signifikan antar kelompok perlakuan. Namun berbeda halnya dengan variabel leptin, data menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar kelompok perlakuan, sehingga harus dilakukan uji *Post Hoc Tukey* untuk mengetahui letak perbedaan antar kelompok perlakuannya.

3. Uji Beda *Kruskal-Wallis*

Pada penelitian ini, uji beda *Kruskal-Wallis* merupakan uji data statistik non-parametrik yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan antara kelompok MIIT, HIIT, dan kontrol pada variabel *Body Mass Index* (BMI).

Tabel 10. Hasil Uji *Kruskal-Wallis* Data Selisih BMI

	<i>Chi-Square</i>	df	Asymp. Sig
BMI	4.642	2	0.98

Dari hasil uji *Kruskal-Wallis* di atas, pada variabel BMI menunjukkan bahwa data tidak memiliki perbedaan yang signifikan antar kelompok perlakuan.

4. Uji *Post Hoc Tukey*

Uji *Post Hoc Tukey* digunakan untuk menemukan letak perbedaan yang signifikan antar kelompok perlakuan dari variabel yang telah dinyatakan memiliki perbedaan yang signifikan setelah dilakukan uji *One-Way ANOVA* sebelumnya. Pada penelitian ini, variabel Leptin memiliki perbedaan yang signifikan, sehingga perlu dilakukan uji *Post Hoc Tukey* untuk menemukan letak perbedaannya.

Tabel 11. Hasil Uji *Post Hoc Tukey Pre-test dan Post-test*

	Kelompok	MIIT	HIIT	Kontrol
Leptin	MIIT	-	-	0.953
	HIIT	0.003	-	0.007
	Kontrol	-	-	-

Berdasarkan tabel 11, hasil uji *Post Hoc Tukey* pada variabel kadar leptin, menunjukkan bahwa perbedaan yang signifikan terletak pada antara kelompok MIIT dan HIIT, serta antara kelompok HIIT dan kontrol.

C. Pembahasan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efek adaptasi latihan dengan MIIT dan HIIT terhadap kadar leptin dan parameter obesitas. Temuan utama dalam penelitian ini adalah (a) latihan dengan HIIT mampu meningkatkan kadar leptin, namun latihan dengan MIIT cenderung menurunkan kadar leptin; (b) latihan dengan MIIT dan HIIT mampu mengontrol parameter obesitas.

1. Karakteristik Subyek Penelitian

Berdasarkan data awal yang diperoleh dari pengukuran berat badan, panjang badan, panjang nasoanal, *abdominal circumference (AC)*, dan *thoracic circumference (TC)*, setelah dilakukan uji beda pada tiap jenis pengukuran tersebut dinyatakan tidak terdapat perbedaan yang signifikan, antar kelompok, sehingga subyek tersebut layak untuk dijadikan subyek dalam penelitian.

2. Kadar Leptin pada Kelompok Perlakuan dari Subjek Obesitas

Pada orang obesitas, terdapat jumlah lemak yang lebih banyak dalam tubuh daripada orang yang tidak obesitas. Sehingga memiliki tingkat leptin yang lebih tinggi. Namun, meskipun orang yang obesitas memiliki tingkat leptin yang lebih tinggi, sistem responsif leptin pada orang obesitas terhadap hormon ini mungkin tidak bekerja dengan baik sehingga tidak dapat mengatur nafsu makan dan metabolisme dengan benar. Hal itu mengarah pada kondisi di mana seseorang tetap merasa lapar meskipun sudah makan cukup banyak, dan dapat memperparah masalah obesitas. Resistensi leptin mengakibatkan tingginya kadar leptin serum yang terjadi akibat efek pada reseptor leptin sehingga efek leptin pada hipotalamus tidak dapat bekerja. Keadaan resistensi leptin ditandai dengan penurunan konsentrasi *soluble leptin receptor (sOB-R)* di darah, penurunan leptin yang terikat protein, dan peningkatan serum leptin bebas (Chan, 2002).

Pada penelitian ini, kadar leptin pada kelompok HIIT memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan kelompok MIIT dan kontrol setelah dilakukan latihan selama

6 minggu pada masing-masing kelompok perlakuan. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai selisih yang didapat antara data hasil pengambilan *pre-test* dan *post-test* pada masing-masing kelompok perlakuan. Pada kelompok HIIT mampu memberikan peningkatan kadar leptin sebesar 0,13 ng/mL sejak awal hingga akhir penelitian. Berbeda hal dengan kelompok MIIT dan kontrol, kedua kelompok tersebut justru memberikan penurunan kadar leptin pada subjek penelitian. Menurut katalog pada kit leptin ELISA yang digunakan dalam penelitian ini, diketahui kadar leptin normal untuk laki-laki sebesar 2,0 – 5,6 ng/mL dan perempuan sebesar 3,7 – 11,1 ng/mL. Setelah dilakukan uji beda antar kelompok pada variabel leptin, ternyata terdapat perbedaan yang signifikan pada antara kelompok HIIT dengan MIIT ($P= 0.003$), serta antara kelompok HIIT dengan Kontrol ($P= 0.007$). Diantara ketiga kelompok perlakuan, kelompok HIIT memiliki nilai data tertinggi yaitu 2,69 ng/mL. Hasil ini juga mendukung penelitian yang dilakukan oleh Liu dan tim bahwa HIIT juga menghasilkan efek positif pada komposisi tubuh dan tekanan darah, sehingga dapat disimpulkan bahwa HIIT dapat menjadi alternatif untuk mengelola obesitas (Liu et al., 2020). Maka dari itu, berdasarkan hasil analisis tersebut, disimpulkan bahwa pada kelompok HIIT memiliki perbedaan yang paling signifikan dibandingkan kelompok MIIT dan kontrol, Hal tersebut berarti bahwa latihan HIIT mampu memberikan peningkatan kadar leptin yang signifikan lebih baik dibandingkan lainnya dalam mengatasi permasalahan obesitas seseorang dengan pengendalian nafsu makan yang lebih baik dari sebelumnya.

Pengaruh latihan terhadap kadar leptin dapat sangat kompleks dan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti intensitas latihan, durasi, kebugaran individu, komposisi tubuh, dan lainnya. HIIT melibatkan latihan dengan intensitas tinggi dan periode pemulihan singkat. Latihan dengan intensitas tinggi dapat menyebabkan stres fisik pada tubuh. Sebagai respons terhadap stres fisik tersebut, tubuh mungkin meningkatkan produksi leptin. Leptin merupakan hormon yang diproduksi oleh jaringan lemak, dan peningkatan kadar leptin dapat menjadi mekanisme protektif tubuh untuk mengatur energi dan berat badan. HIIT dikenal efektif dalam membakar kalori dalam waktu singkat. Pembakaran energi yang tinggi selama latihan HIIT dapat menyebabkan perubahan dalam regulasi leptin. Saat tubuh mengalami defisit energi akibat latihan intensitas tinggi, produksi leptin mungkin meningkat sebagai respons untuk mengatur metabolisme dan mengatur nafsu makan.

Penelitian ini menunjukkan bahwa latihan dengan intensitas sedang seperti MIIT dapat berpotensi menurunkan kadar leptin. Latihan aerobik dengan intensitas sedang seperti MIIT dapat membantu meningkatkan pembakaran lemak tubuh. Penurunan persentase lemak tubuh dapat mempengaruhi kadar leptin karena leptin diproduksi oleh jaringan lemak. Saat lemak tubuh berkurang, produksi leptin juga dapat berkurang. MIIT dapat mempengaruhi sejumlah hormon lain yang terlibat dalam regulasi berat badan dan metabolisme. Misalnya, MIIT dapat meningkatkan pelepasan hormon adiponektin, yang berperan dalam mengatur metabolisme lipid dan sensitivitas insulin. Adiponektin diketahui

memiliki hubungan terbalik dengan leptin, sehingga peningkatan adiponektin dan penurunan leptin dapat terjadi setelah MIIT.

3. Parameter Obesitas pada Kelompok Perlakuan dari Subjek Obesitas

Pada penelitian ini, menunjukkan hasil dari parameter obesitas yang berbeda pada tiap variabel. Parameter obesitas yang digunakan pada penelitian ini meliputi *Body Mass Index (BMI)*, *Lee Index*, dan rasio AC/TC yang dihitung sesuai dengan data karakteristik subjek penelitian yang diukur sesuai standar pengukuran.

