

# TESIS

## **PENGARUH LATIHAN INTERVAL ISTIRAHAT AKTIF DAN ISTIRAHAT PASIF TERHADAP DERAJAT STRES OKSIDATIF**

MILIK  
PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITAS AIRLANGGA  
SURABAYA



EKA  
EK  
TKO.13/11  
Aud  
P

Oleh :

**OLIVIA ANDIANA**

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS AIRLANGGA  
SURABAYA  
2008**

**PENGARUH LATIHAN INTERVAL ISTIRAHAT  
AKTIF DAN ISTIRAHAT PASIF TERHADAP  
DERAJAT STRES OKSIDATIF**

**TESIS**

**Untuk memperoleh Gelar Magister  
dalam Program Studi Ilmu Kesehatan Olahraga  
pada Program Pascasarjana Universitas Airlangga**

**Oleh:**

**OLIVIA ANDIANA**

**090610359. M**

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS AIRLANGGA  
SURABAYA  
2008**

**Lembar pengesahan**

**TESIS INI TELAH DISETUJUI  
PADA TANGGAL, 25 AGUSTUS 2008**

**Oleh:**

**Pembimbing I**



**Prof. Dr. dr. Harjanto JM, AIFM**

**NIP. 130 368 675**

**Pembimbing II**



**dr. Harlina Soetjipto, M.S.**

**NIP. 130 687 605**

**Ketua Program Studi IKOR**



**Prof. Dr. dr. Sunarko Setyawan, M.S.**

**NIP. 131 949 832**

**Telah diuji pada**

**Tanggal 25 Agustus 2008**

**PANITIA PENGUJI TESIS**

**Ketua : Prof. Dr. Indri Safitri, dr. MS.**

**Anggota : 1. Prof. Dr. dr. Harjanto JM, AIFM**

**2. dr. Harlina Soetjipto, MS.**

**3. Prof. Dr. dr. Sunarko Setyawan, AIFM**

**4. dr. Tjitra Wardhani, MS.**

**5. dr. Muh. Cholil Munif, AIFM**

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya haturkan ke hadirat ALLAH SWT, karena hanya dengan rahmat dan hidayah yang telah dilimpahkan-NYA saya dapat menyelesaikan penulisan tesis yang berjudul: "Pengaruh latihan interval istirahat aktif dan istirahat pasif terhadap derajat stres oksidatif"

Dalam rangka penulisan tesis ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Rektor Universitas Airlangga, Prof. Dr. Drs. Fasich, Apt., yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas kepada saya untuk menempuh dan menyelesaikan program pendidikan Magister di Universitas Airlangga Surabaya.
2. Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga, Prof. Dr. Muhammad Amin, dr., Sp. P (K), beserta seluruh staf pimpinan Program Studi Magister Universitas Airlangga. Atas kesempatan yang telah diberikan kepada saya untuk menjadi mahasiswa Program Magister pada Pascasarjana Universitas Airlangga.
3. Ketua Program Studi Magister Ilmu Kesehatan Olahraga, Prof. Dr. Sunarko Setyawan, dr., MS. yang selalu memberikan arahan, dorongan, bimbingan sehingga tesis dapat saya selesaikan tepat waktu.
4. Ketua Jurusan Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Malang, Drs. Sapto Adi, M.Kes., yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk mengadakan penelitian di Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Malang.
5. Prof. Dr. dr. Harjanto JM, AIFM., selaku pembimbing I dan Ketua Tim Koordinasi Program Studi Magister Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga yang dengan penuh perhatian, ikhlas, dan semangat telah meluangkan waktunya untuk

memberikan dorongan, bimbingan, saran, kiat-kiat, dan jalan keluar sehingga tesis ini dapat diselesaikan tepat waktu.

6. dr. Harlina Soetjipto, M.S., selaku pembimbing II dan Ketua Departemen Ilmu Faal Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga yang dengan penuh perhatian dan kesabaran telah memberikan dorongan, bimbingan, saran, kiat-kiat, dan jalan keluar sehingga tesis ini dapat diselesaikan tepat waktu.
7. Prof. Dr. dr. Indri Safitri, MS., selaku ketua penguji yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan dorongan, bimbingan, saran, kiat-kiat, dan jalan keluar sehingga tesis ini dapat diselesaikan dengan tepat waktu. Prof. Sunarko Setyawan, dr. Tjitra Wardhani, MS dan dr. Muh. Cholil Munif, AIFM selaku Tim Penguji yang telah memberikan bimbingan, saran dan pengarahan yang terbaik kepada peneliti.
8. Dr. Drs. Sugiharto, MS., selaku pembimbing lapangan di Universitas Negeri Malang, karena dengan arahan, dorongan, bimbingan, nasehat serta sarannya sehingga telah banyak membantu penulis dalam penyelesaian tesis ini.
9. Semua staf pengajar Program Pascasarjana Universitas Airlangga tahun 2006/2007; Prof. Dr. Sunarko Setyawan, dr., MS., Prof Martin Setiabudi, dr., Ph.D., Dr. Elyana Asnar STP, dr., MS., Choesnan Effendi, dr., AIFM., Muh. Cholil Munif, dr., Prof. Purnomo Suryohudoyo, dr., Prof. Dr. dr. Harjanto JM, dr., AIFM., Prof. Dr. Soedarso Djojonegoro, dr., RM Tauhid Al Amien, dr. MSc., Harlina Soetjipto, dr., MS, Kuncoro Puguh Santoso, drh., M.Kes., Tjitra Wardhani, dr., MS., Dr. Paulus Liben, dr. MS., Dr. Anwar Ma'ruf, drh., M.Kes., Adrianta Suryadhana, dr. AIFM., yang telah memberikan bekal tambahan wawasan, ilmu dan ketrampilan sehingga sangat membantu penulis dalam penelitian dan penyelesaian tesis ini.

10. Dr. Rasyad Indra, dr. MS., Bpk Satuman dan Mas Didin selaku Petugas Laboratorium di Universitas Brawijaya Malang, yang telah banyak membantu peneliti dalam pengambilan darah serta analisis darah.
  11. Mas Bustanul dan Yogi selaku Tim Pelaksana kegiatan penelitian saya di Sanggar Kebugaran Universitas Negeri Malang, yang telah banyak membantu peneliti dalam pengkondisian orang coba.
  12. Ayah dan Bunda yang kucintai dan kuhormati, yang selalu memberikan dukungan materi, moral dan do'a dalam setiap langkah di kehidupan saya. Saudaraku Mas Exeter, Dilla dan Ubaid yang selalu memberi dukungan serta do'a sehingga terselesainya tesis ini. Juga untuk kakakku Henry yang telah tenang berada di pangkuan-Nya.
  13. Semua saudaraku di IKOR'O6 yang saya cintai dan saya hormati; mbak Rini, mbak Sisca, mbak Yayuk, Pak Rajin, Om Widi, Om Yudik serta Ruzzly, yang senantiasa memberikan solusi terbaik, semangat, dukungan, dan mendoakan pada setiap langkah dalam kehidupan saya.
  14. Kepada semua pihak yang tidak dapat saya sebut satu-persatu, yang telah mendorong dan membantu saya menyelesaikan tesis ini dengan baik.
- Semoga ALLAH SWT selalu melimpahkan rahmat dan barokah serta inayah-Nya kepada semua pihak atas segala amal yang telah diberikan kepada saya dalam rangka penulisan tesis ini. Amiin.

Surabaya, 25 Agustus 2008

Penulis

## RINGKASAN

Olahraga pada dasarnya merupakan *stressor* bagi tubuh yang dapat mempengaruhi semua sistem. Bila dosis olahraga yang diberikan tidak tepat, maka *stressor* tersebut akan mengganggu keseimbangan (homeostasis) dalam tubuh, menyebabkan masalah kelainan biologis/patologis dan menyebabkan terganggunya kesegaran jasmani. Salah satu dampak negatif yang dapat ditimbulkan adalah terjadinya peningkatan pembentukan senyawa oksidan yang diikuti dengan terjadinya peristiwa stres oksidatif. Stres oksidatif terjadi karena adanya ketidakseimbangan produksi antara pro-oksidan dan antioksidan.

Malondialdehyde (MDA) merupakan suatu petanda biologis untuk mengukur derajat stres oksidatif yang terjadi pada suatu organisme, sedangkan Superoksida dismutase (SOD) adalah salahsatu enzim antioksidan yang berguna sebagai sistem pertahanan terhadap senyawa oksigen reaktif. Aktivitas enzim SOD memiliki peran yang penting dalam sistem pertahanan tubuh, terutama terhadap aktivitas senyawa oksigen reaktif yang dapat menyebabkan terjadinya stres oksidatif.

Sejauh ini telah terbukti bahwa latihan interval istirahat aktif memiliki banyak keuntungan daripada latihan interval dengan istirahat pasif, sedangkan parameter yang menunjukkan bahwa kedua latihan tersebut menguntungkan dari tinjauan radikal bebas belum banyak mendapat perhatian. Suatu program latihan yang baik, tidak hanya dapat dilihat dari satu aspek saja tapi juga perlu ditinjau dari berbagai aspek.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mempelajari pengaruh latihan interval istirahat aktif dan istirahat pasif terhadap derajat stres oksidatif pada Mahasiswa Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Malang. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimental laboratoris, dengan pretest-posttest design.

Variabel tergantung yang diteliti adalah menggunakan indikator kadar MDA dan aktivitas enzim SOD eritrosit. Latihan olahraga dilakukan dengan bentuk interval (beban latihan yang berselang-seling), terbagi menjadi dua kelompok perlakuan yang dilakukan secara random, yaitu kelompok interval dengan istirahat aktif dan kelompok interval dengan istirahat pasif.

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan program statistik SPSS 15, dengan menggunakan uji Mancova. Hasil statistik deskriptif pada latihan interval istirahat aktif kadar MDA plasma sebelum latihan ( $5,4897 \pm 1,03839$ ), setelah latihan ( $5,5565 \pm$



1,16459), aktivitas enzim SOD eritrosit sebelum latihan ( $212,4583 \pm 28,29541$ ), setelah latihan ( $200,0209 \pm 25,93804$ ). Sedangkan pada latihan interval istirahat pasif kadar MDA plasma sebelum latihan ( $5,2918 \pm 1,02946$ ), setelah latihan ( $4,8892 \pm 1,06273$ ), aktivitas enzim SOD eritrosit sebelum latihan ( $214,0599 \pm 20,14468$ ), setelah latihan ( $249,5449 \pm 20,53992$ ).

Dari hasil analisis uji normalitas dan uji homogenitas, pada variabel umur, berat badan, tinggi badan, kadar MDA plasma sebelum latihan, kadar MDA plasma setelah latihan, aktivitas enzim SOD eritrosit sebelum latihan dan aktivitas enzim SOD eritrosit setelah latihan diperoleh nilai signifikansi  $p > 0,05$ . Hal ini berarti bahwa seluruh data pada variabel penelitian berdistribusi normal dan homogen. Hasil uji T berpasangan menunjukkan perbedaan kadar MDA plasma sebelum dan setelah latihan interval istirahat aktif memiliki nilai signifikansi  $p = 0,598$  ( $p > 0,05$ ), dan nilai signifikansi Aktivitas enzim SOD eritrosit sebelum dan setelah latihan sebesar  $0,432$  ( $p > 0,05$ ). Hasil ini berarti tidak terdapat pengaruh yang signifikan antara sebelum dan sesudah latihan interval istirahat aktif pada kadar MDA plasma dan aktivitas enzim SOD eritrosit. Pada kelompok latihan interval istirahat pasif nilai  $p$  kadar MDA plasma sebelum dan setelah latihan sebesar  $0,006$  ( $p < 0,05$ ) dan nilai  $p$  sebesar  $0,004$  ( $p < 0,05$ ) pada variabel aktivitas enzim SOD eritrosit. Hal ini berarti bahwa latihan interval istirahat pasif memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar MDA plasma dan aktivitas enzim SOD eritrosit. Hasil uji Mancova, perbedaan kadar MDA plasma post test pada kelompok latihan interval istirahat aktif dan latihan interval istirahat pasif memiliki nilai  $p = 0,153$  ( $p > 0,05$ ) berarti tidak terdapat perbedaan pengaruh yang signifikan pada kadar MDA plasma setelah latihan interval istirahat aktif dan latihan interval istirahat pasif. Perbedaan aktivitas enzim SOD eritrosit post test pada kelompok latihan interval istirahat aktif dan latihan interval istirahat pasif memiliki nilai  $p = 0,004$  ( $p < 0,05$ ) yang berarti terdapat perbedaan pengaruh yang signifikan pada aktivitas enzim SOD eritrosit antara latihan interval istirahat aktif dan latihan interval istirahat pasif.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan pengaruh yang signifikan antara kelompok latihan interval istirahat aktif dan latihan interval istirahat pasif.

## The Effect of Interval Exercise with Active Rest and Passive Rest To Degree of Oxidative Stress

### ABSTRACT

The purpose of the study was to determine the effect interval exercise with active rest and passive rest to degree of oxidative stress. Using "randomized pretest-posttest control group design. Samples were obtained in randomized fashion from population 124 healthy subjects between 21-22 years of age, and obtained 8 persons for each groups. They were chosen from Faculty of Sport Science, in University state of Malang. Healthy people were defined as not having a major medical illness, not smoking, no hospital admissions, no current medication, and a subjective perception of good health as determined by health questionnaire. None of the subjects received any medical (vitamin E, C) supplement and non-medical antioxidants (tomato, orange, and so forth). Blood samples were obtained from cubital veins before exercise and after exercise in eppendorf tubes. The present research was designed to determine the changes of plasma lipid peroxidation levels (expressed as malondialdehyde [MDA]) and erythrocyte SOD activity in healthy people. This type of exercise is an aerobic interval exercise by ergocycle. This exercise was executed in the morning. Laboratory examination of the variables used TBARS method in Brawijaya University. Data analysis was carried out using descriptive and inferensial statistic with statistical software SPSS version 15. Followed with pairwise comparisons statistical multivariat.

The result showed that sample characteristic data after normality test had  $p > 0.05$  indicating normality and homogeneity. Normality test with Kolmogorof-Smirnof and homogeneity test with lavene's test, the dependent variables showed  $p > 0.05$  indicating normality and homogeneity. Result of mancova was  $p: 0.004$ , revealing difference between group (Wilk Lambda,  $p < 0.05$ ). Strongest difference shown by comparison between pretest SOD erythrocyte activity and posttest SOD erythrocyte activity in interval exercise with passive rest.

From stastical analysis, result showed the difference of rate MDA plasma post test between active group of rests interval exercise and passive rests interval exercise have value  $p = 0.153$ . This mean that there are no difference of influence which significant between group of interval exercise with active rest and interval exercise with passive rest. While difference of enzymatic activity SOD erythrocyte between group of interval exercise with active rest and interval exercise with passive rest have value  $p = 0.004$ . Thereby inferential that there are difference is influence which significant between group of interval exercise with active rest and interval exercise with passive rest

This research result is can give scientific information contribution for concept development effort and form of athletics practice which evaluated from oxidative stress parameter.

**Keyword:** *Interval exercise, active rest, passive rest and degree of oxidative stress*

## DAFTAR ISI

	Halaman
Lembar Pengesahan .....	ii
Panitia Penguji Tesis .....	iii
Ucapan Terima Kasih .....	iv
Ringkasan .....	vii
Abstrak .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
DAFTAR SINGKATAN .....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	4
1.4. Manfaat Penelitian .....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. Latihan Fisik .....	5
2.1.1. Pengertian latihan fisik .....	5
2.1.2. Metode latihan fisik .....	5
2.1.3. Penentuan dosis beban latihan .....	8
2.2. Respon Latihan Fisik .....	14
2.2.1. Respon secara umum .....	14
2.2.2. Tinjauan radikal bebas .....	17
2.3. Oksidan dan Radikal Bebas .....	18
2.3.1. Definisi oksidan dan radikal bebas .....	18
2.3.2. Macam radikal bebas .....	18
2.3.3. Pembentukan radikal bebas selama aktivitas fisik .....	21
2.4. Antioksidan .....	28

2.4.1. Definisi antioksidan .....	28
2.4.2. Cara kerja antioksidan .....	28
2.4.3. Macam antioksidan .....	30
2.5. Stres Oksidatif .....	34
2.5.1. Stres oksidatif pada lemak .....	36
2.5.2. Malondialdehyde .....	38
2.5.3. Stres oksidatif pada protein .....	40
2.5.4. Stres oksidatif pada DNA .....	40
2.6. Eritrosit .....	41
2.7. Pengukuran Derajat Stres Oksidatif .....	42
2.7.1. Pengukuran kadar MDA plasma .....	42
2.7.2. Pengukuran aktivitas enzim SOD eritrosit .....	42
<b>BAB 3 KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN .....</b>	<b>44</b>
3.1. Kerangka Konseptual Penelitian .....	45
3.2. Hipotesis Penelitian .....	46
<b>BAB 4 METODE PENELITIAN .....</b>	<b>47</b>
4.1. Rancangan Penelitian .....	47
4.2. Sampel Penelitian .....	47
4.2.1. Populasi sampel penelitian .....	47
4.2.2. Kriteria sampel .....	47
4.2.3. Besar sampel .....	48
4.3. Variabel Penelitian .....	49
4.3.1. Identifikasi variabel .....	50
4.3.2. Definisi operasional variabel .....	50
4.4. Lokasi dan Waktu Penelitian .....	52
4.5. Perlengkapan dan Alat-Alat Penelitian .....	53
4.6. Prosedur Penelitian .....	53
4.6.1. Persiapan penelitian .....	53
4.6.2. Pelaksanaan penelitian .....	54
4.7. Prosedur Pengambilan Darah.....	55
4.7.1. Aktivitas enzim SOD eritrosit .....	55
4.7.2. Kadar MDA plasma.....	55
4.8. Analisis Data .....	56

<b>BAB 5 HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA .....</b>	<b>57</b>
5.1. Hasil Analisis Deskriptif .....	58
5.2. Uji Normalitas .....	58
5.3. Uji Homogenitas .....	59
5.4. Hasil Uji T Berpasangan .....	59
5.5. Uji Mancova .....	60
<b>BAB 6 PEMBAHASAN .....</b>	<b>63</b>
6.1. Pembahasan Metode Penelitian .....	63
6.2. Pembahasan Sampel Penelitian .....	64
6.3. Pembahasan Latihan .....	66
6.4. Pembahasan Alat Ukur dan Pengukuran .....	67
6.5. Pembahasan Hasil Penelitian .....	68
6.5.1. Kriteria orang coba .....	69
6.5.2. Kadar MDA plasma dan aktivitas enzim SOD eritrosit sebelum melakukan aktivitas fisik .....	69
6.5.3. Pengaruh latihan interval istirahat pasif dan latihan interval istirahat aktif terhadap kadar MDA plasma .....	70
6.5.4. Pengaruh latihan interval istirahat aktif dan latihan interval istirahat pasif terhadap aktivitas enzim SOD eritrosit.....	73
<b>BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>77</b>
7.1. Kesimpulan .....	77
7.2. Saran .....	77
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>78</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>86</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tahapan general adaptation syndrome .....	15
Gambar 2.2. Reaksi xantin oksidase dalam kondisi istirahat dan latihan .....	23
Gambar 2.3. Sistem transport elektron .....	25
Gambar 2.4. Mekanisme iskemia-reperfusi .....	26
Gambar 2.5. Mekanisme pertahanan sel terhadap spesies oksigen reaktif .....	29
Gambar 2.6. Tahapan peroksidasi lemak .....	36
Gambar 2.7. Proses pembentukan MDA .....	39
Gambar 5.1. Grafik nilai rerata variabel-variabel penelitian .....	58
Gambar 5.2. Diagram batang nilai rata-rata MDA pada masing-masing kelompok perlakuan.....	62
Gambar 5.3. Diagram batang nilai rata-rata SOD pada masing-masing kelompok perlakuan .....	62

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perbandingan THR, HRR dan HRmax .....	12
Tabel 2.2. Skala RPE Borg .....	13
Tabel 5.1. Ringkasan nilai rerata dan SD variabel-variabel penelitian .....	57
Tabel 5.2. Uji Normalitas Variabel Penelitian .....	59
Tabel 5.3. Hasil Uji Homogenitas .....	59
Tabel 5.2. Tabel Uji T Berpasangan .....	60
Tabel 5.5. Hasil Uji Multivariat .....	61

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Sertifikat Kelaikan Etik Penelitian .....	86
Lampiran 2. Surat Ijin Mengadakan Penelitian dari Dekan FK UNAIR .....	87
Lampiran 3. Surat Ijin Mengadakan Penelitian dari Universitas Negeri Malang .....	88
Lampiran 4. Contoh Informed of Consent .....	89
Lampiran 5. Contoh Information for Consent .....	90
Lampiran 6. Contoh Angket Penelitian .....	91
Lampiran 7. Contoh Formulir Kesehatan Orang Coba .....	93
Lampiran 8. Perhitungan Besar Sampel .....	94
Lampiran 9. Prosedur Tes Pengukuran Aktivitas Enzim SOD Eritrosit.....	96
Lampiran 10. Data Mentah Variabel .....	97
Lampiran 11. MDA Standart dan SOD Standart .....	98
Lampiran 12. Hasil Perhitungan Statistik .....	99
Lampiran 13. Perhitungan Rechecking Sampel .....	117
Lampiran 14. Dokumentasi Penelitian .....	119



## DAFTAR SINGKATAN

ADP	: Adenosine diphosphate
AK	: Adenylate kinase
AMP	: Adenosine monophosphate
ATP	: Adenosine triphosphate
ATP-PC	: Adenosine triphosphate-phospho creatine
$b \cdot \text{min}^{-1}$	: Beat per minute
$^{\circ}\text{C}$	: Derajat celcius
$\text{Ca O}_2 - \text{CV O}_2$	: Perbedaan oksigen arteri dan vena (mL oksigen/dL darah)
CAT	: Catalase
$\text{CCl}_3^{\bullet}$	: Trichloromethyl
$\text{CCl}_3\text{O}_2^{\bullet}$	: Peroxyl radicals
CL	: Chemiluminescence
CoA	: Coenzyme A
CuZnSOD	: Cooper-zinc superoxide dismutase
DNA	: Deoxyribonucleic acid
EDTA	: Ethylene diamine tetra acetate
$\text{Fe}^{+++}$	: Ion ferri
GAS	: General adaptation syndrome
GSH	: Glutathionine
GPx	: Glutathionine peroxidase
$\text{H}^+$	: Ion hidrogen
$\text{H}_2\text{O}_2$	: Hydrogen peroxide
HCl	: Hydrogen chloride
HNE	: Hydroxy nonenal
HR	: Heart rate
HRR	: Heart rate reserve
$\text{HR}_{\text{max}}$	: Heart rate maximal
HX	: Hipoxanthine
IKOR	: Ilmu Keolahragaan
MDA	: Malondialdehyde
MET	: Metabolic equivalent
MHR	: Maximal heart rate
$\text{mL/kg} \cdot \text{min}^{-1}$	: Mililiter oksigen tiap kilogram dalam waktu 1 menit
mM	: Mili mol
MnSOD	: Manganese superoxide dismutase
NaCl	: Natrium chloride
NAD	: Nicotinamide adenine dinucleotide
NADPH	: Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate
NBT	: Nitroblue tetrazolium
nm	: Nano meter
OBLA	: Onset of blood lactate
$\text{O}_2$	: Oxygen

O <sub>2</sub>	: Post test kelompok latihan interval istirahat aktif
PBS	: Phosphate buffer solution
pH	: Power of hydrogen
ppm/μg	: Part per million per micro gram
PUFA	: Polyunsaturated fatty acids
RER	: Rough endoplasmic reticulum
RBC	: Red blood count
RPE	: Rating of perceived exertion
rpm	: Rotation per minute
RNA	: Ribonucleic acid
RNS	: Reactive nitrogen species
ROS	: Reactive oxygen species
SER	: Smooth endoplasmic reticulum
SOD	: Superoxide dismutase
SOR	: Spesies oksigen reaktif
SV	: Stroke volume
TBA	: Thiobarbituric acid
TBARS	: Thiobarbituric acid reactive substance
TCA	: Thiochloroacetic acid
THR	: Target heart rate
TM	: Technogym
UA	: Uric acid
U/l	: Unit per liter
U/gHb	: Unit per gram haemoglobin
VO <sub>2 max</sub>	: Volume oksigen maksimum
W	: Watt
XDH	: Xanthine dehydrogenase
XO	: Xanthine oxydase

# BAB I

## PENDAHULUAN



### 1.1. Latar Belakang

Pada saat ini diakui bahwa kualitas sumber daya manusia merupakan hal terpenting untuk meningkatkan kesejahteraan dan kemajuan suatu bangsa. Olahraga merupakan salahsatu cara untuk meningkatkan kualitas sumber daya manusia. Meskipun demikian jika olahraga dilakukan tidak tepat akan dapat menimbulkan efek samping yang bersifat kontra produktif terhadap upaya peningkatan kualitas sumber daya manusia. Salahsatu dampak negatif yang ditimbulkan adalah terjadinya peningkatan pembentukan senyawa oksidan yang diikuti dengan terjadinya peristiwa stres oksidatif (Harjanto, 2003). Stres oksidatif terjadi karena adanya ketidakseimbangan produksi antara pro-oksidan dan antioksidan (Leeuwenburgh & Heinecke, 2001). Beberapa peneliti menyebutkan bahwa stres oksidatif dapat menyebabkan terjadinya penyakit neurodegeneratif, seperti: *Atherosclerosis*, Parkinson, Alzheimer, (Wikipedia, 2008) selain itu juga mempercepat terjadinya penuaan, meningkatkan risiko terjadinya kanker (Challem, 1997) dan kerusakan jaringan (Andiana, 2005). Stres oksidatif merupakan kondisi fisiologis yang terjadi pada metabolisme aerobik (Wikipedia, 2008; Halliwell & Gutteridge, 1999). Stres oksidatif yang terjadi berlebihan akan menimbulkan efek yang patologis.

Olahraga dapat dilakukan dengan berbagai metode, salahsatu metode latihan yang banyak dilakukan oleh atlet adalah latihan interval dengan istirahat aktif. Latihan interval merupakan salahsatu sistem latihan yang dilakukan dengan pengulangan intensitas tinggi dan diikuti oleh periode istirahat/aktivitas rendah (Fox dkk, 1993). Selama ini latihan interval dengan istirahat aktif dianggap memiliki banyak

keuntungan, antara lain: menghemat waktu, membakar kalori lebih banyak, meningkatkan kekuatan, meningkatkan kecepatan, meningkatkan *endurance* (Brunswick, 2008). Jika dibandingkan dengan sistem latihan lainnya, latihan interval terbukti lebih efektif meningkatkan prestasi seorang atlet (Fox, 1984). Beberapa penelitian menyebutkan bahwa latihan dengan bentuk interval istirahat aktif telah terbukti lebih meningkatkan proses pemulihan asam laktat daripada latihan interval istirahat pasif (Cochrane, 2004). Latihan interval dengan istirahat aktif juga lebih meningkatkan daya tahan otot tungkai serta kecepatan lari (Liskustyowati, 1995). Sejauh ini telah terbukti bahwa latihan interval istirahat aktif memiliki banyak keuntungan daripada latihan interval dengan istirahat pasif, akan tetapi sampai saat ini indikator yang menunjukkan bahwa kedua latihan tersebut menguntungkan dari stres oksidatif belum diketahui.

Derajat stres oksidatif dapat diukur dengan berbagai cara, antara lain: dengan mengukur kadar Malondialdehyde (MDA) plasma dan aktivitas enzim Superoksida Dismutase (SOD) eritrosit. Terbentuknya MDA dianggap sebagai suatu petanda biologis untuk mengukur derajat stres oksidatif yang terjadi pada suatu organisme (McBridge & Kraemer, 1999), karena MDA merupakan senyawa toksik hasil akhir terputusnya rantai karbon asam lemak pada proses peroksidasi lipid. Proses oksidasi lipid ini merupakan salahsatu hasil kerja dari radikal bebas yang diketahui paling awal dan paling mudah pengukurannya. Menurut Winarsi (2007), MDA dalam plasma merupakan salahsatu indikator yang memiliki sensitivitas reaksi yang paling tinggi, ketika dalam suatu jaringan terdapat radikal bebas. Salahsatu enzim antioksidan yang berguna sebagai sistem pertahanan terhadap senyawa oksigen rektif adalah SOD. Aktivitas enzim SOD memiliki peran yang penting dalam sistem pertahanan tubuh, terutama terhadap aktivitas senyawa oksigen reaktif yang dapat menyebabkan

terjadinya stres oksidatif (Gur dkk, 2003:99). Eritrosit merupakan suatu sel yang tidak mempunyai inti sehingga tidak bisa mensintesis protein. Penggunaan aktivitas enzim SOD eritrosit sebagai indikator derajat stres oksidatif memiliki keuntungan karena enzim ini tidak dapat disintesis baru sehingga dapat terhindar dari hasil bias pengukuran. Selain itu enzim SOD ini terdapat dalam semua organisme aerob, dan sebagian besar berada dalam tingkat intraseluler, sehingga SOD dapat digunakan sebagai indikator tidak langsung yang digunakan untuk mengetahui adanya senyawa oksigen reaktif.

Pembuktian tentang terjadinya peningkatan jumlah radikal bebas oksigen selama berolahraga, sulit dilakukan karena umur radikal bebas sangat singkat (mikrodetik) (Erman, 2003:63). Mengingat bahaya yang ditimbulkan akibat stres oksidatif selama aktivitas fisik, maka perlu diungkap perbedaan pengaruh latihan interval istirahat aktif dan istirahat pasif terhadap derajat stres oksidatif. Indikator terjadinya stres oksidatif pada penelitian ini dilihat dari tingginya tingkat peroksidasi lemak pada membran sel dengan indikator kadar MDA dalam plasma darah dan aktivitas enzim SOD yang terdapat dalam eritrosit

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas maka masalah pokok yang dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Apakah ada perbedaan pengaruh latihan interval istirahat aktif dan istirahat pasif terhadap kadar MDA plasma?
2. Apakah ada perbedaan pengaruh latihan interval istirahat aktif dan istirahat pasif terhadap aktivitas enzim SOD eritrosit?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

#### **1.3.1. Tujuan umum**

Tujuan umum penelitian adalah ingin mengetahui perbedaan pengaruh latihan interval istirahat aktif dan latihan interval istirahat pasif terhadap derajat stres oksidatif.

#### **1.3.2. Tujuan khusus**

1. Untuk membuktikan bahwa terdapat perbedaan pengaruh antara latihan interval istirahat aktif dan istirahat pasif terhadap kadar MDA plasma.
2. Untuk membuktikan bahwa terdapat perbedaan pengaruh antara latihan interval istirahat aktif dan istirahat pasif terhadap aktivitas enzim SOD eritrosit.

### **1.4. Manfaat Penelitian**

#### **1.4.1. Manfaat akademik**

1. Memberikan sumbangan informasi ilmiah untuk meningkatkan pemahaman tentang pengaruh yang terjadi akibat latihan interval istirahat aktif dan istirahat pasif terhadap derajat stres oksidatif.
2. Memberikan sumbangan informasi ilmiah bagi pengembangan ilmu keolahragaan dengan menggunakan konsep radikal bebas.

#### **1.4.2. Manfaat praktis**

1. Memberikan pemahaman kepada masyarakat tentang dampak latihan interval istirahat aktif dan istirahat pasif dalam upaya meningkatkan kesehatan, kesegaran jasmani dan prestasi yang fisiologis.
2. Memberikan pemahaman kepada masyarakat agar senantiasa meminimalisir timbulnya derajat stres oksidatif akibat olahraga.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Latihan Fisik**

##### **2.1.1. Pengertian latihan fisik**

Latihan merupakan suatu aktivitas fisik yang direncanakan, dan memiliki tujuan untuk meningkatkan kebugaran atau menjaga kebugaran tubuh (Powers & Edward, 2007:321). Hal senada juga dikemukakan oleh Bompa (1983:294) bahwa latihan adalah suatu aktivitas olahraga yang sistematis dalam jangka yang lama, progresif dan individual yang bertujuan untuk membentuk fungsi fisiologis dan psikologis manusia untuk memenuhi tugas yang dibutuhkan. Pada prinsipnya latihan adalah memberikan tekanan fisik secara teratur, sistematis, berkesinambungan sehingga dapat meningkatkan kemampuan fisik di dalam melakukan aktivitas (Fox dkk, 1993:69).

##### **2.1.2. Metode latihan fisik**

Ada 2 metode dasar yang digunakan untuk program suatu latihan, yaitu: latihan kontinyu dan latihan interval (Fox dkk, 1993:299).

###### **1) Latihan interval**

Latihan interval adalah suatu sistem latihan yang diselingi oleh interval yang berupa masa istirahat. Jadi, latihan (misalnya lari) – istirahat – latihan – istirahat – latihan dan seterusnya (Harsono, 1988:156). Menurut Wikipedia (2008:1) latihan interval adalah latihan yang dilakukan dengan pengulangan intensitas tinggi dan diikuti oleh periode istirahat/aktivitas rendah. Hal senada juga dikemukakan oleh Fox dkk (1993:300) bahwa latihan interval adalah suatu rangkaian latihan yang berulang dan berganti dengan masa istirahat. Latihan interval ini merupakan program latihan kondisi fisik yang dapat dilaksanakan untuk seluruh cabang olahraga.

