

TESIS

**PENGARUH *HIGH - INTENSITY INTERMITTENT EXERCISE* AKUT
TERHADAP PERUBAHAN KADAR TNF- α DAN KADAR GLUKOSA
DARAH PADA WANITA MUDA *OVERWEIGHT* AKTIVITAS SEDENTER**



Oleh

ANGELIA INDRA DEVI

012014553008

**PROGRAM STUDI ILMU KESEHATAN OLAAHRAGA
JENJANG MAGISTER FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA**

2022

**PENGARUH *HIGH - INTENSITY INTERMITTENT EXERCISE* AKUT
TERHADAP PERUBAHAN KADAR TNF- α DAN KADAR
GLUKOSA DARAH PADA WANITA DEWASA MUDA
OVERWEIGHT AKTIFITAS SEDENTER**

TESIS

Untuk Memperoleh Gelar Magister

Dalam Program Studi Ilmu Kesehatan Olahraga

Pada Jenjang Magister, Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga

Oleh

**ANGELIA INDRA DEVI
012014553008**

PROGRAM STUDI ILMU KESEHATAN OLAAHRAGA

UNIVERSITAS AIRLANGGA

2022

LEMBAR PENETAPAN PENGUJI

Tesis ini telah diuji dan dinilai
oleh panitia penguji pada Program Studi Ilmu Kesehatan Olahraga
Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga
Pada tanggal 4 Juli 2022

Susunan Panitia Penguji,

Ketua Penguji :

1. Dr. Sulistiawati, dr., M.Kes.

Panitia Penguji Tesis,

2. Dr. Lilik Herawati, dr., M.Kes.
3. Dr. Purwo Sri Rejeki, dr., M.Kes.
4. Dr. Lina Lukitasari, dr., M.Si.
5. Dr. Achmad Widodo, M.Kes.

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Angelia Indra Devi
NIM : 012014553008
Program Studi : Ilmu Kesehatan Olahraga
Judul Tesis : Pengaruh *High - Intensity Intermittent Exercise* Akut Terhadap Perubahan Kadar TNF- α dan Kadar Glukosa Darah Pada Wanita Dewasa Muda *Overweight* Aktifitas Sedenter

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tesis saya ini adalah asli (hasil karya sendiri) bukan merupakan hasil peniruan atau penjiplakan (*plagiarism*) dari karya orang lain. Tesis ini belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik.

Dalam tesis ini tidak terdapat pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan kedalam daftar pustaka. Demikian, pernyataan ini dibuat tanpa adanya paksaan dari pihak manapun, apabila pernyataan ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan norma dan peraturan yang berlaku di Universitas Airlangga.



Angelia Indra Devi
NIM. 012014553008

UCAPAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yesus Kristus berkat karunia yang telah dilimpahkan sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan tesis dengan judul “Pengaruh *High - Intensity Intermittent Exercise* Akut Terhadap Perubahan Kadar TNF- α dan Kadar Glukosa Darah Pada Wanita Dewasa Muda *Overweight* Aktifitas Sedenter”.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Dr. Lilik Herawati, dr., M.Kes., selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan ilmu, waktu, tenaga, serta dorongan dengan penuh kesabaran dan keikhlasan sehingga tesis ini dapat terselesaikan.
2. Dr. Purwo Sri Rejeki, dr., M.Kes. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan ilmu, waktu, serta motivasi yang luar biasa sehingga tesis ini dapat terselesaikan.
3. Dr. Sulistiawati, dr., M.Kes., Dr. Lina Lukitasari, dr., M.Si., Dr. Achmad Widodo, M.Kes. selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, dorongan, serta memberikan pengarahan yang terbaik kepada penulis.
4. Prof. Dr. Budi Santoso, dr., Sp.OG(K) selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga yang telah memberikan kesempatan untuk belajar dan berkarya serta menjadi tauladan yang baik bagi mahasiswa.
5. Kedua orang tua saya Drs. Paulus Djoko Hadi Endroyono dan Elizabeth Rosita, SH. yang selalu memberikan dukungan moril, materil, serta doa yang tiada hentinya sehingga penulisan tesis ini dapat terselesaikan.
6. Saudaraku Lucia Indra Devi, Amd. Keb. serta keluarga besar lainnya yang telah memberikan suport dan dukungan doa.
7. Dr. dr. Soebagijo Adi Soelistijo, SpPD-KEMD, FINASIM, selaku Ketua Komisi Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga yang telah memberikan surat keterangan *ethical exemption* pada penelitian yang dilakukan oleh peneliti.
8. Prof. Dr. Bambang Purwanto, dr., M.Kes., selaku Ketua Program Studi (KPS) Magister Ilmu Kesehatan Olahraga Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga yang telah memberikan ilmu dan pengalaman selama Penulis menuntut ilmu.
9. Seluruh Staf Pengajar di Program Studi Ilmu Kesehatan Olahraga Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga yang telah memberikan ilmu sebagai wawasan serta keterampilan sehingga dapat membantu penuls dalam menyelesaikan tesis.