Pada hasil perhitungan parameter BMI, tercantum bahwa nilai BMI pada seluruh kelompok perlakuan mengalami kenaikan. Setelah dilakukan uji beda pada parameter BMI tersebut menunjukkan nilai sig $0.098 > 0.05$ sehingga dinyatakan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok MIIT, HIIT, dan kontrol pada *pre-test* dan *post-test*. Pada kelompok MIIT dan HIIT memiliki nilai selisih yang sama yaitu $0,15 \text{ g/cm}^2$, sehingga bisa dikatakan bahwa pada kelompok MIIT dan HIIT memiliki pengaruh yang sama terhadap parameter BMI dibandingkan kelompok kontrol yang menunjukkan angka peningkatan tertinggi di antara kelompok lainnya yaitu $0,22 \text{ g/cm}^2$. Dapat dikatakan bahwa pemberian perlakuan latihan dengan MIIT dan HIIT sama-sama efektif untuk memperbaiki BMI seseorang. Hasil tersebut juga relevan dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh Komala, dkk (2016) bahwa pemberian perlakuan HIIT selama 6 minggu dapat memperbaiki BMI secara efektif (komala, dkk., 2016).

Pada analisis data parameter *Lee Index*, tercatat bahwa nilai *Lee Indeks* pada seluruh kelompok perlakuan HIIT dan kontrol mengalami peningkatan Berbeda dengan kelompok MIIT yang mampu menurunkan nilai *Lee Index* hingga - 7328.06 cm. Hal tersebut dapat dikarenakan faktor tingkat pemberian perlakuan yang dapat memppengaruhi tingkat stress subyek penelitian. Semakin tinggi stress yang dialami oleh subjek penelitian, maka akan mempengaruhi peningkatan nilai *Lee index* yang memicu risiko obesitas lebih lanjut. Maka dari itu, untuk mengatasi obesitas, perlu dilakukan penurunan nilai *Lee Index*. Pada penelitian yang pernah dilakukan oleh Zein (2017) menjelaskan bahwa latihan intensitas lambat lebih efektif dalam menurunkan *Lee Index* pada subyek obesitas yang dapat dipengaruhi oleh kadar adiponektin dan IL-6. Sehingga salah satu cara mengatasi obesitas yaitu dapat dengan menurunkan nilai *Lee Index* pada seseorang (Zein, dkk., 2017). Setelah dilakukan uji beda pada parameter *Lee Index* tersebut menunjukkan nilai $\text{sig } 0.064 > 0.05$ sehingga dinyatakan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok MIIT, HIIT, dan kontrol.

Rasio AC/TC menjadi salah satu parameter obesitas yang dilihat dari lingkar perut dan lingkar dada pada subyek obesitas. Pada hasil uji beda pada parameter rasio AC/TC menunjukkan nilai $\text{sig. } 0.873 > 0.05$ yang berarti tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok MIIT, HIIT, dan kontrol pada *pre-test* dan *post-test*. Namun, data hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kelompok MIIT dan HIIT masih kurang efektif untuk menurunkan nilai rasio AC/TC pada obesitas, sedangkan pada kelompok kontrol mampu memberikan

penurunan yang tertinggi dibandingkan lainnya. Hal tersebut dapat disebabkan oleh pengaruh pemberian latihan pada subjek penelitian selama masa perlakuan.

Pada penelitian ini, parameter obesitas sampel kelompok intervensi MIIT dan HIIT mengalami kenaikan berat badan. Hal tersebut dapat dikarenakan selama program latihan MIIT atau HIIT, terjadi perubahan dalam komposisi tubuh tikus, seperti peningkatan massa otot atau retensi cairan yang dapat menyebabkan peningkatan BMI meskipun lemak tubuh berkurang. Latihan interval intensitas tinggi dapat merangsang pertumbuhan massa otot. Meningkatnya massa otot dapat menghasilkan peningkatan berat badan, terutama jika penurunan lemak tubuh terjadi dalam tingkat yang lebih kecil. Faktor penyebab lain, selama program latihan MIIT atau HIIT, individu cenderung merasa lebih lapar dan meningkatkan asupan makanan untuk mengimbangi kebutuhan energi yang diperlukan selama latihan. Jika peningkatan asupan makanan lebih besar daripada pengeluaran energi selama latihan, maka dapat terjadi penambahan berat antropometri dan parameter obesitas, sehingga massa otot lebih padat dibandingkan lemak tubuh. Faktor lain yang mempengaruhi parameter obesitas meningkat pada kelompok intervensi MIIT maupun HIIT yaitu bertambahnya komposisi otot, tulang, dan lemak mempengaruhi. Pada kelompok kontrol, naiknya kadar lemak pada tubuh menjadi faktor meningkatnya parameter obesitas.

D. Keterbatasan Penelitian

1. Dalam penelitian ini, pengukuran antropometri parameter obesitas dilakukan oleh ahli serta asisten laboratorium sehingga pengukuran dapat dilakukan dengan baik. Namun terdapat kendala saat pengukuran karena kondisi tikus yang cukup sulit dikondisikan, sehingga angka yang didapat belum bisa akurat hingga satuan milimeter.
2. Masa latihan yang mungkin masih kurang sehingga perubahan pada tiap variabel dalam penelitian masih belum bisa digambarkan secara maksimal. Meskipun telah ada perbedaan.
3. Pemberian makanan kepada tikus sebagai hewan coba telah disesuaikan selama waktu penelitian, namun tidak dapat secara langsung dan pasti terkontrol.
4. *Treadmill* tikus yang digunakan di laboratorium saat itu dalam kondisi baik, tetapi baru saja diperbaiki karena rusak sebelumnya. Sehingga treadmill tersebut meskipun telah sesuai standar, namun masih perlu dikalibrasi ulang agar keakuratan alat bisa dipertahankan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Terdapat perbedaan pengaruh latihan MIIT dan HIIT selama 6 minggu dengan frekuensi 4 kali seminggu pada kadar leptin, di mana latihan HIIT dapat meningkatkan leptin, sedangkan pada latihan metode MIIT justru menurunkan kadar leptin. HIIT secara efektif membakar lebih banyak kalori dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan MIIT. Penggunaan energi yang lebih tinggi dalam HIIT dapat mempengaruhi keseimbangan energi tubuh dan metabolisme, yang pada gilirannya dapat memengaruhi regulasi hormon leptin.
2. Tidak terdapat perbedaan pengaruh latihan metode MIIT dan HIIT selama 6 minggu dengan frekuensi 4 kali seminggu pada parameter *Body Mass Index* (BMI), *Lee Index*, dan pada parameter rasio AC/TC. Hal tersebut dikarenakan berbagai faktor seperti durasi latihan, intensitas latihan, jenis kelamin tikus, jenis makanan yang dikonsumsi, dan lainnya.

B. Implikasi

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi untuk mengatasi permasalahan obesitas melalui aktivitas fisik. penelitian ini juga memberikan informasi terkait metode latihan yang lebih sesuai dan efektif didasarkan pada

pendekatan metabolisme dan molekuler tubuh. Latihan HIIT lebih dianjurkan untuk meningkatkan leptin dibandingkan dengan latihan MIIT.

C. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lain yang bertujuan untuk mengatasi dan memperbaiki parameter obesitas lainnya, sehingga akan menambah referensi bagi masyarakat untuk melakukan pencegahan dan penanganan resiko obesitas.
2. Penelitian lebih mendalam terkait peranan leptin pada obesitas dikarenakan hormon leptin sangat berperan dalam regulasi nafsu makan dan metabolisme pada tubuh yang apabila tidak dapat dikendalikan dengan baik dapat memperburuk masalah obesitas.
3. Perlu dilakukan penelitian dengan berbagai variasi model latihan yang didasarkan pada jenis obesitas, seperti obesitas sentral dan lainnya.
4. Perlu ditambahkan variabel lain yang saling berkaitan dengan hormon leptin, sehingga akan menghasilkan penelitian yang lebih baik dan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu Hanifah, R., Mohamed, M. N., Jaafar, Z., Mohsein, N. A., Jalaludin, M. Y., Majid, H. A., Murray, L., Cantwell, M., & Su, T. T. (2013). The correlates of body composition with heart rate recovery after step test: an exploratory study of Malaysian adolescents. *PloS one*, 8(12), e82893. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082893>
- Adams, M. P., & Koch, R. W. (2010). Pharmacology: Connecting to Nursing Practice. *Person Education, Inc.* Upper Saddle River. p. 721. Available as PDF file
- Akbari, H., Gharelu, A. A., & Naderi, N. (2021). The effects of high intensity interval training and moderate continue training exercise training programs on angiogeneisi in rats with myocardial infarction. *Journal of Knowledge and Health in Basic Medical Sciences*, 16(1), 51–60. <https://doi.org/10.22100/jkh.v16i1.2598>
- Aktar, N., Qureshi, N. K., & Ferdous, H. S. (2017). Obesity: A Review of Pathogenesis and Management Strategies in Adult. *Delta Medical College Journal*, 5(1), 35–48. <https://doi.org/10.3329/dmcj.v5i1.31436>
- Akter, Shamima et al. (2014). Prevalence of diabetes and prediabetes and their risk factors among Bangladeshi adults: a nationwide survey. *Bulletin of the World Health Organization [online]*. Volume 92, n. 3 [Accessed 2 February 2023], pp. 204-213A. <https://doi.org/10.2471/BLT.13.1283771>
- 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.
- Ammann, B. C., Knols, R. H., Baschung, P., de Bie, R. A., & de Bruin, E. D. (2014). Application of principles of exercise training in sub-acute and chronic stroke survivors: A systematic review. *BMC Neurology*, 14(1), 1–11
- Andreato, L. V., Esteves, J. V., Coimbra, D. R., Moraes, A. J. P., & de Carvalho, T. (2019). The influence of high-intensity interval training on anthropometric variables of adults with overweight or obesity: a systematic review and network meta-analysis. *Obesity reviews*, 20(1), 142- 155. <https://doi.org/10.1111/obr.12766>
- Astutik, Windu dan Elfi Kuswati. (2014). Efektivitas Pemberian Jus Kulit Manggis Terhadap Kadar Hormon Kortisol Pada Mencit (Mus musculus) yang Mengalami Stres. *Jurnal Skala Husada* Vol. 11 No.1 April 2014: 91-95