Menurut Soekarman (1987:77) latihan interval dibedakan menjadi 2, yaitu: interval kerja (*work interval*) dan interval istirahat (*relief interval*). Interval kerja adalah bagian dari interval training yang terdiri dari kerja yang berat (intensitasnya yang tinggi) seperti lari 100m, sedangkan Interval istirahat adalah bagian dari interval training di mana ada waktu untuk istirahat. Maksud dari istirahat ini ialah memberi kesempatan tubuh untuk pulih asal (Soekarman, 1987:77). Interval istirahat ini dibagi menjadi interval istirahat aktif dan pasif. Yang dimaksud istirahat aktif adalah melakukan kegiatan ringan diantara aktivitas yang berat (seperti jogging kecil), sedangkan istirahat pasif adalah tidak melakukan kegiatan yang berat (hanya duduk, atau jalan).

Menurut Rushall (1990:11), latihan interval terbagi menjadi 3, yaitu:

a. *Long Interval Training*

Digunakan untuk olahraga yang mengembangkan sistem energi aerobik sebagai energi utama, dengan bentuk latihan sebagai berikut:

- Durasi kerja : 2 – 5 menit
- Intensitas kerja : 75 – 80 % dari kerja terbaiknya
- Durasi pemulihan : 2 – 8 menit
- Ratio kerja dan istirahat : 1:1 sampai 1:2
- Banyaknya pengulangan : 2 sampai 12 kali ulangan

b. *Intermediate Interval Training*

Digunakan untuk pengembangan latihan yang menggunakan sistem energi aerobik dan anaerobik, baik ketahanan aerobik maupun ketahanan anaerobik. Dengan bentuk latihan sebagai berikut:

- Durasi kerja : 30 detik – 2 menit
- Intensitas kerja : 90 – 95 % dari kerja terbaiknya
- Durasi pemulihan : 2 – 6 menit



Ratio kerja dan istirahat : 1:2 sampai 1:3

Banyaknya pengulangan : 3 sampai 12 kali ulangan

c. *Short Interval Training*

Digunakan untuk pengembangan ATP-PC sebagai sistem energi utama, khususnya untuk kekuatan otot (*muscular power*) yang tinggi. Dengan bentuk latihan sebagai berikut:

Durasi kerja : 5 – 30 detik

Intensitas kerja : > 95 % dari kerja terbaiknya

Durasi pemulihan : 15 – 150 detik

Ratio kerja dan istirahat : 1:3 sampai 1:5

Banyaknya pengulangan : 5 sampai 20 kali ulangan

Fox dkk (1993:299) menegaskan bahwa latihan interval ini mempunyai manfaat yang lebih baik dibandingkan dengan metode latihan lainnya dalam meningkatkan kondisi fisik. Manfaat tersebut, antara lain:

- a. Dapat mengendalikan dengan tepat beban yang diberikan pada waktu latihan.
- b. Dengan pengamatan sehari-hari secara sistematis mudah mengetahui kemajuan.
- c. Dapat diterapkan dalam semua cabang olahraga.
- d. Dapat menerapkan latihan beban bertambah secara bervariasi dengan dosis yang tepat sehingga latihan tidak membosankan, namun dapat mencapai sasaran.
- e. Energi potensial dapat meningkat lebih cepat dibandingkan metode lainnya.
- f. Tanpa membutuhkan peralatan yang khusus.

Selain itu, latihan interval juga lebih menurunkan kadar glukosa darah (segera setelah latihan) dibandingkan dengan latihan kontinyu (Iswati, 2005:1).

2) Latihan kontinyu

Latihan kontinyu adalah latihan yang dilakukan secara terus menerus tanpa diselingi istirahat, latihan ini paling tepat digunakan untuk meningkatkan daya tahan

(Idionline, 2004:1). Biasanya menggunakan 60-80% dari  $VO_{2max}$  (McArdle, 2001:489). Konsumsi oksigen selama latihan kontinyu berhubungan dengan produksi ATP untuk kontraksi otot yang lebih dominan pada mekanisme aerobik (Fox dkk, 1993:308).

Menurut Tangkudung (2006:50), ciri khas dari metode ini yaitu:

1. Dalam melaksanakan latihan dilakukan dengan intensitas yang konstan
2. Dalam pelaksanaannya memakan waktu yang relatif lama

Efek utama yang ditimbulkan akibat melakukan latihan kontinyu, antara lain: dapat meningkatkan konsumsi oksigen, dapat merubah *low caloric user* menjadi *high caloric user*, dapat memobilisasi dan utilisasi *free fatty acid* (Suharto, 1978:3). Metode latihan kontinyu ini dianjurkan untuk latihan peningkatan daya tahan secara keseluruhan dan mengurangi kelelahan yang berarti. Metode ini akan menimbulkan peningkatan efektivitas kerja organ dalam tubuh. Selain itu juga dapat meningkatkan *self control* atlet pada waktu melakukan latihan yang melelahkan, dan kemampuannya untuk merangsang beberapa kelompok otot yang memegang peranan di dalam pelaksanaan latihan cabang olahraga (Tangkudung, 2006:50). Karena latihan kontinyu ini memiliki durasi latihan yang lebih lama, dan panjang memungkinkan terjadinya kejenuhan pada atlet (Nasution, 2002:41).

### 2.1.3. Penentuan dosis beban latihan

Penentuan dosis latihan adalah menetapkan tentang ukuran beban latihan yang harus dilakukan oleh atlet untuk jangka waktu tertentu. Adaptasi fisiologis dari suatu program latihan, terutama ditentukan oleh intensitas beban latihan yang overload. Menurut McArdle (2001:478) ada 7 cara berbeda yang digunakan untuk mengukur intensitas latihan secara cepat, antara lain:

1. Energi yang dihabiskan tiap unit waktu (*energy expended per unit time*),  
contoh:  $9 \text{ kcal} \cdot \text{min}^{-1}$  atau  $37,8 \text{ kJ} \cdot \text{min}^{-1}$ .
2. Tingkat energi absolut (*absolute exercise level or power output*).

3. Tingkatan metabolisme relatif yang dinyatakan dalam persentase  $VO_{2\max}$ .
4. *Onset of Blood Lactate (OBLA)*, contoh: 4 mM laktat
5. Denyut jantung saat olahraga atau persentase dari denyut jantung maksimal (*percentage of maximum heart rate*), contoh:  $180 \text{ b} \cdot \text{min}^{-1}$  atau  $80\% \text{ HR}_{\max}$
6. Pengukuran metabolisme istirahat (*Multiples of Resting Metabolic Rate*), contoh: 6 METs
7. Penilaian penggunaan beban (*Rating of Perceived Exertion*), contoh: RPE = 14.

Dibawah ini akan dijelaskan secara ringkas tentang metode tersebut:

#### 1) *Energy expended per unit time*

*Energy expended per unit time* berarti sejumlah energi yang dihabiskan untuk melaksanakan suatu aktivitas tiap satuan waktu. Pada umumnya dihitung menurut jumlah oksigen yang dikonsumsi selama melakukan aktivitas (Fox, 1984:24). Menggunakan satuan  $\text{kcal} \cdot \text{min}^{-1}$  atau  $\text{kJ} \cdot \text{min}^{-1}$  (McArdle, 2001:478).

#### 2) *Absolute exercise level or power output*

*Power output* merupakan *work output* yang dinyatakan dalam *power unit* (*work per unit of time*) (Fox dkk, 1993:84). Contoh: *cycle/putaran* pada  $900 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{min}^{-1}$  atau 147 W, yang ditulis dalam rumus:

$$\text{Power} = \frac{\text{Work}}{\text{Time}} \quad \text{atau} \quad \text{Power} = \frac{(F \times D)}{t}$$

Keterangan: W = Work (kg-m)

F = Force (kg)

D = Distance (meter)

P = Power (kg-m /min atau watt)

#### 3) *Relative metabolic level*

*Relative metabolic level* adalah tingkatan metabolisme relatif dinyatakan dalam persentase  $VO_{2\max}$  (McArdle, 2001:478).  $VO_{2\max}$  adalah volume oksigen maksimum

yang dikonsumsi oleh tubuh setiap menit ketika melakukan olahraga, juga ketika bernapas dalam air (Powers & Edward, 2007:424). Konsumsi oksigen ini berbanding lurus dengan energi yang dikeluarkan (Seiler, 1996:1). Ketika kita mengukur konsumsi oksigen, secara tidak langsung kita juga mengukur kapasitas aerobik maksimal individu. Persentase  $VO_{2max}$  biasanya digunakan dalam menentukan besar/kecilnya intensitas suatu latihan, sedangkan  $VO_{2max}$  digunakan untuk mengukur kebugaran jantung (Franklin, 2000:107). Dinyatakan dalam rumus:

$$VO_2 = HR \times SV \times (CaO_2 - C_vO_2)$$

Dimana :

$VO_2$  = Konsumsi oksigen (mL/minute)

HR = *Heart rate* (beat/minute)

SV = Stroke volume (mL/beat)

$CaO_2 - C_vO_2$  = Perbedaan oksigen arteri dan vena (mL oksigen/dL darah)

Besarnya  $VO_{2max}$  ini dipengaruhi oleh umur, berat badan, tinggi badan, jenis kelamin, massa otot, aktivitas, kondisi fisik, dan penyakit (Franklin, 2000:107).

#### 4) OBLA (Onset of Blood Lactate)

Intensitas latihan bisa ditentukan dari ambang laktat (*lactate threshold*) dan permulaan akumulasi laktat darah (*onset of blood lactate acumulation*). Menurut Powers & Edward (2007:59), OBLA didefinisikan sebagai intensitas latihan (atau konsumsi oksigen) ketika kadar laktat darah mencapai 4 milimol per Liter. Beberapa ahli fisiologi olahraga lebih senang menggunakan OBLA sebagai penentu intensitas latihan daripada menggunakan ambang laktat (Wilmore & Costill, 2005:1).

Salahsatu faktor yang dapat menimbulkan kelelahan adalah penumpukan asam laktat. Pembentukan asam laktat akan meningkatkan konsentrasi  $H^+$  dan ion ini akan menghambat terjadinya kontraksi  $H^+$  juga menghambat kerja enzim anaerobik (Soekarman, 1987:38). Asam laktat darah pada latihan kontinyu akan lebih cepat

kembali ke normal daripada latihan interval, hal ini terjadi karena sebagian besar asam laktat dioksidasi melalui sistem aerobik (lebih dari 60%) (Patellongi dkk, 2000:71). Ambang batas anaerobik untuk laktat sebesar 4 mM. Berlatih pada ambang laktat (*lactate threshold*) atau sedikit di atas ambang laktat, merupakan salahsatu latihan yang dapat meningkatkan kapasitas aerobik seseorang (McArdle, 2001:481; Janssen, 1993:167).

#### 5) *Heart rate method*

Setiap latihan biasanya ditentukan dari besarnya denyut jantung yang harus dicapai atau yang biasa dikenal dengan *Target Heart Rate* (THR). Metode ini lebih menekankan pada kemampuan sistem kerja jantung-paru. Contoh:  $180 \text{ b} \cdot \text{min}^{-1}$  atau  $80\% \text{ HR}_{\text{max}}$ . Menurut Soekarman (1987:64) ada dua macam cara untuk menentukan THR, yaitu:

##### 1. Cadangan denyut jantung (*Heart Rate Reserve* = HRR)

$\text{HRR} = \text{denyut jantung maksimal} - \text{denyut jantung istirahat}$

$\text{Target Heart Rate} = 75\% \text{ HRR} + \text{denyut jantung istirahat}$ .

Bila denyut jantung maksimal 220, denyut jantung istirahat 70, maka

$\text{THR} = 75\% (\text{denyut jantung maksimal} - \text{denyut jantung istirahat}) + \text{denyut jantung istirahat}$   
 $= 75/100 \times (220 - 70) + 70 = \pm 180 \text{ per menit}$ .

Jadi pada setiap latihan yang harus dicapai ialah beban yang menaikkan denyut jantung sampai 180. kalau terlatih maka denyut jantung istirahat akan menurun sehingga HRR meningkat dan THR menjadi berubah sehingga beban latihan juga dapat ditingkatkan.

Contoh: denyut jantung istirahat adalah 50, maka:

$$\text{THR} : 75 / 100 (220 - 50) + 50 = 177$$

## 2. Denyut jantung maksimal (*Maximal Heart Rate*)

Karena denyut jantung itu dipengaruhi oleh umur, maka pengukuran:

$$\text{HR max} = 220 - \text{umur}$$

Untuk olahraga prestasi:

$$\text{Denyut nadi latihan (training zone)} = (80-90) \% \times \text{HR max}$$

Untuk olahraga kesehatan:

$$\text{Denyut nadi latihan (training zone)} = (70-85) \% \times \text{HR max}$$

Apabila dibandingkan THR, HRR dengan HR max maka didapatkan hasil:

**Tabel 2.1. Perbandingan THR, HRR dan HR max**  
(Sumber: Soekarman, 1987:64)

THR (denyut/menit)	% HRR	%HR max
186	90	93
180	85	90
173	80	87
166	75	83
160	70	80
153	65	76
146	60	73

## 6) MET (metabolic equivalent)

MET adalah salahsatu cara yang digunakan untuk mengukur energi total yang dikeluarkan selama melakukan aktivitas fisik (Mahler dkk, 2004:139). MET merupakan singkatan dari *Metabolic Equivalent* (McArdle, 2001:478). Satu MET didefinisikan sebagai jumlah 3,5 mililiter oksigen yang dikeluarkan tiap satu menit untuk masing-masing kilogram (2,2 pon) berat badan dan ditulis  $1 \text{ MET} = 3,5 \text{ mL/kg} \cdot \text{min}^{-1}$  (Fox dkk, 1993:78; Yarboro, 2006:1).

Dalam beberapa kasus, MET sebanding dengan  $3,5 \text{ mL/kg} \cdot \text{min}^{-1}$  merupakan konstanta yang dapat digunakan pada pria dan wanita, anak laki-laki dan anak perempuan, tua dan muda, orang gemuk dan kurus, dan juga pada orang yang memiliki kesegaran jasmani baik tinggi maupun rendah. Menurut Fox (1993:79) MET bisa digunakan untuk mengklasifikasikan olahraga dengan intensitas yang berbeda, yaitu:

olahraga dengan intensitas ringan ( $< 3$  MET), intensitas optimal ( $< 8$  MET), dan olahraga yang berat ( $> 12$  MET).

#### 7) RPE (rating of perceived exertion)

Untuk mengukur intensitas suatu latihan bisa dilihat dari konsumsi oksigen, heart rate, dan asam laktat. Selain itu bisa juga menggunakan RPE, yang merupakan singkatan dari *Rating of Perceived Exertion* (McArdle, 2001:481). RPE adalah derajat/tingkat ketegangan yang dialami saat melakukan pekerjaan fisik berdasarkan metode penilaian beban maksimum (Borg, 1998:1; Mahler dkk, 2004:58). Derajat ketegangan fisik ini diukur dari beberapa sumber, yaitu *cardiorespiratory system*, *musculoskeletal system*, *mechano*, *thermal* (berhubungan dengan panas tubuh), *chemo receptors* dan juga faktor psikologi (seperti: motivasi, program latihan, kebencian). Skala RPE ini dapat digunakan dalam berbagai macam bidang, seperti: ergonomik, rehabilitasi/klinis, program latihan/atlit, dan juga untuk mengukur mental *workload* (Borg, 1998:1). Skala Borg dapat dilihat pada tabel 2.2.

**Tabel 2.2. Skala RPE (*Rating of Perceived Exertion*) Borg  
(Sumber: Borg, 1998:1)**

RPE Scale	Equivalent % HRmax	Exercise Intensity % VO2max
6		
7 Very Very Light		
8		
9 Very Light	52-66	31-50
10		
11 Fairly Light		
12	61-85	51-75
13 Somewhat hard		
14	86-91	76-85
15 Hard		
16	92	85
17 Very Hard		
18		
19 Very Very Hard		



RPE secara efektif dapat menetapkan dan mengatur satu dosis latihan untuk intensitas yang sesuai dengan konsentrasi laktat darah. Misalnya 2,5 mM laktat (RPE  $\approx$  15), dan 4,0 mM laktat (RPE  $\approx$  18). Setiap individu akan lebih mudah dan cepat mempelajari metode RPE ini (McArdle, 2001:481).

## **2.2. Respon latihan fisik**

McArdle (2001:22) menyebutkan bahwa ada dua istilah latihan yang kita kenal yaitu *acute exercise* dan *chronic exercise*. *Acute exercise* adalah latihan yang dilakukan hanya sekali saja atau disebut juga dengan *exercise*, sedangkan *chronic exercise* adalah latihan yang dilakukan secara berulang-ulang sampai beberapa hari/sampai beberapa bulan (*training*). Hal yang perlu diperhatikan, dengan melakukan *training* (pelatihan/program latihan) akan terjadi perubahan di dalam tubuh sedangkan dengan melakukan *exercise* perubahan yang terjadi hanya bersifat sementara (waktu yang relatif singkat). Perubahan yang terjadi pada waktu seseorang melakukan *exercise* disebut dengan respon. Sedangkan perubahan yang terjadi karena *training* disebut adaptasi.

Respon fisik yang tampak menurut *Football Association England* (2006:1), antara lain: denyut jantung berdetak lebih keras dan lebih cepat, bernapas lebih cepat dan dalam, berkeringat, suhu tubuh meningkat, merasa haus, otot-otot terasa berkontraksi.

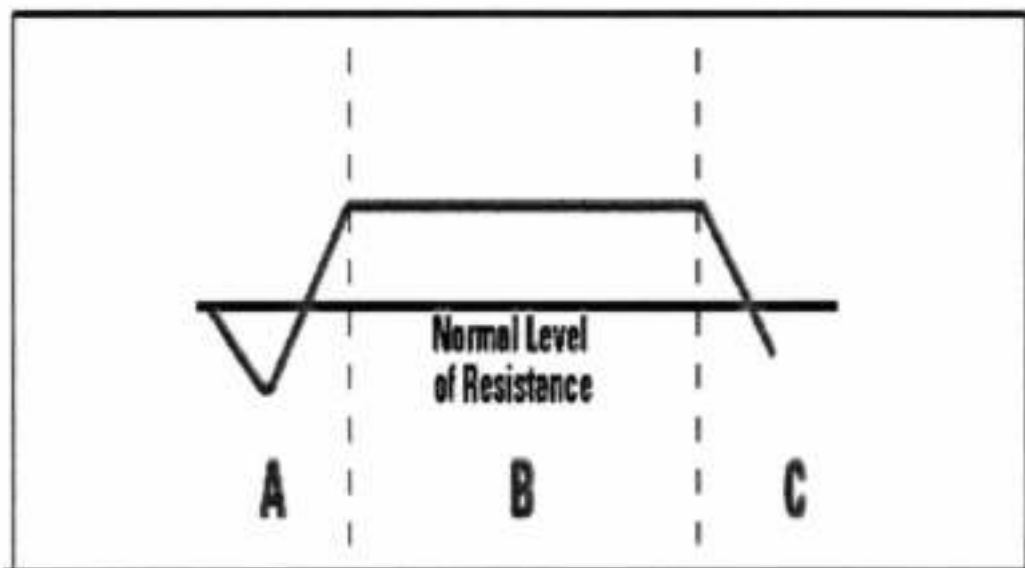
### **2.2.1. Respon secara umum**

Respon merupakan “jawaban sewaktu” menyebabkan terjadinya perubahan fungsi organ tubuh yang bersifat sementara dan berlangsung tiba-tiba, sebagai akibat dari aktivitas fisik. Perubahan fungsi ini akan hilang dengan segera dan kembali normal setelah aktivitas dihentikan (Sugiharto, 2003:7). Respon tubuh terhadap latihan fisik merupakan usaha tubuh dalam menjaga homeostatis (keseimbangan). Respon diartikan sebagai perubahan yang terjadi pada saat melakukan aktivitas fisik, seperti: peningkatan frekuensi pernapasan, denyut jantung, tekanan darah, yang akan menjadi



normal beberapa saat setelah aktivitas fisik dihentikan (Patellongi, 1999:23). Setiap latihan fisik atau latihan akan menimbulkan respon atau tanggapan dari organ tubuh terhadap dosis/beban latihan yang diberikan, hal ini merupakan usaha penyesuaian diri dalam rangka menjaga keseimbangan lingkungan yang stabil atau bisa disebut juga dengan homeostasis.

Respon adaptasi tubuh terhadap beban latihan olahraga menurut Rushall & Pyke (1990:4) diwujudkan dengan fenomena respon “sindroma adaptasi umum” atau *general adaptation syndrome* (GAS). Teori tentang GAS ini ditemukan oleh Hans De Selye pada tahun 1936, yang mengemukakan bagaimana respon tubuh manusia ketika menghadapi stres (Mehdi, 2007:1). Sedangkan olahraga merupakan salahsatu stres fisik. Hans De Selye membagi respon GAS menjadi 3 tahap, yaitu: tahap alarm, tahap adaptasi dan tahap kelelahan (seperti yang terlihat dalam gambar 2.1).



**Gambar 2.1. Tahapan *General Adaptation Syndrome***  
(Sumber: Mehdi, 2007:1)

**Keterangan Gambar:**

- A. Reaksi Alarm. Tubuh menunjukkan terjadinya perubahan pertama kali ketika ada stressor. Pada waktu yang sama, ketahanan tubuh akan berkurang. Jika stressornya cukup kuat (seperti kepanasan yang tinggi, perubahan temperatur yang ekstrim) akan dapat mengakibatkan kematian.
- B. Tahap daya tahan. Daya tahan terjadi ketika stressor berlangsung terus menerus dan mampu ditanggapi tubuh dengan adaptasi. Perubahan reaksi tubuh yang terjadi ketika reaksi alarm, sudah hampir menghilang, dan daya tahan tubuh naik diatas normal. Jika tahapan ini berlangsung terlalu lama, maka hiperadaptasi dapat terjadi.
- C. Tahap kelelahan. Jika exposure diperpanjang dengan stressor yang sama, sampai tubuh telah dapat menyesuaikan. Maka dengan cepat, energi untuk adaptasi dilelahkan. Dan tanda reaksi alarm akan muncul kembali, tetapi sekarang tidak dapat diubah lagi, dan setiap individu dapat mengalami gejala dari gagal ginjal.

### 1. Tahap Alarm

Tahap alarm terjadi saat tubuh mulai mendeteksi stimulus yang berasal dari luar, dan akan ditanggapi dengan segera jika terjadi gangguan homeostatis (Mehdi, 2007:1). Tahap ini terjadi akibat adaptasi tubuh terhadap olahraga yang bersifat akut. Perubahan yang terjadi, antara lain: peningkatan denyut jantung istirahat, mobilisasi glikogen otot (Zuck, 2008:1), medula adrenal memproduksi epineprin dan norepineprin, sedangkan kortek adrenal akan memproduksi kortisol. Pada tahap ini ketahanan terhadap terjadinya infeksi akan menurun dan mekanisme sistem pertahanan tubuh akan diaktifkan, pada gambar 2.1. tahap alarm ini ditunjukkan dengan huruf "A".

### 2. Tahap Adaptasi

Tahap adaptasi adalah tahapan yang terjadi ketika tubuh menanggapi stres dengan adaptasi maksimal, hal ini ditandai dengan peningkatan kerja kortek adrenal, perubahan pada *muscle tone* (Zuck, 2008:1), tubuh menjadi lebih kuat, lebih cepat, peningkatan massa otot, dan sebagainya. Hans De Selye mengemukakan bahwa tahap adaptasi ini terjadi setelah 2 hari dari tahap alarm, dan akan terjadi adaptasi yang sempurna setelah 4 minggu latihan atau lebih (Mehdi, 2007:1). Waktu ini bervariasi, tergantung dari beban latihan dan kebugaran fisik masing-masing individu.

### 3. Tahap Kelelahan

Tahap kelelahan terjadi jika stres terus menerus berlangsung dan pertahanan tubuh akan menurun (Zuck, 2008:1) Tahap ini biasa disebut dengan *overtraining* atau

*overstress*. Kelelahan bisa terjadi karena stres yang terlalu besar atau stres yang frekuensinya terlalu tinggi, dalam kedua sebab ini tubuh tidak mampu untuk melakukan adaptasi sehingga terjadi kelelahan (Mehdi, 2007:1). *Overstress* menyebabkan terjadinya perubahan, seperti: ulceration gastrointestinal, kerja kortek adrenal yang hiperaktif (karena peningkatan konsentrasi kortisol dalam serum), menurunnya konsentrasi imunoglobulin dalam saliva (indikator *immuno-suppression*), kekakuan pada otot, tendon, dan sendi (Zuck, 2008:1).

### **2.2.2. Tinjauan radikal bebas**

Seperti yang telah disebutkan diatas bahwa respon merupakan jawaban sewaktu, jika respon olahraga ditinjau dari sudut pandang radikal bebas dapat berupa: penurunan kontrol respirasi di mitokondria, hilangnya integritas struktur pada retikulum sarkoplasma, dan meningkatnya beberapa tanda dari peroksidasi lemak (Halliwell & Gutteridge, 1999:535). Selain itu juga terjadi peningkatan aktivitas enzim antioksidan. Olahraga yang bersifat akut dengan intensitas sedang, dapat menstimulasi aktivitas enzim antioksidan. Hal ini merupakan salahsatu mekanisme pertahanan dari sel jika terjadi stres oksidatif (Banerjee dkk, 2004:1).

Radikal bebas meningkat saat terjadi peningkatan konsumsi oksigen (peningkatan respirasi) dan disertai dengan proses reduksi yang dapat merangsang oksigen. Selama olahraga akan terjadi peningkatan konsumsi oksigen sebesar 10 sampai 15 kali, sedangkan aliran oksigen yang menuju otot aktif akan meningkat sekitar 100 kali (Kanter, 1998:9). Peningkatan kebutuhan oksigen akan menyebabkan terjadinya peningkatan proses oksidasi di dalam tubuh. Salahsatu hasil samping dari proses oksidasi adalah molekul oksigen yang tidak stabil seperti radikal bebas. Hal inilah yang dapat menjelaskan bahwa peningkatan metabolisme saat olahraga akan dapat meningkatkan produksi radikal bebas.

## 2.3. Oksidan dan Radikal Bebas

### 2.3.1. Definisi oksidan dan radikal bebas

Pengertian oksidan dan radikal bebas sering dianggap sama karena keduanya memiliki kemiripan sifat. Kedua jenis senyawa ini juga memiliki aktivitas yang sama dan memberikan akibat yang hampir sama, meskipun melalui proses yang berbeda. Dalam ilmu kimia, pengertian oksidan adalah senyawa penerima elektron (*electron acceptor*), yaitu senyawa yang dapat menarik elektron (Winarsi, 2007:13), misalnya ion ferri ( $\text{Fe}^{+++}$ ).



Sedangkan radikal bebas dapat didefinisikan sebagai atom atau sekelompok atom yang memiliki satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan pada orbital terluarnya (Halliwell, 1991:14; Marieb, 2001:81; Mayes, 1993:217).

Muatan radikal bebas bisa positif, negatif, atau netral. Radikal bebas ini memiliki daya reaktifitas yang tinggi dan tidak stabil. Radikal bebas dapat menginduksi reaksi berantai, jika berada dalam kondisi normal akan berjalan lambat, dan jika ada rantai inisiator bisa berjalan cepat/terakselerasi. Seperti jika ada radikal bebas yang lain (Robbins dkk, 1984:39).

### 2.3.2. Macam radikal bebas

Di dalam tubuh terdapat berbagai macam radikal bebas yang dikelompokkan berdasarkan nama atomnya. Ada empat jenis atom yang sering membentuk senyawa radikal di dalam tubuh, yaitu: radikal karbon, radikal oksigen, radikal sulfur dan radikal nitrogen (Halliwell & Gutteridge, 1999:37).

#### 1) Radikal karbon

Radikal karbon (*carbon centred radical*) merupakan salahsatu jenis radikal bebas yang elektron tidak berpasangannya terdapat pada karbon (Halliwell &

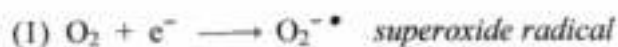
Gutteridge, 1999:37). Radikal karbon dapat terbentuk bila terjadi abstraksi dari suatu atom yang berikatan dengan atom karbon, seperti atom H pada rantai hidrokarbon.

Contoh: *Trichloromethyl* ( $\text{CCl}_3^\bullet$ ) merupakan salahsatu jenis dari radikal karbon.  $\text{CCl}_3^\bullet$  dibentuk selama metabolisme  $\text{CCl}_4$  di dalam hati, dapat menimbulkan efek toksik. Radikal karbon akan bereaksi sangat cepat dengan  $\text{O}_2$ , untuk membentuk *peroxyl radicals*, reaksinya:  $\text{CCl}_3^\bullet + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CCl}_3\text{O}_2^\bullet$

## 2) Radikal oksigen

Senyawa oksigen reaktif (*reactive oxygen species/ROS*) mengandung elektron yang tidak berpasangan, yaitu elektron yang menempati orbitalnya sendirian. Elektron ini mempunyai kecenderungan untuk menarik elektron dari molekul lainnya, oleh karena itu elektron ini dikatakan sebagai radikal bebas yang mempunyai daya reaktivitas yang tinggi. Oksigen ( $\text{O}_2$ ) lebih mudah berubah menjadi oksigen yang lebih reaktif, hal inilah yang dinamakan radikal bebas oksigen (Guyton, 2007:547). Radikal bebas oksigen berasal dari oksigen yang diperlukan oleh semua organisme aerobik termasuk manusia. Organisme aerobik memerlukan oksigen ( $\text{O}_2$ ) untuk membentuk energi yang berupa *adenosin triphosphate* (ATP) melalui proses oksidasi yang terjadi di dalam mitokondria. Dalam keadaan normal tubuh manusia juga mengandung radikal bebas, karena selalu terjadi proses oksidasi yang hasil sampingnya berupa molekul oksigen yang tidak stabil.

Molekul oksigen adalah *diradical* (terdiri dari 2 elektron yang tidak berpasangan dengan *parallel spin configuration*). Setiap elektron harus mempunyai *opposite spin* untuk menduduki orbit yang sama, maka harus dilakukan penambahan satu elektron pada molekul oksigen selama proses reduksi (Clarkson &Thompson, 2000:642). Berikut ini adalah tahapan proses reduksi oksigen dari radikal bebas, yang meliputi 4 tahap, yaitu:



Elektron yang tidak berpasangan ini mempunyai ikatan yang tidak stabil 2 elektron dengan spin antiparalel. Agar O dapat menerima sepasang elektron dari suatu substrat, spin salahsatu elektron pada O<sub>2</sub> atau spin salahsatu dari pasangan elektron pada substrat harus berubah dan proses reduksi satu elektron pada O<sub>2</sub> ini menghasilkan superoksida. O<sub>2</sub> sebenarnya adalah suatu biradikal, molekul ini memiliki dua elektron yang tidak berpasangan. Karena memiliki spin paralel, kedua elektron tersebut tidak dapat membentuk pasangan yang stabil secara termodinamis, dan berada di orbital yang terpisah (Marks dkk, 1996:323). Radikal superoksida merupakan salahsatu ROS hasil dari proses reduksi O<sub>2</sub> dengan sebuah elektron.



Superoksida ini hanya memiliki satu elektron yang tidak berpasangan oleh karena itu, kurang radikal jika dibandingkan dengan O<sub>2</sub> yang memiliki 2 elektron tidak berpasangan. Jika superoksida ini memperoleh tambahan H<sub>2</sub>O akan menghasilkan hidroperoksil (Marks dkk, 1996:323).



Hidrogen peroksida merupakan hasil reaksi dari hidroperoksil yang mendapatkan tambahan satu elektron. Walaupun jika dilihat dari definisinya hidrogen peroksida ini bukan termasuk radikal bebas, tetapi merupakan oksidan yang sangat penting dalam pembentukan radikal hidroksil. Karena hidrogen peroksida dapat mengawali terbentuknya radikal bebas, jika hidrogen peroksida ini bertemu dengan Fe<sup>2+</sup> atau logam transisi lainnya akan menghasilkan radikal hidroksil melalui reaksi Fenton (Marks dkk, 1996:324).



H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> merupakan bentuk tereduksi separuh dari O<sub>2</sub>, telah menerima 2 elektron. Oleh karena itu bukan merupakan radikal oksigen, namun dianggap sebagai spesies



oksigen reaktif karena dengan cepat dapat dirubah menjadi radikal hidroksil (Marks dkk, 1996:324). Semua derivat oksigen sangat reaktif karena mempunyai konfigurasi elektron yang berubah-ubah (Clarkson & Thompson, 2000:642).

### 3) Radikal sulfur

Radikal sulfur (*sulfur centred radical*) merupakan salahsatu jenis radikal bebas yang elektron tidak berpasangannya terdapat pada sulfur. Contoh: *thiyl radical* merupakan salahsatu jenis dari radikal sulfur, gabungan oksida dan thiol (R – SH) dalam logam transisi akan membentuk produk lain, seperti *thiyl radicals* (RS<sup>•</sup>) (Halliwell & Gutteridge, 1999:37).