10. Seluruh Staf di Program Studi Ilmu Kesehatan Olahraga dan Departemen Ilmu Faal Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga yang telah memberikan bantuan dalam bidang administrasi.
11. Pihak KONI Jawa Timur yang telah membantu dalam proses penelitian dengan memberikan izin pemakaian alat pengukuran.
12. Alfian Dwi Cipta Yani, S.Si. dan Lidya Nur Amalya yang telah membantu sebagai petugas analis medis pada proses pengambilan sampel darah selama penelitian serta membantu sebagai petugas swab antigen.
13. Yessy Puspitasari, dr., Sp.PK selaku Ka. Instalasi Laboratorium Riset Universitas Airlangga yang telah memberikan kesempatan penulis untuk melakukan analisis.
14. Nurul Fatimah, S.Si. selaku teknisi laboratorium Universitas Airlangga yang telah membantu proses analisis.
15. Aldi Karimullah, S.Pd., Siti Badriyah Zahrotul Ilmi, S.Or., Yosnengsih, S.Or., sebagai kolega serta sahabat diskusi Peneiti.
16. Muhammad Ilham Mauludin, S.Or. serta Ulul Azmy, S.Gz., selaku kolega Peneliti yang membantu selama proses penelitian.
17. Sahabat-sahabat IKESOR-2020 FK-UA yang selalu mendukung dan menjadi sahabat berdiskusi selama proses perkuliahan sampai terselesaikannya tesis.
18. Kepada seluruh pihak yang tidak mampu penulis sebutkan satu-persatu telah memberikan dukungan, motivasi, dan bantuan selama penelitian tesis ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.

Semoga Tuhan Yesus selalu melimpahkan berkat dan rahmat kepada semua pihak atas segala amal yang telah diberikan kepada penulis dalam rangka penulisan tesis. Amin.

Surabaya, 4 Juli 2022

Penulis

Angelia Indra Devi

RINGKASAN

**PENGARUH *HIGH - INTENSITY INTERMITTENT EXERCISE* AKUT
TERHADAP PERUBAHAN KADAR TNF- α DAN KADAR
GLUKOSA DARAH PADA WANITA DEWASA MUDA
OVERWEIGHT AKTIFITAS SEDENTER**

Overweight merupakan masalah kesehatan yang disebabkan oleh ketidakseimbangan energy intake dengan energy expenditure. Selain itu, obesitas sudah dikaitkan dengan morbiditas seorang perempuan. Rata-rata wanita memiliki lemak tubuh yang lebih banyak daripada pria. Prevalensi *overweight* di Jawa Timur menempati urutan tertinggi ketiga di Indonesia sebesar 13,2% (RISKESDAS, 2018). Menurut Riset Kesehatan Dasar (RISKESDAS) tahun 2013 prevalensi *overweight* pada usia lebih dari 18 tahun sebesar 11,5% dan meningkat pada tahun 2018 sebesar 13,6%. *Overweight* yang dikarenakan ketidakaktifan fisik merupakan faktor utama dikaitkan dengan peradangan kronis tingkat rendah. Peradangan kronis tingkat rendah adalah salah satu perubahan metabolisme utama yang terkait dengan asupan kalori dan pembentukan jaringan adiposa yang berlebihan. Jaringan adiposa adalah organ endokrin penting yang memproduksi dan mensekresi sitokin salah satunya *tumor necrosis faktor* (TNF- α). TNF- α berfungsi sebagai mediator awal lokal pada proses inflamasi serta pemrakarsa respons fase akut sistemik. (Ho et al., 2013).