- Baekkerud FH, Solberg F, Leinan IM, Wisloff U, Karlsen T & Rognmo O (2016). Comparison of Three Popular Exercise Modalities on VO₂max in Overweight and Obese. *Med Sci Sports Exerc* 48, 491–498.
- Bhat, H., Bhat, J. A., Bhat, M. H., Rashid, M., & Jan, R. (2022). Leptin in obesity and hypertension. *Arterial Hypertension*, 26(1), 26-31.
- Busyairi, B., & Ray, H. R. D. (2018). Perbandingan Metode Interval Training dan Continuous Run terhadap Peningkatan Vo₂max. *Jurnal Terapan Ilmu Keolahragaan*, 3(1), 76. <https://doi.org/10.17509/jtikor.v3i1.10128>
- Cahyaningrum, A. (2015). Leptin Sebagai Indikator Obesitas. *Jurnal Kesehatan Prima*, 2030(1), 1364–1371.
- Cao, M., Quan, M., & Zhuang, J. (2019). Effect of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on cardiorespiratory fitness in children and adolescents: A meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijerph16091533>
- Chooi YC, Ding C, Magkos F. (2019). The epidemiology of obesity. *Metabolism*. 2019 Mar;92:6-10. doi: 10.1016/j.metabol.2018.09.005. Epub 2018 Sep 22. PMID: 30253139.
- Cocks M, Shaw CS, Shepherd SO, Fisher JP, Ranasinghe A, Barker TA, Wagenmakers AJ (2016). Sprint Interval and Moderate-Intensity Continuous Training Have Equal Benefits on Aerobic Capacity, Insulin Sensitivity, Muscle Capillarisation and Endothelial Enos/NAD(P)Hoxidase Protein Ratio in Obese Men. *J Physiol*. 2016 Apr 15; 594(8):2307-21. doi: 10.1113/jphysiol.2014.285254
- Cofré-Bolados, C., Zafra-Santos, E., Sanchez-Aguilera, P., & Espinoza-Salinas, A. (2016). Entrenamiento aeróbico de alta intensidad: Historia y fisiología clínica del ejercicio. *Revista SaludUIS*, 48(3). <https://doi.org/10.18273/revsal.v48n3-2016001>
- Desvars-Larrive, A., Pascal, M., Gasqui, P., Cosson, F., Benoît, E., Lattard, V., et al. (2017). Population genetics, community of parasites, and resistance to rodenticides in an urban brown rat (*Rattus norvegicus*) population. *PLOS ONE*, 12(9), e0184015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184015>
- Ellingsen, Ø., Halle, M., Conraads, V., Støylen, A., Dalen, H., Delagardelle, C., & Linke, A. (2017). High-intensity interval training in patients with heart failure with reduced ejection fraction. *Circulation*, 135(9), 839-849.
- Fisher, G. et al. (2015). High intensity interval- vs moderate intensity training for improving cardiometabolic health in overweight or obese males: A Randomized controlled trial. *PLoS ONE*, 10(10), pp. 1–15. doi: 10.1371/journal.pone.0138853

- Francis, U. A., Melford, U. E., Hope, K. O., Chikodili, A. M., Kennedy, C. O., Isaiah, O. A., ... and, D. C. N. (2022). Obesity related alterations in kidney function and plasma cytokines: Impact of sibutramine and diet in male Wistar rats. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 16(10), 161–172. <https://doi.org/10.5897/ajpp2022.5305>
- Gibala MJ, Gillen JB, Percival ME. (2014). Physiological and health-related adaptations to low-volume interval training: influences of nutrition and sex. *Sports Med.* Nov;44 Suppl 2(Suppl 2):S127-37. doi: 10.1007/s40279-014-0259-6
- Gist NH, Fedewa MV, Dishman RK, Cureton KJ. (2014). Sprint Interval Training Effects on Aerobic Capacity: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* 2014 Feb;44(2):269-79. doi: 10.1007/s40279-013-0115-0
- Graham, K., Yazar-Fisher, C., Li, J., McCully, K. M., Rimmer, J. H., Powell, D., ... Fisher, G. (2019). Effects of high-intensity interval training versus moderate-intensity training on cardiometabolic health markers in individuals with spinal cord injury: A pilot study. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation*, 25(3), 248–259. <https://doi.org/10.1310/sci19-00042>
- Hammer, S., Van Der Meer, R. W., Lamb, H. J., Schär, M., De Roos, A., Smit, J. W., & Romijn, J. A. (2008). Progressive caloric restriction induces dose-dependent changes in myocardial triglyceride content and diastolic function in healthy men. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 93(2), 497-503.
- Hannan, A. L., Hing, W., Climstein, M., Coombes, J. S., Byrnes, J., & Furness, J. (2018). High-intensity interval training versus moderate intensity continuous training within cardiac rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Medicine*, 9, 1–17
- Hardinsyah, P., & Supriasa, I. D. N. (2016). Ilmu Gizi: Teori Aplikasi. Jakarta: EGC
- Hasibuan, R., & Damanik, R. Z. (2019). Pengaruh Latihan Interval Running dengan Continuous Running Terhadap Kadar Hemoglobin dan Vo2 Max Pada Atlet Baseball Binaan USBC Universitas Negeri Medan 2018. *Sains Olahraga: Jurnal Ilmiah Ilmu Keolahragaan*, 2(2), 82-92.
- Herrera Covarrubias, C. I., De León, L. G., Candia Luján, R., Ortiz Rodríguez, B., & Carrasco Legleu, C. E. (2021). HIIT in a treadmill for people with overweight or obesity: a systematic review. *TECNOCIENCIA Chihuahua*, 15(1), 52–61. <https://doi.org/10.54167/tecnociencia.v15i1.789>
- Hoda, M. R., Theil, G., Mohammed, N., Fischer, K., & Fornara, P. (2012). The Adipocyte-Derived Hormone Leptin Has Proliferative Actions On Androgen-Resistant Prostate Cancer Cells Linking Obesity To Advanced Stages Of Prostate Cancer. *Journal of oncology*, 2012.