### 4) Radikal nitrogen

Radikal nitrogen (*nitrogen centred radical*) terbentuk selama proses oksidasi *phenylhydrazine* dalam eritrosit, contohnya: *phenyldiazine radical* (Halliwell & Gutteridge, 1999:37). Rumus radikal nitrogen: C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>N = N<sup>•</sup>

### 2.3.3. Pembentukan radikal bebas selama aktivitas fisik

Sampai saat ini sumber dan modulator pembentukan senyawa oksidan pada saat olahraga belum diketahui dengan jelas, terdapat berbagai proses biologis yang diduga dapat menjadi sumber atau modulator pembentukan senyawa oksidan (Harjanto, 2003:43). Dalam keadaan normal tubuh juga membentuk radikal bebas saat terjadi metabolisme, umumnya pada reaksi redoks. Pembentukan radikal bebas oksigen merupakan penyebab utama terjadinya kerusakan sel atau jaringan pada latihan fisik (Sjodin dkk, 1990:236). Menurut Sjodin dkk (1990:236) pembentukan radikal bebas selama latihan dibagi menjadi 2 yaitu: pembentukan radikal bebas karena xantin oksidasi dan respirasi. Menurut Packer (1995:1) pembentukan radikal bebas selama latihan dibagi menjadi 3 yaitu: pembentukan radikal bebas selama respirasi, mekanisme iskemia-reperfusi, dan autooksidasi katekolamin. Sedangkan Clarkson & Thompson

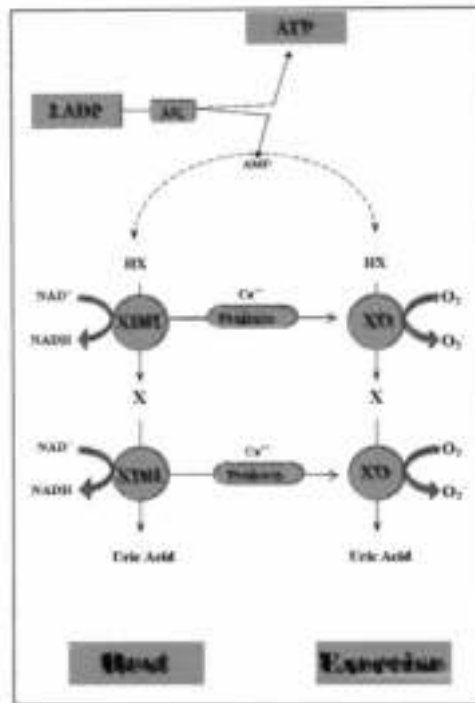
(2000:637) membaginya menjadi 3, yaitu: karena peningkatan katekolamin, produksi asam laktat dan proses inflamasi. Di bawah ini proses pembentukan radikal bebas selama latihan akan dibagi menjadi 6, yaitu: pembentukan radikal bebas karena xantin oksidase, respirasi, asam laktat, mekanisme iskemia-reperfusi, autooksidasi katekolamin, dan inflamasi.

#### (1) Pembentukan radikal bebas karena xantin oksidase

Banyak penelitian yang menyebutkan bahwa xantin oksidase dapat menyebabkan terjadinya kerusakan jaringan akibat pembentukan radikal bebas oksigen. Xantin oksidase adalah suatu enzim yang mereduksi  $O_2$  menjadi  $H_2O_2$  di dalam sitosol. Pada jaringan yang tidak rusak xantin oksidase terdapat sebagai suatu dehidrogenase yang dapat menggunakan  $NAD^+$  (bukan  $O_2$ ) sebagai akseptor elektron di dalam jalur degradasi protein (Marks dkk, 1996:330). Xantin oksidase akan meningkat jumlahnya ketika terjadi kerusakan jaringan selama iskemia di usus, ginjal, jantung, paru-paru, otak dan juga pada otot rangka. Xantin oksidase ini mengkatalisis oksidasi hipoxantin menjadi xantin, dan xantin menjadi asam urat, dalam reaksi ini NAD digunakan sebagai elektron penerima (Yunus, 2001:7).

Pada gambar 2.2 menggambarkan tentang reaksi dari *adenylate kinase* (AK) yang memimpin pembentukan ATP dan AMP dari 2 ADP. Dalam sel otot AMP dioksidasi oleh *hipoxanthine* (HX) yang selanjutnya akan menjadi *uric acid* (UA) dalam kapiler endotel sel. Selama kondisi normal saat istirahat reaksi ini dikatalisator oleh *xanthine dehydrogenase* (XDH) dengan NAD yang bermanfaat sebagai elektron penerima. Selama latihan berat atau dalam keadaan iskemia enzim ini akan mengganti *xanthine oxydase* (XO) dengan sebagian regulasi proteolisis dengan kalsium yang mengaktifkan protease. *Xanthine oxydase* dalam molekul oksigen bermanfaat sebagai elektron penerima dan juga sebagai bahan membentuk radikal bebas oksigen (Sjodin dkk, 1990:241).





**Gambar 2.2 Reaksi Xantin Oksidase dalam Kondisi Istirahat dan Latihan (Sumber: Sjodin dkk, 1990:241)**

(2) Pembentukan radikal bebas karena peningkatan konsumsi oksigen

Latihan dapat meningkatkan 10-20 kali lipat kebutuhan oksigen dalam tubuh sedangkan di dalam otot akan terjadi peningkatan kebutuhan oksigen antara 100-200 kali lipat. Sebagian besar pembentukan oksigen terjadi di dalam air, tetapi sebagian kecil (2-4%) oksigen akan dirubah menjadi superoksida melalui transport elektron. Jika superoksida ini memperoleh tambahan H<sub>2</sub>O akan menghasilkan hidropersil. Hidropersil yang mendapat tambahan satu elektron akan menghasilkan hidrogen peroksida. Hidrogen peroksida merupakan salahsatu oksidan yang mengawali terbentuknya radikal hidroksil (Mackenzie, 2004:1)

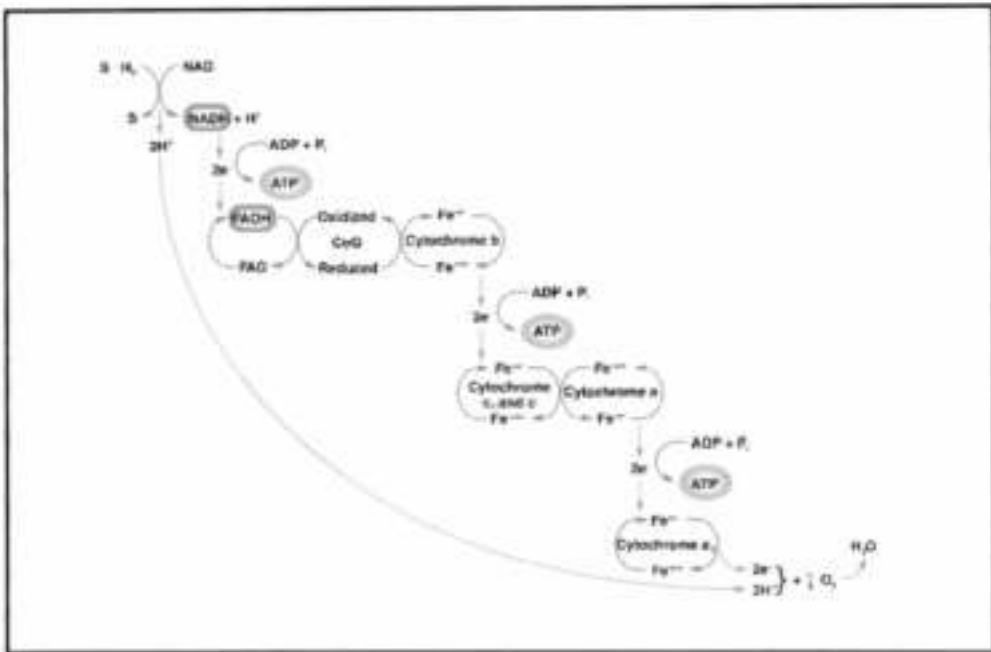
Radikal bebas meningkat saat terjadi peningkatan konsumsi oksigen (peningkatan respirasi) dan disertai dengan proses reduksi yang dapat merangsang oksigen. Karena proses inilah sehingga terjadi peningkatan reaksi pembentukan superoksida anion, hidrogen peroksida, radikal hidroksil, oksigen bebas, dan komponen radikal bebas yang lain (Spencer, 1994:141). Hal senada juga dikemukakan oleh Reall

(2003:3) bahwa konsumsi oksigen akan meningkat selama latihan akan menyebabkan terjadinya peningkatan produksi radikal bebas. Produksi radikal bebas yang melebihi normal akan menyebabkan terjadinya kerusakan jaringan (Reall, 2003:3). Setiap proses penggunaan oksigen sebagai energi sangat berpotensi meningkatkan produksi radikal bebas bermuatan partikel kimia. Hal ini akan menyebabkan membran sel dari sel darah merah dan sel otot mudah terjadi kerusakan (Pidcock, 2001:1). Latihan yang dilakukan dengan frekuensi tidak menentu akan menyebabkan proses metabolisme yang kurang sempurna, hal inilah yang memicu terjadinya stres oksidatif.

Proses oksidasi terjadi ketika ada peningkatan kebutuhan oksigen, perpindahan atom oksigen, atau transport elektron (lihat gambar 2.3). Hampir 4-5% oksigen yang dikonsumsi akan menjadi elektron bebas dalam rantai respirasi dan dibentuk menjadi salahsatu jenis radikal bebas yaitu radikal superoksida (Clarkson & Thompson, 2000:637; Macintosh, 1992:210). Setiap aktivitas fisik akan menyebabkan peningkatan kebutuhan oksigen, sehingga proses oksidasi di dalam tubuh juga ikut meningkat. Salahsatu hasil samping dari proses oksidasi adalah molekul oksigen yang tidak stabil seperti radikal bebas. Radikal bebas ini dapat merusak pembentukan ikatan kimia melalui proses oksidasi sehingga dapat menghancurkan dan merusak jaringan tubuh.

### (3) Pembentukan radikal bebas karena produksi asam laktat

Tingginya kecepatan metabolisme pada latihan fisik anerobik akan mengakibatkan terjadinya penumpukan asam laktat. Hal ini terjadi akibat kecepatan kebutuhan energi melebihi kecepatan dan kemampuan sistem transportasi oksigen untuk mensuplai oksigen ke dalam mitokondria. Pada keadaan insufisiensi oksigen ini, asam piruvat yang semestinya bersama CoA membentuk asetil CoA untuk kemudian membentuk asam sitrat ke dalam siklus krebs di mitokondria, justru berubah menjadi asam laktat di sitoplasma sel otot. Asam laktat yang terbentuk akan berdifusi ke darah, sehingga asam laktat meningkat (Yunus, 2001:8).



**Gambar 2.3. Sistem Transport Elektron (Sumber: Marks dkk, 1996:328)**

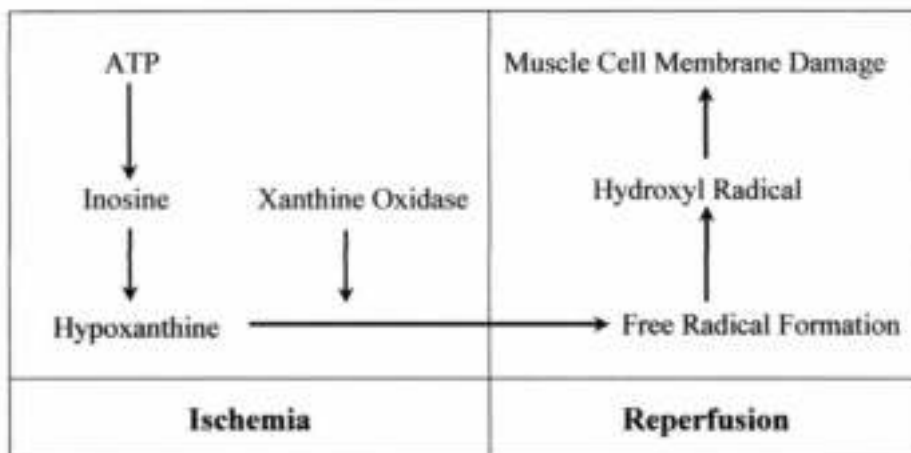
Produksi asam laktat yang meningkat akan merubah radikal bebas lemah (contohnya: radikal superoksida) menjadi radikal bebas yang kuat (contohnya: radikal hidroksil) sehingga berpotensi menimbulkan kerusakan jaringan (Clarkson & Thompson, 2000:637). Semakin banyak jumlah ROS yang terbentuk maka semakin banyak enzim antioksidan yang digunakan untuk menetralsirnya, dan semakin banyak pula ROS yang gagal dinetralsir oleh enzim antioksidan (Sjodin dkk, 1990:236). Senyawa oksigen reaktif yang tidak dapat dinetralsir akan dapat menyebabkan terjadinya kerusakan jaringan.

#### (4) Pembentukan radikal bebas karena iskemia dan reperfusi

Iskemia merupakan suatu keadaan berkurang/hilangnya suplai oksigen sedangkan reperfusi adalah proses mengalirnya kembali  $O_2$  pada jaringan yang mengalami iskemia (Halliwell & Gutteridge, 1999:202). Kembalinya distribusi darah selama otot bekerja akan menyebabkan terjadinya kondisi hipoksia pada ginjal, hati dan limfe. Intensitas latihan yang tinggi akan menyebabkan otot dalam keadaan hipoksia (kekurangan  $O_2$ ). Proses pengembalian oksigen setelah latihan akan menghasilkan

ROS, yaitu radikal bebas oksigen yang memiliki daya reaktivitas tinggi (Mackenzie, 2004:1).

Pembentukan *reactive oxygen species* (ROS) akan meningkat selama terjadi iskemia dan reperfusi. Pada gambar 2.4 menunjukkan bahwa iskemia-reperfusi akan mengakibatkan terjadinya kerusakan jaringan, yang diperantarai oleh xanthin oksidase (merupakan bentuk aktif dari xanthin dehidrogenase). Proses pengaktifan ini menghasilkan kondisi yang iskemik, ketika terjadi reperfusi akan menimbulkan terbentuknya radikal bebas dan kemudian terjadi kerusakan jaringan (McBride & Kraemer, 1999:177).



**Gambar 2.4. Mekanisme Iskemia-Reperfusi**  
(Sumber: McBride & Kraemer, 1999:177)

(5) Pembentukan radikal bebas karena autooksidasi katekolamin

Autooksidasi dari katekolamin akan meningkatkan produksi hormon stres seperti adrenalin dan noradrenalin. Selama latihan akan meningkatkan terjadinya stres oksidatif karena dikeluarkannya hormon stres tersebut. Peningkatan terjadinya stres oksidatif akan diiringi dengan peningkatan produksi radikal bebas dan ROS (Mackenzie, 2004:1). Peningkatan autooksidasi katekolamin selama latihan akan menyebabkan produksi  $O^{2-}$  akan bereaksi dengan molekul sejenis seperti: proton (dismutasi) dan hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ). Pembentukan  $H_2O_2$  akan bereaksi dengan logam transisi untuk membentuk radikal hidroksil ( $HO^{\cdot}$ ). Radikal hidroksil ini

mempunyai daya toksik yang tinggi sehingga dapat mempengaruhi struktur dan fungsi biomolekul, seperti: protein, lipid dan DNA (Packer, 1995:1).

Pengeluaran katekolamin ini berperan sangat penting dalam respon refleksi terhadap pembebanan mendadak dari lingkungan internal maupun eksternal, seperti: stres, nyeri, peradangan, olahraga, hipoglikemia, dan hipoksia. Pengeluaran tersebut diperantarai oleh transmisi impuls saraf yang di induksi oleh stres yang berasal dari ujung saraf sistem saraf simpatis (adrenergik) di hipotalamus (Marks dkk, 1996:685).

#### (6) Pembentukan radikal bebas karena terjadinya inflamasi

Ada mekanisme dasar yang menerangkan tentang bagaimana latihan dapat menyebabkan kerusakan. Mekanismenya yaitu terjadinya gangguan fungsi metabolisme yang secara mekanis ditunjukkan dengan terjadinya perobekan sel otot. Bila terjadi kerusakan otot segera merubah program latihan, karena jika hal tersebut dilanjutkan akan mempunyai dampak seperti pada *overtraining* (Bompa, 1990:202). Produksi radikal bebas akan meningkat selama inflamasi dan sebagai respon ketika terjadi kerusakan otot akibat *overexertion* (Clarkson & Thompson, 2000:637). Tidak semua pembentukan radikal bebas itu merugikan bagi tubuh. Radikal bebas yang keluar saat terjadi inflamasi digunakan untuk menghadapi serangan mikroorganisme patogen. Menurut McBride & Kraemer (1999:175) mekanisme pembentukan radikal bebas selama terjadinya inflamasi adalah daerah yang rusak atau fagositosis asing menyebabkan dikeluarkannya enzim proteolitik melalui proses degranulasi, enzim proteolitik ini dapat mengaktifkan radikal bebas.

Pada makhluk hidup, radikal bebas terbentuk di mitokondria, mikrosom, dan peroksisom melalui reaksi enzimatik yang berlangsung pada proses metabolisme normal atau pengaruh eksternal (Robbins dkk, 1984:41). Sedangkan menurut Evans (2000:648-649) produksi radikal bebas terjadi di dalam:

1) mitokondria, dengan adanya radikal bebas di dalam mitokondria ini akan menyebabkan enzim antioksidan akan berpindah di sekitar sarkoplasma;

2) kapiler endotel, jika tubuh dalam keadaan hipoksia atau tubuh mengalami proses reoksigenasi yang dilakukan selama latihan maka radikal bebas akan diproduksi; 3) pemecahan oksidatif, ketika ada sel yang meradang akan terjadi pemecahan secara oksidatif, gerak yang seperti inilah yang menyebabkan terjadinya kerusakan otot atau jaringan.

## **2.4. Antioksidan**

### **2.4.1. Definisi antioksidan**

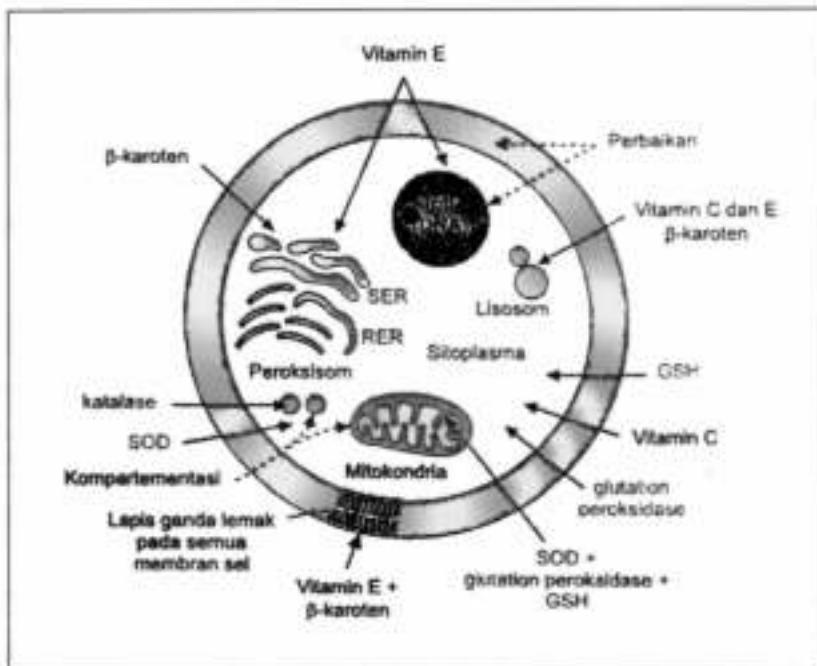
Antioksidan didefinisikan sebagai substansi dalam konsentrasi yang lebih rendah jika dibandingkan dengan substrat yang dapat teroksidasi yang secara signifikan menghentikan atau mencegah oksidasi dari substrat tersebut (McBride & Kraemer, 1999:179). Menurut Wikipedia (2008:1), antioksidan merupakan molekul yang mampu memperlambat atau mencegah terjadinya oksidasi dari molekul yang lain. Definisi lebih luas untuk antioksidan adalah senyawa yang melindungi sistem biologis dari dampak yang membahayakan, berasal dari proses oksidasi berlebihan.

Olahraga yang dilakukan dengan durasi lama akan memicu terjadinya adaptasi fisiologi dari dalam tubuh untuk membentuk antioksidan, sebagai sistem pertahanan tubuh yang terdapat dalam jaringan. Meningkatnya sistem antioksidan ini merupakan suatu proteksi tubuh terhadap stres oksidatif yang terjadi karena dampak negatif dari latihan (Sen, 1995:1). Jadi olahraga yang dilakukan dengan durasi latihan yang lama akan meningkatkan produksi antioksidan sehingga kekebalan tubuh akan meningkat, dan dampak negatif dari latihan akan dapat dihindari.

### **2.4.2. Cara kerja antioksidan**

Cara kerja antioksidan yaitu dengan melindungi lipid dari peroksidasi akibat radikal bebas. Dalam kondisi yang normal, tubuh akan memproduksi antioksidan

sebagai sistem pertahanan tubuh akibat meningkatnya jumlah produksi dari radikal bebas (Reall, 2003:55). Tubuh sendiri sudah memiliki antioksidan alamiah, tetapi ada pula yang berasal dari makanan (Marlinda, 2004:2). Jadi produksi antioksidan ini mutlak diperlukan sebagai salahsatu sistem proteksi dari tingkat selular. Ringkasan tentang mekanisme pertahanan sel terhadap spesies oksigen reaktif dapat dilihat dalam gambar 2.5:



**Gambar 2.5. Mekanisme Pertahanan Sel Terhadap Spesies Oksigen Reaktif**  
(Sumber: Marks dkk, 1996:329)

Pertahanan sel terhadap spesies oksigen reaktif terdiri dari reduksi enzimatik spesies oksigen reaktif, pengeluaran spesies oksigen reaktif oleh vitamin antioksidan, perbaikan membran dan DNA yang rusak oleh enzim. Enzim superoksida dismutase dan glutathion peroksidase terdapat sebagai isozim dalam kompartemen yang berbeda tersebut. Vitamin antioksidan, vitamin E, vitamin C, dan  $\beta$ -karoten juga mengalami kompartementasi; vitamin E dan  $\beta$ -karoten larut dalam lemak dan ditemukan di dalam membran, sedangkan vitamin C larut dalam air dan terdapat di dalam sitosol (Marks dkk, 1996:329).



Sebenarnya senyawa oksigen reaktif terjadi akibat proses biologis normal tetapi apabila aktivitas senyawa tersebut tidak diredam akan dapat menimbulkan dampak negatif. Organisme aerobik dapat bertahan hidup karena tersedia sarana untuk meredam yang disebut dengan senyawa antioksidan. Antioksidan adalah senyawa pemberi elektron (elektron donor), sedangkan dalam artian biologis adalah senyawa yang dapat meredam dampak negatif oksidan. Menurut Halliwell & Gutteridge (1999:106) antioksidan yang terdapat dalam tubuh kita dapat dibagi menjadi 2 yaitu: antioksidan yang terletak di dalam sel atau antioksidan enzimatik dan antioksidan yang terletak di luar sel (antioksidan non enzimatik).

#### 2.4.3. Macam antioksidan

Menurut Mates & Jimenez (1999:341) secara umum pembagian antioksidan dibedakan menjadi dua, yaitu:

##### 1. Antioksidan Enzimatik:

###### a. *Superoksida dismutase (SOD)*

SOD merupakan salahsatu sistem proteksi enzimatik terhadap radikal bebas yang bekerja dengan cara mencegah pembentukan radikal bebas baru atau mengubah radikal bebas yang ada dalam tubuh menjadi molekul yang kurang berdampak negatif (Maestro, 1991:48; Mates & Jimenez, 1999:341). Dismutasi anion superoksida menjadi hidrogen peroksida dan  $O_2$  oleh SOD sering disebut sebagai pertahanan primer terhadap stres oksidatif karena superoksida adalah inisiator reaksi berantai yang kuat. Di dalam sitosol dan mitokondria sel terdapat bermacam-macam isoenzim superoksida dismutase. Aktivitas superoksida dismutase meningkat melalui induksi enzim oleh zat kimia atau keadaan yang meningkatkan pembentukan superoksida (Marks dkk, 1996:330). Ketika  $O_2$  dibentuk, enzim superoksida dismutase berfungsi sebagai katalisator pada proses dismutasi dari hidrogen peroksida, sebagaimana dapat kita lihat dalam reaksi berikut:





(Sumber: McArdle dkk, 2001:53; Mates & Jimenez, 1999:4)

Produksi superoksida dismutase ini akan meningkat saat seseorang melakukan latihan yang teratur dengan intensitas sedang sesuai dengan program latihan (Bledsoe, 2004:1). Salahsatu efek yang menguntungkan dari SOD, ketika terjadi proses peradangan pada jaringan SOD bertindak sebagai aktivator leukosit (Sjodin dkk, 1990:242). Superoksida dismutase ini sebagai enzim yang paling penting dalam menghilangkan radikal superoksida, dan aktivitasnya akan terus meningkat sampai 12-36 jam setelah terjadinya kerusakan jaringan (Menon dkk, 1990:461).

#### b. *Catalase* (CAT)

Katalase paling banyak ditemukan dalam peroksisom, dan sedikit di dalam fraksi sitosol dan mikrosom sel. Di dalam sel granulomatosa, katalase berfungsi untuk melindungi sel terhadap ledakan pernapasannya sendiri (Marks dkk, 1996:330). Enzim katalase ini mempercepat reaksi pembongkaran hidrogen peroksida, yang akan mengurangi reaksi pembentukan radikal bebas.

CAT bereaksi dengan  $\text{H}_2\text{O}_2$  dalam air dan molekul oksigen, dengan mendonorkan atom H (*methanol, ethanol, formic acid, phenol*) dapat mengaktifkan 1 mol peroksida dalam aktivitas peroksidase. Peranan CAT dapat dilihat dalam reaksi berikut ini:



(Sumber: McArdle dkk, 2001:53; Mates & Jimenez, 1999:6)



(Sumber: Mates & Jimenez, 1999:6)

Enzim katalase ini berfungsi melindungi sel dari hidrogen peroksida dari oksidan. Dalam kondisi normal, aktivitas dari enzim katalase ini kurang dibutuhkan (Mates &

Jimenez, 1999:6). Tetapi jika terjadi stres oksidatif, enzim katalase digunakan sebagai respon adaptasi dari sel.

### c. *Glutathione Peroxidase (GPx)*

Menurut Marks dkk (1996:331) *glutathione peroxidase* adalah suatu enzim yang mengkatalisis reduksi hidrogen peroksida dan peroksida lemak (LOOH) oleh glutathion ( $\gamma$ -glutamil-sisteinilglisin). Glutathione peroxidase (GPx) merupakan salahsatu antioksidan yang sangat penting dalam menjaga tubuh dan menjaga kelenjar tiroid dari kerusakan oksidatif (Huh dkk, 1998:1). Glutathione peroxidase ini digunakan sebagai katalisator dalam reaksi hidrogen peroksida/ROOH dan  $H_2O_2$  (Mates & Jimenez, 1999:6) dan juga digunakan sebagai sistem proteksi sel mamalia saat terjadi kerusakan oksidatif, sebagaimana ditunjukkan dalam reaksi berikut:



Selain itu *glutathione peroxidase* berfungsi sebagai proteksi enzim, koenzim, protein dan juga DNA dari pengaruh radikal bebas (Marks dkk, 1996:331).

Glutathion dalam sel eritrosit berperan sebagai antioksidan, untuk mencegah terjadinya oksidasi hemoglobin menjadi methemoglobin. Ketika seseorang melakukan olahraga, aktivitas glutathion reduktase eritrosit akan meningkat. Meningkatnya aktivitas glutathion reduktase menunjukkan adanya respon terhadap stres oksidatif yang disebabkan oleh olahraga (Winarsi, 2007:109).

## 2. Antioksidan Non Enzimatik:

### a. *Beta carotene*

Beta karoten ini merupakan salahsatu substansi karotenoid (Kleiner dkk, 2004:1). Beta karoten berfungsi menghambat peroksidasi lemak terutama dengan bekerja sebagai antioksidan pemutus reaksi berantai. Senyawa ini menerima sebuah elektron dari radikal peroksi lemak untuk membentuk zat penangkal radikal bebas

(Marks dkk, 1996:332). Beta karoten merupakan prekursor dari vitamin A/retinol. Sumber beta karoten bisa didapatkan dari hati, kuning telur, susu, mentega, bayam, wortel, brokoli, tomat dan peach (Frank, 1996:9).

#### b. Vitamin A

Vitamin A merupakan nutrient penting yang dibutuhkan tubuh karena vitamin A bertindak sebagai prekursor karotenoid. Karotenoid memiliki peranan yang cukup penting sebagai antioksidan yaitu dapat melindungi lemak dari peroksida yang bereaksi dengan radikal hidroperoksil lemak (Olson, 1990:187).

Vitamin A beserta derivatnya yang terdapat di alam mempunyai fungsi yang sangat penting dalam penglihatan, pembentukan embrio, fungsi testis dan melindungi epidermis. Beberapa penelitian terbaru menyebutkan tentang fungsi vitamin A sebagai antioksidan dalam membran sel yang menangkal kerusakan yang terjadi akibat radikal bebas (Livrea & Vidali, 1994:300). Tetapi di dalam reaksi pemutusan ikatan berantai dari radikal bebas, vitamin E lebih dibutuhkan daripada vitamin A.

#### c. *Ascorbic acid*/vitamin C

Asam askorbat merupakan vitamin yang larut dalam air yang bisa diperoleh dari buah, jus, tauge, bayam, brokoli, kiwi dan strawberi. Kebutuhan vitamin C dalam tiap harinya sekitar 60 mg (Frank, 1996:1). Vitamin C berfungsi sebagai pertahanan mitokondria jika di dalamnya terjadi kekurangan vitamin E (Ji, 1996:4). Vitamin C mempunyai mekanisme reduksi-oksidasi dan juga dapat mereduksi ion besi yang mengkatalisis reaksi fenton dalam pembentukan radikal hidroksil saat peroksidasi lemak (Packer, 1995:5). Oleh karena itu vitamin C juga disebut sebagai antioksidan karena mampu mengendalikan proses pembentukan radikal hidroksil.

#### d. Vitamin E

Vitamin E sebagai antioksidan akan melindungi dan mempertahankan sel-sel tubuh dari serangan radikal bebas. Mekanisme vitamin E ini dalam aktivitasnya sebagai

antioksidan berkaitan dengan kemampuannya untuk meningkatkan hidrogen fenolat yang ada pada atom karbon ke-6 cincin kromana kepada radikal bebas peroksil dari asam lemak ganda yang telah mengalami peroksidasi (Mayes, 1993:172; Kumala, 1996:200).

Vitamin E sering ditemukan pada semua membran sel (karena salahsatu fungsinya adalah melindungi membran sel dari peroksidasi), tetapi jumlah vitamin E paling banyak terdapat dalam membran mitokondria dan transport elektron. Vitamin E akan meningkat jumlahnya selama respirasi aerobik dan saat terjadi peningkatan jumlah radikal bebas akibat latihan yang tidak teratur.

Karena begitu pentingnya vitamin E ini sebagai antioksidan, ada suatu penelitian yang menemukan bahwa pada tikus yang menderita kekurangan vitamin E menyebabkan terjadinya penurunan daya tahan tubuh (Lauffer, 1992:232). Jika produksi antioksidan tidak seimbang akan menyebabkan terjadinya stres oksidatif. Pada kondisi ini, aktivitas molekul radikal bebas atau spesies oksigen reaktif (ROS) dapat menimbulkan kerusakan seluler dan genetika (Trilaksani, 2003:1).

## **2.5. Stres Oksidatif**

Stres oksidatif adalah satu istilah umum yang sering digunakan untuk menentukan tingkat terjadinya kerusakan pada suatu sel atau jaringan. Yang disebabkan oleh jenis oksigen reaktif (ROS/*Reactive Oxygen Species*). Stres oksidatif terjadi karena adanya ketidakseimbangan produksi antara pro oksidan dan antioksidan (Halliwell & Gutteridge, 1999:247). Peningkatan terjadinya stres oksidatif akan mengakibatkan meningkatnya produksi radikal bebas (ROS). Stres oksidatif dapat terjadi karena:

### **1. Berkurangnya Produksi Antioksidan**

Berkurangnya produksi antioksidan disebabkan karena adanya mutasi sehingga mempengaruhi pertahanan enzim antioksidan, seperti cooper-zinc superoksida dismutase (CuZnSOD), MnSOD atau *glutathionine peroxidase* (Halliwell &

Gutteridge, 1999:246). Kekurangan antioksidan dan beberapa senyawa penting lain secara terus menerus dapat menyebabkan terjadinya stres oksidatif. Menurut penelitian di Jamaika menyebutkan bahwa anak yang menderita penyakit kekurangan protein/penyakit kwashiorkor menderita masalah yang berhubungan dengan stres oksidatif. Karena di dalam tubuhnya terdapat kadar glutathione (GSH) yang rendah dan produksi iron yang berlebih (Lauverman, 2004:1).

2. Meningkatnya jumlah produksi ROS/RNS (*reactive oxygen species/reactive nitrogen species*).

Dengan terjadinya peningkatan kebutuhan oksigen, maka sebagai hasil sampingnya diproduksi toksin yang merupakan hasil metabolisme ROS/RNS. Produksi sistem ROS/RNS yang melebihi normal (aktivitas fagositosis sel yang tidak biasa karena terjadi penyakit peradangan kronis, seperti pada *rheumatoid arthritis* dan *ulcerative colitis* (Halliwell & Gutteridge, 1999:246). Ketidakseimbangan antara pertahanan antioksidan tubuh dan radikal bebas menyebabkan terjadinya stres oksidatif. Intensitas dan durasi latihan berpengaruh terhadap tingkat stres oksidatif, olahraga yang bersifat akut dan dilakukan oleh individu yang tidak terlatih akan dapat meningkatkan terjadinya stres oksidatif (Leeuwenburgh & Heinecke, 2001:835).