Overweight dan obesitas dapat mengakibatkan disfungsi jaringan adiposa dan resistensi insulin seluruh tubuh (IR) (Van Der Kolk et al., 2019). TNF- α berperan dalam metabolisme glukosa dan lemak, termasuk pengaturan lipolisis dan lipogenesis serta menghambat fungsi insulin. TNF- α merusak sinyal insulin secara tidak langsung dan menyebabkan resistensi insulin di beberapa jaringan (Susantiningsih and Mustofa, 2018). TNF- α berperan dalam metabolisme glukosa dan lemak, termasuk pengaturan lipolisis dan lipogenesis serta menghambat fungsi insulin. TNF- α merusak sinyal insulin secara tidak langsung dan menyebabkan resistensi insulin di beberapa jaringan (Susantiningsih and Mustofa, 2018). Salah satu upaya untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan melakukan aktivitas fisik dalam bentuk latihan olahraga. Latihan dan aktivitas fisik juga berperan dalam mengatur tingkat peradangan sistemik karena kontraksi otot yang teratur dapat menekan aktivitas pro-inflamasi seperti TNF- α (Ho et al., 2013), melalui pelepasan miokin dan sitokin. Aktivitas fisik dapat menciptakan defisit energi melalui peningkatan pengeluaran energi dan memiliki potensi sebagai solusi untuk epidemi obesitas (Wiklund, 2016). *High Intensity Intermittent Exercise* (HIIE) dapat menyebabkan pengeluaran energi yang lebih tinggi selama periode pemulihan pasca-latihan karena excess post-exercise oxygen consumption (EPOC)-nya yang lebih tinggi, sehingga menghasilkan total pengeluaran energi yang lebih tinggi dari itu. Pengeluaran glikogen yang lebih tinggi dalam latihan dapat mengurangi kadar lipid plasma postprandial (Yang, Wu and Chiu, 2018).

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan penelitian eksperimental dan rancangan *randomize pre and post test control group design*, dengan subjek 24 perempuan overweight dan secara random dibagi menjadi 2 kelompok. K1 (n=7 kelompok kontrol) dan K2 (n=7 kelompok eksperimen). Kelompok eksperimen melakukan intervensi HIIE dengan *ergo cycle Treadment* 10x60 detik pada 80%-90% *Hrmax* diselingi 60 detik pemulihan aktif (40 r.p.m). Pengambilan sampel darah sebelum dan 1 jam setelah *exercise*. Kadar TNF- α diambil dari vena antecubital dengan metode *Human Enzyme-linked immunosorbent assay* (ELISA) (no : E-ELH0109, Cina, Elabscience). Kadar glukosa darah diambil melalui tusukan jari kapiler dengan glucometer (Easy Touch GCU) dan stripglucotest.

Hasil karakteristik subjek pada variabel umur, berat badan, tinggi badan, dan BMI menunjukkan ($p>0,05$), artinya tidak ada beda signifikan. Untuk hasil delta TNF- α kelompok kontrol ($-28,829 \pm 15,304$) dan kelompok eksperimen ($-4,791 \pm 19,654$). Uji beda Independent T Test menunjukkan hasil kadar pretest 0,006, sama halnya dengan delta TNF- α ($p<0,05$) artinya ada beda signifikan. Sedangkan kelompok kontrol 0,628 menunjukkan tidak ada beda signifikan. Uji untuk masing-masing kelompok dengan Paired T Test memunculkan hasil kelompok kontrol 0,002 ($p>0,05$) artinya ada beda signifikan, sedangkan kelompok kontrol 0,543. Hasil delta glukosa darah pada kelompok kontrol ($-5,860 \pm 4,413$) dan kelompok eksperimen ($5,71 \pm 6,726$). Uji beda Independent T Test pada kelompok kontrol dan eksperimen menunjukkan hasil tidak ada beda, sedangkan untuk delta ada beda 0,003 ($p>0,005$). Untuk uji beda masing-masing kelompok menunjukkan ada beda signifikan ($p<0,005$).