- Hunn, A., Mathers, N., Fox, N. J. (2002). Trent Focus for Research and Development in Primary Health Care: Using Interviews in a Research Project. 2nd Edition. *Trent Focus Group*
- International Diabetes Federation. (2021). International Diabetic Federation Diabetic Atlas 10th edition. *IDF*; 2021.
- Izquierdo, A. G., Crujeiras, A. B., Casanueva, F. F., & Carreira, M. C. (2019). Leptin, obesity, and leptin resistance: where are we 25 years later? *Nutrients*. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/nu11112704>
- Johnson M. (2012). Laboratory Mice and Rats. *Mater Methods* 2:113. <http://www.labome.com/method/Laboratory-Mice-and-Rats.html>. Diakses 25 Januari 2023
- Kaspar, Felix. Jelinek , Herbert F., Perkins , S., Al-Aubaidy, Hayder A., DeJong, Bev., Butkowski, Eugene. (2016). Acute-Phase Inflammatory Response to Single-Bout HIIT and Endurance Training: A Comparative Study. *Mediators of Inflammation*, vol. 2016, Article ID 5474837, 6 pages, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/5474837>
- Klein S & Romijn JA (2008), Obesity in Kronenberg HM et al, ed. Williams Textbook of Endocrinology 11th ed, vol. 2, Philadelphia: Saunders an imprint of Elsevier Inc; p. 1563-1575.
- Kemenkes RI. (2019). Riset Kesehatan Dasar, RISKESDAS. Jakarta: Balitbang Kemenkes RI
- Kemenkes, RI. (2020). Gizi Saat Remaja Tentukan Kualitas Keturunan. Diakses pada laman <https://www.kemkes.go.id/article/view/20012600004/gizi-saat-remaja-tentukan-kualitas-keturunan.html>
- Kibria, A., Muhammed, G., Swasey, K., Hasan, M. Z., Sharmeen, A., & Day, B. (2019). Prevalence and factors associated with underweight, overweight and obesity among women of reproductive age in India. *Global health research and policy*, 4(1), 1-12.
- Komala, R., Riyadi, H., & Setiawan, B. (2016). Latihan Intensitas Sedang Dan Berat Memperbaiki Vo2Max, Indeks Massa Tubuh, Dan Persen Lemak Tubuh Remaja Obes. *Jurnal Gizi dan Pangan*, 11(3), 211-218.
- Kramps, K., & Lane-Cordova, A. (2021). High-intensity interval training in cardiac rehabilitation; Sport Sciences for Health. *Springer-Verlag Italia s.r.l.* <https://doi.org/10.1007/s11332-021-00731-0>
- Kurdanti, W, Suryani, I., Syamsiatun, Nurul H., et al. (2015). Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kejadian Obesitas pada Remaja. *Jurnal Gizi Klinik Indonesia*
- Lim JU, Lee JH, Kim JS, Hwang YI, Kim TH, Lim SY, Yoo KH, Jung KS, Kim YK, Rhee CK. (2017). Comparison of World Health Organization and Asia-

- Pacific body mass index classifications in COPD patients. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2017 Aug 21;12:2465-2475. doi: 10.2147/COPD.S141295
- Limanan, David & Prijanti, Ani Retno. (2013). Hantaran Sinyal Leptin dan Obesitas: Hubungannya dengan Penyakit Kardiovaskuler. *Journal Vol. 1, Nomor 2*.
- Liu, G. (2023). Impact Of High-Intensity Interval Training On Body Mass Index In College Students. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 29. https://doi.org/10.1590/1517-8692202329012022_0156
- Liu, J., Zhu, L., & Su, Y. (2020). Comparative Effectiveness Of High-Intensity Interval Training And Moderate-Intensity Continuous Training For Cardiometabolic Risk Factors And Cardiorespiratory Fitness In Childhood Obesity: A Meta-Analysis Of Randomized Controlled Trials. *Frontiers in Physiology*, 11(April), 1–18. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00214>
- López Chicharro, J., Vicente Campos, D. (2018). Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad. 1st ed. *Madrid España*; 2018
- Lucas, S. J., Cotter, J. D., Brassard, P., & Bailey, D. M. (2015). High-intensity interval exercise and cerebrovascular health: curiosity, cause, and consequence. *Journal of cerebral blood flow and metabolism* : official journal of the International Society of Cerebral Blood Flow and Metabolism, 35(6), 902–911. <https://doi.org/10.1038/jcbfm.2015.49>
- 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*.
- Masrul, M. (2018). Epidemi Obesitas dan Dampaknya Terhadap Status Kesehatan Masyarakat serta Sosial Ekonomi Bangsa. *Jurnal: Majalah Kedokteran Andalas*
- McArdle WD, Katch FI, Katch VL (2010). Exercise physiology : Nutrition, energy, and human performance. 7th Edition. *Philadelphia*: Lippincott William & Wilkins
- Mitranun, W., Deerochanawong, C., Tanaka, H., & Suksom, D. (2014). Continuous vs interval training on glycemic control and macro- and microvascular reactivity in type 2 diabetic patients. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 24(2). <https://doi.org/10.1111/sms.12112>
- Morgan, R. C., & Considine, R. V. (2018). Encyclopedia of Endocrine Diseases: Leptin. *USA*
- Murawska-Cialowicz, E., Wojna, J., & Zuwała-Jagiello, J. (2015). Crossfit training changes brain-derived neurotrophic factor and irisin levels at rest, after wingate and progressive tests, and improves aerobic capacity and body

- composition of young physically active men and women. *J Physiol Pharmacol*, 66(6), 811-821.
- Mylsidayu, A dan Kurniawan, F. (2015). Ilmu Kepeatihan Dasar. Ed. *Bandung: penerbit Alfabeta*.
- NCD Risk Factor Collaboration. (2016). Trends in adult body-mass index in 200 countries from 1975 to 2014: a pooled analysis of 1698 population-based measurement studies with 19· 2 million participants. *The lancet*, 387(10026), 1377-1396.
- Ng, Marie., Fleming, T., Robinson, M., Thomson, B., Graetz, N., Margono, C., Mullany, E. C., Biryukov, S., Abbafati, C., Abera, S. F., Abraham, J. P., Abu-Rmeileh, N. M., Achoki, T., AlBuhairan, F. S., Alemu, Z. A., Alfonso, R., Ali, M. K., Ali, R., Guzman, N. A., Ammar, W., ... Gakidou, E. (2014). Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet (London, England)*, 384(9945), 766–781. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)60460-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60460-8)
- Nuryadi, N., J. Negara, T. Juliantine et al. (2018). Hubungan Kebugaran Jasmani dengan Kemampuan Konsentrasi dan Respon Kortisol. *Jurnal Pendidikan Jasmani dan Olahraga*
- Nguyen, P. H., Kim, S. S., Sanghvi, T., Mahmud, Z., Tran, L. M., Shabnam, S., ... & Menon, P. (2017). Integrating nutrition interventions into an existing maternal, neonatal, and child health program increased maternal dietary diversity, micronutrient intake, and exclusive breastfeeding practices in Bangladesh: results of a cluster-randomized program evaluation. *The Journal of Nutrition*, 147(12), 2326-2337
- Nimptsch, K., Konigorski, S., & Pischon, T. (2019). Diagnosis of obesity and use of obesity biomarkers in science and clinical medicine. *Metabolism*, 92, 61-70
- Nurhayati, Titing., dkk. (2018). Aktivitas Fisik yang Tinggi Dapat Mengatasi Obesitas Sentral. *Jurnal Pendidikan Jasmani dan Olahraga* Olasveengen, T. M., de Caen, A. R., Mancini, M. E., Maconochie, I. K., Aickin, R., Atkins, D. L., ... & Nolan, J. P. (2017). International consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations summary. *Circulation*, 136(23), e424-e440
- Obradovic, M., Sudar-Milovanovic, E., Soskic, S., Essack, M., Arya, S., Stewart, A. J., ... Isenovic, E. R. (2021, May 18). Leptin and Obesity: Role and Clinical Implication. *Frontiers in Endocrinology*. Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fendo.2021.585887>

- Palar Djon, Ticoalu, Shane H. R. CM. W. (2015). Manfaat Latihan Olahraga Aerobik Terhadap Kebugaran Fisik Manusia. *J e-Biomedik* (Vol 3, No 1 (2015): Jurnal e-Biomedik (eBM)
- Pereira-Rodríguez, J., Peñaranda-Florez, D., Pereira-Rodríguez, R., Pereira-Rodríguez, P., Quintero-Gómez, J., Díaz-Maldonado, A., Camacho-Pelayo, J., García-Rodríguez, D. (2020). Efectos del entrenamiento interválico de alta intensidad en pacientes adultos con falla cardiaca: revisión sistemática. *Revista Costarricense de Cardiología*. Vol. 22 (N.o 1). <https://bit.ly/3sNWInQQ>
- Permatasari, D., Purnawati, S., Imron, MA., Satriyasa, BK., Adiputra, LMISH., dan Sugijanto. (2017). Latihan Interval Intensitas Tinggi Lebih Efektif Menurunkan Persentase Lemak Tubuh Dibandingkan Pelatihan Kontinyu Submaksimal Pada Siswa SMAN 4 Tasikmalaya. *Sport and Fitness Journal*. Vol 5. No.2.
- Power, Scott K., Howley, Edward T. (2015). Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance. *Ninth Edition*. New York: McGraw-Hill Education
- Racil, Ghazi, Goebel, R. T., Haddad, M., Coquart, J., Chamari, K., & Amri, M. (2016). Rating of Perceived Exertion and Serum Leptin Responses to Maximal Exercise in Obese Female Adolescents: Effects of Exercise Training Intensity. In V. Grigore, M. Stanescu, & M. Paunescu (Eds.), *Physical Education, Sport and Kinetotherapy - ICPEsk 2015*, vol 11. European Proceedings of Social and Behavioural Sciences (pp. 167-170). Future Academy. <https://doi.org/10.15405/epsbs.2016.06.23>
- Ratnawati, L. Y., Wirjatmadi, B., Adriani, M., & Irawan, R. (2019). Plasma Leptin and Insulin Resistance Correlation with Obesity in Pre Pubertal Children. *Indian Journal of Public Health Research & Development*, 10(10)
- Reljic, D., Frenk, F., Herrmann, H. J., Neurath, M. F., & Zopf, Y. (2021). Effects of very low volume high intensity versus moderate intensity interval training in obese metabolic syndrome patients: a randomized controlled study. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82372-4>
- Ryan, A. S. (2014). High Intensity Interval Training: A Time Efficient Exercise Strategy for Promoting Health. *Exercise and sport science*.
- Sabaghi, A., Heirani A., Yousofvand, N., et. al. (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*. Springer-Verlag Italia S.r.l., part of Springer Nature 202. <https://doi.org/10.1007/s11332-020-00661-3>
- Sarifin. (2011). Dampak Faali Dari Program Pelatihan (Exercise Program) Pada Orang Dewasa. *Jurnal ILARA*, 11(2), 8–14