3. Kegagalan memperbaiki kerusakan oksidatif (*failure to repair oxidative damage*).

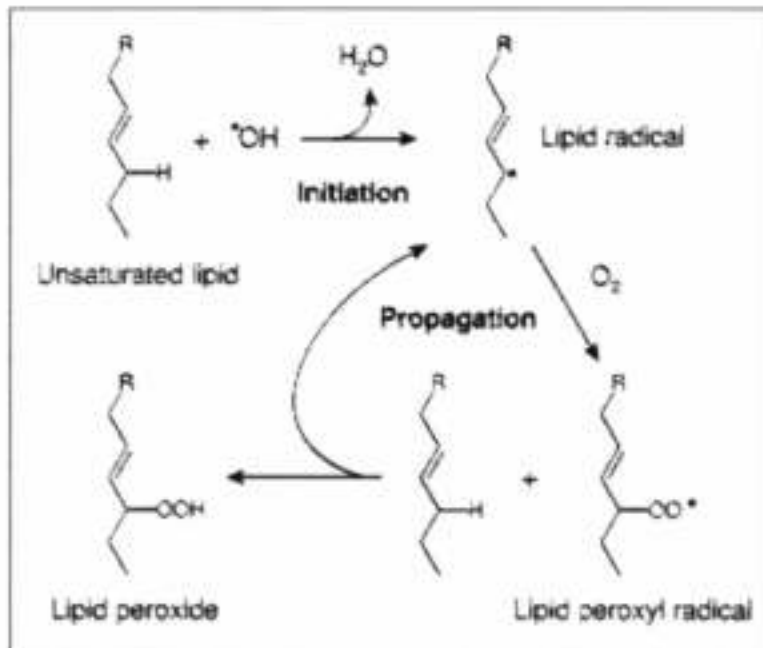
Terjadinya kerusakan sel disebabkan karena ROS (*reactive oxygen species*). ROS merupakan salahsatu dari radikal bebas yang reaktif anionnya membawa atom oksigen atau molekul yang membawa atom oksigen akan berpotensi menimbulkan radikal bebas. Contohnya: radikal hidroksil, superoksida, hidrogen peroksida, dan peroksinitrit. ROS *in vivo* saat respirasi aerobik terjadi karena diproduksi oleh asam lemak yang menghasilkan *peroxisomal  $\beta$ -oxidation*, komponen *xenobiotic* yang menghasilkan *microsomal cytochrome P450*, stimulasi fagositosis dari patogen atau *lipopolysaccharides*, metabolisme arginin, dan enzim spesifik jaringan (Aldrich,

2008:1). Pada kondisi yang normal, ROS dapat disingkirkan dengan aktivitas enzim antiradikal seperti: superoxide dismutase (SOD), catalase, atau glutathione (GSH) peroxidase. Sel sasaran ROS seperti: *polyunsaturated fatty acids* di membran lipid, protein essential, dan juga DNA.

Peristiwa stres oksidatif ini dapat menimbulkan terjadinya kerusakan pada beberapa komponen sel, seperti: lemak, protein, dan DNA.

### 2.5.1. Stres oksidatif pada lemak

Stres oksidatif pada lemak terjadi ketika senyawa radikal bebas bereaksi dengan senyawa PUFA (*polyunsaturated fatty acids*) (Winarsi, 2007:50). Yang menjadi target terjadinya stres oksidatif adalah peroksidasi lemak.



**Gambar 2.6. Tahapan Peroksidasi Lemak**  
(Sumber: Wikipedia, 2008:1)

Peroksidasi lemak adalah suatu proses dimana radikal bebas “mencuri” elektron dari lipid didalam membran sel, hal ini yang menimbulkan kerusakan sel (Ji, 1996:21; Wikipedia, 2008:1). Terjadinya peroksidasi lemak merupakan inisiasi reaksi berantai oleh radikal hidrogen atau oksigen, yang menyebabkan teroksidasinya asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) (Winarsi, 2007:53). Asam lemak utama yang mengalami

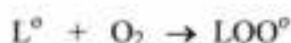


peroksidasi lemak di dalam membran sel adalah PUFA (*polyunsaturated fatty acids*), karena mempunyai banyak ikatan rangkap antara *methylene* dan kelompok CH<sub>2</sub> (Marks dkk, 1996:624; Wikipedia, 2008:1). Reaksinya terdiri dari 3 tahap, yaitu: inisiasi, propagasi dan terminasi, yang ditunjukkan dalam gambar 2.6.

### 1. Inisiasi

Inisiasi merupakan salahsatu tahapan, dimana molekul radikal asam lemak diproduksi (Wikipedia, 2008:1). Pada tahap inisiasi, proses oksidasi dimulai oleh serangan dari sebuah radikal bebas pemula (R) dan pengambilan sebuah atom hidrogen dari PUFA (LH<sup>o</sup>). Tahap inisiasi ini menghasilkan sebuah *carbon-centered* radikal (L<sup>o</sup>) yang secara cepat bereaksi dengan molekul oksigen untuk membentuk sebuah lemak peroksida radikal (LOO<sup>o</sup>). Reaksinya adalah:

$LH + R^o \rightarrow L^o + RH$ , dilanjutkan dengan penambahan oksigen yaitu



### 2. Propagasi

Tahap reaksi propagasi berantai terjadi karena stimulasi terbentuknya LOO<sup>o</sup>. Lemak peroksida radikal (LOO<sup>o</sup>) mengambil atom hidrogen dari LH lain sehingga terbentuk sebuah lipid hidroperoksida dan lemak radikal baru (L<sup>o</sup>). Reaksi ini terus berulang dan menimbulkan akumulasi dari hidroperoksida (LOOH<sup>o</sup>). Reaksinya adalah:



Tahap propagasi terus berlangsung selama terdapat PUFA atau molekul asam lemak.

### 3. Terminasi

Jika satu radikal bereaksi selalu menghasilkan radikal lain, reaksi ini dinamakan mekanisme reaksi berantai (*chain reaction mechanism*). Reaksi radikal ini akan berhenti ketika dua radikal bereaksi dan menghasilkan satu jenis anti-radikal (Wikipedia, 2008:1), tahap ini yang dinamakan terminasi. Pada tahap terminasi, reaksi

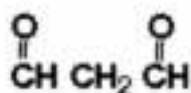
berantai dapat diputus oleh antioksidan atau akibat ikatan antar radikal bebas itu sendiri. Karena secara teoritis radikal bebas sangat reaktif dan dapat bereaksi dengan radikal bebas lain untuk membentuk ikatan yang stabil. Hidroperoksida ( $\text{LOOH}^\bullet$ ) dapat terurai menjadi spesies radikal bebas yang lain terutama terurai menjadi aldehid.

#### 4. Dampak

Jika tahap terminasi tidak dapat berlangsung cepat, maka akan menimbulkan terjadinya kerusakan membran sel, yang sebagian besar terdiri dari lipid (Wikipedia, 2008:1). Fototerapi yang menyebabkan terjadinya hemolisis pada membran sel darah merah, terjadi dengan cara ini. Akibat akhir dari peroksidasi lipid adalah terputusnya rantai karbon asam lemak yang menghasilkan berbagai senyawa bersifat toksik antara lain: MDA, *9-hidroksil nonenal*, *etana* (berasal dari asam lemak omega-6), dan *pentana* (berasal dari asam lemak omega-3) (Ji, 1996:21; Marks dkk, 1996:624; Suryohudoyo, 1993:14).

#### 2.5.2. Malondialdehyde (MDA)

*Malondialdehyde* adalah senyawa dialdehida yang merupakan produk akhir dari peroksidasi lemak di dalam tubuh (Wikipedia, 2008:1; Winarsi, 2007:55). Hal senada juga dikemukakan oleh Yunus (2001:12) *Malondialdehyde* adalah senyawa yang bersifat toksik yang merupakan hasil akhir dari terputusnya rantai karbon asam lemak pada proses peroksidasi lipid. MDA merupakan produk dekomposisi dari asam amino, karbohidrat kompleks, pentosa dan heksosa. Senyawa ini memiliki tiga rantai karbon, dengan rumus molekul  $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$ , dengan rumus bangun sebagai berikut:

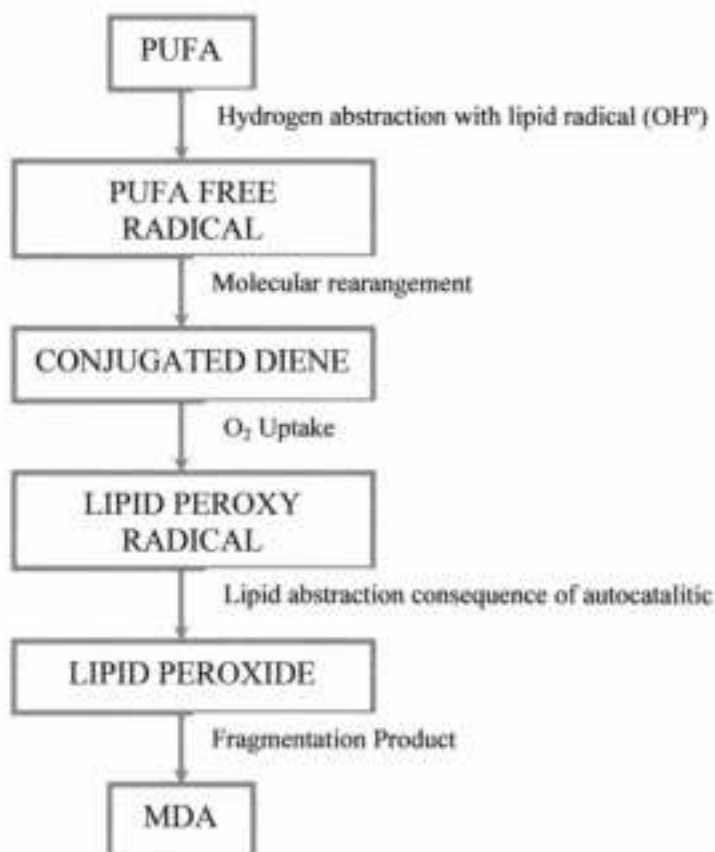


**Malondialdehyde**

Tingginya kadar MDA di dalam tubuh salahsatunya disebabkan oleh meningkatnya aktivitas reaksi radikal bebas atau menurunnya sistem proteksi tubuh



terhadap radikal bebas (Halliwell & Gutteridge, 1999:221), sehingga dikeluarkannya MDA dianggap sebagai suatu petanda biologis yang digunakan untuk mengukur derajat stres oksidatif yang terjadi pada suatu organisme (McBride & Kraemer, 1999:177; Wikipedia, 2008:1). Proses pembentukan MDA dapat dilihat pada gambar 2.7.



**Gambar 2.7. Proses Pembentukan MDA**  
(Sumber: Maestro, 1991:51)

Pembentukan radikal bebas dapat dibuktikan dengan terjadinya peningkatan peroksidasi lemak, oksidasi glutathion, dan kerusakan oksidatif protein. MDA merupakan salahsatu produk akhir dari peroksidasi lemak yang dapat diukur konsentrasinya melalui uji TBA (Clarkson & Thompson, 2000:639; Wikipedia, 2008:1). MDA menyebabkan *cross-linkage* 'ikatan silang' antara protein dan enzim yang mempengaruhi fungsi normal biologis komponen tersebut (Ji, 1996:21).

### 2.5.3. Stres oksidatif pada protein

Adanya stres oksidatif akan menyebabkan terjadinya degradasi protein, degradasi protein inilah yang dapat merusak struktur protein (Clarkson & Thompson, 2000:1). Kerusakan yang terjadi pada protein disebabkan karena serangan langsung dari ROS atau karena *secondary damage* (serangan yang ditimbulkan karena hasil akhir dari peroksidasi lemak, seperti: MDA dan HNE) (Halliwell & Gutteridge, 1999:315) akan bereaksi dengan gugus amino dan gugus lisil yang dapat berikatan secara kovalen dengan gugus thiol (Winarsi, 2007:63).

Oksidan dapat merusak senyawa protein karena dapat mengadakan reaksi dengan asam amino penyusun protein. Diantara asam amino penyusun protein, yang paling rawan adalah asam amino sistein. Karena sistein mengandung gugusan sulfhidril (SH) yang peka terhadap serangan radikal bebas, seperti: radikal hidroksil (Suryohudoyo, 1993:12; Patellongi, 1999:35; Winarsi, 2007: 63). Berikut adalah reaksinya:



Peningkatan produk protein yang teroksidasi berdampak terhadap terjadinya beberapa penyakit, seperti: Alzheimer, Parkinson, *Duchene muscular dystrophy*, *amyotrophic lateral sclerosis*, *rheumatoid arthritis*, *progeria*, katarak dan stres oksidatif pada otot akibat olahraga (Pacher dkk, 2007:1; Wikipedia, 2008:1).

### 2.5.4. Stres oksidatif pada DNA

Stres oksidatif bisa terjadi pada DNA, karena asam nukleat (seperti DNA dan RNA) banyak mengandung karbohidrat seperti ribosa dan deoksiribosa merupakan sasaran dari reaktivitas senyawa radikal bebas (Winarsi, 2007:65).

Radikal hidroksil dapat menyebabkan terjadinya perubahan pada DNA yang berupa: hidrosilasi basa timin dan sitosin, pembukaan inti purin dan pirimidin, serta

terputusnya rantai fosfodiester DNA. Bila terjadi kerusakan maka masih bisa diperbaiki dengan sistem perbaikan DNA. Namun bila terjadi kerusakan yang terlalu parah, misalnya rantai DNA terputus di berbagai tempat, maka kerusakan tersebut tidak dapat diperbaiki dan akan mengganggu proses replikasi sel. Perbaikan DNA sering menimbulkan mutasi, karena saat memperbaiki kerusakan pada DNA tersebut, sistem perbaikan DNA cenderung membuat kesalahan (*error prone*), dan apabila proses mutasi ini mengenai gen tertentu (proto-onkogen) maka mutasi tersebut akan dapat menimbulkan kanker (Suryohudoyo, 1993:17).

## 2.6. Eritrosit

Orang laki-laki normal, dalam setiap millimeter kubik darahnya mengandung 5.200.000 ( $\pm 300.000$ ) eritrosit. Sedangkan pada wanita normal dalam setiap millimeter kubik darah mengandung 4.700.000 ( $\pm 300.000$ ) eritrosit (Guyton, 2007:419). Fungsi utama dari eritrosit adalah membawa oksigen dari paru menuju ke jaringan, dengan bantuan hemoglobin (Guyton, 2007:419). Dan membawa karbondioksida dari jaringan menuju ke paru, eritrosit merupakan salahsatu sel tubuh yang sangat rentan terhadap aktivitas radikal bebas. Eritrosit mempunyai diameter kurang lebih 7,8  $\mu\text{m}$  dan ketebalan 1  $\mu\text{m}$  sampai 2,5  $\mu\text{m}$ , volume rata-rata 90 sampai 95  $\mu\text{m}^3$  tidak mengandung inti sel dan organel sitoplasma lain, berbentuk cakram-bikonkaf. Umur eritrosit manusia sekitar 120 hari (Wikipedia, 2008:1).

Serangan radikal bebas dapat menyebabkan terjadinya perubahan mekanis dalam eritrosit (Yalcin dkk, 2000:5). Latihan peningkatan masa otot dapat menyebabkan terjadinya peningkatan stres oksidatif. Eritrosit merupakan salahsatu jenis sel yang dapat menjadi sasaran serangan senyawa oksidan yang terbentuk selama olahraga.

Pembentukan oksidan dan radikal bebas merupakan salahsatu hal yang dapat meningkatkan terjadinya kerusakan oksidatif pada eritrosit (Biswas dkk, 2005:1).

Dampak olahraga yang bersifat akut pada eritrosit terjadi karena beberapa mekanisme, yaitu: respon radang (*inflammatory response*) dan peningkatan produksi asam laktat (Yalcin dkk, 2000:5). Produksi asam laktat yang meningkat akan merubah radikal bebas yang lemah (seperti radikal superoksida) menjadi radikal bebas yang kuat (seperti: radikal hidroksil).

## **2.7. Pengukuran Derajat Stres Oksidatif**

Indikator yang digunakan untuk mengukur suatu keadaan yang disebut dengan stres oksidatif adalah dengan mengukur oksidan dan antioksidan. Dalam penelitian ini indikator yang digunakan untuk mengukur oksidan dalam tubuh adalah kadar MDA plasma, sedangkan untuk mengukur antioksidan menggunakan aktivitas enzim SOD eritrosit.

### **2.7.1. Pengukuran kadar MDA plasma**

Uji TBARS (*Thiobarbituric Acid Reactive Substance*) atau uji TBA dari Uchiyama & Mihara (dalam Patellongi, 1999:65). Merupakan uji yang paling umum digunakan untuk mengukur produksi peroksidasi lemak pada membran lipid atau asam lemak. Prinsip dari metode ini adalah akibat pengaruh panas dan asam akan menyebabkan dekomposisi lipid peroksida membentuk MDA (*malondialdehyde*). Sejumlah kecil MDA diproduksi selama peroksidasi dan dapat bereaksi dengan TBA menghasilkan produk berwarna. Keuntungannya adalah MDA yang diukur dalam uji TBA menghasilkan kromogen berwarna merah muda yang selanjutnya diukur pada panjang gelombang 532 nm atau *fluorescen* 553 nm. Selama tes TBA bereaksi dengan sebagian besar aldehid yang merupakan turunan dari peroksida asam lemak tidak jenuh.

### **2.7.2. Pengukuran aktivitas enzim SOD eritrosit**

Superoksida Dismutase (SOD) merupakan salahsatu indikator yang dapat digunakan untuk menilai adanya senyawa oksigen reaktif secara tidak langsung. SOD merupakan enzim antioksidan yang berguna untuk pertahanan terhadap senyawa

oksigen reaktif. Ada 2 jenis SOD yaitu SOD intraselular (Cu/ZnSOD dan MnSOD) dan SOD ekstraselular. Pemeriksaan SOD dilakukan dengan mengukur SOD pada eritrosit sehingga dapat diasumsikan SOD yang diperiksa adalah SOD intraselular (Indriyanti, 2005:4).

Superoksida anion radikal ( $O_2^-$ ) diproduksi dalam tubuh sebagai hasil aktivitas biokimia dari berbagai macam sel, seperti: neutrofil, makrofag, dan sel kupffer. Produksi  $O_2^-$  dapat dideteksi dengan bermacam-macam metode, yaitu: oksidasi sitokrom-c, pewarnaan nitroblue tetrazolium (NBT), dan pengukuran chemiluminescence (CL) (Sakurai & Terakawa, 2003:203). Aktivitas SOD (U/mL) dan GPX ( $\mu\text{mol/L NADPH per minute per milliliter}$ ) di dalam plasma, diukur dengan metode L'Abbé and Fisher, sedangkan untuk mengukur aktivitas SOD pada eritrosit, terlebih dahulu RBC akan dihemolisis dengan air destilasi dingin, dan diekstrak menggunakan ethanol/chloroform dengan perbandingan 1:1 (Cherubini dkk, 2000:6).

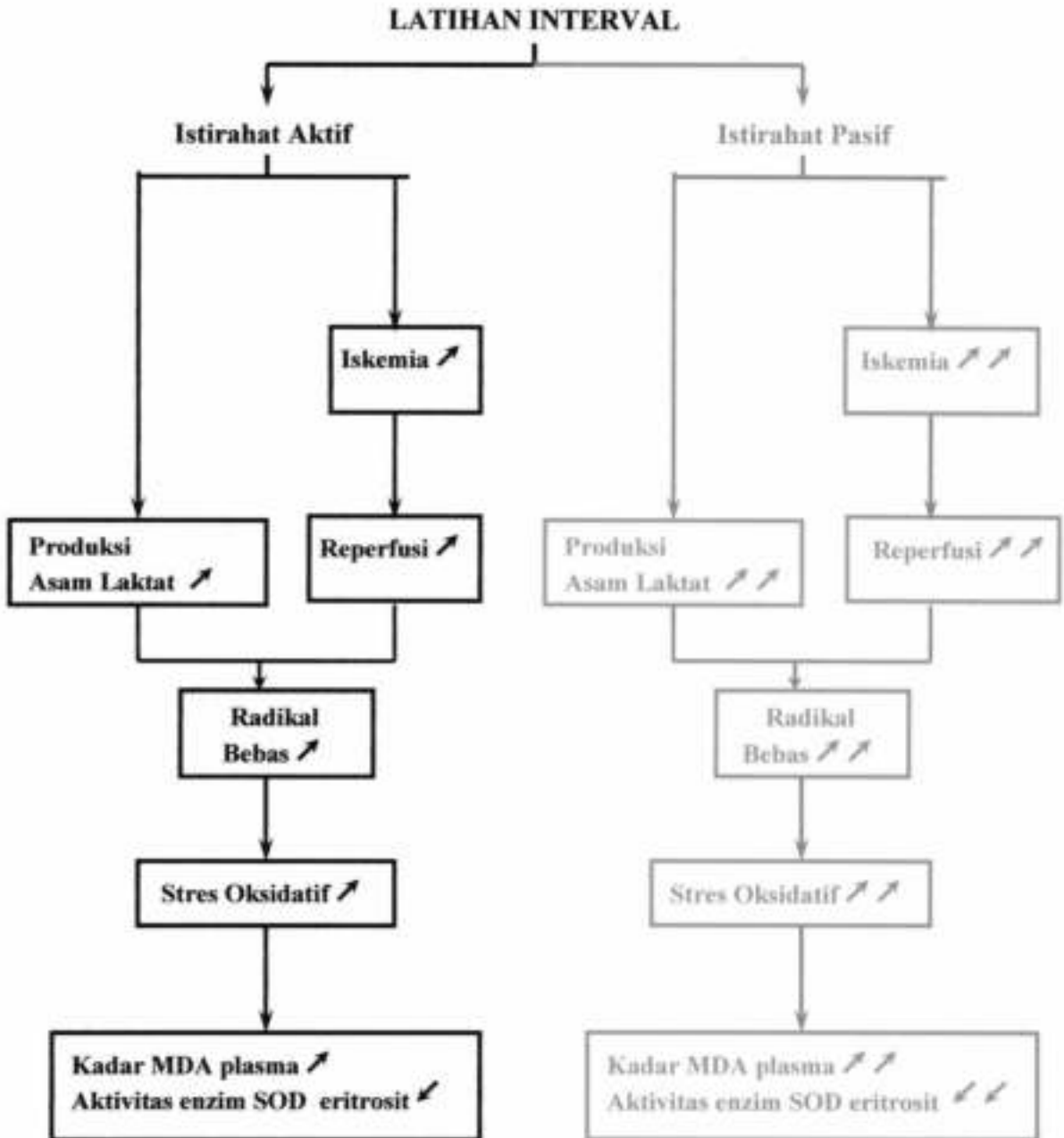
Cara pemeriksaan SOD yang akan digunakan adalah cara Wong, 1989 (dalam Patellongi, 1999:65). Prinsip dasarnya adalah bahwa superoxide dapat mereduksi NBT, SOD dapat menghambat reduksi NBT oleh superoxide, karena SOD mengikat superoksida. Apabila xanthine direaksikan dengan xanthine oxidase akan terbentuk superoxide yang dapat mereduksi NBT. Hasil reduksi NBT akan membentuk formazan. Berdasarkan reaksi ini ditentukan unit SOD sesuai dengan kemampuan SOD menghambat reduksi NBT (Patellongi, 1999:66).

Prosedur kerjanya adalah sebagai berikut: 1) dibuat kurva standar SOD, yang digunakan untuk menentukan kadar SOD sampel, 2) preparasi sampel, 3) Menetapkan konsentrasi SOD sampel melalui grafik standar pada spektrofotometer.

### BAB 3

## KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN

### 3.1. Kerangka Konseptual Penelitian



Bentuk latihan interval terbagi menjadi latihan interval istirahat aktif dan latihan interval istirahat pasif. Yang dimaksud istirahat aktif adalah melakukan kegiatan ringan (mengayuh ergocycle dengan intensitas ringan sebesar 2 MET) diantara aktivitas yang berat, sedangkan istirahat pasif adalah tidak melakukan kegiatan (duduk di sepeda ergocycle dengan kaki yang diluruskan) diantara selang waktu aktivitas berat.

Olahraga akan meningkatkan kecepatan metabolisme basal, jika kecepatan kebutuhan energi ini melebihi kecepatan transportasi oksigen ke dalam jaringan maka di dalam jaringan akan terjadi kekurangan oksigen. Jika dibandingkan dengan latihan interval istirahat aktif, maka keadaan kekurangan oksigen ini lebih tinggi terjadi pada latihan interval istirahat pasif. Saat latihan interval istirahat aktif akan terjadi pengembalian oksigen yang lebih cepat. Keadaan kekurangan oksigen ini akan merubah asam piruvat menjadi asam laktat di sitoplasma sel otot. Produksi asam laktat yang meningkat akan merubah radikal bebas lemah menjadi radikal bebas kuat, sehingga meningkatkan terjadinya stres oksidatif. Indikator derajat stres oksidatif ini bisa dilihat dari kadar MDA plasma dan aktivitas enzim SOD eritrosit.

Intensitas latihan yang tinggi akan menyebabkan terjadinya hipoksia pada otot dan diikuti dengan terjadinya iskemia. Keadaan iskemia ini akan direspon oleh tubuh dengan meningkatkan terjadinya reperfusi. Sedangkan pada latihan interval dengan istirahat aktif, reperfusi terjadi lebih kecil daripada latihan interval dengan istirahat pasif. Proses pengembalian oksigen setelah latihan akan menghasilkan radikal bebas, sehingga aktivitas radikal bebas terjadi lebih tinggi pada latihan interval dengan istirahat pasif. Radikal bebas yang tinggi ini akan diikuti dengan peningkatan derajat stres oksidatif yang tinggi pula.

### **3.2. Hipotesis Penelitian**

Berdasarkan tinjauan pustaka dan permasalahan yang telah diuraikan diatas, maka hipotesis penelitian adalah sebagai berikut:

1. Latihan interval istirahat aktif berpengaruh terhadap kadar MDA plasma dan aktivitas enzim SOD eritrosit.
2. Latihan interval istirahat pasif berpengaruh terhadap kadar MDA plasma dan aktivitas enzim SOD eritrosit.



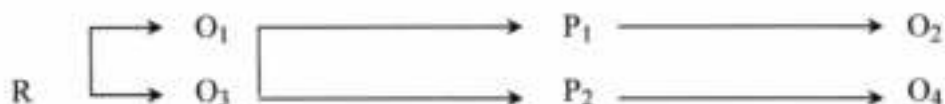
## BAB 4

### METODE PENELITIAN



#### 4.1. Rancangan Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian *experimental laboratories*. Adapun rancangan yang digunakan adalah *The Pre test - Post test Group Design*, secara skematis dapat digambarkan sebagai berikut:



(Sumber: Zainudin, 1988:76)

R = Randomisasi

O<sub>1</sub> = *Pre test* kelompok latihan interval istirahat aktif

O<sub>3</sub> = *Pre test* kelompok latihan interval istirahat pasif

P<sub>1</sub> = Diberi latihan interval istirahat aktif

P<sub>2</sub> = Diberi latihan interval istirahat pasif

O<sub>2</sub> = *Post test* kelompok latihan interval istirahat aktif

O<sub>4</sub> = *Post test* kelompok latihan interval istirahat pasif

#### 4.2. Sampel Penelitian

##### 4.2.1. Populasi sampel penelitian

Populasi sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah mahasiswa Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Malang, kelas reguler, angkatan 2005/2006, yang berkelamin laki-laki sejumlah 16 orang. Dan semuanya diambil sebagai sampel penelitian.

##### 4.2.2. Kriteria sampel

1. Kriteria sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah: jenis kelamin pria, dalam kondisi sehat, teratur melakukan olahraga, bukan perokok, bukan

pengguna obat terlarang, berusia antara 21 sampai 22 tahun, bersedia menjadi orang coba dengan mengisi formulir persetujuan.

2. Orang coba yang tidak memenuhi persiapan dan prosedur latihan, atau mengalami gangguan pada proses pemeriksaan variabel, datanya tidak diikutkan dalam analisis.

#### 4.2.3. Besar Sampel

Adapun besarnya sampel berdasarkan pada perhitungan dengan menggunakan rumus Higgins & Klinbaum (1985:114) yang mensyaratkan adanya penelitian sejenis sebagai patokan. Dalam penelitian ini patokan yang digunakan adalah penelitian Patellongi (1999:75).

Rumus :

$$n = \frac{1}{1-f} \times \frac{2(Z\alpha + Z\beta)^2 \cdot Sc^2}{(Xc - Xt)^2}$$

Di mana :  $n$  = besarnya sampel

$X_t$  = rerata kelompok eksperimen

$X_c$  = rerata kelompok kontrol

$Sc$  = simpangan baku kelompok kontrol

$f$  = proporsi kegagalan

$Z\alpha$  = probabilitas tipe 1 = 1,96 ( $\alpha = 0,05$ )

$Z\beta$  = probabilitas tipe 2 = 1,28 ( $\beta = 0,1$ )

Dengan nilai rerata dan simpangan baku untuk aktivitas enzim SOD eritrosit adalah sebagai berikut:

$X_c$  (rerata SOD eritrosit kelompok kontrol) = 150,27

$X_t$  (rerata SOD eritrosit kelompok eksperimen) = 125,33

$$S_c \text{ (simpangan baku kelompok kontrol)} = 12,97$$

$$f \text{ (proporsi kegagalan 20\%)} = 0,2$$

Besar sampel diperoleh dengan  $n = 7,09769$  yang dibulatkan menjadi 8, berarti jumlah sampel minimal yang digunakan dalam tiap kelompok untuk variabel aktivitas enzim SOD eritrosit adalah 8 orang (perhitungan besar sampel dapat dilihat pada lampiran 8 halaman 94).

Sedangkan nilai rerata dan simpangan baku untuk kadar MDA plasma adalah sebagai berikut:

$$X_c \text{ (rerata MDA plasma kelompok kontrol)} = 8,54$$

$$X_t \text{ (rerata MDA plasma kelompok eksperimen)} = 7,83$$

$$S_c \text{ (simpangan baku kelompok kontrol)} = 0,36$$

$$f \text{ (proporsi kegagalan 20\%)} = 0,2$$

Besar sampel diperoleh dengan  $n = 6,747118$  yang dibulatkan menjadi 7, berarti jumlah sampel minimal yang digunakan dalam tiap kelompok untuk variabel kadar MDA plasma adalah 7 orang (perhitungan besar sampel dapat dilihat pada lampiran 8 halaman 94).

Untuk mengantisipasi terjadinya nilai yang ekstrim, dalam penelitian ini tiap kelompok berjumlah 8 orang. Yang terdiri dari: 8 orang kelompok latihan interval istirahat aktif dan 8 orang kelompok latihan interval istirahat pasif.

### 4.3. Variabel Penelitian

Dalam variabel penelitian ini akan dibahas mengenai hal yang berhubungan dengan indentifikasi variabel dan definisi variabel.

#### 4.3.1. Identifikasi variabel

##### a. Variabel Bebas

Latihan interval istirahat aktif

Latihan interval istirahat pasif

### b. Variabel Tergantung

Derajat stres oksidatif dengan indikator:

- kadar MDA plasma dan
- aktivitas enzim SOD eritrosit

### c. Variabel Kendali

Jenis kelamin orang coba

Komposisi makanan

Aktivitas sehari-hari

Umur

### d. Variabel Moderator

Berat badan

## 4.3.2. Definisi operasional variabel

### a. Latihan interval istirahat aktif

Latihan interval istirahat aktif adalah suatu bentuk latihan interval menggunakan istirahat aktif yang dilakukan menggunakan sepeda *ergocycle*, dengan beban sebagai berikut:

Durasi kerja	: 4 menit
Intensitas kerja	: 6 MET selama 4 menit
Ratio kerja dan istirahat	: 1:1
Total waktu latihan	: 24 menit
Intensitas istirahat aktif	: 2 MET selama 4 menit
Banyaknya pengulangan	: 3 kali ulangan

(1 kali ulangan adalah satu kali kerja selama 4 menit dan satu kali istirahat selama 4 menit)

b. Latihan interval istirahat pasif

Latihan interval istirahat adalah suatu bentuk latihan interval menggunakan sepeda *ergocycle*, fase istirahat dilakukan dengan duduk di tempat dengan kaki yang diluruskan. Dengan beban sebagai berikut:

Durasi kerja	: 4 menit
Intensitas kerja	: 6 MET selama 4 menit
Ratio kerja dan istirahat	: 1:1
Total waktu latihan	: 24 menit
Istirahat pasif	: duduk di <i>ergocycle</i> selama 4 menit
Banyaknya pengulangan	: 3 kali ulangan (1 kali ulangan adalah satu kali kerja selama 4 menit dan satu kali istirahat selama 4 menit)

c. Derajat stres oksidatif

Derajat stres oksidatif adalah tingkat terjadinya kerusakan pada suatu sel atau jaringan yang disebabkan oleh jenis oksigen reaktif, yang ditandai dengan ketidakseimbangan produksi antara oksidan dan antioksidan. Pada penelitian ini menggunakan kadar MDA plasma dan aktivitas enzim SOD eritrosit sebagai indikator.