Berdasarkan hasil penelitian, irama sirkadian kadar TNF- α pada pagi hari menurun. HIIE dapat digunakan alternatif untuk menurunkan TNF- α , karena kontraksi otot yang teratur dapat menekan aktivitas pro-inflamasi. Karena olahraga dapat menyebabkan saraf simpatis meningkat yang menyebabkan peningkatan produksi epinefrin. Epinefrin melemahkan produksi sitokin pro-inflamasi TNF- α . Dapat juga melalui peningkatan energy expenditure dan peningkatan IL-6. IL-6 juga dapat menginduksi lipolisis dan mengoksidasi lemak. Efek antiradang IL-6 juga ditunjukkan oleh fakta bahwa IL-6 merangsang produksi IL-1ra dan IL-10. Tetapi juga perlu diperhatikan dalam hal intensitas dan durasi latihan, serta kategori subjek karena berkaitan dengan peningkatan kadar glukosa darah yang akan menyebabkan terjadi peningkatan katekolamin yang dapat menghambat kerja insulin.

SUMMARY

EFFECT OF ACUTE HIGH - INTENSITY INTERMITTENT EXERCISE ON CHANGES TNF- α AND LEVELS BLOOD GLUCOSE LEVELS IN ADULT WOMEN YOUNG OVERWEIGHT SEDENTER ACTIVITY

Overweight is a health problem caused by an imbalance between energy intake and energy expenditure. In addition, obesity has been associated with a woman's morbidity. On average, women have more body fat than men. The prevalence of overweight in East Java ranks third highest in Indonesia at 13.2% (RISKESDAS, 2018). According to the Basic Health Research (RISKESDAS) in 2013, the prevalence of overweight at the age of 18 years and over was 11.5% and increased in 2018 by 13.6%. Overweight due to physical inactivity is a major factor associated with low-grade chronic inflammation. Chronic low-grade inflammation is one of the main metabolic changes associated with excessive caloric intake and adipose tissue formation. Adipose tissue is an important endocrine organ that produces and secretes cytokines, one of which is tumor necrosis factor (TNF- α). TNF- α functions as a local initial mediator in the inflammatory process as well as a initiator of the systemic acute phase response. (Ho et al., 2013).

Overweight and obesity can lead to adipose tissue dysfunction and whole body insulin resistance (IR) (Van Der Kolk et al., 2019). TNF- α plays a role in glucose and fat metabolism, including the regulation of lipolysis and lipogenesis and inhibits insulin function. TNF- α interferes with insulin signaling indirectly and causes insulin resistance in several tissues (Susantiningsih and Mustofa, 2018). TNF- α plays a role in glucose and fat metabolism, including the regulation of lipolysis and lipogenesis and inhibits insulin function. TNF- α interferes with insulin signaling indirectly and causes insulin resistance in several tissues (Susantiningsih and Mustofa, 2018). One effort to overcome this problem is to do physical activity in the form of sports training. Exercise and physical activity also play a role in regulating the level of systemic inflammation because regular muscle contraction can suppress pro-inflammatory activities such as TNF- α (Ho et al., 2013), through the release of myokines and cytokines. Physical activity can create energy deficits through increased energy expenditure and has the potential to be a solution to the obesity epidemic (Wiklund, 2016). High Intensity Intermittent Exercise (HIIE) can lead to higher energy expenditure during the post-workout recovery period due to higher excess post-workout oxygen consumption (EPOC), resulting in a higher total energy expenditure than that. Higher glycogen expenditure in exercise can reduce postprandial plasma lipid levels (Yang, Wu and Chiu, 2018).

This study is a quantitative study with experimental research and randomized pre and post test control group design, with 24 overweight women as subjects and randomly divided into 2 groups. K1 (n=7 control group) and K2 (n=7 experimental group). The experimental group performed the HIIE intervention with ergo cycle Treadmill of 10x60 seconds at 80%-90% H_{max} interspersed with 60 seconds of active recovery (40 r.p.m). Blood sampling before and after 1

hour after exercise. TNF- α levels were taken from the antecubital vein using the Human Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) method (no: E-ELH0109, China, Elabscience). Blood glucose levels were taken using a finger capillary puncture with a glucometer (Easy Touch GCU)) and stripglucotest.