- Seth, M., Biswas, R., Ganguly, S., Chakrabarti, N., & Chaudhuri, A. G. (2020). Leptin and obesity. *Physiology International*, 107(4), 455–468. <https://doi.org/10.1556/2060.2020.00038>
- Steckling, F. M., Lima, F. D., Boufleur, J., Lopes, D., & et al. (2015). Obesity, Inflammation and Aerobic Physical Exercise. *Sport medicine research*. 2 (2), 1-5
- Sugiharto. (2014). Fisiologi Olahraga Teori dan Aplikasi Pembinaan Olahraga. Malang: Universitas Negeri Malang
- Tehfe, R., Elkhansa, Z., Fu, S., & Tehfe, H. (2021). The Effect of Exercise on Leptin and Adiposity: A Systematic Review. *Undergraduate Research in Natural and Clinical Science and Technology (URN CST) Journal*, 5(6). <https://doi.org/10.26685/urncst.239>
- Trisandi, D., Fitrianto, E. J., & Setiakarnawijaya, Y. (2017). Efek Kerja HIIT (High Intensity Interval Training) Treadmill selama 30 Menit terhadap Kehilangan Cairan Tubuh pada Member Pria MAG (Muscle Academy Gym). *Jurnal Segar*, 4(2), 38–47. <https://doi.org/10.21009/segar.0402.01>
- Tschakert, Gerhard & Hofmann, Peter. (2013). High-Intensity Intermittent Exercise: Methodological and Physiological Aspects. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2013, 8, 600-610
- Ul Hassan, S. A., Ahmed, I., Nasrullah, A., Haq, S., Ghazanfar, H., Sheikh, A. B., ... & Khan, A. (2017). Comparison of serum magnesium levels in overweight and obese children and normal weight children. *Cureus*, 9(8).
- Vaamonde, J. G., & Álvarez-Món, M. A. (2020). Obesity and overweight. *Medicine (Spain)*, nomor 13(14), 767–776. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.med.2020.07.010>
- Wewege M, van den Berg R, Ward RE, Keech A. (2017). The Effects of High-Intensity Interval Training vs. Moderate-Intensity Continuous Training on Body Composition in Overweight and Obese Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Obes Rev*. 2017 Jun;18(6):635-646. doi: 10.1111/obr.12532. Epub 2017 Apr 11. PMID: 28401638
- Wibowo, Breklen. R. A., Widiatmaja, D. M., Sakina, et. al. (2021). Comparison of High-Intensity Interval Training and Moderate-Intensity Continuous Training on VO2max and Response Reaction Time in Basketball Referees. *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology*, July-September 2021, Vol. 15, Issue 3, p2700-2708. 9p.
- Widjaja, F. F., Widjaja, I. R., Astria, Y., Suwita, C. S., & Waspadji, S. (2013). Metabolic Syndrome and Framingham Risk Score in Obese Young Adults. *Medical Journal of Indonesia*

- Winarto, Dedi. (2009). Pengaruh Pemberian Ketamin Dosis Induksi dan Analgesi Terhadap Kapasitas Fagositosis makrofag Intra Peritoneal Mencit Balb/C Yang Terpapar Lipopolisakarida. Semarang: Fakultas Kedokteran UNDIP
- Windarti, N., S.W. Hlaing, M. Kakinaka. (2019). Obesity Kuznets curve: international evidence. *Public Health*, Volume 169, Pages 26-35, ISSN 0033-3506. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2019.01.004>
- Wolfensohn, S., dan Lloyd, M. (2013). Handbook of Laboratory Animal Management and Welfare, 4th ed. Wiley-Blackwell, West Sussex, 234.
- World Health Organization. (2018). Noncommunicable Diseases Country Profiles 2018. In *World Health Organization*. <https://doi.org/16/j.jad.2010.09.007>
- World Health Organization. (2019). Obesity: Preventing and Managing The Global Epidemic. Report of a WHO consultation. Technical Report Series, 894
- Yang R, Barouch LA. (2007). Leptin signaling and obesity cardiovascular consequences. *Circulation Research Journal of The American Heart Association*. 2007;101:545-59 YangYang c, Chien-Yu P, Ying-Chieh L, Wen-Zhi C, Wen-Ko C. (2011). Surface Anthropometric Indices in Obesity-related Metabolic Diseases and Cancers. *Chang Gung Med J* Vol. 34 No.1
- Yi, X., Gao, H., Chen, D., Tang, D., Huang, W., Li, T., ... Chang, B. (2017). Effects of obesity and exercise on testicular leptin signal transduction and testosterone biosynthesis in male mice. *American Journal of Physiology - Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, 312(4), R501–R510. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00405.2016>
- Zein, E. M., Lubis, V. M. T., & Purba, A. (2017). Efek interval training terhadap indeks Lee, kadar adiponektin, dan IL-6 pada tikus model obesitas. *Majalah Kedokteran Bandung*, 49(1), 15-21.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Kartu Bimbingan Tesis

MONITORING BIMBINGAN TESIS

Nama : Septiana Dwi Rakhmawati
NIM : 20711251027
Prodi : S2 IKOR
Judul Tesis : Perbandingan Efek Adaptasi Latihan *Moderate Intensity Interval Training* dan *High Intensity Interval Training* terhadap Leptin dan Parameter Obesitas pada Tikus Obesitas
Pembimbing : Prof. dr. Novita Intan Arovah MPH., Ph.D.

No	Hari, Tanggal	Permasalahan	Paraf Dosen
1.	26 Oktober 2021	Diskusi terkait judul penelitian dan sistematika permasalahan yang diambil dalam penelitian	
2.	29 Oktober 2021	Revisi Proposal Tesis	
3.	05 November 2021	Ujian Proposal Tesis	
4.	30 November 2021	Revisi Proposal Tesis setelah ujian proposal	
5.	31 Januari 2022	Fiksasi parameter yang digunakan	
6.	3 Februari 2022	BAB I, II, III	
7.	11 Februari 2022	Konsultasi terkait kebutuhan untuk penelitian	
8.	20 April 2022	Revisi BAB I, II, III	
9.	17 Mei 2022	Program Latihan	
10.	24 Mei 2022	Rencana pelaksanaa penelitian	
11.	25 Mei 2022	Validasi Instrumen Penelitian	
12.	14 Juni 2022	Membahas proses selama penelitian	
13.	7 Juli 2022	Proses pelaksanaan penelitian	
14.	7 September 2022	BAB IV	
15.	20 Januari 2023	BAB IV	
16.	24 Januari 2023	Tesis keseluruhan	
17.	16 Februari 2023	Final Revision	

Yogyakarta, 16 Februari 2023

Dosen Pembimbing

Mahasiswa



Prof. dr. Novita Intan Arovah MPH., Ph.D.
NIP. 197811102002122



Septiana Dwi Rakhmawati
NIM. 20711251027

Lampiran 2. Surat Ijin Penelitian

25/05/22 10.48

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 : 846/UN34.16/PT.01.04/2022