MDA adalah senyawa yang bersifat toksik yang merupakan hasil akhir dari terputusnya rantai karbon asam lemak pada proses peroksidasi lemak. Kadar MDA yang terdapat dalam plasma darah ini digunakan sebagai indikator senyawa oksidan di dalam tubuh. Pengukuran MDA dilakukan dengan menggunakan metode TBA (*thiobarbituric acid*) dari Uchiyama & Mihara, dengan satuan nmol/ml.

SOD adalah suatu enzim yang berfungsi sebagai proteksi terhadap radikal bebas. Aktivitas enzim SOD dalam eritrosit ini digunakan sebagai

indikator antioksidan di dalam eritrosit, yang diperiksa dengan menggunakan metode Wong dan hasil pengukuran dinyatakan dalam satuan U/gHb.

d. Jenis kelamin orang coba

Jenis kelamin orang coba pada penelitian ini adalah jenis kelamin pria, mahasiswa Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Malang, angkatan 2005/2006

e. Komposisi makanan

Komposisi makanan yang dikendalikan pada penelitian ini adalah makanan yang dikonsumsi oleh orang coba tidak boleh mengandung suplemen zat antioksidan, dan tidak merokok.

f. Aktivitas fisik

Aktivitas sehari-hari pada penelitian ini adalah aktivitas orang coba, yang dibatasi. Minimal 2 hari sebelum pemeriksaan tidak melakukan aktivitas yang melelahkan (aktivitas fisik yang tidak melebihi dari 50%  $VO_{2max}$ ).

g. Umur

Umur pada penelitian ini adalah mahasiswa Ilmu Keolahragaan yang berusia antara 21 sampai 22 tahun, berdasarkan tanggal lahir yang diisi oleh mahasiswa di surat pernyataan kesediaan menjadi sampel penelitian.

h. Berat badan

Berat badan dalam penelitian ini merupakan berat yang dimiliki oleh orang coba, yang ditimbang dengan alat timbang elektrik merk Health Scale (Mic-Wic) dengan skala terkecil 0,5 kg, yang dinyatakan dalam satuan kilogram.

#### 4.4. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Fakultas Ilmu Pendidikan Universitas Negeri Malang. Pemeriksaan laboratorik dilakukan di Laboratorium Fisiologi Universitas Brawijaya Malang. Pengambilan data penelitian dilaksanakan bulan Agustus 2008.

#### 4.5. Peralatan Penelitian

1. Alat pemeriksaan fisik:

Stetoskop (litmann), mercury sphygmomanometer (Nova).

2. Alat untuk latihan fisik:

Sepeda ergometer, stopwatch, metronom

3. Alat pengambilan darah:

Stopwatch digital (lap Memory Casio); water bath; sentrifuge; *transferpette bipet* merk RIR-2; kertas saring (wattman); spoit 5, 10 cc; botol (10 cc, 25 cc, 50 cc dan 100 cc); tabung reaksi, gelas ukur (50 cc dan 100 cc), tabung eppendorf, vortex, yellow tip, freezer, blue tip, termos berisi es, parafilm, glass woll, spektrofotometer (merk DIODA ARRAY HP 8452 A) dan (HITACHI PHOTOMETER 4020, BOEHRINGER).

#### 4.6. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian digunakan untuk mengetahui tahapan yang dilakukan selama penelitian, sehingga saat melakukan penelitian diharapkan dapat mengurangi risiko kegagalan dalam penelitian. Dalam penelitian ini prosedur mengenai penelitian akan dibagi menjadi persiapan penelitian dan pelaksanaan penelitian, yang akan dibahas di bawah ini.

##### 4.6.1. Persiapan penelitian

Dalam tahap persiapan dilaksanakan hal sebagai berikut:

- a. Membuat surat pengajuan *ethical clearance* yang telah disetujui oleh Ketua Program Studi Magister Ilmu Kesehatan Olahraga Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga.
- b. Menghubungi Kepala Laboratorium Fisiologi Universitas Brawijaya Malang, untuk menanyakan tentang kesediaan melakukan pemeriksaan kadar MDA plasma dan aktivitas enzim SOD eritrosit.

- c. Membuat surat pernyataan kesediaan sebagai sampel penelitian, untuk Mahasiswa Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Malang.
- d. Menyeleksi kapasitas kerja maksimal, umur, jenis kelamin, berat badan dan tinggi badan, agar mendapat sampel yang homogen.
- e. Membagi sampel secara random menjadi 2 kelompok perlakuan, dan dilakukan penentuan jadwal latihan.
- f. Menyiapkan perlengkapan untuk dokumentasi penelitian.

#### 4.6.2. Pelaksanaan penelitian

Pelaksanaan penelitian meliputi langkah sebagai berikut:

- a. Membuat angket tentang kebiasaan sehari-hari mahasiswa, agar mendapatkan sampel yang memiliki kebiasaan dan gaya hidup yang hampir sama.
- b. Melakukan pemeriksaan awal, seperti: pengukuran berat badan, tinggi badan, umur, denyut nadi istirahat, denyut nadi latihan orang coba.
- c. Melakukan pengambilan darah pada sampel sebagai hasil pre-test (sebelum melakukan aktivitas) yang dilakukan dengan posisi duduk dan tangan dalam keadaan rileks.
- d. Dilakukan pemasangan alat *Polar™ heart rate monitor* pada sampel, di bagian dada kiri bersebelahan dengan puting susu.
- e. Memasukkan data subyek, yaitu: jenis kelamin, umur, dan berat badan dalam *Ergocycle Technogym monitor*.
- f. Memasukkan besar beban *difficulty level* sebesar 2 yang akan digunakan selama melakukan kayuhan dan waktu yang akan digunakan dalam *Ergocycle Technogym monitor*.
- g. Setiap sampel kemudian mengayuh *Ergocycle Technogym* dengan kecepatan 50-60 RPM, dengan power sebesar 100 watt.
- h. Tiap kelompok diberikan perlakuan yang berbeda, yaitu:



- Kelompok 1 diberi perlakuan latihan interval istirahat aktif.
  - Kelompok 2 diberi perlakuan latihan interval istirahat pasif.
- i. Setelah diberikan perlakuan kepada sampel dilakukan pencatatan hasil yang ada di *Ergocycle Technogym monitor* yang meliputi *distance*, *heart rate*,  $VO_{2max}$ , kalori, METS, dll.
  - j. Kemudian setelah latihan, dilakukan pengambilan darah pada sampel sebagai hasil post-test (yang dilakukan dengan posisi duduk).

#### **4.7. Prosedur Pengambilan Data**

##### **4.7.1. Aktivitas enzim SOD eritrosit**

Pengukuran aktivitas enzim SOD eritrosit menggunakan metode Wong dan hasil pengukuran dinyatakan dalam satuan U/gHb. Prosedur kerjanya adalah sebagai berikut: 1) dibuat kurva standar SOD, yang digunakan untuk menentukan kadar SOD sampel, 2) preparasi sampel, 3) menetapkan konsentrasi SOD sampel melalui grafik standar pada spektrofotometer.

Pengambilan darah dan pengukuran enzim SOD eritrosit ini dilakukan oleh para petugas laboratorium yang sudah berpengalaman untuk menghindari terjadinya kesalahan dalam pengukuran. Adapun prosedur tes pengukuran enzim SOD eritrosit menurut Laboratorium Fisiologi Universitas Brawijaya dapat dilihat dalam lampiran 9 halaman 96.

##### **4.7.2. Kadar MDA plasma**

Pengukuran kadar MDA plasma dalam penelitian ini menggunakan metode TBA (*thiobarbituric acid*) dari Uchiyama & Mihara (1978).

Prinsip dasarnya adalah reaksi 1 molekul MDA dengan 2 molekul TBA. Sampel dipanaskan dengan TBA dalam suasana asam dan diukur jumlah kromogen yang terbentuk pada 532 nm. Bahan yang digunakan:

1. Thiochloroacetic acid (TCA) 100%
2. Asam klorida (HCl), 1 N
3. Natrium Thiobarbituric, 1 gram%
4. Aquabidest

Prosedur kerjanya adalah sebagai berikut: (1) dibuat kurva standar MDA, untuk selanjutnya digunakan untuk menentukan kadar MDA sampel, (2) preparasi sampel, (3) menetapkan konsentrasi MDA sampel melalui grafik standar pada spektrofotometer.

#### 4.8. Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Uji statistik deskriptif.
- b. Uji Normalitas yang digunakan adalah uji Kolmogorof-Smirnof dengan taraf kepercayaan  $\alpha = 0,05$ .
- c. Uji Homogenitas digunakan untuk menguji apakah kedua kelompok perlakuan memiliki besar variabel yang homogen. Dilakukan dengan taraf kepercayaan  $\alpha = 0,05$ .
- d. Uji Mancova.

## BAB 5

### HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan diperoleh data dari responden berupa umur (tahun), berat badan (kilogram), tinggi badan (centimeter), kadar MDA plasma sebelum latihan (nmol/ml), kadar MDA plasma setelah latihan (nmol/ml), aktivitas enzim SOD eritrosit sebelum latihan (U/gHb), aktivitas enzim SOD eritrosit setelah latihan (U/gHb). Data tersebut dianalisis dengan urutan sebagai berikut: analisis statistik deskriptif, uji normalitas menggunakan Kolmogorof-Smirnof, uji homogenitas dan uji Mancova. Besarnya taraf signifikansi ditetapkan 5% dan seluruh data dikerjakan dengan menggunakan komputer memakai program SPSS 15.0 *for windows*. Hasil analisis data tersebut disajikan sebagai berikut:

**Tabel 5.1 Nilai Rerata dan SD Variabel Penelitian**

Variabel	Latihan Istirahat Aktif (Rerata ± SD)		Latihan Istirahat Pasif (Rerata ± SD)	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
Umur (th)	21,125 ± 0,353		21,250 ± 0,462	
Berat Badan (Kg)	60,187 ± 5,931		59,800 ± 5,950	
Tinggi Badan (Cm)	173,125 ± 2,771		171,287 ± 3,131	
Kadar MDA Plasma (nmol/ml)	5,489 ± 1,038	5,556 ± 1,164	5,291 ± 1,029	4,889 ± 1,062
Aktivitas Enzim SOD Eritrosit (U/gHb)	212,458 ± 28,295	200,020 ± 25,938	214,059 ± 20,144	249,544 ± 20,539

Perhitungan data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 12 halaman 99.

### 5.1. Hasil Statistik Deskriptif

Analisis statistik deskriptif ini digunakan untuk memenuhi persyaratan pada uji Normalitas yang digunakan untuk mengetahui pengaruh latihan interval istirahat aktif dan istirahat pasif terhadap derajat stres oksidatif. Data hasil penelitian meliputi variabel bebas, variabel tergantung dan variabel moderator. Ringkasan hasil penelitian disajikan dalam tabel 5.1.

### 5.2. Uji Normalitas

Hasil perhitungan uji normalitas yang akan disajikan dalam tabel 5.2.

**Tabel 5.2. Uji Normalitas Variabel Penelitian**

Variabel	Kelompok Istirahat	p
Umur (th)	Aktif	0,050
	Pasif	0,072
Berat Badan (kg)	Aktif	0,989
	Pasif	0,939
Tinggi Badan (cm)	Aktif	0,911
	Pasif	1,000
Kadar MDA Plasma Sebelum Latihan (nmol/ml)	Aktif	0,728
	Pasif	0,789
Kadar MDA Plasma Setelah Latihan (nmol/ml)	Aktif	0,944
	Pasif	0,740
Aktivitas Enzim SOD Eritrosit (U/gHb) Sebelum Latihan	Aktif	0,904
	Pasif	0,706
Aktivitas Enzim SOD Eritrosit (U/gHb) Setelah Latihan	Aktif	0,994
	Pasif	0,977

Berdasarkan tabel 5.2 diperoleh nilai  $p > 0,05$ . Hal ini berarti bahwa seluruh data pada variabel penelitian berdistribusi normal.

### 5.3. Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui bahwa sampel penelitian memiliki kondisi awal yang sama atau tidak antara kelompok istirahat aktif dan kelompok istirahat pasif. Uji homogenitas menggunakan taraf signifikansi 0,05. Bila besarnya nilai uji lebih dari 0,05 ( $>0,05$ ), maka data pada variabel tersebut memiliki varians yang homogen. Ringkasan hasil uji homogenitas dapat dilihat pada tabel 5.3.

**Tabel 5.3 Hasil Uji Homogenitas**

Variabel	p
Umur (th)	0,230
Berat Badan (kg)	0,868
Tinggi Badan (cm)	0,867
Kadar MDA Plasma Sebelum Latihan (nmol/ml)	0,895
Aktivitas Enzim SOD Eritrosit Sebelum Latihan (U/gHb)	0,254

Kesimpulan:

Dari tabel 5.3 diperoleh nilai  $p > 0,05$ . Hal ini berarti bahwa variabel umur, berat badan, tinggi badan, kadar MDA plasma pre test dan aktivitas enzim SOD eritrosit pre test berasal dari populasi yang homogen.

### 5.4. Hasil Uji T Berpasangan

Uji T Berpasangan dilakukan untuk menganalisis apakah terdapat perbedaan yang bermakna antara kadar MDA plasma sebelum latihan dan setelah latihan, dan juga apakah terdapat perbedaan yang bermakna antara aktivitas enzim SOD eritrosit sebelum latihan dan setelah latihan. Uji T Berpasangan menggunakan taraf signifikansi 0,05 ( $p = 0,05$ ). Bila nilai p hasil Uji T Berpasangan lebih kecil dari 0,05 ( $p < 0,05$ ), maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara sebelum latihan dan setelah latihan. Nilai p dari Uji T Berpasangan dapat dilihat pada tabel 5.4.

**Tabel 5.4. Hasil Uji T Berpasangan**

Variabel	Pretest	Posttest	p
Kadar MDA plasma (nmol/ml) Latihan interval istirahat aktif	5,4897	5,5565	0,598
Aktivitas enzim SOD eritrosit (U/gHb) Latihan interval istirahat aktif	212,4583	200,0209	0,432
Kadar MDA plasma (nmol/ml) Latihan interval istirahat pasif	5,2918	4,8892	0,006
Aktivitas enzim SOD eritrosit (U/gHb) Latihan interval istirahat pasif	214,0599	249,5449	0,004

Berdasarkan pada tabel 5.4, menunjukkan bahwa setelah dilakukan Uji T Berpasangan didapatkan hasil:

1. Pada latihan interval istirahat aktif kadar MDA plasma memiliki nilai p sebesar 0,598 ( $p > 0,05$ ) dan nilai p untuk aktivitas enzim SOD eritrosit sebesar 0,432. ( $p > 0,05$ ). Jika  $p > 0,05$  maka hipotesis penelitian ditolak. Latihan interval istirahat aktif tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar MDA plasma dan aktivitas enzim SOD eritrosit. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa latihan interval istirahat aktif tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap derajat stres oksidatif.
2. Sedangkan pada latihan interval istirahat pasif kadar MDA plasma memiliki nilai p sebesar 0,006 ( $p < 0,05$ ) dan nilai p untuk aktivitas enzim SOD eritrosit sebesar 0,004. ( $p < 0,05$ ). Jika  $p < 0,05$  maka hipotesis penelitian diterima. Latihan interval istirahat pasif memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar MDA plasma dan aktifitas enzim SOD eritrosit. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa latihan interval istirahat pasif memberikan pengaruh yang signifikan terhadap derajat stres oksidatif.

### 5.5. Hasil Uji Mancova

Uji Mancova digunakan untuk menganalisis perbedaan kelompok interval istirahat aktif dan kelompok interval istirahat pasif. Uji Mancova menggunakan taraf signifikansi sebesar 0,05. Jika nilai p hasil uji manova lebih kecil dari 0,05 ( $p < 0,05$ ) maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan pengaruh latihan interval istirahat aktif dan latihan interval istirahat pasif terhadap derajat stres oksidatif. Besarnya hasil uji Mancova dapat dilihat pada lampiran 12.

**Tabel 5.5 Hasil Uji Mancova**

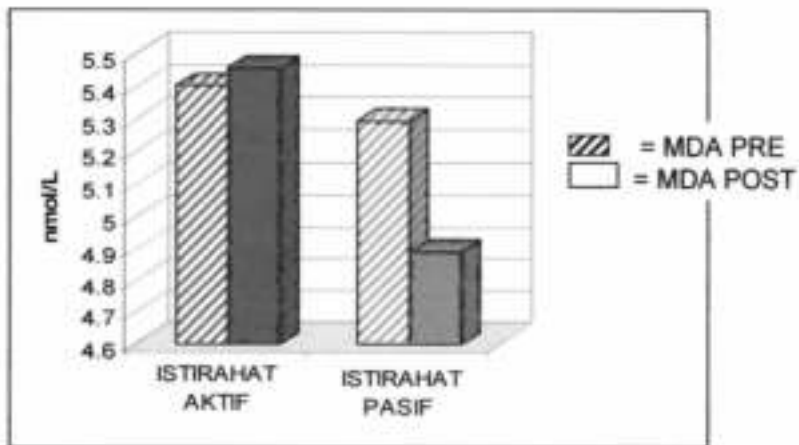
Variabel	Istirahat Aktif	Istirahat Pasif	p
Kadar MDA plasma (nmol/ml)	5,556 ± 1,164	4,889 ± 1,062	0,153
Aktivitas enzim SOD eritrosit (U/gHb)	200,020 ± 25,938	249,544 ± 20,539	0,004

Dari tabel 5.5 didapatkan hasil bahwa:

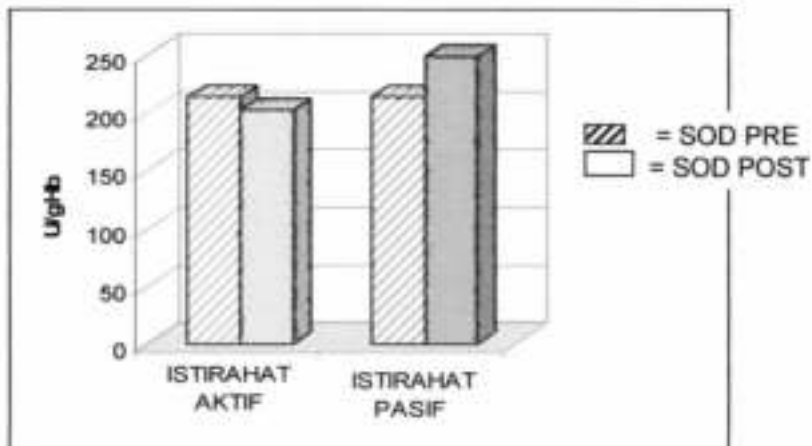
1. Perbedaan kadar MDA plasma post test pada kelompok latihan interval istirahat aktif dan latihan interval istirahat pasif memiliki nilai  $p = 0,153$ . Jika  $p > 0,05$  maka hipotesis penelitian ditolak. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan pengaruh yang signifikan pada kadar MDA plasma setelah latihan interval istirahat aktif dan latihan interval istirahat pasif.
2. Perbedaan aktivitas enzim SOD eritrosit post test pada kelompok latihan interval istirahat aktif dan latihan interval istirahat pasif memiliki nilai  $p = 0,004$ . Jika  $p < 0,05$  maka hipotesis penelitian diterima. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan pengaruh yang signifikan pada aktivitas enzim SOD eritrosit antara latihan interval istirahat aktif dan latihan interval istirahat pasif.



3. Nilai rata-rata kadar MDA plasma dan aktivitas enzim SOD eritrosit antara latihan interval dengan istirahat aktif dan istirahat pasif dapat ditunjukkan dalam gambar 5.2. dan 5.3 berikut:



**Gambar 5.2 Diagram Batang Nilai Rata-rata MDA Pada Kelompok Perlakuan**



**Gambar 5.3 Diagram Batang Nilai Rata-rata SOD Pada Kelompok Perlakuan**

## BAB 6

### PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengungkap pengaruh latihan interval istirahat aktif dan latihan interval istirahat pasif terhadap derajat stres oksidatif. Pembahasan dalam penelitian ini dibagi menjadi beberapa sub bab, yaitu: pembahasan metodologi penelitian, pembahasan sampel penelitian, pembahasan latihan, pembahasan alat ukur dan pengukuran, pembahasan hasil penelitian

#### 6.1. Pembahasan metode penelitian

Penelitian ini adalah penelitian yang menggunakan jenis *experimental laboratories*, dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Metode eksperimental merupakan salahsatu metode penelitian yang tepat untuk menyelidiki hubungan sebab akibat (Zainudin, 1988: 44)
2. Variabel bebas dapat dikendalikan, dan dapat diuji secara statistik.
3. Pelaksanaan dapat dikendalikan sesuai dengan keinginan peneliti.
4. Dapat menemukan hal yang lebih inovatif di bidang keilmuan.
5. Dapat mencocokkan antara kenyataan yang ada di lapangan dengan teori.

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *The Pre test - Post test Group Design*, dengan alasan:

1. Dengan rancangan ini maka penelitian ini telah memenuhi kriteria sebagai penelitian eksperimental murni (*true experimental*). Kriteria yang dimaksud adalah adanya perlakuan (intervensi), kelompok kontrol, randomisasi dan replikasi (Zainudin, 1988: 48).
2. Rancangan penelitian ini merupakan rancangan yang paling sering digunakan pada penelitian eksperimental di bidang kedokteran dan kesehatan

3. Rancangan penelitian ini secara teknis lebih sederhana, lebih ekonomis dan secara metodologi dapat dipertanggung jawabkan.
4. Penelitian ini menggunakan *pretest* dan *posttest* sehingga dapat mengetahui pengaruh yang ditimbulkan akibat latihan secara jelas, dan akan mendapatkan hasil sesuai dengan yang diharapkan.
5. Karena penelitian ini membandingkan dua metode latihan, maka rancangan penelitian yang dianggap paling sesuai dengan penelitian ini adalah *Pre test - Post test Group Design*.

## 6.2. Pembahasan sampel penelitian

- a. Sampel dalam penelitian ini berumur 21- 22 tahun. Hal ini didasarkan pada fase performance terbaik seseorang berada pada usia dewasa.
- b. Dipilih mahasiswa laki-laki sebagai sampel, dimaksudkan karena mempunyai sistem hormonal yang lebih stabil jika dibandingkan dengan orang yang berkelamin wanita (terdapat siklus menstruasi). Sehingga hasil penelitian tidak terpengaruh oleh siklus hormonal. Selain itu orang laki-laki mempunyai daya tahan tubuh yang lebih kuat terhadap pergantian cuaca maupun suhu udara (Kumala, 1996:27).
- c. Cara menyeleksi sampel dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu:
  1. Sejumlah 124 orang Mahasiswa Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Malang diberi angket yang berisi tentang batasan menjadi sampel. (contoh angket penelitian bisa dilihat pada lampiran 6).
  2. Dari seleksi angket tersebut, terdapat 51 orang yang memenuhi syarat (seperti: umur, berat badan, tinggi badan dan kebiasaan yang dilakukan dalam setiap harinya).
  3. 51 orang tersebut dilakukan test kapasitas kerja maksimal menggunakan sepeda ergocycle, lalu diperoleh 24 orang yang memiliki kebiasaan dan kemampuan fisik yang relatif sama.

4. Dari 24 orang tersebut, semuanya dijadikan sebagai sampel penelitian.
  5. Setelah diberi pengarahan dan dilakukan penjelasan tentang penelitian (*information for consent*), maka didapatkan 7 orang yang mengundurkan diri sebagai sampel dalam penelitian dan 1 orang menderita influenza.
- d. Penyeleksian sampel penelitian yang sangat ketat ini dilakukan agar memperoleh orang coba yang homogen. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa hasil eksperimen akan digeneralisasikan, dan juga statistik deskriptif yang dipakai untuk menganalisis hasil eksperimen ini. Selain itu sistem acak akan menjadikan sampel lebih homogen. Berdasarkan asumsi di atas peneliti menggunakan sampel random (Leedy, 2001: 47).

Walaupun secara metodologi sampel ini cukup baik, namun tidak lepas dari kelemahan antara lain: kondisi awal orang coba yang belum dapat diprediksikan secara tepat.

Dalam menentukan sampel dan pembagian kelompok perlakuan, teknik yang dilakukan adalah *stratified random sampling*. Jumlah sampel yang digunakan 8 orang untuk tiap kelompok. Penentuan jumlah sampel dalam penelitian ini menggunakan rumus dari Higgins dan Klinbaum yang dikutip dari Patellongi (1999:75). Sebagai perbandingan apakah jumlah sampel sudah memenuhi kecukupan untuk diuji statistik dalam penelitian ini, maka akan dihitung dengan menggunakan rumus:

$$n = \frac{1}{1-f} \times \frac{2(Z\alpha + Z\beta)^2 \cdot Sc^2}{(Xc - Xt)^2}$$

Dari perhitungan jumlah sampel diatas diperoleh besar sampel dengan  $n = 7,19901221$  untuk variabel aktivitas enzim SOD eritrosit dan  $n = 6,323674$  untuk variabel kadar MDA plasma. Jadi besar sampel minimal dari penelitian ini adalah 8 orang untuk tiap

kelompok pada variabel aktivitas enzim SOD eritrosit dan 7 orang sampel untuk variabel kadar MDA plasma. Jadi jika pada penelitian ini peneliti menggunakan 8 orang coba untuk dijadikan sebagai sampel penelitian, berarti masih memenuhi standart perhitungan besar sampel minimal.

### 6.3. Pembahasan Latihan Interval

Metode latihan interval yang dipergunakan adalah, dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini menggunakan metode latihan interval yang bersifat aerobik dengan ratio 1:1, jadi waktu yang dibutuhkan menjadi lebih lama. Latihan yang membutuhkan waktu yang lama, dapat menimbulkan kejenuhan. Tetapi dengan metode latihan yang berselang-seling ini dapat menghindarkan kebosanan dan kejenuhan sehingga dapat meningkatkan motivasi seseorang untuk latihan (Harsuki, 2002).
2. Sistem latihan tidak terlalu lama dan tidak terlalu berat, sehingga tidak menimbulkan terjadinya cedera dan kelelahan yang dapat mengakibatkan kerusakan jaringan.
3. Penelitian ini membedakan pengaruh antara latihan istirahat aktif dan latihan istirahat pasif. Jadi waktu, intensitas dan beban kerja antara kedua kelompok perlakuan adalah sama. Hanya memiliki perbedaan pada bentuk istirahatnya, pada kelompok istirahat aktif berupa mengayuh ergocycle dengan intensitas rendah selama 4 menit, sedangkan kelompok istirahat pasif tidak melakukan kegiatan tambahan (hanya rebahan selama 4 menit). Jika pada hasil penelitian terjadi perbedaan, hal ini disebabkan karena perbedaan perlakuan yang diberikan. Bukan karena perbedaan beban latihan.

Penelitian ini menggunakan latihan sepeda dengan *ergocycle technogym*, dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Latihan bersepeda lebih mudah dan lebih ringan pelaksanaannya jika dibandingkan dengan treadmill, karena berat tubuh saat latihan bersepeda ditopang oleh sadel (tempat duduk) sehingga orang coba merasa lebih nyaman dan rileks selama melakukan latihan.
2. Latihan bersepeda ini lebih digemari oleh mahasiswa IKOR.
3. Latihan bersepeda ini lebih mudah dalam penyediaan sarana yang diperlukan sesuai dengan tujuan yang diharapkan.

Bentuk latihan yang digunakan dalam penelitian ini adalah latihan bersepeda secara aerobik dengan durasi latihan total selama 24 menit, dan dilakukan 4 menit berselang-seling antara waktu kerja dan istirahat. Menurut Fox & Bowers (1988: 52), latihan yang dilakukan lebih dari 3 menit sistem energi yang dominan digunakan adalah aerobik. Sedangkan waktu istirahat dilakukan selama 4 menit, hal ini akan mengurangi terjadinya kelelahan pada orang coba. Fox & Bowers (1988: 98) yang menyatakan bahwa waktu istirahat selama 3 sampai 5 menit dapat mengembalikan proses *recovery* oksigen.

#### **6.4. Pembahasan alat ukur dan pengukuran**

Alat yang digunakan untuk melakukan latihan interval adalah sepeda ergocycle dengan merk Technogym. Dengan menggunakan "Infra Red Polar™ heart rate" yang dipasangkan pada orang coba, dapat diketahui perubahan yang terjadi selama aktivitas (seperti: heart rate, kecepatan kayuhan (rpm), watt, MET, intensitas latihan, dan beban latihan). Sedangkan alat yang digunakan untuk mengukur pemeriksaan fisik pada orang coba, seperti: Stetoskop (litmann), mercury sphygmomanometer (Nova) dilakukan oleh petugas medis. Dan alat yang digunakan untuk pemeriksaan variabel dependen, semuanya terdapat di Laboratorium Fisiologi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang.

Alat ukur yang digunakan untuk mengukur kadar MDA plasma adalah blok diagram spektrofotometer digital merk HACH PR/2000 dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Keakuratan adalah 99,8% atau dengan kata lain alat ini mempunyai kemungkinan kesalahan sebesar  $\pm 0,2\%$ .
2. Pengukuran dilakukan dengan panjang gelombang 532 nm, dengan tujuan sinar bias cahaya tidak pecah.
3. Hasil pengukuran terlihat pada perekam yang ditunjukkan sebagai grafik perbandingan antara gerakan waktu dengan besar penyerapan.

Pada pengukuran, hal yang pertama dilakukan adalah menyiapkan spektrofotometer. Lalu siapkan sampel darah yang telah dipisahkan menjadi plasma darah. Atur suatu blok diagram spektrofotometer dengan panjang gelombang 334 nanometer. Lalu dari alat perekam didapatkan hasil, dari hasil tersebut akan distandarisasi.

Pada spektrofotometer peneliti menggunakan dengan panjang gelombang 532 nanometer karena pada panjang gelombang ini MDA mampu menyerap cahaya yang lebih besar, jika memakai panjang gelombang yang 340 penyerapan cahaya lebih rendah (Montgomery, 1993: 262).

#### **6.5. Pembahasan hasil penelitian**

Penelitian ini dilakukan untuk mengungkap pengaruh latihan interval istirahat aktif dan istirahat pasif terhadap derajat stres oksidatif pada Mahasiswa Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Malang. Mekanisme terjadinya stres oksidatif akibat latihan interval berdasarkan teori radikal bebas, akan diungkapkan melalui analisis Mancova dan perbedaan antara beberapa variabel dependent (kadar MDA plasma dan aktivitas enzim SOD eritrosit). Dalam pembahasan hasil penelitian ini akan dibahas tentang pengaruh latihan interval istirahat aktif terhadap derajat stres oksidatif,



pengaruh istirahat pasif terhadap derajat stres oksidatif dan perbedaan pengaruh antara interval istirahat aktif dan istirahat pasif terhadap derajat stres oksidatif.

### **6.1.1. Kriteria orang coba**

Dari hasil analisis kriteria orang coba pada variabel umur, berat badan dan tinggi badan orang coba, diketahui bahwa kedua kelompok tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa orang coba pada kedua kelompok berasal dari sampel yang homogen, ditinjau dari umur, berat badan dan tinggi badan orang coba, karena pembagian sampel yang dilakukan secara random. Seperti yang dikemukakan oleh Leedy (2001:45), bahwa tujuan dilakukan randomisasi dalam pembagian kelompok perlakuan adalah agar variasi yang terdapat pada sampel penelitian dapat tersebar merata pada semua kelompok. Sehingga hasil analisis tidak dipengaruhi oleh kondisi fisik awal orang coba. Bila ditemukan perbedaan kadar MDA plasma dan aktivitas enzim SOD pada kedua kelompok, hal ini tidak disebabkan oleh perbedaan kriteria orang coba sebelum latihan.

### **6.1.2. Kadar MDA plasma dan aktivitas enzim SOD eritrosit sebelum melakukan latihan fisik.**

Hasil analisis pada variabel kadar MDA plasma dan aktivitas enzim SOD sebelum latihan menunjukkan tidak ada perbedaan yang bermakna antara kedua kelompok latihan. Hal ini menunjukkan bahwa sebelum latihan, variabel tersebut pada kedua kelompok adalah sama. Bila ditemukan perbedaan antara kedua kelompok berdasarkan variabel tersebut setelah latihan fisik, maka perbedaan itu tidak disebabkan karena adanya perbedaan nilai awal (sebelum melakukan latihan interval).

Menurut Ji (1996:4) ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi tingkat peroksidasi lemak dan kadar enzim antioksidan akibat latihan fisik, antara lain: interaksi diet, penyakit, obat-obatan dan tingkat partisipasi seseorang terhadap latihan fisik atau olahraga. Bila seseorang melakukan aktivitas berat selama beberapa jam atau

beberapa hari sebelumnya, akan dapat mempengaruhi tingkat peroksidasi lemak dan enzim antioksidan. Begitu juga ketika memakan obat-obatan tertentu akan dapat mempengaruhi tingkat peroksidasi lemak dan enzim antioksidan. Berdasarkan pendapat ini, kedua kelompok dianggap mempunyai interaksi diet, kondisi fisik dan respon terhadap latihan fisik yang hampir sama. Dengan demikian faktor tersebut dianggap tidak akan mempengaruhi hasil analisis antara kedua kelompok setelah latihan fisik.