The results of the characteristics of the subjects on the variables of age, weight, height, and BMI showed ($p>0.05$), meaning that there was no significant difference. For the results of the TNF- α delta the control group ($-28,829 \pm 15,304$) and the experimental group ($-4.791 \pm 19,654$). Different test Independent T Test showed the results of the pretest level of 0.006, as well as the TNF- α delta ($p<0.05$) meaning that there was a significant difference. While the control group 0.628 showed no significant difference. The test for each group with the Paired T Test resulted in the control group being 0.002 ($p>0.05$), meaning that there was a significant difference, while the control group was 0.543. The results of blood glucose delta in the control group ($-5,860 \pm 4,413$) and the experimental group ($5,71 \pm 6,726$). Different test Independent T Test in the control and experimental groups showed no difference, while for delta there was a difference of 0.003 ($p>0.005$). For the different test, each group showed a significant difference ($p<0.005$).

Based on the results of the study, the circadian rhythm of TNF- α levels in the morning decreased. HIIE can be used as an alternative to lower TNF- α , because regular muscle contraction can suppress proinflammatory activity. Because exercise can cause sympathetic nerves to increase which causes increased production of epinephrine. Epinephrine attenuates the production of the pro-inflammatory cytokine TNF- α . It could also be through an increase in energy expenditure and an increase in IL-6. IL-6 can also induce lipolysis and oxidize fat. The anti-inflammatory effect of IL-6 is also demonstrated by the fact that IL-6 stimulates the production of IL-1ra and IL-10. However, it is also necessary to pay attention to the intensity and duration of exercise, as well as the category of the subject because it is associated with an increase in blood glucose levels which will cause an increase in catecholamines which can inhibit insulin action.

ABSTRAK

**PENGARUH *HIGH - INTENSITY INTERMITTENT EXERCISE* AKUT
TERHADAP PERUBAHAN KADAR TNF- α DAN KADAR GLUKOSA
DARAH PADA WANITA DEWASA MUDA OVERWEIGHT
AKTIFITAS SEDENTER**

Pendahuluan : *Overweight* dan aktivitas sedenter berhubungan dengan peningkatan TNF- α , kaitannya dengan resistensi insulin dan peningkatan glukosa darah. Hal tersebut dapat diantisipasi dengan berolah raga. Aktivitas fisik dapat meningkatkan pengeluaran energi dan memiliki potensi sebagai solusi untuk epidemi obesitas.

Tujuan : Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan efek HIIE secara akut pada kadar TNF- α dan kadar glukosa darah pada wanita muda *overweight* aktivitas sedenter.

Metode : Penelitian ini menggunakan subjek 14 orang perempuan *overweight* yang dibagi menjadi 2 kelompok, K1 (n=7, kelompok kontrol) dan K2 (n=7, kelompok eksperimen). Kelompok eksperimen melakukan intervensi HIIE dengan *ergo cycle, treadment* 10x60 detik pada 80%-90% *HRmax* diselingi 60detik pemulihan aktif (40 r.p.m). Pengambilan sampel darah sebelum dan 1 jam setelah *exercise*.

Hasil : Pada kadar TNF- α terjadi penurunan bermakna kelompok kontrol ($p < 0,05$), kelompok eksperimen mengalami penurunan 0,543, serta delta 0,025 menunjukkan ada beda bermakna. Pada kadar glukosa darah kelompok kontrol terjadi penurunan bermakna ($p < 0,05$), kelompok eksperimen terjadi kenaikan 0,066, serta delta 0,003 ada beda bermakna.

Kesimpulan : Pada kadar TNF- α semua kelompok mengalami penurunan, kelompok kontrol terjadi karena ritme sirkadian pagi hari. Serta penurunan kadar glukosa darah kondisi puasa pada kelompok kontrol dan peningkatan pada kelompok eksperimen karena faktor peningkatan katekolamin. Peneliti merekomendasikan bahwa latihan HIIE merupakan latihan yang efektif hemat waktu, tetapi harus melihat durasi dan intensitas saat berlatih.

Kata kunci : latihan HIIE, kadar TNF- α , kadar glukosa darah, perempuan *overweight*, aktivitas sedenter.