25 Mei 2022

Lamp. : 1 Bendel Proposal

Hal : **Izin Penelitian**

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

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

Nama	: Septiana Dwi Rakhmawati
NIM	: 20711251027
Program Studi	: Ilmu Keolahragaan - S2
Tujuan	: Memohon izin mencari data untuk penulisan Tesis
Judul Tugas Akhir	: Izin melakukan penelitian sebagai proses pengambilan data pada tesis / Perbandingan Efek Adaptasi Leptin dan Parameter Obesitas terhadap Moderate Intensity Interval Training dan High Intensity Interval Training 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,

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

Tembusan :

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

Lampiran 3. Surat Validasi Instrumen



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. B.M. Wara Kushartanti, M.S.
Jabatan/Pekerjaan : Guru Besar / Dosen
Instansi Asal : Universitas Negeri Yogyakarta

Menyatakan bahwa instrumen penelitian dengan judul:
Perbandingan Efek Adaptasi Leptin dan Parameter Obesitas
terhadap Moderate Intensity Interval Training dan High Intensity
Interval Training pada Tikus Obesitas

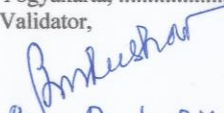
dari mahasiswa:

Nama : Septiana Dwi Rahmawati
NIM : 20711251027
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 5 m/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 2022
Validator,

Prof. Dr. dr. B.M. Wara K, M.S.
NIP. 195805161984032001

Lampiran 4. Program Latihan

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)			
		Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 1	Day 2
1	HIIT					19.1		5		4		2		76.21	10		86.2		10		862		60				
						13.8		5		5.5		2		75.68	10		85.7		10		857		75				
						19.3		5		4		2		77.06	10		87.1		10		871		60				
						14.0		5		5.5		2		76.85	10		86.8		10		868		75				
2	HIIT					19.5		5		4		2		77.91	10		87.9		11		967		66				
						14.2		5		5.5		2		78.01	10		88.0		11		968		82.5				
						19.7		5		4		2		78.75	10		88.8		11		976		66				
						14.4		5		5.5		2		79.18	10		89.2		11		981		82.5				
3	HIIT					19.9		5		4		2		79.60	10		89.6		12		1075		72				
						14.6		5		5.5		2		80.34	10		90.3		12		1084		90				
						20.1		5		4		2		80.45	10		90.4		12		1085		72				
						14.8		5		5.5		2		81.50	10		91.5		12		1098		90				
4	HIIT																										
5	HIIT																										
6	HIIT																										

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

Lampiran 5. Data Antropometri Parameter Obesitas pada Penelitian

Kelompok MIIT

NO	Berat Badan (gr)	Panjang Badan (cm)	Panjang Nasoanal (cm)	Abdominal Circumference (cm)	Thoracic Circumference (cm)
PRE-TEST					
1	172	18	16	13	11
2	172	19	16	14	12
3	171	20	18	15	11
4	176	20	18	14	12
5	184	18	16	15	13
6	183	18	16	15	14
7	179	17	15	14	11
8	194	17	14	15	12
9	180	21	19	12	11
Rata-Rata	179,0	18,7	16,4	14,1	11,9
POST-TEST					
1	251	19,1	17,3	15,5	13,2
2	260	20,2	17,7	15,8	13,8
3	255	21,3	18,8	18,1	16,0
4	271	21,7	19,4	16,2	15,1
5	259	19,0	17,1	15,8	14,4
6	263	18,8	17,2	16,1	15,4
7	270	18,9	17,1	15,4	14,2
8	296	19,4	16,8	17,6	16,4
9	280	21,9	19,8	15,8	14,6
Rata-Rata	267,2	20,0	17,9	16,3	14,8

Kelompok HIIT

NO	Berat Badan (gr)	Panjang Badan (cm)	Panjang Nasoanal (cm)	Abdominal Circumference (cm)	Thoracic Circumference (cm)
PRE-TEST					
1	177	19	17	13	12
2	163	18	15	14	12
3	172	18	15	13	12
4	152	19	16	12	10
5	197	18	16	15	13
6	181	16	14	15	12
7	180	19	17	14	12
8	197	19	17	14	12
9	182	18	17	15	12
10	152	17	14	14	12
Rata-Rata	175,3	18,1	15,8	13,9	11,9
POST-TEST					
1	270	20,3	18,6	15,4	14,1
2	212	18,8	16,6	14,4	13,7
3	306	20,4	19,0	19,8	18,2
4	288	19,8	17,9	14,6	12,8
5	278	19,4	17,1	15,8	14,2
6	284	17,8	15,6	16,2	14,8
7	227	19,8	17,6	15,5	14,4
8	260	20,2	18,5	16,4	14,8
9	251	19,1	17,8	15,7	14,5
10	213	18,4	15,8	14,7	13,3
Rata-Rata	258,9	19,4	17,5	15,9	14,5

Kelompok KONTROL

NO	Berat Badan (gr)	Panjang Badan (cm)	Panjang Nasoanal (cm)	Abdominal Circumference (cm)	Thoracic Circumference (cm)
PRE-TEST					
1	182	19	17	12	11
2	185	17	14	13	11
3	162	18	16	13	10
4	164	20	18	15	13
5	195	19	16	14	11
6	179	21	18	14	13
7	162	18	16	13	11
8	175	19	16	13	11
9	198	18	16	13	11
Rata-Rata	178,0	18,8	16,3	13,3	11,3
POST-TEST					
1	298	20,2	18,4	16,4	13,5
2	252	18,5	16,1	15,6	13,9
3	301	19,4	17,8	15,2	14,3
4	306	21,2	19,4	16,3	14,9
5	278	19,8	18,1	16,0	14,8
6	287	21,8	19,2	15,5	14,2
7	311	19,1	17,2	15,2	14,0
8	286	20,1	17,8	14,8	13,1
9	322	21,2	19,1	14,1	16,1
Rata-Rata	293,4	20,1	18,1	15,5	14,3

Lampiran 6. Data Parameter Obesitas Hewan Coba

Kelompok MIIT

NO	BMI (g/cm ²)	Lee Index (g/cm)	Rasio AC/TC (cm)
PRE-TEST			
1	0,53	341,67	1,18
2	0,48	341,67	1,17
3	0,43	303,12	1,36
4	0,44	306,02	1,17
5	0,57	349,36	1,15
6	0,56	348,73	1,07
7	0,62	369,28	1,27
8	0,67	406,30	1,25
9	0,41	292,07	1,09
Rata-Rata	0,52	339,80	1,19
POST-TEST			
1	0,69	357,97	1,17
2	0,64	353,97	1,14
3	0,56	331,13	1,13
4	0,58	327,40	1,07
5	0,72	365,93	1,10
6	0,74	365,64	1,05
7	0,76	370,98	1,08
8	0,79	389,24	1,07
9	0,58	324,26	1,08
Rata-Rata	0,67	354,06	1,10

Kelompok HIIT

NO	BMI (g/cm ²)	Lee Index (g/cm)	Rasio AC/TC (cm)
PRE-TEST			
1	0,49	324,63	1,08
2	0,50	358,04	1,17
3	0,53	364,45	1,08
4	0,42	328,01	1,20
5	0,61	357,32	1,15
6	0,71	397,11	1,25
7	0,50	326,43	1,17
8	0,55	336,30	1,17
9	0,56	327,62	1,25
10	0,53	374,87	1,17
Rata-Rata	0,54	349,48	1,17
POST-TEST			
1	0,66	341,06	1,09
2	0,60	352,84	1,05
3	0,74	347,96	1,09
4	0,73	362,03	1,14
5	0,74	374,57	1,11
6	0,90	413,50	1,09
7	0,58	340,39	1,08
8	0,64	338,66	1,11
9	0,69	347,91	1,08
10	0,63	371,29	1,11
Rata-Rata	0,69	359,02	1,10

Kelompok KONTROL

NO	BMI (g/cm ²)	Lee Index (g/cm)	Rasio AC/TC (cm)
PRE-TEST			
1	0,50	327,62	1,09
2	0,64	399,98	1,18
3	0,50	334,98	1,30
4	0,41	298,97	1,15
5	0,54	356,12	1,27
6	0,41	307,73	1,08
7	0,50	334,98	1,18
8	0,48	343,62	1,18
9	0,61	357,91	1,18
Rata-Rata	0,51	340,21	1,18
POST-TEST			
1	0,73	356,18	1,21
2	0,74	385,16	1,12
3	0,80	369,41	1,06
4	0,68	340,79	1,09
5	0,71	353,88	1,08
6	0,60	337,13	1,09
7	0,85	386,44	1,09
8	0,71	363,23	1,13
9	0,72	352,01	0,88
Rata-Rata	0,73	360,47	1,08