### **6.1.3. Pengaruh latihan interval istirahat aktif dan latihan interval istirahat pasif terhadap kadar MDA plasma**

Berdasarkan hasil penelitian tidak terdapat perbedaan pengaruh yang signifikan antara kadar MDA plasma sebelum dan setelah latihan. Selisih nilai rerata antara sebelum dan setelah melakukan olahraga (menggunakan latihan interval istirahat aktif) sebesar 0.0668, sedangkan selisih nilai rerata antara sebelum dan setelah melakukan olahraga (menggunakan latihan interval istirahat pasif) sebesar 0.4026. Hal ini berarti bahwa kadar MDA plasma pada individu yang melakukan latihan interval istirahat aktif terjadi peningkatan kadar MDA plasma yang lebih rendah daripada latihan interval istirahat pasif. Pada kelompok latihan interval istirahat aktif, kadar MDA plasma setelah latihan memiliki nilai rerata yang lebih tinggi daripada kadar MDA plasma sebelum latihan. Nilai rerata sebesar 5.3991 pada saat sebelum melakukan latihan dan nilai rerata sebesar 5.4571 setelah melakukan latihan. Setelah diuji menggunakan "Pairwise Comparisons", nilai rerata tersebut tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan karena  $p > 0.05$ . Hasil tersebut menunjukkan bahwa kadar MDA plasma akan sedikit meningkat ketika melakukan latihan interval istirahat aktif.

Malondialdehyde merupakan salahsatu indikator yang digunakan untuk mengukur terjadinya stres oksidatif (Halliwell, 1999:301). Peningkatan kadar MDA plasma yang terjadi setelah melakukan latihan interval istirahat aktif, mengindikasikan bahwa setelah latihan terjadi peningkatan jumlah oksidan yang masuk ke dalam tubuh.

MDA terbentuk apabila terjadi peroksidasi lemak pada membran sel, yang menyebabkan penurunan fungsi dari membran sel. Pengukuran kadar MDA plasma merupakan pengukuran aktivitas radikal bebas secara tidak langsung, karena yang diukur adalah produk dari aktivitas radikal bebas. Penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan kadar MDA plasma akibat latihan interval istirahat aktif. Hal ini membuktikan bahwa latihan interval istirahat aktif mengakibatkan peningkatan produksi radikal bebas, bila peningkatan ini tidak mampu diredam oleh antioksidan yang tersedia dalam tubuh maka akan mengakibatkan terjadinya peningkatan peroksidasi lemak yang pada akhirnya menghasilkan zat toksik MDA yang dapat merusak membran sel.

Karena istirahat yang dilakukan adalah aktif, jadi tubuh dapat merespon oksidan yang masuk dengan cara dikeluarkannya antioksidan. Hasil penelitian didukung oleh pendapat McBride & Kraemer (1999:178), yang menyatakan bahwa ketika melakukan olahraga yang bersifat aerobik akan terjadi peningkatan konsumsi oksigen sekitar 10 sampai 20 kali. Dari 4 - 5% oksigen yang dikonsumsi selama respirasi tersebut akan dibentuk menjadi radikal bebas (Clarkson & Thompson, 2000: 637). Latihan interval istirahat aktif merupakan salahsatu aktivitas fisik akan menyebabkan terjadinya peningkatan kebutuhan oksigen, sehingga proses oksidasi di dalam tubuh juga ikut meningkat. Salahsatu hasil samping dari proses oksidasi adalah molekul oksigen yang tidak stabil seperti radikal bebas, sehingga terjadi sedikit peningkatan kadar MDA pada plasma.

Peningkatan kadar MDA plasma setelah melakukan olahraga merupakan suatu fenomena fisiologis yang disebabkan oleh terjadinya peningkatan konsumsi oksigen (peningkatan respirasi) dan disertai dengan proses reduksi yang dapat merangsang oksigen. Karena proses inilah sehingga terjadi peningkatan reaksi pembentukan

superoksida anion, hidrogen peroksida, radikal hidroksil, oksigen bebas, dan komponen radikal bebas yang lain (Spencer, 1994:141). Setiap proses yang menggunakan oksigen sebagai energi sangat berpotensi meningkatkan produksi radikal bebas bermuatan partikel kimia. Hal ini akan menyebabkan membran sel dari sel darah merah dan sel otot mudah terjadi kerusakan (Pidcock, 2001:1).

Dalam penelitian ini, orang coba mendapat beban fisik dengan cara mengayuh sepeda (*ergocycle technogym*) selama 24 menit dengan bentuk latihan interval istirahat aktif. Beban tersebut akan direspon oleh tubuh salahsatunya dengan jalan peningkatan konsumsi oksigen. Namun peningkatan peningkatan konsumsi oksigen tersebut akan diiringi dengan terjadinya peningkatan kadar MDA plasma, hasil penelitian ini didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh Marzatico dkk (2000:235) bahwa kadar MDA plasma pada pelari maraton dan pelari cepat mengalami peningkatan secara bertahap sampai 48 jam setelah melakukan latihan, dan setelah 48 jam berikutnya akan terjadi penurunan.

Berdasarkan hasil penelitian pada kelompok latihan interval istirahat pasif, kadar MDA plasma setelah latihan memiliki nilai rerata yang lebih rendah daripada kadar MDA plasma sebelum latihan. Nilai rerata sebesar 5.2918 nmol/ml pada saat sebelum melakukan latihan interval istirahat pasif dan nilai rerata sebesar 4.8892 nmol/ml setelah melakukan latihan. Setelah diuji menggunakan "Pairwise Comparisons", nilai rerata tersebut tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan karena  $p > 0.05$ . Hasil tersebut menunjukkan bahwa kadar MDA plasma akan sedikit menurun ketika melakukan latihan interval istirahat pasif. Konsumsi oksigen yang lebih rendah pada kelompok latihan interval istirahat pasif, merupakan salahsatu faktor yang menyebabkan kadar MDA plasma setelah latihan menjadi lebih rendah.

Hasil penelitian, menunjukkan bahwa tingkat peroksidasi lemak pada latihan interval istirahat aktif lebih tinggi daripada latihan interval istirahat pasif. Hal ini menunjukkan bahwa produksi oksidan lebih tinggi pada latihan interval istirahat aktif daripada latihan interval istirahat pasif. Peningkatan produksi oksidan terjadi karena beberapa faktor, antara lain: (1) terjadinya peningkatan konsumsi oksigen (peningkatan respirasi) dan disertai dengan proses reduksi yang dapat merangsang oksigen, (2) peningkatan autooksidasi katekolamin selama latihan akan menyebabkan produksi  $O_2^-$  akan bereaksi dengan molekul sejenis seperti: proton (dismutasi) dan hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ), (3) respon inflamasi ketika terjadi kerusakan otot akibat *overexertion*

#### **6.1.4. Pengaruh latihan interval istirahat aktif dan latihan interval istirahat pasif terhadap aktivitas enzim SOD eritrosit**

Berdasarkan hasil penelitian terdapat perbedaan yang bermakna antara kelompok latihan interval istirahat aktif dan latihan interval istirahat pasif. Dengan selisih nilai rerata antara sebelum dan setelah melakukan olahraga (menggunakan latihan interval istirahat aktif) sebesar 12.4374, sedangkan selisih nilai rerata antara sebelum dan setelah melakukan olahraga (menggunakan latihan interval istirahat pasif) sebesar 35.485. Hal ini berarti bahwa aktivitas enzim SOD eritrosit pada individu yang melakukan latihan interval istirahat aktif terjadi penurunan, sedangkan aktivitas enzim SOD eritrosit meningkat pada latihan interval istirahat pasif.

Aktivitas enzim SOD eritrosit sebelum latihan interval istirahat aktif mempunyai nilai rerata sebesar 212.4583 dan setelah latihan mempunyai nilai rerata sebesar 200.0209. Jadi terjadi penurunan aktivitas enzim SOD eritrosit. Hasil ini mengindikasikan bahwa selama melakukan latihan interval istirahat aktif, akan segera dikeluarkan enzim antioksidan untuk menangkal terjadinya stres oksidatif.

Intensitas latihan yang tinggi akan menyebabkan terjadinya hipoksia pada otot dan diikuti dengan terjadinya iskemia. Keadaan iskemia ini akan direspon oleh tubuh

dengan meningkatkan terjadinya reperfusi. Proses pengembalian oksigen setelah latihan akan menghasilkan radikal bebas, sehingga aktivitas radikal bebas akan meningkat setelah melakukan latihan. Radikal bebas yang tinggi ini akan diikuti dengan peningkatan derajat stres oksidatif yang tinggi, dan penurunan jumlah enzim antioksidan. Hasil penelitian ini senada dengan penelitian yang dilakukan oleh Aslan (1998: 411) yang menyebutkan bahwa orang yang melakukan latihan dapat meningkatkan kerja radikal bebas yang diikuti dengan terjadinya penurunan pada enzim antioksidan.

Mekanisme terjadinya penurunan aktivitas enzim SOD eritrosit disebabkan karena ketika melakukan olahraga dengan latihan interval istirahat aktif, akan terjadi peningkatan konsumsi oksigen selama respirasi. Ketika  $O_2$  dibentuk, enzim SOD ini berfungsi sebagai katalisator pada proses dismutasi hidrogen peroksida. Sehingga oksidan yang terbentuk setelah latihan akan mampu dinetralisir dengan cepat oleh antioksidan.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Gur (2003:98), dengan perlakuan olahraga yang bersifat akut antara orang yang merokok dan orang yang tidak merokok menunjukkan terjadinya penurunan aktivitas enzim SOD eritrosit setelah melakukan latihan. Hasil senada juga dilaporkan oleh Toskulkao and Glinsukon (1996:67) yang menunjukkan bahwa pada orang yang bersepeda selama 60 menit dengan intensitas 70% dari HRmax, aktivitas enzim SOD eritrosit akan menurun setelah 5 menit melakukan latihan dan akan terus menurun sampai 48 jam.

SOD merupakan enzim antioksidan yang pertama kali terbentuk sebagai sistem pertahanan terhadap terjadinya stres oksidatif, oleh karena itu SOD merupakan salahsatu indikator biokimia ketika terjadi kondisi patologis akibat dari stres oksidatif (Maestro, 1991:48; Mates & Jimenez, 1999:341). Dismutasi anion superoksida menjadi hidrogen



peroksida dan  $O_2$  oleh SOD sering disebut sebagai pertahanan primer terhadap stres oksidatif karena superoksida adalah inisiator reaksi berantai yang kuat (Marks dkk, 1996:330).

Aktivitas enzim SOD eritrosit sebelum latihan interval istirahat pasif mempunyai nilai rerata 214.0599 dan setelah latihan mempunyai nilai rerata sebesar 249.5449. Didapatkan hasil bahwa terjadi peningkatan aktivitas enzim SOD eritrosit pada latihan interval istirahat pasif. Hasil penelitian ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Shuji (2003:1) bahwa aktivitas SOD eritrosit akan meningkat setelah 30 menit melakukan latihan, hal ini mengindikasikan bahwa telah terjadi adaptasi enzimatik sebagai sistem proteksi terhadap oksidasi yang disebabkan karena radikal superoksida.

Pada dasarnya latihan fisik merupakan pemberian beban atau *stressor* pada tubuh, bila dosis diberikan dengan tepat maka *stressor* tersebut akan dirubah menjadi stimulator yang ditandai dengan terjadinya peningkatan kualitas fisiologi seseorang (Rushall dan Pyke, 1990:46). Latihan interval istirahat aktif merupakan salahsatu *stressor* yang ditandai dengan peningkatan produksi radikal bebas namun, dengan latihan yang dilakukan secara baik, teratur, progresif, dan tepat dosis akan menjadi stimulator terhadap mekanisme pertahanan antioksidan yang dapat meredam serangan

Menurut Clarkson & Thomson (2000: 644), bahwa pelari yang terlatih akan meningkatkan aktivitas enzim anti radikal bebas yang terdapat dalam eritrosit (seperti: superoksida dismutase, glutathionin peroksidase, dan katalase). Enzim anti radikal bebas berpengaruh terhadap proteksi kerusakan jaringan akibat serangan radikal bebas. Sebaliknya pada subyek yang tidak terlatih adaptasi terhadap peningkatan enzim anti radikal bebas kemungkinan sudah terjadi, tetapi radikal bebas mengalami peningkatan yang lebih tinggi.



Stres oksidatif yang tertinggi terjadi pada kelompok latihan interval istirahat aktif, dan secara cepat langsung mampu direspon oleh sistem antioksidan tubuh. Sedangkan pada latihan interval istirahat pasif, didapatkan derajat stres oksidatifnya rendah dan memiliki SOD yang lebih tinggi. Peningkatan aktivitas SOD yang lebih tinggi, mengindikasikan bahwa didalam sel terjadi sistem pertahanan yang meningkat. Hal ini perlu diwaspadai karena aktivitas fisik berpotensi menimbulkan kerusakan jaringan, yang diikuti dengan peningkatan kadar enzim antioksidan (Ji, 1996:6).

Setiap latihan fisik memiliki potensi terhadap timbulnya radikal bebas yang bisa mengakibatkan terjadinya stres oksidatif. Tubuh memiliki jumlah antioksidan yang terbatas, sedangkan saat latihan terjadi peningkatan aktivitas radikal bebas sampai 20%. Oleh karena itu tubuh harus mempunyai pertahanan untuk melindungi serangan dari radikal bebas dan salahsatunya dengan melakukan latihan secara teratur (Blokehealth, 2008:1).

## **BAB 7**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **7.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan:

1. Latihan interval istirahat aktif tidak berpengaruh terhadap derajat stres oksidatif.
2. Latihan interval istirahat pasif tidak berpengaruh terhadap kadar MDA plasma, namun meningkatkan ketahanan tubuh terhadap oksidan (ditandai dengan peningkatan aktivitas enzim SOD eritrosit).
3. Terdapat perbedaan pengaruh latihan interval istirahat aktif dan latihan interval istirahat pasif terhadap derajat stres oksidatif.

#### **7.2. Saran**

Untuk meningkatkan pemahaman tentang pengaruh latihan interval istirahat aktif dan latihan interval istirahat pasif terhadap derajat stres oksidatif, maka perlu dilakukan:

1. Penelitian lebih lanjut tentang pengaruh latihan interval istirahat aktif dan latihan interval istirahat pasif terhadap derajat stres oksidatif, dengan pengulangan pemeriksaan darah sebanyak 3 kali, agar hasil penelitian lebih akurat.
2. Penelitian lebih lanjut tentang pengaruh latihan interval istirahat aktif dan latihan interval istirahat pasif terhadap derajat stres oksidatif dengan menggunakan sampel yang sama, antara kedua kelompok latihan tersebut. Agar mengetahui perbedaan pengaruh latihan pada tiap individu.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Aldrich, S., 2008. Oxidative Stress. Sigma-Aldrich Brand Products: (Online), (<http://www.sigmaaldrich.com/cgi-bin>, diakses 22 Maret 2008).
- Andiana, O., 2005. Pengaruh Latihan Teratur dan Tidak Teratur Terhadap Kerusakan Jaringan pada Tikus Putih. Skripsi, Universitas Negeri Malang, Fakultas Ilmu Pendidikan, Jurusan Ilmu Keolahragaan.
- Azwar, A., 2004. Tubuh Sehat Ideal Dari Segi Kesehatan. Direktur Jenderal Bina Kesehatan Masyarakat, Departemen Kesehatan RI. Disampaikan pada Seminar Kesehatan Obesitas, Senat Mahasiswa Fakultas Kesehatan Masyarakat UI. Sabtu, 15 Februari, 2004 di Kampus UI Depok.
- Bast, A., Guido R.M.M., Haenen, Cees J.A. and Doelman. 1991. Oxidants and Antioxidants: State of The Art. The American Journal of Medicine Volume 91 (Suppl 3C). Department of Pharmaco Chemistry, Vrije Universiteit, De Boelelaan 1083, 1081 Amsterdam, The Netherlands.
- Banerjee Alok, Amritlal Mandal, Dipanjan Chanda & Sajal Chakraborti. 2004. Oxidant, Antioxidant and Physical Exercise. Molecular and Cellular Biochemistry, Volume 253, Numbers 1-2 / November, 2003. (Online), (<http://www.springerlink.com/content>, diakses 8 Maret 2008).
- Biswas, S., Jharna B. & Asoke G. Dutta, 2005. Oxidant induced injury of erythrocyte "Role of green tea leaf and ascorbic acid". Molecular and Cellular Biochemistry, Volume 276 Number 1-2/August 2005. (Online), (<http://www.springerlink.com/content>, diakses 8 Maret 2008).
- Bledsoe, J., 2004. Anti Inflammatory Muscle Treatment. Sports Injury Bulletin, (Online), (<http://www.sportsinjurybulletin.com/archive/antiinflammatory.html>, diakses 22 Maret 2008).
- Blokehealth, 2008. Exercise and Free Radicals: Exercise and Oxidative Damage, (Online), (<http://www.mjholland.fsnet.co.uk/blokehealth/exercise.htm>, diakses 8 Juni 2008).
- Borg, G., 1998. Borg RPE (Rating of Perceived Exertion) Scale. (Online), (<http://www.ahsmail.uwaterloo.ca/kin356/rpe/htm>, diakses 8 Maret 2008)
- Bompa, T. O., 1990. Theory and Methodology of Training (2<sup>nd</sup> ed.), The Key to Athletic Performance. Kendall/Hunt Publishing Company, IOWA., p.p: 249, 292-304.
- Bonov, P.D.S. & Koriva D., 2004. Stress and Adaptation Specific Experience of Using Technology for Planning and Monitoring the Training Process. Presented at the 2004 EACA Congress in Italy.

- Brunswick, 2008. Better results in less time? Interval Training may be the Answer for the Common Workout!. 2008 Life Fitness, A Division Of The Brunswick Corporation. (Online), ([http://www.au.home.lifefitness.com/fitness\\_advisor](http://www.au.home.lifefitness.com/fitness_advisor), diakses 21 Februari 2008).
- Cherubini, A.; Maria C. P.; Mario B.; Salvatore P.; Roberta C.; et all, 2000. Antioxidant Profile and Early Outcome in Stroke Patients. American Heart Association, Inc. (Online), (<http://www.stroke.ahajournals.org>, diakses 8 Maret 2008).
- Clarkson, P.M. & Thompson, H.S. 2000. Antioxidants: What Role do They Play in Physical Activity and Health?. American Journal of Clinical Nutrition, Vol.72, No.2, 637S-646S, Augst, (Online), (<http://www.ajcn.org/cgi/content/full/72/2/6357#R135>, diakses 26 Februari 2008).
- Cochrane, D.J. 2004. Alternating Hot and Cold Water Immersion For Athlete Recovery. Physical Therapy in Sport 5 (2004) 26-32, (Online), (<http://www.sciencedirect.com>, diakses 3 April 2008).
- Erman, 2003. Oksigen Sebagai Ancaman Bagi Atlet. Jurnal Kepeatihan Olahraga. Volume 1, No. 2, Desember 2003: 61-69.
- Evans, P. & Halliwell B., 1999. Free Radicals and Hearing: Cause, Consequence, and Criteria. Annals of the New York Academy of Sciences 884:19-40. New York Academy of Sciences. (Online), (<http://www.nyas.org/index.asp>, diakses 26 Februari 2008).
- Evans, W.J., 2000. Vitamin E, Vitamin C, and Exercise. American Journal of Clinical Nutrition, vol 72, No. 2, 647S-652S, August © 2000 American Society for Clinical Nutrition, (Online), (<http://www.ajcn.org/misc/terms.html>, diakses 22 Maret 2008).
- Flaherty, J.T., 1991. Myocardial Injury Mediated by Oxygen Free Radicals. The American Journal of Medicine Volume 91 (Suppl 3C). Cardiology Division, John Hopkins Hospital, Baltimore, Maryland, USA.
- Football Association England, 2006. Your Response to Exercise?. Source of information: A Guide to Fitness for Referees' July 2006. (Online), (<http://www.carosi.freeseerve.co.uk/corshamreferee>, diakses 26 Februari 2006).
- Fox, E., 1980. Encyclopedia of Physical Education, Fitness and Sport: Interval Training. Brighton Publishing Company; G. Alan Stull, Thomas K. Cureton.
- Fox, E. L., 1984. Sport Physiology, Second Edition. Saunders College Publishing.
- Fox, E., Richard Bowers & Merle Foss, 1993. The Physiological Basis for Exercise and Sport. Fifth Edition. WCB. Brown & Benchmark Publishers.
- Frank, P.D. 1996. Antioxidants and Free radicals. Last up date June 1996, (Online), (<http://www.rice.edu/~jenky/index.html>, diakses 22 Maret 2008).

- Franklin, B.A., 2000. *Exercise and Sport Science: Cardiovascular Responses to Exercise and Training*. Edited by William E. Garrett, Jr., and Donald T. Kirkendall. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia.
- Gur, E. Sürmen, Adhan E., Zehra S. & Haken G., 2003. Influence of Acute Exercise on Oxidative Stress in Chronic Smokers. *Journal of Sport Science and Medicine* (2003) 2, 98-105. (Online), (<http://www.jssm.org>, diakses 4 Mei 2008).
- Guyton, A.C. & John E.H, 2007. *Text Book of Medical Physiology*, Eleventh edition. Elsevier Saunders, 1600 John F. Kennedy Blvd., Suite 1800. Philadelphia, Pennsylvania 19103-2899.
- Halliwell, B., 1991. *Reactive Oxygen Species in Living Systems: Sources, Biochemistry, and Role in Human Disease*. The American Journal of Medicine Volume 91 (Suppl 3C), Departement of Pulmonary Medicine, University of California at Davis Medical Center. Sacramento, California.
- Halliwell, B. and John M.C. G., 1999. *Free Radicals in Biology and Medicine* (3<sup>rd</sup> ed.): Oxidative Stress, Adaptation, Damage, Repair and Death. Oxford University Press.
- Harsono, 1988. *Coaching dan Aspek-aspek Psikologis dalam Coaching*. C.V. Tambak Kusuma. Grapik Grapos Indonesia.
- Harjanto, 2003. *Petanda Biologis dan Faktor yang Mempengaruhi Derajat Stres Oksidatif pada Latihan Olahraga Aerobik Sesaat*. Disertasi. Program Pascasarjana, Universitas Airlangga Surabaya.
- Higgins, J.E. & Klinbaum A.P. 1985. *Determining Sample Size in Introduction to Randomized Clinical Trial*. (Higgins JE eds). Family Health International.
- Huh K., Kwon T.H. & Kim J.S. 1998. Role of the Hepatic Xanthine Oxidase in Thyroid Dysfunction: Effect of Thyroid Hormones in Oxidative Stress in Rat Liver. Department of Pharmacology, College of Pharmacy, Yeungnam University, Gyongsan, Korea. (Online), (<http://www.nlm.nih.gov/contact-pubmed.html>, diakses 22 Maret 2008).
- Idionline, 2004. *Olahraga untuk Penderita Diabetes*. (Online), (<http://www.keluargasehat.com/index.php>, diakses 8 Maret 2008).
- Indriyanti, R. S., 2005. Peran Asam Lemak Bebas, Stres Oksidatif & Keadaan Inflamasi terhadap Kejadian Resistensi Insulin. *Forum Diagnosticum, Prodia Diagnostics Educational Services*. ISSN 0854-7173. Edisi khusus No. 6/2005.
- Iswati, R., 2005. *Komparasi Latihan Intensitas Sedang Interval dan Kontinyu Terhadap Perubahan Kadar Glukosa Darah pada Penderita Diabetes Mellitus : Penelitian Eksperimental Laboratoris*. (Online), (<http://www.adln.lib.unair.ac.id>, diakses 25 Februari 2008).
- Janssen, P. G. J. M., 1993. *Latihan Laktat Denyut Nadi*. Editor ahli edisi Indonesia: Peni K. S. Mutalib. Penerbit PT Pustaka Utama Grafiti, Jakarta.

- Jenkins, R. R. 1988. Free Radical Chemistry Relationship to Exercise. *Sport medicine*, 5:156-170. Department, Ithaca College. Ithaca © ADIS Press Limited.
- Ji, Li Li, 1996. Antioxidants and Oxidative Stress in Exercise. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine* 222:283-292. Society for Experimental Biology and Medicine. (Online), (<http://www.ebmonline.org/misc/terms.shtml>, diakses 26 Februari 2008).
- Ji, Li Li, 1996. Exercise, Oxidative Stress and Antioxidants. *The American Journal of Sports Medicine*, Vol. 24, No. 6. American Orthopaedic Society for Sports Medicine.
- Kanter, M., 1998. Free Radicals, Exercise and Antioxidant Supplementation. *Proceedings of the Nutrition Society* (1998), 57, 9-13 9. (Online), (<http://www.gssiweb.com/pdf/>, diakses 8 Maret 2008).
- Kleiner, S., Maggie G., Robinson. 2004. Vitamins and Minerals for Strength Trainers: The Antioxidant, From Human Kinetics Publisher, Inc., Contact Publicity Department at 1-800-747-4457, (Online), (<http://www.humankinetics.com>, diakses 22 Maret 2008).
- Kumala, Meilani. 1996. Peran Vitamin E Menangkal Radikal Bebas Penyebab Proses Menua. *Enteres Pub*, Vol 2 No 3, p197-206.
- Lauffer, R.B. 1992. Antioxidants: Role of Supplementation to Prevent Exercise-Induced Oxidative Stress. *Medical Hypotheses* 35:103, 1991. *Medical Science Sports Exercise*, (Online), 25(2):232, (<http://www.arcx.com/townsend/exercise.htm>, diakses 22 Maret 2008).
- Lauverman, J.F. 2004. Harvard Health: The Skinny Weight, Walking Off the Tiramisu, Turning Off the Tube. Contributing editor John F. Laverman writes from Brookline, Massachusetts, (Online), (<http://www.harvardmagazine.com/default.html>, diakses 26 Februari 2008).
- Leedy, P.D. 2001. Metodologi Penelitian Bidang Kedokteran, Cetakan Ke-Tiga. Balai Penerbit FKUI, Jakarta: Gaya Baru. Editor oleh: Arjatmo Tjokronegoro dan Sunedi Sudarsono.
- Leeuwenburgh, C. dan Heinecke, J.W., 2001. Oxidative Stress and Antioxidants in Exercise. *Current Medical Chemistry* 8, 829-838. Bentham Science Publishers Ltd.
- Liskustyowati, H., 1995. Perbedaan Latihan Naik Turun Bangku dengan Interval Istirahat Aktif dan Interval Istirahat Pasif terhadap Daya Tahan Otot Tungkai serta Kecepatan Lari. Tesis. Program Pascasarjana, Universitas Airlangga Surabaya.
- Livrea, M.A & G. Vidali. 1994. Basic Science to Clinical Applications. Department of Molecular and Cell Biology, University of California Berkely CA 94720 USA. Birkhäuser, Verlag, Basel, Switzerland.



- Macintosh, A., 1992. Exercise and Free Radicals: Changes in Plasma Hypoxanthine and Free Radical Makers During Exercise in Man. Symposium, Medical Science Sports Exercise, (Online), 25(2):210, (<http://arxc.com/townsend/exercise.htm>, diakses 22 Maret 2008).
- Mackenzie, B., 2004. The Value of Antioxidants: an Expert Sifts The Evidence, (Online), (<http://www.pponline.co.uk/prewp/pp-membertop.html>, diakses 22 Maret 2008).
- Maestro R.D. 1991. Radical as Mediator of Tissue Injury. In: Dreosti I.E.ed. Trace elements, micronutrients, and free radicals. New Jersey, Humana Press, p 25-54.
- Mahler, D.A; Victor F. Froelicher; Nancy Houston Miller; Tracy D. York, 2004. ACSM (American College of Sports Medicine): Panduan Uji Latihan Jasmani dan Peresapannya, edisi 5. Penerbit Buku Kedokteran, EGC.
- Marieb, E.N. 2001. Human Anatomy and Physiology (5<sup>th</sup> ed.). USA imprint of Addison Wesley Longman, Inc.
- Marks, A.D., Marks, Dawn B. & Smith, C.M. 1996. Biokimia Kedokteran Dasar: Sebuah Pendekatan Klinis. Terjemahan oleh Brahm U. Pendit. 2000. Jakarta: EGC.
- Marlinda, Ida. 2004. Klaim Vitamin E untuk Kulit. © 2004 Hak Cipta oleh Republika Online. Selasa, 01 Juni 2004. (Online), (<http://www.republika.co.id/ASP/default.asp>, diakses 22 Maret 2008).
- Marzatico, F., Pansarasa O., Bertorelli L., Somenzini L., & Delia V.G. 2000. Blood free radical antioxidant enzymes and lipid peroxides following long-distance and lactacidemic performances in highly trained aerobic and sprint athletes. *J Sports Med Phys Fitness*; 37:235-239.
- Mates, Jose M.J. & Francisca S.J. 1999. Antioxidant Enzymes and their Implication in Pathophysiologic Process. *Frontiers in Bioscience* 4, d339-345, Department of Molecular Biology and Biochemistry, Faculty of Sciences, University of Malaga.
- Mayes, P.E. 1993. Structure and Functional of The Lipid Soluble Vitamins. *Harper's Biochemistry* (21st ed.). Appleton & Lange Publishing., London.
- McArdle, William D., Katch, Frank L, & Katch, V.L. 2001. Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance. Philadelphia etc: Lippincott Williams & Wilkins.
- McBride, J.M. & Kraemer, W.J. 1999. Free Radicals, Exercise and Antioxidants. *Journal of Strength & Conditioning Research*. Center for Sport Medicine. The Pennsylvania State University.
- Mehdi, 2007. General Adaptation Syndrome: Hans Selye's Stress Model. (Online), (<http://stronglifts.com/general-adaptation-syndrome-hans-selyes-stress-model>, diakses 26 Maret 2008).



- Menon, V.P., Finz N. 1990. Effect of Different Antioxidants in Experimental Myocardial Infarction. Department of Biochemistry University of Kerala, Trivandrum-Kerala India.
- Montgomery, R. 1993. Biokimia Suatu Pendekatan Berorientasi Kasus, Jilid 1, Edisi Keempat. Penerjemah: Prof. Dr. M. Ismadi, Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada. Copyright © by Gadjah Mada University Press, Bulaksumur, Yogyakarta, Indonesia.
- Nasution, M. 2002. Latihan Interval dan Kontinyu pada Sepeda Ergometer terhadap Perubahan  $VO_{2max}$  dan Denyut Nadi Istirahat. Arena Jurnal Ilmu Keolahragaan, Nomor: 01/Th.XXXIII/Februari 2002. ISSN: 0852-3932.
- Olson, James Allen. 1990. Carotenoid and Vitamin A. Department of Biochemistry & Biophysics, Iowa. State University, Arnes, IA50011,USA.
- Pacher, Pál; Joseph S. & Lucas L., 2007. Nitric Oxide and Peroxynitrite in Health and Disease. *Physiol Rev*, 87:315-424, 2007. (Online), (<http://www.physrev.physiology.org>, diakses 1 Maret 2008).
- Packer, L.M.D., 1995. Antioxidants and The Elite Athlete. Department of Molecular and Cell Biology, University of California at Berkely, California, USA, (Online), ([http://www.antioxidantes.com.ar/12/com\\_015.htm](http://www.antioxidantes.com.ar/12/com_015.htm), diakses 22 Maret 2008).
- Patellongi, I., 1999. Pengaruh Intensitas Latihan Fisik Terhadap Kerusakan Jaringan. Disertasi. Program Pascasarjana, Universitas Airlangga Surabaya.
- Patellongi, I., Haris S., Azier G., Irawan Y., Wardihan S., Irfan I., 2000. Fisiologi Olahraga, Edisi Pertama. Bagian Ilmu Faal, Fakultas Ilmu Kedokteran, Universitas Hasanuddin Makassar.
- Pidcock, J., 2001. Carbohydrate Protection Against Muscle Damage. Last modified: December, 01, 2004, (Online), (<http://www.worldclimbing.com>, diakses 22 Maret 2008).
- Powers, S.K & Edward T.H., 2007. Exercise Physiology, Theory and Application to Fitness and Performance, Sixth Edition. McGraw-Hill International Edition.
- Reall, E., 2003. Free Radical Formation. Employment: Senior Researcher, Department of Physiology, Univ. of Kuopio, FIN. JSSM 2003, 52-61.htm, (Online), (<http://www.exrx.net/Nutrition/Antioxidants/Introduction.html>, diakses 8 Juni 2004).
- Robbins, S., Ramzi S.C, Vinay K. 1984. Cellular Injury and Adaptation, Pathologic Basis of Disease (3<sup>rd</sup> ed.). WB Saunders Company Igaku Shoin/ Saunders, Philadelphia, Tokyo.