ABSTRACT

EFFECT OF ACUTE HIGH - INTENSITY INTERMITTENT EXERCISE ON CHANGES TNF- α AND LEVELS BLOOD GLUCOSE LEVELS IN ADULT WOMEN YOUNG OVERWEIGHT SEDENTER ACTIVITY

Introduction: Obesity and sedentary activity are associated with increased TNF- α , associated with insulin resistance and elevated blood glucose. This can be anticipated by exercising. Physical activity can increase energy expenditure and is a potential solution to the obesity epidemic.

Objective: This study aimed to prove the effect of acute HIIE on TNF- α levels and blood glucose levels in sedentary overweight young women.

Methods: This study used 14 overweight female subjects who were divided into 2 groups, K1 (n=7, control group) and K2 (n=7, experimental group). The experimental group performed the HIIE intervention with an ergo cycle, treadment of 10x60 seconds at HRmax 80%-90% interspersed with active recovery of 60 seconds (40 r.p.m). Blood sampling before and 1 hour after exercise.

Results: There was a significant decrease in TNF- α levels in the control group ($p<0,05$), the experimental group decreased by 0,543, and delta 0,025 showed a significant difference. There was a significant decrease in blood glucose levels in the control group ($p<0,05$), in the experimental group there was an increase of 0,066, and there was a significant difference in delta 0,003.

Conclusion: In all groups TNF- levels decreased, the control group occurred because of the morning circadian rhythm. And there was a decrease in fasting blood glucose levels in the control group and an increase in the experimental group due to an increase in catecholamines. Researchers suggest that HIIE exercise is an effective exercise to save time, but must look at the duration and intensity of the exercise.

Keywords: HIIE exercise, TNF- α levels, blood glucose levels, overweight women, sedentary activity.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PERSYARATAN GELAR	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENETAPAN PANITIA PENGUJI	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
DAFTAR SINGKATAN	xix
 BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.3.1 Tujuan Umum.....	5
1.3.1 Tujuan Khusus.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.4.1 Manfaat Teoritis.....	6
1.4.2 Manfaat Praktis.....	6
 BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Aktivitas Fisik dan Olahraga.....	7
2.1.1 Pemulihan Setelah Latihan <i>Intermittent</i>	9
2.1.2 Efek Latihan Akut <i>Intermittent</i> Intensitas Tinggi..	12
2.1.3 Hubungan HIIE dengan Peningkatan Metabolisme Energi dan Saraf Simpatis.....	13

2.1.4 Hubungan HIIE dengan Peningkatan IL-6.....	15
2.1.5 Metabolisme Energi <i>Aerob</i>	19
2.2 TNF- α (<i>Tumor Necrosis Factor Alpha</i>).....	20
2.3 Glukosa Darah.....	22
2.4 Aktivitas Sedenter dan <i>Overweight</i>	28
2.4.1 Hubungan <i>Overweight</i> dengan Hormon Esterogen.....	29
BAB 3 KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN	
3.1 Kerangka Konseptual Penelitian.....	34
3.2 Hipotesis Penelitian.....	38
BAB 4 MATERI DAN METODE PENELITIAN	
4.1 Jenis dan Rancangan Penelitian.....	39
4.2 Populasi, Besar Sampel, dan Teknik Pengambilan Sampel	
4.2.1 Populasi Penelitian.....	40
4.2.2 Sampel Penelitian.....	40
4.2.3 Besar Sampel Penelitian.....	41
4.2.4 Teknik Pengelompokan Sampel.....	42
4.3 Variabel Penelitian	
4.3.1 Klasifikasi Variabel.....	42
4.3.2 Definisi Operasional Variabel.....	43
4.4 Instrumen Penelitian.....	44
4.5 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	44
4.6 Prosedur Pengambilan dan Pengumpulan Data	
4.6.1 Tahap Persiapan.....	45
4.6.2 Tahap Pelaksanaan.....	46
4.7 Kerangka Operasional.....	47
4.8 Analisis Data Penelitian.....	48
BAB 5 ANALISIS HASIL PENELITIAN	
5.1 Hasil Analisis Karakteristik Subjek Penelitian.....	49
5.2 Kadar TNF- α	50
5.3 Kadar Glukosa Darah.....	51
BAB 6 PEMBAHASAN	
6.1 Karakteristik Subjek Penelitian.....	54
6.2 Efek HIIE secara Akut Terhadap Kadar TNF- α	56
6.3 Efek HIIE secara Akut Terhadap Kadar Glukosa Darah.....	60
6.4 Keterbatasan Penelitian.....	64
BAB 7 PENUTUP	
7.1 Kesimpulan.....	65
7.2 Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN-LAMPIRAN	81