Lampiran 7. Hasil Uji ELISA Leptin

09/12/2022 15:35 PM

Title leptin Tia (UNY)
 Protocol
 Date/Time 09/12/2022 15:34:12
 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.
 Linear Fit: $Y = \text{slope} \times X + \text{intercept}$
 20/50/80%: $X = 0.864 / 2.386 / 3.907$ $Y = 0.094 / 0.177 / 0.259$
 intercept: 0.047 (+/-0.003), slope: 0.054 (+/-0.001)
 $\chi^2 = 0.000$, RMS=0.006, $r^2 = 0.997$

Standards Report:

Std #	Conc (ng/mL)	Well	Replicates	Mean	SD	%CV
1	0	A1	0.039	0.039	(*)	(*)
2	0.16	H1	0.055	0.055	(*)	(*)
3	0.31	G1	0.062	0.062	(*)	(*)
4	0.63	F1	0.089	0.089	(*)	(*)
5	1.25	E1	0.116	0.116	(*)	(*)
6	2.5	D1	0.189	0.189	(*)	(*)
7	5	C1	0.314	0.314	(*)	(*)

Sample Report:

Sample ID	Well	Replicates	Mean	Conc (ng/mL)	SD (Conc)
H01	E4	0.161	0.161	2.100	(*)
H02	F4	0.160	0.160	2.082	(*)
H03	G4	0.230	0.230	3.372	(*)
H04	H4	0.176	0.176	2.377	(*)
H05	A5	0.158	0.158	2.045	(*)
H06	B5	0.194	0.194	2.709	(*)
H07	C5	0.159	0.159	2.063	(*)
H08	D5	0.218	0.218	3.151	(*)

H09	E5	0.214	0.214	3.077	(*)
H10	F5	0.188	0.188	2.598	(*)
HJ01	E11	0.167	0.167	2.211	(*)
HJ02	F11	0.123	0.123	1.399	(*)
HJ03	G11	0.181	0.181	2.469	(*)
HJ04	H11	0.181	0.181	2.469	(*)
HJ05	A12	0.106	0.106	1.086	(*)
HJ06	B12	0.142	0.142	1.750	(*)
HJ07	C12	0.141	0.141	1.731	(*)
HJ08	D12	0.242	0.242	3.594	(*)
HJ09	E12	0.258	0.258	3.889	(*)
HJ10	F12	0.355	0.355	5.678	(*)
HM01	A8	0.115	0.115	1.252	(*)
HM02	B8	0.136	0.136	1.639	(*)
HM03	C8	0.152	0.152	1.934	(*)
HM04	D8	0.289	0.289	4.461	(*)
HM05	E8	0.163	0.163	2.137	(*)
HM06	F8	0.274	0.274	4.184	(*)
HM07	G8	0.205	0.205	2.911	(*)
HM08	H8	0.184	0.184	2.524	(*)
HM09	A9	0.230	0.230	3.372	(*)
HM10	B9	0.181	0.181	2.469	(*)
K01	A2	0.216	0.216	3.114	(*)
K02	B2	0.184	0.184	2.524	(*)
K03	C2	0.154	0.154	1.971	(*)
K04	D2	0.191	0.191	2.653	(*)
K05	E2	0.182	0.182	2.487	(*)
K06	F2	0.204	0.204	2.893	(*)
K07	G2	0.191	0.191	2.653	(*)
K08	H2	0.265	0.265	4.018	(*)
K09	A3	0.296	0.296	4.590	(*)
K10	B3	0.190	0.190	2.635	(*)

KJ01	C9	0.140	0.140	1.713	(*)
KJ02	D9	0.215	0.215	3.096	(*)
KJ03	E9	0.297	0.297	4.608	(*)
KJ04	F9	0.177	0.177	2.395	(*)
KJ05	G9	0.164	0.164	2.155	(*)
KJ06	H9	0.209	0.209	2.985	(*)
KJ07	A10	0.163	0.163	2.137	(*)
KJ08	B10	0.131	0.131	1.547	(*)
KJ09	C10	0.130	0.130	1.528	(*)
KM01	G5	0.163	0.163	2.137	(*)
KM02	H5	0.089	0.089	0.772	(*)
KM03	A6	0.116	0.116	1.270	(*)
KM04	B6	0.159	0.159	2.063	(*)
KM05	C6	0.108	0.108	1.123	(*)
KM06	D6	0.136	0.136	1.639	(*)
KM07	E6	0.167	0.167	2.211	(*)
KM08	F6	0.130	0.130	1.528	(*)
KM09	G6	0.144	0.144	1.787	(*)
M01	C3	0.155	0.155	1.989	(*)
M02	D3	0.241	0.241	3.575	(*)
M03	E3	0.218	0.218	3.151	(*)
M04	F3	0.167	0.167	2.211	(*)
M05	G3	0.286	0.286	4.405	(*)
M06	H3	0.300	0.300	4.663	(*)
M07	A4	0.217	0.217	3.133	(*)
M08	B4	0.158	0.158	2.045	(*)
M09	C4	0.191	0.191	2.653	(*)
M10	D4	0.120	0.120	1.344	(*)
MJ01	D10	0.176	0.176	2.377	(*)
MJ02	E10	0.181	0.181	2.469	(*)
MJ03	F10	0.116	0.116	1.270	(*)
MJ04	G10	0.214	0.214	3.077	(*)

MJ05	H10	0.247	0.247	3.686	(*)
MJ06	A11	0.116	0.116	1.270	(*)
MJ07	B11	0.196	0.196	2.745	(*)
MJ08	C11	0.201	0.201	2.838	(*)
MJ09	D11	0.081	0.081	0.625	(*)
MM01	H6	0.117	0.117	1.289	(*)
MM02	A7	0.150	0.150	1.897	(*)
MM03	B7	0.133	0.133	1.584	(*)
MM04	C7	0.139	0.139	1.694	(*)
MM05	D7	0.159	0.159	2.063	(*)
MM06	E7	0.105	0.105	1.067	(*)
MM07	F7	0.172	0.172	2.303	(*)
MM08	G7	0.111	0.111	1.178	(*)
MM09	H7	0.110	0.110	1.160	(*)

Lampiran 8. Hasil Pengujian Data

Berat Badan, Panjang Badan, Panjang Nasoanal, AC, TC Awal – Statistik, Uji Normalitas, homogenitas, dan anova/Kruskal wallis

Statistic (BB, PB, PN, AC, TC Awal) – MIIT, HIIT, Kontrol

Statistics^a

		Berat Badan Awal	Panjang Badan Awal	Panjang Nasoanal Awal	AC Awal	TC Awal
N	Valid	10	10	10	10	10
	Missing	0	0	0	0	0
Mean		175.3000	18.1000	15.8000	13.9000	11.9000
Std. Deviation		15.95863	.99443	1.22927	.99443	.73786

a. Kelompok = HIIT

Statistics^a

		Berat Badan Awal	Panjang Badan Awal	Panjang Nasoanal Awal	AC Awal	TC Awal
N	Valid	9	9	9	9	9
	Missing	0	0	0	0	0
Mean		179.0000	18.6667	16.4444	14.1111	11.8889
Std. Deviation		7.39932	1.41421	1.58990	1.05409	1.05409

a. Kelompok = MIIT

Statistics^a

		Berat Badan Awal	Panjang Badan Awal	Panjang Nasoanal Awal	AC Awal	TC Awal
N	Valid	9	9	9	9	9
	Missing	0	0	0	0	0
Mean		178.0000	18.7778	16.3333	13.3333	11.3333
Std. Deviation		13.56466	1.20185	1.22474	.86603	1.00000

a. Kelompok = Kontrol

Normality Test

Tests of Normality

Kelompok		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Berat Badan Awal	HIIT	.142	10	.200 [*]	.920	10	.356
	MIIT	.161	9	.200 [*]	.912	9	.333
	Kontrol	.182	9	.200 [*]	.916	9	.360
Panjang Badan Awal	HIIT	.260	10	.054	.829	10	.033
	MIIT	.237	9	.155	.912	9	.327
	Kontrol	.204	9	.200 [*]	.940	9	.586
Panjang Nasoanal Awal	HIIT	.236	10	.123	.841	10	.046
	MIIT	.277	9	.045	.920	9	.389
	Kontrol	.282	9	.038	.854	9	.083
AC Awal	HIIT	.240	10	.107	.886	10	.152
	MIIT	.245	9	.127	.825	9	.039
	Kontrol	.317	9	.010	.873	9	.132
TC Awal	HIIT	.454	10	.000	.605	10	.000
	MIIT	.245	9	.127	.825	9	.039
	Kontrol	.408	9	.000	.729	9	.003