- Rushall, B. S. & Pyke F.S., 1990. *Training for Sport and Fitness*, 1<sup>st</sup> edition. Melbourne: Mc Millan co. of Austria PTY LTD.
- Sakurai, T. & Susumu T., 2003. Superoxide Production in the Islet of Langerhans Detected by the MCLA Chemiluminescence Method. From: *Methods in Molecular Biology*, vol. 196: Oxidants and Antioxidants: Ultrastructure and Molecular Biology Protocols. Edited by: D. Armstrong © Humana Press Inc., Totowa, NJ
- Sen, C.K. 1995. Oxidants and Antioxidants in Exercise. Department of Molecular and Cell Biology, University of California, Berkeley 94720-3200, USA. *Journal of Applied Physiology*, Vol 79, Issue (3) 675-686, (Online), (<http://jap.physiology.org>, diakses 22 Maret 2008).
- Sherwood, L. 2002. *Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem*. Penerbit Buku Kedokteran, EGC. Jakarta.
- Shuji, T., Matsubara E. & Hirohisa, 2003. Changes Plasma Cu Concentration and Erythrocyte SOD Activity due to Aerobic Bicycle Exercise. *Journal The Faculty of Education, Kagoshima University. Science Links Japan*. (Online), (<http://www.sciencelinksjapan.html>, diakses 10 Maret 2008).
- Sisel, 2008. How We Produce Free Radicals. *Bounties of Nature*. (Online), (<http://www.bounties-of-nature.com/index.html>, diakses 10 Maret 2008).
- Sjodin, B., Ylva H.W. and Fred S.A., 1990. Biochemical Mechanism for Oxygen Free Radical Formation During Exercise. *Sport Medicine*, 10 (4): p236-254. Symons, M.C.R. 1991. Free Radicals in Biological System. In Dreosti I.E.,ed. *Trace Elements, Micro Nutrients, and Free Radicals*. New Jersey: Humana Press: 1-24.
- Soekarman, 1987. *Dasar Olahraga Untuk Pembina, Pelatih dan Atlet*. Penerbit PT. Inti Idayu Press, Manajemen CV Haji Masagung. Anggota IKAPI.
- Spencer, S. S., 1994. *Principles of Surgery* (6<sup>th</sup> ed.). Mc Graw Hill, Inc. Health Provisions Division.
- Sugiharto. 2003. *Adaptasi Fisiologis Tubuh Terhadap Dosis Latihan Fisik*. Makalah disajikan dalam pelatihan senam aerobik, Laboratorium Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Malang.
- Suharto, 1978. Peningkatan Kondisi Fisik. *Cermin Dunia Kedokteran* No. 12, 1978. Pusat Kesehatan Olahraga DKI. Lab Kesehatan Olahraga Dep Kes RI, Jakarta.
- Suryohudoyo P. 1993. Oksidan, Antioksidan dan Radikal Bebas. Dalam *Simposium Dampak Negatif Radikal Bebas pada Organ Tubuh dan Manfaat Antioksidan*. Surabaya: Panitia Indonesia Emas dan Dies Natalis XLI Fakultas Kedokteran, Universitas Airlangga.

- Tangkudung, J., 2006. *Kepelatihan Olahraga "Pembinaan Prestasi Olahraga"*. Penerbit Cerdas Jaya, Jakarta-Indonesia.
- Toskullkao C. & Glinsukon T., 1996. Endurance Exercise and Muscle Damage: Relationship to Lipid Peroxidation and Scavenging Enzymes Short and Long Distances Runner. *JPM Journal Physical Fitness Sports Medicine*. 45: 63-70.
- Trilaksani, W., 2003. *Antioksidan: Jenis, Sumber, Mekanisme Kerja dan Peran Terhadap Kesehatan*. Term paper introduction Science Phylosophy, Graduate Program / S3. IPB, (Online), (<http://www.tripod.lycos.com/host/index.html>, diakses 27 Desember 2004).
- Wikipedia, 2008. *The Free Encyclopedia*. (Online), ([http://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Manual\\_of\\_Style](http://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Manual_of_Style), diakses 22 Maret 2008).
- Wilmore, J.H. and Costill D.L., 2005. *Sports Fitness Advisor, Sports Training Tips for Athletic Peak Performance: "The Lactate Threshold"*. (Online), (<http://www.sport-fitness-advisor.com>, diakses 8 Maret 2008).
- Winarsi, H., 2007. *Antioksidan Alami & Radikal Bebas*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Yalcin, O., Melek B.K., Umit K.S. and Oguz K.B., 2000. Effects of Swimming Exercise on Red Blood Cell Rheology in Trained and Untrained Rats. *J. Apply Physiol*. Vol. 88, Issue 6, 2074-2080, June 2000. (Online), (<http://www.jap.physiology.org>, diakses 3 Februari 2008).
- Yarboro, T., 2006. *Exertion Checks: Metabolic Equivalent*. (Online), (<http://www.yourttotalhealth.ivillage.com/home>, diakses 22 Maret 2008 ).
- Yunus, M., 2001. *Pengaruh Antioksidan Vitamin C terhadap MDA Eritrosit Tikus Wistar Akibat Latihan Erobik*. Malang: *Jurnal Laboratorium Ilmu Keolahragaan dan Penjas*.
- Zainudin, M., 1988. *Metodologi Penelitian*. Surabaya; Pasca Sarjana Unair.
- Zuck, M., 2008. *General Adaptation Syndrome*. (Online), (<http://www.answers.com/topic>, diakses 26 Maret 2008).

LAMPIRAN 1  
SERTIFIKAT KELAIKAN ETIK PENELITIAN



KOMITE ETIK PENELITIAN KESEHATAN  
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS AIRLANGGA  
SURABAYA

KETERANGAN KELAIKAN ETIK  
(“ETHICAL CLEARANCE”)

No. 11/EC/KEPK/FKUA/2008

KOMITE ETIK PENELITIAN KESEHATAN FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS AIRLANGGA SURABAYA, TELAH MEMPELAJARI SECARA SEKSAMA RANCANGAN PENELITIAN YANG DUSULKAN, MAKA DENGAN INI MENYATAKAN BAHWA PENELITIAN BERJUDUL :

**Pengaruh Latihan Interval Istirahat Aktif dan Istirahat Pasif Terhadap Derajat Stres Oksidatif**

PENELITI UTAMA :

**Olivia Andiana, S.Or**

UNIT / LEMBAGA / TEMPAT PENELITIAN :

**Fakultas Ilmu Pendidikan  
Universitas Negeri Malang**

**DINYATAKAN LAIK ETIK**

Surabaya, 28 Juli 2008

KETUA

Prof. H. M. Sajid Darmadipura, dr., SpS, SpBS  
NIP. 130604278

**LAMPIRAN 2**  
**SURAT IJIN MENGADAKAN PENELITIAN**  
**DARI DEKAN FK UNAIR**



**UNIVERSITAS AIRLANGGA**  
**FAKULTAS KEDOKTERAN**

No. : 1523/JQ3.1.17/PP.17/2008  
Lamp. : -  
Hal : Ijin penelitian S2  
a.n : Olivia Andiana, S.Or

28 April 2008

Kepada Yth,  
Dekan  
Fakultas Ilmu Pendidikan  
Universitas Negeri  
Malang

Sehubungan dengan rencana penelitian Saudara Olivia Andiana, S.Or NIM. 090610359/M mahasiswa Program Pascasarjana S2 Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Program Studi Ilmu Kesehatan Olahraga dengan judul penelitian Pengaruh Latihan Interval Istirahat Aktif dan Istirahat Pasif Terhadap Derajat Stres Oksidatif, dengan ini mohon bantuan Saudara untuk memberikan ijin penelitian di Instansi Saudara bagi mahasiswa tersebut diatas.

Demikian atas bantuan Saudara, saya ucapkan terima kasih.



Dekan,

Prof. Dr. Muhammad Amin, dr.,Sp. P (K)  
NIP. : 130517186

Tirdasan Yth,  
- Ketua TKPSM FK. Unair  
→ Yang bersangkutan

**LAMPIRAN 3**  
**SURAT IJIN PENELITIAN**  
**DARI UNIVERSITAS NEGERI MALANG**



**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL**  
**UNIVERSITAS NEGERI MALANG**  
**FAKULTAS ILMU PENDIDIKAN**

Jalan Surabaya 6, Malang 65145 • Telp: 551-312 Psw.215 • Fax: (0341) 566-962 (langsung)  
Website: <http://www.malang.ac.id> • E-mail: [fpj@malang.ac.id](mailto:fpj@malang.ac.id)

Nomor : **3/23 /H32.1/DT/2008**  
Hal : **Ijin Penelitian S2**

11 Juni 2008

Yth. Dekan Fakultas Kedokteran  
Universitas Airlangga  
Jl. Mayjen Prof. Dr. Moestopo 47 Surabaya  
Fax. 031-5022472

Memperhatikan surat Saudara nomor: 1523/JO3.1.17/PP.17/2008 tanggal 28 April 2008 perihal tersebut dalam pokok isi surat, dengan hormat kami sampaikan bahwa kami dapat mengizinkan seorang mahasiswa Program Pascasarjana Fakultas Kedokteran berikut ini:

nama : Olivia Andiana, S.Or  
NIM : 090610359/M  
program studi : Ilmu Kesehatan Olahraga

untuk melakukan penelitian dengan judul "Pengaruh Latihan Interval Istirahat Aktif dan Istirahat Pasif terhadap Derajat Stres Oksidatif".

Selanjutnya kami minta mahasiswa Saudara dapat langsung menghubungi Drs. Supto Adi, M.Kes selaku Ketua Jurusan Ilmu Keolahragaan FIP Universitas Negeri Malang (No. HP 081334575472 atau (0341) 5416742) dan Pembantu Dekan I FIP Universitas Negeri Malang (No. HP 0811363380) untuk membicarakan detail kegiatannya.

Atas perhatian Saudara kami ucapkan terima kasih.

**Prof. Dr. Hendyat Soetopo, M.Pd**  
NIP. 430870650

Tembusan:

1. Pembantu Dekan I dan II
  2. Ketua Jurusan IK
  3. Kabag Tata Usaha
- FIP Universitas Negeri Malang

**LAMPIRAN 4**  
**CONTOH INFORMED OF CONSENT**  
**(PERNYATAAN PERSETUJUAN SETELAH PENJELASAN/PSP)**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : .....

Umur : .....

Alamat : .....

No Telp/HP : .....

Menyatakan bahwa :

- Setelah membaca / diberi penjelasan tentang : tujuan penelitian, prosedur yang dilakukan, resiko dan ketidak nyamanan (fisik, psikologik, sosial), manfaat penelitian terhadap subyek dan orang lain.
- Dan saya telah diberi kesempatan untuk menanyakan hal-hal yg belum jelas dan telah diberi jawaban yang memuaskan.
- Dengan ini saya menyatakan secara sukarela untuk ikut sebagai subyek dalam penelitian ini
- Dan saya tahu bahwa saya berhak untuk mengundurkan diri dari penelitian setiap waktu tanpa mempengaruhi perawatan medik saya selanjutnya

Malang, Agustus 2008

Yang menyatakan

(.....)

Penanggung Jawab Penelitian

(Olivia Andiana, S.Or)



## LAMPIRAN 5

### CONTOH INFORMATION FOR CONSENT

#### Penjelasan Untuk Mendapat Persetujuan (*information for consent*)

#### Penjelasan dan informasi yang diberikan antara lain:

1. Penelitian ini perlu dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh latihan interval istirahat aktif dan latihan istirahat pasif terhadap stres oksidatif.
2. Penelitian ini perlu dilakukan pada subyek penelitian karena subyek bukan atlet (orang yang terlatih), sehat, tidak merokok, mampu melakukan aktivitas fisik, dan mempunyai kondisi yang bugar.
3. Subyek diukur tinggi badan, berat badan, kapasitas kerja maksimal, kadar MDA plasma sebelum latihan, kadar MDA plasma sesudah latihan, aktivitas enzim SOD sebelum latihan, aktivitas enzim SOD sesudah latihan. Pemeriksaan laboratorium dibantu oleh tim Laboratorium Faal Universitas Brawijaya Malang, pemeriksaan fisik dibantu oleh dokter di Universitas Negeri Malang, dan pengukuran berat badan, tinggi badan, dibantu oleh 2 orang dosen Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Malang.
4. Manfaat penelitian untuk subyek: (1) memberikan sumbangan informasi ilmiah tentang dampak latihan fisik dalam upaya meningkatkan kesehatan, kesegaran jasmani dalam kondisi yang fisiologis, (2) memberikan pengetahuan bahwa pakaian olahraga terbuka ataupun tertutup, sama-sama baik untuk dikenakan saat berolahraga.
5. Manfaat penelitian untuk orang lain: memberikan pemahaman pada masyarakat agar senantiasa tetap melakukan olahraga untuk kesehatan dan kebugaran.
6. Pengambilan darah dilakukan 2 kali (sebelum latihan dan sesudah latihan) pada vena antecubiti. Pada saat pengambilan darah akan sedikit menimbulkan rasa sakit.
7. Bentuk latihan dan pengambilan darah ini tidak menimbulkan efek samping, bila terjadi sesuatu pada saat latihan maka semua biaya perawatan menjadi tanggung jawab peneliti.
8. Untuk meminimalisir resiko terjadinya cedera, maka dipantau oleh 2 orang petugas medik (1 orang dokter dan 1 orang petugas laboratorium) yang berada di lapangan dan berpengalaman di bidangnya.
9. Semua catatan baik nama, alamat subyek penelitian yang bersifat pribadi dirahasiakan sepenuhnya oleh peneliti.
10. Penelitian ini bersifat bebas dan tanpa paksaan, subyek bebas mengundurkan diri sewaktu waktu sebagai sampel dari penelitian ini jika merasa dirugikan tanpa adanya sangsi yang memberatkan.

Yang memberi penjelasan,

(Olivia Andiana, S.Or)

Malang, Agustus 2008

Yang menerima penjelasan,

(.....)

## LAMPIRAN 6

### CONTOH ANGKET (DI ISI OLEH ORANG COBA)

Nama Lengkap :  
 Alamat :  
 Lahir (Tgl, bulan dan tahun) :  
 Nomor Telp/Hp :

1. Apakah anda melakukan olahraga 3 kali / lebih dalam setiap minggunya?
  - a. Ya
  - b. Tidak
2. Apakah anda mempunyai kebiasaan tidur diatas jam 22.00 ?
  - a. Ya
  - b. Tidak
3. Apakah anda mempunyai kebiasaan bangun tidur sebelum jam 5.00 pagi ?
  - a. Ya
  - b. Tidak
4. Apakah anda mempunyai kebiasaan makan dengan gizi yang berimbang?
  - a. Ya (berapa kali sehari: )
  - b. Tidak
5. Apakah anda seorang perokok aktif (selalu merokok setiap hari) ?
  - a. Ya (berapa batang per hari: )
  - b. Tidak
6. Apakah anda teratur mengkonsumsi kopi/teh ?
  - a. Ya (berapa cangkir per hari: )
  - b. Tidak
7. Apakah anda selalu mengkonsumsi suplemen-suplemen kesehatan ?
  - a. Ya (sebutkan merknya: )  
(berapa butir per hari: )
  - b. Tidak
8. Apakah dalam 1 bulan terakhir anda pernah mengkonsumsi narkoba, alkohol dan sejenisnya ?
  - a. Ya
  - b. Tidak
9. Apakah anda takut dengan jarum suntik ?
  - a. Ya
  - b. Tidak

10. Apakah dalam 1 tahun terakhir, anda pernah menderita penyakit berikut ini:
- Jantung
  - Diabetes
  - Hipertensi
  - Paru-paru
  - Liver
  - Anemia
  - Ginjal
  - Cedera berat (seperti patah tulang, dislokasi/sublokasi)
  - Tidak pernah mendapat semua penyakit diatas
11. Apakah anda mudah cemas ketika mendapat keadaan/lingkungan/kebiasaan yang baru?
- Ya (berapa denyut jantung anda saat istirahat selama satu menit:                    )
  - Tidak
12. Dengan data-data yang anda isikan diatas, apakah anda merasa bugar, sehat dan fit ?
- Ya (berapa denyut jantung anda saat istirahat selama satu menit:                    )
  - Tidak

Saya menyatakan bahwa data yang tertulis diatas adalah benar, dan tanpa ada unsur paksaan dari pihak manapun juga.

Malang, 27 Juli 2008

(.....)

**LAMPIRAN 7**  
**CONTOH FORMULIR KESEHATAN ORANG COBA**  
**(DI ISI OLEH PETUGAS MEDIS)**

**STATUS KESEHATAN**

Tanggal :  
Nama :  
Alamat :  
No Telp :  
Tanggal lahir :  
Tinggi badan :  
Berat badan :  
Keluhan sakit hari ini :  
Pemeriksaan fisik :  
    Kesadaran :  
    Tekanan Darah :  
    Denyut Nadi :  
    Respirasi :  
    Kepala :  
    Leher :  
    Dada :  
    Perut :  
    Ekstremitas atas :  
    Ekstremitas bawah :  
    Paru :  
    Jantung :  
    Liver :  
    Limpa :  
    Lain-lain :

**Petugas Medik**

(.....)

## LAMPIRAN 8

### PERHITUNGAN BESAR SAMPEL

↳ Berdasarkan Rumus Higgins & Klinbaum:

$$n = \frac{1}{1-f} \cdot X \frac{2(Z\alpha + Z\beta)^2 \cdot Sc^2}{(Xc - Xt)^2}$$

↳ Dimana :  $n$  = besarnya sampel

$Xt$  = mean kelompok eksperimen

$Xc$  = mean kelompok kontrol

$Sc$  = simpangan baku kelompok kontrol

$f$  = proporsi kegagalan

$Z\alpha$  = probabilitas tipe 1 (uji hipotesisnya dua arah) = 1,96 ( $\alpha = 0,05$ )

$Z\beta$  = probabilitas tipe 2 = 1,28 ( $\beta = 0,1$ )

↳ Dalam penelitian ini patokan yang digunakan adalah penelitian Patellongi (1999:75).

Dengan nilai mean dan simpangan baku untuk aktivitas enzim SOD eritrosit adalah:

$Xc$  (mean SOD eritrosit kelompok kontrol) = 150,27

$Xt$  (mean SOD eritrosit kelompok eksperimen) = 125,33

$Sc$  (simpangan baku kelompok kontrol) = 12,97

$f$  (proporsi kegagalan 20%) = 0,2

Sedangkan nilai mean dan simpangan baku untuk kadar MDA plasma adalah sebagai:

$Xc$  (mean MDA plasma kelompok kontrol) = 8,54

$Xt$  (mean MDA plasma kelompok eksperimen) = 7,83

$Sc$  (simpangan baku kelompok kontrol) = 0,36

$f$  (proporsi kegagalan 20%) = 0,2

↓ Hasil perhitungan untuk variabel aktivitas enzim SOD eritrosit adalah:

$$n = \frac{1}{1 - 0,2} \times \frac{2 (Z\alpha + Z\beta)^2 \cdot Sc^2}{(Xc - Xt)^2}$$

$$n = \frac{1}{1 - 0,2} \times \frac{2 (1,96 + 1,28)^2 \cdot 12,97^2}{(150,27 - 125,33)^2}$$

$$n = \frac{1}{0,8} \times \frac{20,9952 \cdot 168,2209}{(24,94)^2}$$

$$n = 1,25 \times \frac{3531,83143968}{622,0036}$$

$$n = 1,25 \times 5,67815273043435$$

$$n = 7,09769091304$$

$$n \approx 8$$

↓ Hasil perhitungan untuk variabel kadar MDA plasma adalah:

$$n = \frac{1}{1 - 0,2} \times \frac{2 (Z\alpha + Z\beta)^2 \cdot Sc^2}{(Xc - Xt)^2}$$

$$n = \frac{1}{1 - 0,2} \times \frac{2 (1,96 + 1,28)^2 \cdot 0,36^2}{(7,83 - 8,54)^2}$$

$$n = \frac{1}{0,8} \times \frac{20,9952 \cdot 0,1296}{(0,71)^2}$$

$$n = 1,25 \times \frac{2,72097792}{0,5041}$$

$$n = 1,25 \times 5,3976947431$$

$$n = 6,747118428875$$

$$n \approx 7$$

## LAMPIRAN 9

### PORSEDUR TES PENGUKURAN AKTIVITAS ENZIM SOD ERITROSIT

Lakukan Sterilisasi semua alat yang akan digunakan dalam pengukuran enzim SOD eritrosit.

1. Ambil 4 sampai 5 mililiter darah dari vena kubiti lengan kiri dengan "*disposable syringe*", kemudian dipindahkan ke dalam tabung venoject berisi EDTA untuk pemeriksaan yang menggunakan plasma serta tabung tanpa EDTA untuk pemeriksaan yang menggunakan serum sebagai specimen.
2. Pemeriksaan dilakukan dengan menggunakan Kit pemeriksaan SOD Ransod buatan pabrik Randox.
3. Sampel darah diletakkan pada pemusing dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit. 0,5 ml darah yang telah diberi antikoagulan, akan dicuci dengan 3 ml larutan NaCl 0,9% sebanyak 4 kali.
4. Eritrosit yang telah dicuci dan diaduk, ditambah dengan aquades dingin sampai volume 2 ml. Lalu disimpan selama 15 menit pada suhu 4°C.
5. Homogenat yang diperoleh akan ditambahkan 2,4 ml larutan 0,1 nmol/L PBS (*Phosphate Buffer Solution*) dengan pH 7.
6. 0,05 ml lisat eritrosit diambil dan ditambahkan 1,7 ml *mixed* substrat yang mengandung xantin 0,05 mmol/L, INT 0,025 mmol dalam buffer yang mengandung CAPS 40 mmol/L dengan pH 10,2 dan EDTA (0,94) dan 0,25 xanthin oksidase 80 U/L.
7. Besarnya aktivitas enzim SOD ditentukan secara spektrofotometrik dengan panjang gelombang 505 nm, pada detik ke 60 dan 65. Hasil pengukuran dinyatakan dalam satuan U/gHb.



**LAMPIRAN 10**  
**DATA MENTAH VARIABEL**

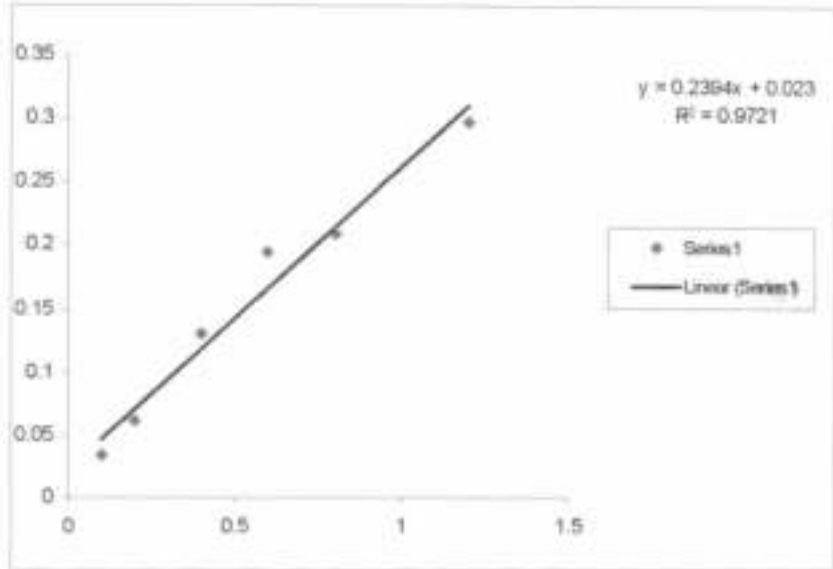
No	Kelp. Ist	Umur	BB	TB	Pre-MDA	Post-MDA	Pre-SOD	Post-SOD
1.	Aktif	21	55,60	176,20	5,3258	5,5054	182,6146	219,0729
2.	Aktif	21	59,70	171,80	4,5196	4,9916	201,4688	166,5729
3.	Aktif	21	55,40	168,90	4,6198	4,6742	213,9688	212,4063
4.	Aktif	21	52,40	170,40	7,5271	7,7736	185,6354	242,1980
5.	Aktif	21	64,30	176,30	5,5054	5,8688	185,9479	182,1979
6.	Aktif	21	67,80	172,40	4,9373	4,5280	242,1980	201,6568
7.	Aktif	21	58,20	173,30	6,5288	6,6332	231,5729	169,4896
8.	Aktif	22	68,10	175,70	4,9540	4,4778	256,2604	206,5729
9.	Pasif	21	55,30	166,60	5,3425	4,9123	239,2813	247,6146
10.	Pasif	22	65,40	171,50	6,1111	5,2824	196,7813	245,3229
11.	Pasif	21	61,40	170,30	4,1353	3,8847	205,2188	286,5729
12.	Pasif	21	52,30	168,40	5,0251	4,8621	239,2813	261,4327
13.	Pasif	22	53,40	170,30	7,3392	7,2682	206,6771	219,2813
14.	Pasif	21	57,70	176,20	4,7661	4,2489	231,5729	251,6354
15.	Pasif	21	65,10	172,40	4,3609	4,1855	185,9479	228,2396
16.	Pasif	21	67,80	174,60	5,2548	4,4695	207,7188	256,2604

## LAMPIRAN II

### MDA STANDART DAN SOD STANDART

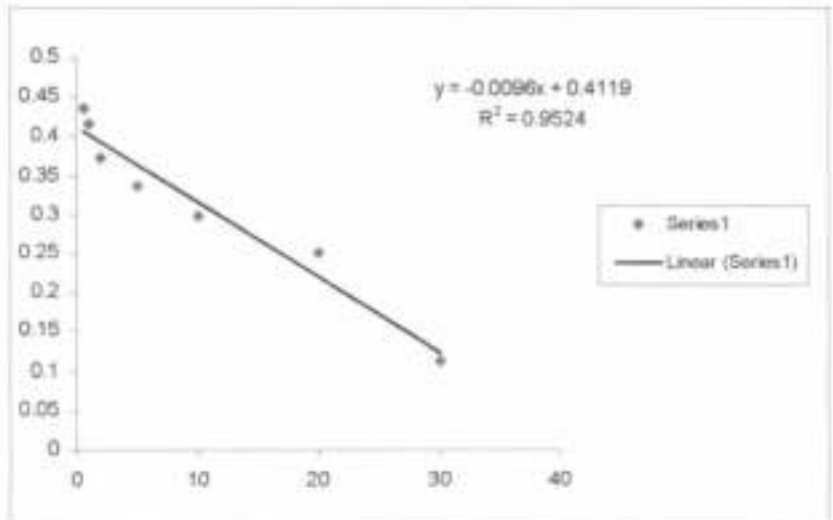
**Standart MDA**

Kadar	$\lambda$ 580
0,1	0,033
0,2	0,062
0,4	0,13
0,6	0,195
0,8	0,21
1,2	0,298



**Standart SOD**

Kadar	$\lambda$ 580
30	0,112
20	0,251
10	0,298
5	0,337
2	0,373
1	0,417
0,5	0,435



## LAMPIRAN 12 HASIL PERHITUNGAN STATISTIK

### Means

Report

KELOMPOK		UMUR	BERAT BADAN	TINGGI BADAN
ISTIRAHAT AKTIF	Mean	21.1250	60.1875	173.1250
	Std. Deviation	.35355	5.93138	2.77115
	N	8	8	8
ISTIRAHAT PASIF	Mean	21.2500	59.8000	171.2875
	Std. Deviation	.46291	5.95075	3.13161
	N	8	8	8
Total	Mean	21.1875	59.9938	172.2063
	Std. Deviation	.40311	5.74311	3.01009
	N	16	16	16

### Means

Report

KELOMPOK		MDA PRE TEST	MDA POST TEST	SOD PRE TEST	SOD POST TEST
ISTIRAHAT AKTIF	Mean	5.489725	5.556575	212.4583	200.020908
	Std. Deviation	1.0383901	1.1645924	28.29541	25.9380430
	N	8	8	8	8
ISTIRAHAT PASIF	Mean	5.291875	4.889200	214.0599	249.544972
	Std. Deviation	1.0294655	1.0627365	20.14468	20.5399218
	N	8	8	8	8
Total	Mean	5.390800	5.222888	213.2591	224.782940
	Std. Deviation	1.0040900	1.1308212	23.74212	34.1303628
	N	16	16	16	16

### NPar Tests

#### KELOMPOK = ISTIRAHAT AKTIF

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		UMUR	BERAT BADAN	TINGGI BADAN
N		8	8	8
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	21.1250	60.1875	173.1250
	Std. Deviation	.35355	5.93138	2.77115
Most Extreme Differences	Absolute	.513	.158	.199
	Positive	.513	.158	.128
	Negative	-.362	-.150	-.199
Kolmogorov-Smirnov Z		1.451	.446	.562
Asymp. Sig. (2-tailed)		.030	.989	.911

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. KELOMPOK = ISTIRAHAT AKTIF

**KELOMPOK = ISTIRAHAT PASIF**

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		UMUR	BERAT BADAN	TINGGI BADAN
N		8	8	8
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	21.2500	59.8000	171.2875
	Std. Deviation	.46291	5.95075	3.13161
Most Extreme Differences	Absolute	.455	.188	.126
	Positive	.455	.150	.124
	Negative	-.295	-.188	-.126
Kolmogorov-Smirnov Z		1.288	.533	.357
Asymp. Sig. (2-tailed)		.072	.939	1.000

- a. Test distribution is Normal.  
 b. Calculated from data.  
 c. KELOMPOK = ISTIRAHAT PASIF

**NPar Tests****KELOMPOK = ISTIRAHAT AKTIF**

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		MDA PRE TEST	MDA POST TEST	SOD PRE TEST	SOD POST TEST
N		8	8	8	8
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	5.489725	5.556575	212.4583	200.020908
	Std. Deviation	1.0383901	1.1645924	28.29541	25.9380430
Most Extreme Differences	Absolute	.244	.186	.201	.150
	Positive	.244	.186	.201	.130
	Negative	-.175	-.177	-.148	-.150
Kolmogorov-Smirnov Z		.690	.527	.567	.425
Asymp. Sig. (2-tailed)		.728	.944	.904	.994

- a. Test distribution is Normal.  
 b. Calculated from data.  
 c. KELOMPOK = ISTIRAHAT AKTIF

**KELOMPOK = ISTIRAHAT PASIF**

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		MDA PRE TEST	MDA POST TEST	SOD PRE TEST	SOD POST TEST
N		8	8	8	8
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	5.291875	4.889200	214.0599	249.544972
	Std. Deviation	1.0294655	1.0627365	20.14468	20.5399218
Most Extreme Differences	Absolute	.230	.241	.249	.169
	Positive	.230	.241	.249	.156
	Negative	-.131	-.172	-.183	-.169
Kolmogorov-Smirnov Z		.652	.683	.703	.477
Asymp. Sig. (2-tailed)		.789	.740	.706	.977

- a. Test distribution is Normal.  
 b. Calculated from data.  
 c. KELOMPOK = ISTIRAHAT PASIF

## Oneway

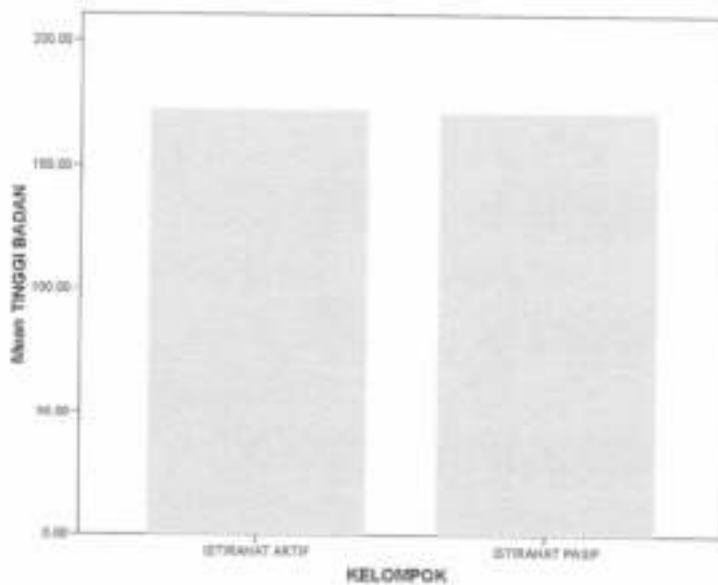
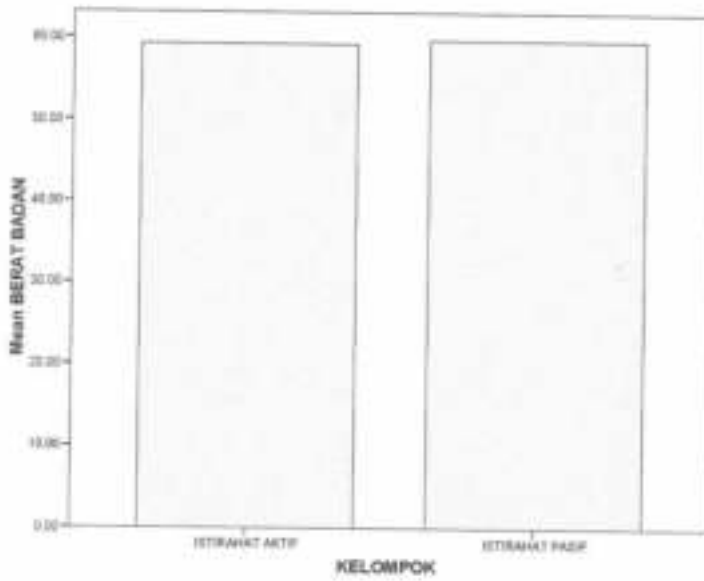
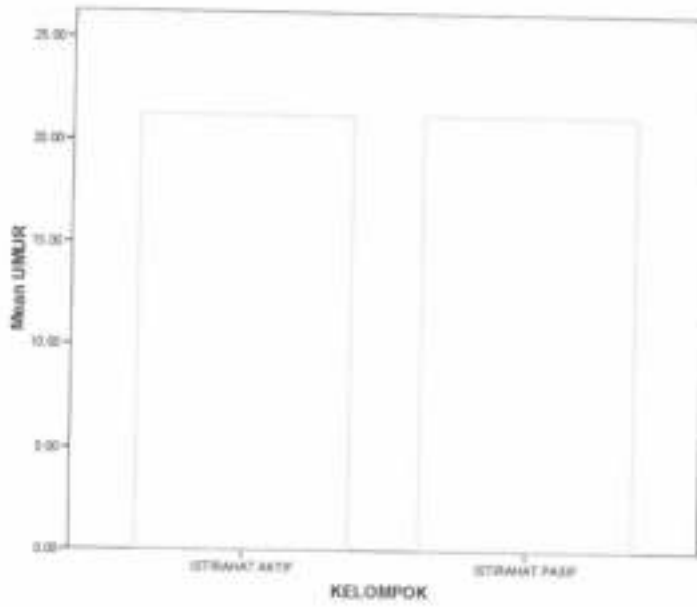
## Descriptives