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Klasifikasi berat badan berdasarkan IMT (WHO, 2000).....	32
2.2 Klasifikasi berat badan nasional (P2PTMKemenkesRI, 2014).....	33
2.3 Klasifikasi berat badan Asia Pasifik.....	33
5.1 Hasil Analisis Deskriptif Karakteristik Subjek Penelitian.....	49
5.2 Uji Normalitas dan Uji Beda Karakteristik Subjek Penelitian	50
5.3 Kadar TNF- α darah pada sebelum dan sesudah intervensi pada masing-masing kelompok.....	50
5.4 Hasil Uji Beda Masing-Masing Kelompok Kadar TNF- α	51
5.5 Hasil Analisis Deskriptif, Uji Normalitas, dan Uji Beda Kadar Glukosa Darah.....	52
5.6 Hasil Uji Beda Masing-Masing Kelompok Kadar Glukosa Darah.....	52

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Waktu recovery setelah latihan berat.....	10
2.2 Latihan untuk mengurangi peradangan kronis.....	11
2.3 IL-6 pro-inflamasi dan anti inflamasi.....	16
2.4 IL-6 memproduksi IL-1ra dan IL-10.....	17
2.5 Periodization Training for Sports.....	19
2.6 Peradangan sistemik derajat rendah kronis.....	22
2.7 Kriteria diabetes, prediabetes, dan normal.....	24
2.8 Keseimbangan glukosa darah normal.....	24
2.9 Aktivitas insulin.....	27
2.10 Inflamasi jaringan adiposa pada obesitas.....	31

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Surat Keterangan <i>Ethical Clearance</i>	81
Lampiran 2. Penjelasan Untuk Mengikuti Penelitian	82
Lampiran 3. <i>Informed Consent</i>	84
Lampiran 4. Surat Peminjaman Alat dan Ruangan	85
Lampiran 5. Surat Peminjaman Alat KONI	86
Lampiran 6. <i>Descriptive Statistic</i>	87
Lampiran 7. Uji Normalitas	88
Lampiran 8. Uji Independent T Test	89
Lampiran 9. Paired Sample T Test	90
Lampiran 10. Dokumen Penelitian	91

DAFTAR SINGKATAN

ATP	: <i>Adenosine triphosphate</i>
BMI	: <i>Body mass index</i>
CRP	: <i>C-reactive protein</i>
Hrmax	: <i>Heart rate maximal</i>
IL-1ra	: <i>Interleukin-1 Receptor Antagonist</i>
IL-6	: <i>Intereukine-6</i>
IL-10	: <i>Intereukine-10</i>
TNF- α	: <i>Tumor necrosis factor alpha</i>
SPSS	: <i>Software Statistic Package for Social Science</i>
GLUT 4	: <i>Glucose transporter 4</i>
IRS 2	: <i>insulin receptor substrate 2</i>
P13K	: <i>Phosphatidyl-Inositol-3-kinase</i>
Ca	: <i>Kalsium</i>
MCP-1	: <i>Monocyte Chemoattractant Protein-1</i>
NO	: <i>Nitrit Oksida</i>
JNK	: <i>c-Jun N-terminal kinases</i>
IKK	: <i>IκB kinase</i>
HIIE	: <i>High - Intensity Intermittent Exercise</i>
BP	: <i>blood pressure</i>
HR	: <i>heart rate</i>
HDL	: <i>High Density Lipoprotein</i>
AMPK	: <i>adenosine 5 ' monophosphate-activated protein kinase</i>
TLR4	: <i>Toll Like Receptor 4</i>
NF κ B	: <i>Nuclear factor kappa B</i>

sTNF-R	: Soluble tumor necrosis factor receptors
TTGO	: Tes Toleransi Glukosa Oral
DM	: Diabetes melitus
GLUT 2	: Glukosa Transporter 2
CVD	: Cardiovascular Disease
MET	: metabolic equivalent of task
IL-18	: interleukin-18
SCN	: Nukleus suprakiasmatik