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

a. Lilliefors Significance Correction

Homogeneity Test

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Berat Badan Awal	2.313	2	25	.120
Panjang Badan Awal	1.157	2	25	.331
Panjang Nasoanal Awal	.573	2	25	.571
AC Awal	.100	2	25	.905
TC Awal	1.234	2	25	.308

Uji Beda

1. Uji ANOVA (Berat Badan Awal)

ANOVA

Berat Badan Awal

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	70.329	2	35.164	.209	.813
Within Groups	4202.100	25	168.084		
Total	4272.429	27			

2. Uji Kruskal-Wallis (Panjang Badan, Panjang Nasoanal, AC, TC Awal)

Test Statistics^{a,b}

	Panjang Badan Awal	Panjang Nasoanal Awal	AC Awal	TC Awal
Chi-Square	1.139	.803	3.385	3.216
df	2	2	2	2
Asymp. Sig.	.566	.669	.184	.200

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Kelompok

VARIABEL TERIKAT (Leptin, BMI, Lee Index, Rasio AC/TC) Pretest-Posttest, Selisih

Statistic Pretest, Posttest, dan Selisih

Statistics^a

	Leptin Pretest	Leptin Posttest	Selisih Leptin	BMI Pretest	BMI Posttest	Selisih BMI	Lee Index Pretest	Lee Index Posttest	Selisih Lee Index	Rasio AC/TC Pretest	Rasio AC/TC Posttest	Selisih Rasio AC/TC
N Valid	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean	3.0917	1.5817	-1.5100	.5233	.6733	.1500	339.8022	354.0578	14.2556	1.1900	1.0989	-.0911
Std. Deviation	.98185	.44093	.97425	.09000	.08617	.01936	35.76681	22.18893	14.66415	.09069	.03951	.08710

a. Kelompok = MIIT

Statistics^a

	Leptin Pretest	Leptin Posttest	Selisih Leptin	BMI Pretest	BMI Posttest	Selisih BMI	Lee Index Pretest	Lee Index Posttest	Selisih Lee Index	Rasio AC/TC Pretest	Rasio AC/TC Posttest	Selisih Rasio AC/TC
N Valid	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean	2.5574	2.6883	.1309	.5400	.6910	.1510	349.4780	359.0210	9.5430	1.1690	1.0950	-.0740
Std. Deviation	.50391	1.05455	1.08294	.07789	.09303	.07109	24.79576	22.94341	14.93215	.05801	.02415	.06222

a. Kelompok = HIIT

Statistics^a

	Leptin Pretest	Leptin Posttest	Selisih Leptin	BMI Pretest	BMI Posttest	Selisih BMI	Lee Index Pretest	Lee Index Posttest	Selisih Lee Index	Rasio AC/TC Pretest	Rasio AC/TC Posttest	Selisih Rasio AC/TC
N Valid	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean	2.9892	1.6144	-1.3748	.5100	.7267	.2167	340.2122	360.4700	20.2578	1.1789	1.0833	-.0956
Std. Deviation	.81985	.49217	.83207	.07826	.07036	.08352	29.83161	17.45365	22.94863	.07201	.08775	.12934

a. Kelompok = Kontrol

DATA SELISIH – Normality test

Tests of Normality

Kelompok	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Selisih Leptin	MIIT	9	.200 [*]	.876	9	.144
	HIIT	10	.200 [*]	.970	10	.895
	Kontrol	9	.200 [*]	.915	9	.352
Selisih BMI	MIIT	9	.200 [*]	.978	9	.951
	HIIT	10	.200 [*]	.873	10	.109
	Kontrol	9	.200 [*]	.968	9	.876
Selisih Lee Index	MIIT	9	.200 [*]	.902	9	.261
	HIIT	10	.200 [*]	.950	10	.664
	Kontrol	9	.200 [*]	.933	9	.508
Selisih Rasio AC/TC	MIIT	9	.154	.843	9	.063
	HIIT	10	.200 [*]	.930	10	.450
	Kontrol	9	.200 [*]	.963	9	.825

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

a. Lilliefors Significance Correction

DATA SELISIH – Homogeneity test

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Selisih Leptin	.263	2	25	.771
Selisih BMI	4.904	2	25	.016
Selisih Lee Index	1.930	2	25	.166
Selisih Rasio AC/TC	2.153	2	25	.137

DATA SELISIH – Uji Beda

1. Uji ANOVA – Data Selisih Leptin, Selisih Lee Index, dan Selisih Rasio AC/TC

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Selisih Leptin	Between Groups	15.995	2	7.997	8.441	.002
	Within Groups	23.687	25	.947		
	Total	39.681	27			
Selisih Lee Index	Between Groups	544.624	2	272.312	.857	.436
	Within Groups	7940.139	25	317.606		
	Total	8484.763	27			
Selisih Rasio AC/TC	Between Groups	.002	2	.001	.136	.874
	Within Groups	.229	25	.009		
	Total	.232	27			

Data Selisih Leptin terdapat perbedaan yang signifikan antar kelompok, maka dilakukan Uji Post Hoc Tukey untuk mengetahui letak perbedaannya.

2. Uji Kruskal-Wallis – Data Selisih BMI

Test Statistics^{a,b}

	Selisih BMI
Chi-Square	4.642
df	2
Asymp. Sig.	.098

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable:
Kelompok

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Selisih BMI is the same across categories of Kelompok.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.098	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

3. Uji Post Hoc Tukey (Data Selisih Leptin tersignifikan)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Selisih Leptin
Tukey HSD

(I) Kelompok	(J) Kelompok	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
MIIT	HIIT	-1.64090*	.44724	.003	-2.7549	-.5269
	Kontrol	-.13522	.45886	.953	-1.2782	1.0077
HIIT	MIIT	1.64090*	.44724	.003	.5269	2.7549
	Kontrol	1.50568*	.44724	.007	.3917	2.6197
Kontrol	MIIT	.13522	.45886	.953	-1.0077	1.2782
	HIIT	-1.50568*	.44724	.007	-2.6197	-.3917

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

Lampiran 9. *Ethical Clearance*



**KOMISI LAIK ETIK PENELITIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
KETERANGAN KELAIKAN ETIK
"ETHICAL CLEARENCE"**

NO: 065-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 : PERBANDINGAN EFEK ADAPTASI LEPTIN DAN
PARAMETER OBESITAS TERHADAP MODERATE
INTENSITY INTERVAL TRAINING DAN HIGH
INTENSITY INTERVAL TRAINING PADA TIKUS
OBESITAS

PENELITI UTAMA : SEPTIANA DWI RAKHMAWATI

ANGGOTA : -

UNIT/LEMBAGA/TEMPAT : UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

DINYATAKAN : LAIK ETIK

Malang, 31 Mei 2022

Ketua Komisi Etik Penelitian
Universitas Brawijaya



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

Lampiran 10. Dokumentasi Penelitian



Gambar 1. Kandang Inkubasi (Individu)



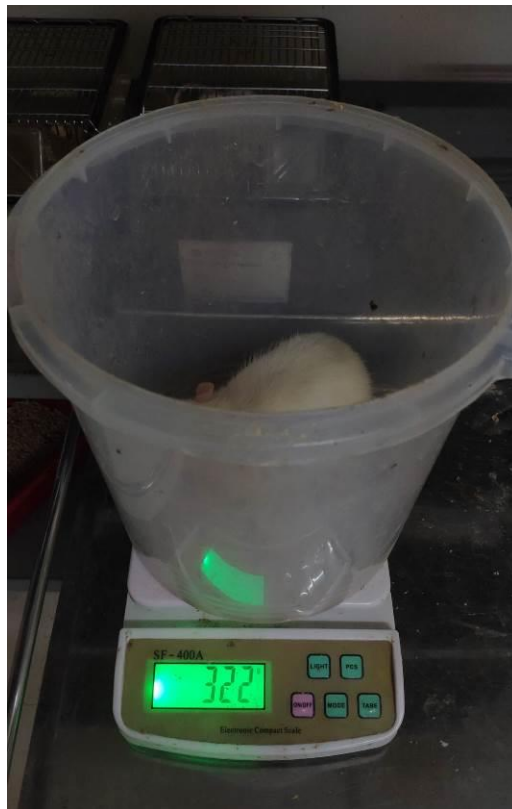
Gambar 2. Pemberian Makan dan Perawatan Hewan Coba



Gambar 3. Pemberian Perlakuan dengan *Treadmill* pada Hewam Coba



Gambar 4. Pengukuran Antropometri Hewan Coba



Gambar 5. Pengukuran Berat Badan Hewan Coba



Gambar 6. Proses Pengambilan Darah dari Mata Hewan Coba



Gambar 7. Proses Pengujian Darah