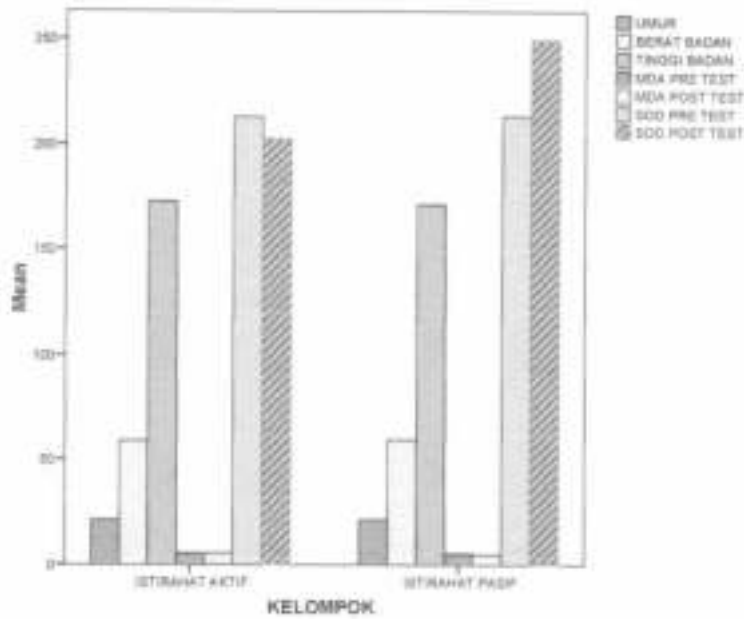
		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error
UMUR	ISTIRAHAT AKTIF	8	21.1250	.35355	.12500
	ISTIRAHAT PASIF	8	21.2500	.46291	.16366
	Total	16	21.1875	.40311	.10078
BERAT BADAN	ISTIRAHAT AKTIF	8	60.1875	5.93138	2.09706
	ISTIRAHAT PASIF	8	59.8000	5.95075	2.10391
	Total	16	59.9937	5.74311	1.43578
TINGGI BADAN	ISTIRAHAT AKTIF	8	173.1250	2.77115	.97975
	ISTIRAHAT PASIF	8	171.2875	3.13161	1.10719
	Total	16	172.2063	3.01009	.75252
MDA PRE TEST	ISTIRAHAT AKTIF	8	5.489725	1.0383901	.3671263
	ISTIRAHAT PASIF	8	5.291875	1.0294655	.3639710
	Total	16	5.390800	1.0040900	.2510225
MDA POST TEST	ISTIRAHAT AKTIF	8	5.556575	1.1645924	.4117456
	ISTIRAHAT PASIF	8	4.889200	1.0627365	.3757341
	Total	16	5.222888	1.1308212	.2827053
SOD PRE TEST	ISTIRAHAT AKTIF	8	212.4583	28.2954058	10.00394
	ISTIRAHAT PASIF	8	214.0599	20.1446776	7.1222191
	Total	16	213.2591	23.7421231	5.9355308
SOD POST TEST	ISTIRAHAT AKTIF	8	200.0209	25.9380430	9.1704830
	ISTIRAHAT PASIF	8	249.5450	20.5399218	7.2619590
	Total	16	224.7829	34.1303628	8.5325907

## ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
UMUR	Between Groups	.063	1	.063	.368	.554
	Within Groups	2.375	14	.170		
	Total	2.438	15			
BERAT BADAN	Between Groups	.601	1	.601	.017	.898
	Within Groups	494.149	14	35.296		
	Total	494.749	15			
TINGGI BADAN	Between Groups	13.506	1	13.506	1.545	.234
	Within Groups	122.404	14	8.743		
	Total	135.909	15			
MDA PRE TEST	Between Groups	.157	1	.157	.148	.708
	Within Groups	14.966	14	1.069		
	Total	15.123	15			
MDA POST TEST	Between Groups	1.782	1	1.782	1.433	.251
	Within Groups	17.400	14	1.243		
	Total	19.181	15			
SOD PRE TEST	Between Groups	10.260	1	10.260	.017	.898
	Within Groups	8445.066	14	603.219		
	Total	8455.326	15			
SOD POST TEST	Between Groups	9810.532	1	9810.532	17.924	.001
	Within Groups	7662.693	14	547.335		
	Total	17473.225	15			

# Means Plots





Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
UMUR	1.577	1	14	.230
BERAT BADAN	.029	1	14	.868
TINGGI BADAN	.029	1	14	.867
MDA PRE TEST	.018	1	14	.895
SOD PRE TEST	1.412	1	14	.254

**KELOMPOK = ISTIRAHAT AKTIF**

Paired Samples Statistics<sup>a</sup>

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	MDA PRE TEST	5.489725	8	1.0383901	.3671263
	MDA POST TEST	5.556575	8	1.1645924	.4117456
Pair 2	SOD PRE TEST	212.4583	8	28.2954058	10.00394
	SOD POST TEST	200.0209	8	25.9380430	9.1704830

a. KELOMPOK = ISTIRAHAT AKTIF

Paired Samples Correlations<sup>a</sup>

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	MDA PRE TEST & MDA POST TEST	8	.958	.000
Pair 2	SOD PRE TEST & SOD POST TEST	8	-.212	.614

a. KELOMPOK = ISTIRAHAT AKTIF



Paired Samples Test<sup>a</sup>

		Paired Differences			t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean			
Pair 1	MDA PRE TEST - MDA POST TEST	-.0668500	.3423161	.1210270	-.552	7	.598
Pair 2	SOD PRE TEST - SOD POST TEST	12.43743	42.2442115	14.93558	.833	7	.432

a. KELOMPOK = ISTIRAHAT AKTIF

## KELOMPOK = ISTIRAHAT PASIF

Paired Samples Statistics<sup>a</sup>

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	MDA PRE TEST	5.291875	8	1.0294655	.3639710
	MDA POST TEST	4.889200	8	1.0627365	.3757341
Pair 2	SOD PRE TEST	214.0599	8	20.1446776	7.1222191
	SOD POST TEST	249.5450	8	20.5399218	7.2619590

a. KELOMPOK = ISTIRAHAT PASIF

Paired Samples Correlations<sup>a</sup>

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	MDA PRE TEST & MDA POST TEST	8	.962	.000
Pair 2	SOD PRE TEST & SOD POST TEST	8	.281	.501

a. KELOMPOK = ISTIRAHAT PASIF

Paired Samples Test<sup>a</sup>

		Paired Differences			t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean			
Pair 1	MDA PRE TEST - MDA POST TEST	.4026750	.2888415	.1021209	3.943	7	.006
Pair 2	SOD PRE TEST - SOD POST TEST	-35.4851	24.4003714	6.6268340	-4.113	7	.004

a. KELOMPOK = ISTIRAHAT PASIF

## General Linear Model

### Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE\_1

VARIABEL	Dependent Variable
1	mdapre
2	mdapost
3	sodpre
4	sodpost

## KELOMPOK = ISTIRAHAT AKTIF

### Descriptive Statistics<sup>a</sup>

	Mean	Std. Deviation	N
MDA PRE TEST	5.489725	1.0383901	8
MDA POST TEST	5.556575	1.1645924	8
SOD PRE TEST	212.4583	28.2954058	8
SOD POST TEST	200.0209	25.9380430	8

a. KELOMPOK = ISTIRAHAT AKTIF

### Multivariate Tests<sup>b,c</sup>

Effect	Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
VARIABEL Pillai's Trace	.999	2776.939 <sup>a</sup>	3.000	5.000	.000
Wilks' Lambda	.001	2776.939 <sup>a</sup>	3.000	5.000	.000
Hotelling's Trace	1666.163	2776.939 <sup>a</sup>	3.000	5.000	.000
Roy's Largest Root	1666.163	2776.939 <sup>a</sup>	3.000	5.000	.000

a. Exact statistic

b.

Design: Intercept  
Within Subjects Design: VARIABEL

c. KELOMPOK = ISTIRAHAT AKTIF

### Tests of Within-Subjects Effects<sup>a</sup>

Measure: MEASURE\_1

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
VARIABEL	Sphericity Assumed	322915.596	3	107638.532	271.759	.000
	Greenhouse-Geisser	322915.596	1.585	203793.939	271.759	.000
	Huynh-Feldt	322915.596	1.971	163798.853	271.759	.000
	Lower-bound	322915.596	1.000	322915.596	271.759	.000
Error(VARIABEL)	Sphericity Assumed	8317.713	21	396.082		
	Greenhouse-Geisser	8317.713	11.092	749.908		
	Huynh-Feldt	8317.713	13.800	602.737		
	Lower-bound	8317.713	7.000	1188.245		

a. KELOMPOK = ISTIRAHAT AKTIF

**Tests of Within-Subjects Contrast<sup>a</sup>**

Measure: MEASURE\_1

Source	VARIABEL	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
VARIABEL	Linear	249953.135	1	249953.135	861.087	.000
	Quadratic	312.714	1	312.714	.706	.429
	Cubic	72649.747	1	72649.747	159.717	.000
Error(VARIABEL)	Linear	2031.934	7	290.276		
	Quadratic	3101.710	7	443.101		
	Cubic	3184.068	7	454.867		

a. KELOMPOK = ISTIRAHAT AKTIF

**Tests of Between-Subjects Effects<sup>a</sup>**

Measure: MEASURE\_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	358747.775	1	358747.775	1247.376	.000
Error	2013.213	7	287.602		

a. KELOMPOK = ISTIRAHAT AKTIF

**Estimated Marginal Means**

**VARIABEL**

**Estimates<sup>a</sup>**

Measure: MEASURE\_1

VARIABEL	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1	5.490	.367	4.622	6.358
2	5.557	.412	4.583	6.530
3	212.458	10.004	188.803	236.114
4	200.021	9.170	178.336	221.706

a. KELOMPOK = ISTIRAHAT AKTIF

Pairwise Comparisons<sup>b</sup>

Measure: MEASURE\_1

(I) VARIABEL	(J) VARIABEL	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>a</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>a</sup>	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.067	.121	.598	-.353	.219
	3	-206.969*	10.119	.000	-230.895	-183.042
	4	-194.531*	9.044	.000	-215.918	-173.145
2	1	.067	.121	.598	-.219	.353
	3	-206.902*	10.222	.000	-231.072	-182.731
	4	-194.464*	9.075	.000	-215.924	-173.004
3	1	206.969*	10.119	.000	183.042	230.895
	2	206.902*	10.222	.000	182.731	231.072
	4	12.437	14.936	.432	-22.880	47.754
4	1	194.531*	9.044	.000	173.145	215.918
	2	194.464*	9.075	.000	173.004	215.924
	3	-12.437	14.936	.432	-47.754	22.880

Based on estimated marginal means

\* The mean difference is significant at the .05 level.

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

b. KELOMPOK = ISTIRAHAT AKTIF

Multivariate Tests<sup>b</sup>

	Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Pillai's trace	.999	2776.939 <sup>a</sup>	3.000	5.000	.000
Wilks' lambda	.001	2776.939 <sup>a</sup>	3.000	5.000	.000
Hotelling's trace	1666.163	2776.939 <sup>a</sup>	3.000	5.000	.000
Roy's largest root	1666.163	2776.939 <sup>a</sup>	3.000	5.000	.000

Each F tests the multivariate effect of VARIABEL. These tests are based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

a. Exact statistic

b. KELOMPOK = ISTIRAHAT AKTIF

## KELOMPOK = ISTIRAHAT PASIF

Descriptive Statistics<sup>a</sup>

	Mean	Std. Deviation	N
MDA PRE TEST	5.291875	1.0294655	8
MDA POST TEST	4.889200	1.0627365	8
SOD PRE TEST	214.0599	20.1446776	8
SOD POST TEST	249.5450	20.5399218	8

a. KELOMPOK = ISTIRAHAT PASIF

**Multivariate Tests<sup>b,c</sup>**

Effect	Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
VARIABEL Pillai's Trace	.995	349.981 <sup>a</sup>	3.000	5.000	.000
Wilks' Lambda	.005	349.981 <sup>a</sup>	3.000	5.000	.000
Hotelling's Trace	209.988	349.981 <sup>a</sup>	3.000	5.000	.000
Roy's Largest Root	209.988	349.981 <sup>a</sup>	3.000	5.000	.000

a. Exact statistic

b.

Design: Intercept

Within Subjects Design: VARIABEL

c. KELOMPOK = ISTIRAHAT PASIF

**Tests of Within-Subjects Effects<sup>a</sup>**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
VARIABEL	Sphericity Assumed	416223.683	3	138741.228	719.544	.000
	Greenhouse-Geisser	416223.683	1.993	208812.116	719.544	.000
	Huynh-Feldt	416223.683	2.786	149423.418	719.544	.000
	Lower-bound	416223.683	1.000	416223.683	719.544	.000
Error(VARIABEL)	Sphericity Assumed	4049.185	21	192.818		
	Greenhouse-Geisser	4049.185	13.953	290.201		
	Huynh-Feldt	4049.185	19.499	207.664		
	Lower-bound	4049.185	7.000	578.455		

a. KELOMPOK = ISTIRAHAT PASIF

**Tests of Within-Subjects Contrasts<sup>a</sup>**

Measure: MEASURE\_1

Source	VARIABEL	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
VARIABEL	Linear	354892.840	1	354892.840	1352.103	.000
	Quadratic	2575.861	1	2575.861	17.218	.004
	Cubic	58754.981	1	58754.981	353.140	.000
Error(VARIABEL)	Linear	1837.323	7	262.475		
	Quadratic	1047.211	7	149.602		
	Cubic	1164.651	7	166.379		

a. KELOMPOK = ISTIRAHAT PASIF

**Tests of Between-Subjects Effects<sup>a</sup>**

Measure: MEASURE\_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	448946.239	1	448946.239	1785.567	.000
Error	1760.015	7	251.431		

a. KELOMPOK = ISTIRAHAT PASIF

## Estimated Marginal Means

### VARIABEL

#### Estimates<sup>a</sup>

Measure: MEASURE\_1

VARIABEL	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1	5.292	.364	4.431	6.153
2	4.889	.376	4.001	5.778
3	214.060	7.122	197.219	230.901
4	249.545	7.262	232.373	266.717

a. KELOMPOK = ISTIRAHAT PASIF

#### Pairwise Comparisons<sup>b</sup>

Measure: MEASURE\_1

(I) VARIABEL	(J) VARIABEL	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>a</sup>
1	2	.403*	.102	.006
	3	-208.768*	7.150	.000
	4	-244.253*	7.496	.000
2	1	-.403*	.102	.006
	3	-209.171*	7.143	.000
	4	-244.656*	7.514	.000
3	1	208.768*	7.150	.000
	2	209.171*	7.143	.000
	4	-35.485*	8.627	.004
4	1	244.253*	7.496	.000
	2	244.656*	7.514	.000
	3	35.485*	8.627	.004

Based on estimated marginal means

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

b. KELOMPOK = ISTIRAHAT PASIF

#### Multivariate Tests<sup>b</sup>

	Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Pillai's trace	.995	349.981 <sup>a</sup>	3.000	5.000	.000
Wilks' lambda	.005	349.981 <sup>a</sup>	3.000	5.000	.000
Hotelling's trace	209.988	349.981 <sup>a</sup>	3.000	5.000	.000
Roy's largest root	209.988	349.981 <sup>a</sup>	3.000	5.000	.000

Each F tests the multivariate effect of VARIABEL. These tests are based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

a. Exact statistic

b. KELOMPOK = ISTIRAHAT PASIF

## General Linear Model

### Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE\_1

VARIABEL	Dependent Variable
1	mdapre
2	mdapost
3	sodpre
4	sodpost

### Between-Subjects Factors

	Value Label	N
KELOMPOK 1	ISTIRAHAT AKTIF	8
2	ISTIRAHAT PASIF	8

### Descriptive Statistics

	KELOMPOK	Mean	Std. Deviation	N
MDA PRE TEST	ISTIRAHAT AKTIF	5.489725	1.0383901	8
	ISTIRAHAT PASIF	5.291875	1.0294655	8
	Total	5.390800	1.0040900	16
MDA POST TEST	ISTIRAHAT AKTIF	5.556575	1.1645924	8
	ISTIRAHAT PASIF	4.889200	1.0627365	8
	Total	5.222888	1.1308212	16
SOD PRE TEST	ISTIRAHAT AKTIF	212.4583	28.2954058	8
	ISTIRAHAT PASIF	214.0599	20.1446776	8
	Total	213.2591	23.7421231	16
SOD POST TEST	ISTIRAHAT AKTIF	200.0209	25.9380430	8
	ISTIRAHAT PASIF	249.5450	20.5399218	8
	Total	224.7829	34.1303628	16

### Multivariate Tests<sup>b</sup>

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
VARIABEL	Pillai's Trace	.996	961.155 <sup>a</sup>	3.000	12.000	.000
	Wilks' Lambda	.004	961.155 <sup>a</sup>	3.000	12.000	.000
	Hotelling's Trace	240.289	961.155 <sup>a</sup>	3.000	12.000	.000
	Roy's Largest Root	240.289	961.155 <sup>a</sup>	3.000	12.000	.000
VARIABEL * klp	Pillai's Trace	.625	6.663 <sup>a</sup>	3.000	12.000	.007
	Wilks' Lambda	.375	6.663 <sup>a</sup>	3.000	12.000	.007
	Hotelling's Trace	1.666	6.663 <sup>a</sup>	3.000	12.000	.007
	Roy's Largest Root	1.666	6.663 <sup>a</sup>	3.000	12.000	.007

a. Exact statistic

b.

Design: Intercept+klp

Within Subjects Design: VARIABEL



**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
VARIABEL	Sphericity Assumed	731842.656	3	243947.552	828.486	.000
	Greenhouse-Geisser	731842.656	1.781	410966.408	828.486	.000
	Huynh-Feldt	731842.656	2.168	337549.301	828.486	.000
	Lower-bound	731842.656	1.000	731842.656	828.486	.000
VARIABEL * klp	Sphericity Assumed	7296.622	3	2432.207	8.260	.000
	Greenhouse-Geisser	7296.622	1.781	4097.420	8.260	.002
	Huynh-Feldt	7296.622	2.168	3365.436	8.260	.001
	Lower-bound	7296.622	1.000	7296.622	8.260	.012
Error(VARIABEL)	Sphericity Assumed	12366.897	42	294.450		
	Greenhouse-Geisser	12366.897	24.931	496.045		
	Huynh-Feldt	12366.897	30.353	407.429		
	Lower-bound	12366.897	14.000	883.350		

**Tests of Within-Subjects Contrasts**

Measure: MEASURE\_1

Source	VARIABEL	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
VARIABEL	Linear	600259.483	1	600259.483	2171.898	.000
	Quadratic	546.787	1	546.787	1.845	.196
	Cubic	131036.386	1	131036.386	421.851	.000
VARIABEL * klp	Linear	4586.492	1	4586.492	16.595	.001
	Quadratic	2341.789	1	2341.789	7.902	.014
	Cubic	368.341	1	368.341	1.186	.295
Error(VARIABEL)	Linear	3869.257	14	276.376		
	Quadratic	4148.921	14	296.352		
	Cubic	4348.719	14	310.623		

**Tests of Between-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	805167.907	1	805167.907	2967.455	.000
klp	2526.108	1	2526.108	9.373	.008
Error	3773.228	14	269.516		

**Estimated Marginal Means**

**1. KELOMPOK**

**Estimates**

Measure: MEASURE\_1

KELOMPOK	Mean	Std. Error
ISTIRAHAT AKTIF	105.881	2.902
ISTIRAHAT PASIF	118.446	2.902

**Pairwise Comparisons**

Measure: MEASURE\_1

(I) KELOMPOK	(J) KELOMPOK	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>a</sup>
ISTIRAHAT AKTIF	ISTIRAHAT PASIF	-12.565*	4.104	.008
ISTIRAHAT PASIF	ISTIRAHAT AKTIF	12.565*	4.104	.008

Based on estimated marginal means

- \*. The mean difference is significant at the .05 level.
- a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

**Univariate Tests**

Measure: MEASURE\_1

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	631.527	1	631.527	9.373	.008
Error	943.307	14	67.379		

The F tests the effect of KELOMPOK. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

**2. VARIABEL**

**Estimates**

Measure: MEASURE\_1

VARIABEL	Mean	Std. Error
1	5.391	.258
2	5.223	.279
3	213.259	6.140
4	224.783	5.849

**Pairwise Comparisons**

Measure: MEASURE\_1

(I) VARIABEL	(J) VARIABEL	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>a</sup>
1	2	.168	.079	.052
	3	-207.868*	6.195	.000
	4	-219.392*	5.874	.000
2	1	-.168	.079	.052
	3	-208.036*	6.235	.000
	4	-219.560*	5.891	.000
3	1	207.868*	6.195	.000
	2	208.036*	6.235	.000
	4	-11.524	8.624	.203
4	1	219.392*	5.874	.000
	2	219.560*	5.891	.000
	3	11.524	8.624	.203

Based on estimated marginal means

- \*. The mean difference is significant at the .05 level.
- a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

**Multivariate Tests**

	Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Pillar's trace	.966	961.155 <sup>a</sup>	3.000	12.000	.000
Wilks' lambda	.004	961.155 <sup>a</sup>	3.000	12.000	.000
Hotelling's trace	240.289	961.155 <sup>a</sup>	3.000	12.000	.000
Roy's largest root	240.289	961.155 <sup>a</sup>	3.000	12.000	.000

Each F tests the multivariate effect of VARIABEL. These tests are based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

a. Exact statistic

**General Linear Model**

**Between-Subjects Factors**

	Value Label	N
KELOMPOK 1	ISTIRAHAT AKTIF	8
2	ISTIRAHAT PASIF	8

**Descriptive Statistics**

	KELOMPOK	Mean	Std. Deviation	N
MDA PRE TEST	ISTIRAHAT AKTIF	5.489725	1.0383901	8
	ISTIRAHAT PASIF	5.291875	1.0294655	8
	Total	5.390800	1.0040900	16
MDA POST TEST	ISTIRAHAT AKTIF	5.556575	1.1645924	8
	ISTIRAHAT PASIF	4.889200	1.0627365	8
	Total	5.222888	1.1308212	16
SOD PRE TEST	ISTIRAHAT AKTIF	212.4583	28.2954058	8
	ISTIRAHAT PASIF	214.0599	20.1446776	8
	Total	213.2591	23.7421231	16
SOD POST TEST	ISTIRAHAT AKTIF	200.0209	25.9380430	8
	ISTIRAHAT PASIF	249.5450	20.5399218	8
	Total	224.7829	34.1303628	16

**Multivariate Tests<sup>a</sup>**

Effect	Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	
Intercept	Pillai's Trace	.401	1.341 <sup>a</sup>	4.000	8.000	.335
	Wilks' Lambda	.599	1.341 <sup>a</sup>	4.000	8.000	.335
	Hotelling's Trace	.670	1.341 <sup>a</sup>	4.000	8.000	.335
	Roy's Largest Root	.670	1.341 <sup>a</sup>	4.000	8.000	.335
kip	Pillai's Trace	.641	3.569 <sup>a</sup>	4.000	8.000	.059
	Wilks' Lambda	.359	3.569 <sup>a</sup>	4.000	8.000	.059
	Hotelling's Trace	1.785	3.569 <sup>a</sup>	4.000	8.000	.059
	Roy's Largest Root	1.785	3.569 <sup>a</sup>	4.000	8.000	.059
umr	Pillai's Trace	.358	1.117 <sup>a</sup>	4.000	8.000	.413
	Wilks' Lambda	.642	1.117 <sup>a</sup>	4.000	8.000	.413
	Hotelling's Trace	.558	1.117 <sup>a</sup>	4.000	8.000	.413
	Roy's Largest Root	.558	1.117 <sup>a</sup>	4.000	8.000	.413
bb	Pillai's Trace	.664	3.954 <sup>a</sup>	4.000	8.000	.047
	Wilks' Lambda	.336	3.954 <sup>a</sup>	4.000	8.000	.047
	Hotelling's Trace	1.977	3.954 <sup>a</sup>	4.000	8.000	.047
	Roy's Largest Root	1.977	3.954 <sup>a</sup>	4.000	8.000	.047
tb	Pillai's Trace	.062	.133 <sup>a</sup>	4.000	8.000	.966
	Wilks' Lambda	.938	.133 <sup>a</sup>	4.000	8.000	.966
	Hotelling's Trace	.066	.133 <sup>a</sup>	4.000	8.000	.966
	Roy's Largest Root	.066	.133 <sup>a</sup>	4.000	8.000	.966

a. Exact statistic

b. Design: Intercept+kip+umr+bb+tb

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	MDA PRE TEST	6.025 <sup>a</sup>	4	1.506	1.821	.195
	MDA POST TEST	9.554 <sup>b</sup>	4	2.388	2.729	.084
	SOD PRE TEST	580.592 <sup>c</sup>	4	145.148	.203	.932
	SOD POST TEST	10289.780 <sup>d</sup>	4	2572.445	3.939	.032
Intercept	MDA PRE TEST	.925	1	.925	1.119	.313
	MDA POST TEST	.594	1	.594	.679	.428
	SOD PRE TEST	296.226	1	296.226	.414	.533
	SOD POST TEST	686.910	1	686.910	1.052	.327
kip	MDA PRE TEST	.376	1	.376	.454	.514
	MDA POST TEST	2.065	1	2.065	2.360	.153
	SOD PRE TEST	27.809	1	27.809	.039	.847
	SOD POST TEST	8444.481	1	8444.481	12.931	.004
umr	MDA PRE TEST	3.488	1	3.488	4.217	.065
	MDA POST TEST	2.565	1	2.565	2.930	.115
	SOD PRE TEST	122.692	1	122.692	.171	.687
	SOD POST TEST	239.099	1	239.099	.366	.557
bb	MDA PRE TEST	3.113	1	3.113	3.764	.078
	MDA POST TEST	5.657	1	5.657	6.464	.027
	SOD PRE TEST	205.762	1	205.762	.287	.603
	SOD POST TEST	44.322	1	44.322	.068	.799
tb	MDA PRE TEST	.091	1	.091	.110	.748
	MDA POST TEST	.145	1	.145	.165	.692
	SOD PRE TEST	390.602	1	390.602	.546	.476
	SOD POST TEST	30.631	1	30.631	.047	.833
Error	MDA PRE TEST	9.098	11	.827		
	MDA POST TEST	9.628	11	.875		
	SOD PRE TEST	7874.734	11	715.885		
	SOD POST TEST	7183.445	11	653.040		
Total	MDA PRE TEST	480.095	16			
	MDA POST TEST	455.638	16			
	SOD PRE TEST	736126.536	16			
	SOD POST TEST	825911.148	16			
Corrected Total	MDA PRE TEST	15.123	15			
	MDA POST TEST	19.181	15			
	SOD PRE TEST	8455.326	15			
	SOD POST TEST	17473.225	15			

a. R Squared = .398 (Adjusted R Squared = .180)

b. R Squared = .498 (Adjusted R Squared = .316)

c. R Squared = .069 (Adjusted R Squared = -.270)

d. R Squared = .589 (Adjusted R Squared = .439)

## Estimated Marginal Means

### KELOMPOK

#### Estimates

Dependent Variable	KELOMPOK	Mean	Std. Error
MDA PRE TEST	ISTIRAHAT AKTIF	5.556 <sup>a</sup>	.335
	ISTIRAHAT PASIF	5.225 <sup>a</sup>	.335
MDA POST TEST	ISTIRAHAT AKTIF	5.611 <sup>a</sup>	.344
	ISTIRAHAT PASIF	4.835 <sup>a</sup>	.344
SOD PRE TEST	ISTIRAHAT AKTIF	214.682 <sup>a</sup>	9.843
	ISTIRAHAT PASIF	211.836 <sup>a</sup>	9.843
SOD POST TEST	ISTIRAHAT AKTIF	199.984 <sup>a</sup>	9.401
	ISTIRAHAT PASIF	249.582 <sup>a</sup>	9.401

<sup>a</sup>. Covariates appearing in the model are evaluated at the following values: UMUR = 21.1675, BERAT BADAN = 59.9938, TINGGI BADAN = 172.2063.

#### Pairwise Comparisons

Dependent Variable	(I) KELOMPOK	(J) KELOMPOK	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>a</sup>
MDA PRE TEST	ISTIRAHAT AKTIF	ISTIRAHAT PASIF	.331	.491	.514
	ISTIRAHAT PASIF	ISTIRAHAT AKTIF	-.331	.491	.514
MDA POST TEST	ISTIRAHAT AKTIF	ISTIRAHAT PASIF	.776	.505	.153
	ISTIRAHAT PASIF	ISTIRAHAT AKTIF	-.776	.505	.153
SOD PRE TEST	ISTIRAHAT AKTIF	ISTIRAHAT PASIF	2.846	14.441	.847
	ISTIRAHAT PASIF	ISTIRAHAT AKTIF	-2.846	14.441	.847
SOD POST TEST	ISTIRAHAT AKTIF	ISTIRAHAT PASIF	-49.597*	13.792	.004
	ISTIRAHAT PASIF	ISTIRAHAT AKTIF	49.597*	13.792	.004

Based on estimated marginal means.

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

<sup>a</sup>. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

#### Multivariate Tests

	Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Pillai's trace	.641	3.569 <sup>a</sup>	4.000	8.000	.059
Wilks' lambda	.359	3.569 <sup>a</sup>	4.000	8.000	.059
Hotelling's trace	1.785	3.569 <sup>a</sup>	4.000	8.000	.059
Roy's largest root	1.785	3.569 <sup>a</sup>	4.000	8.000	.059

Each F tests the multivariate effect of KELOMPOK. These tests are based on the linear independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

<sup>a</sup>. Exact statistic

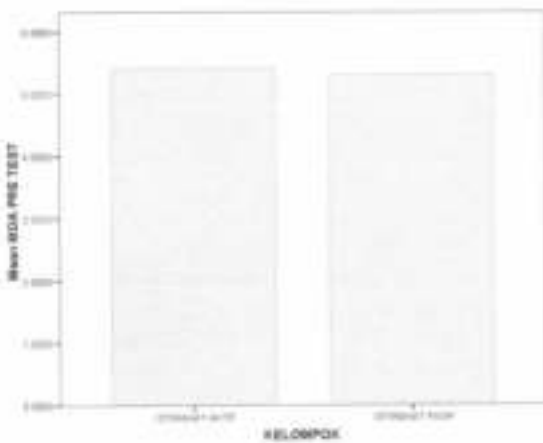
Univariate Tests

Dependent Variable		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
MDA PRE TEST	Contrast	.376	1	.376	.454	.514
	Error	9.096	11	.827		
MDA POST TEST	Contrast	2.065	1	2.065	2.360	.153
	Error	9.628	11	.875		
SOD PRE TEST	Contrast	27.809	1	27.809	.039	.847
	Error	7874.734	11	715.885		
SOD POST TEST	Contrast	8444.481	1	8444.481	12.931	.004
	Error	7183.445	11	653.040		

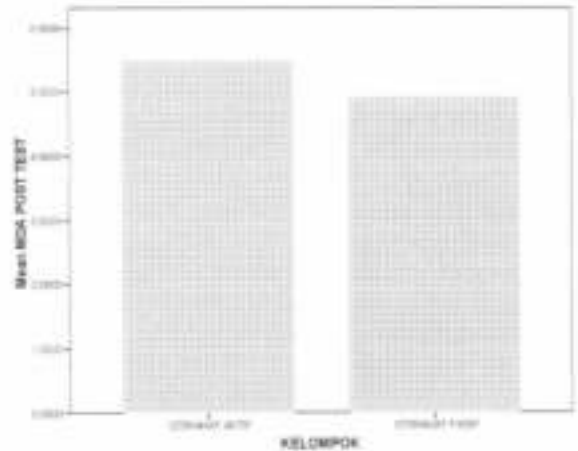
The F tests the effect of KELOMPOK. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

Profile Plots

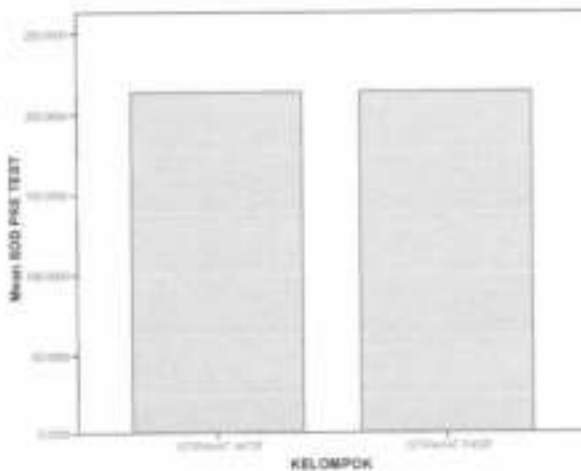
MDA Pre Test



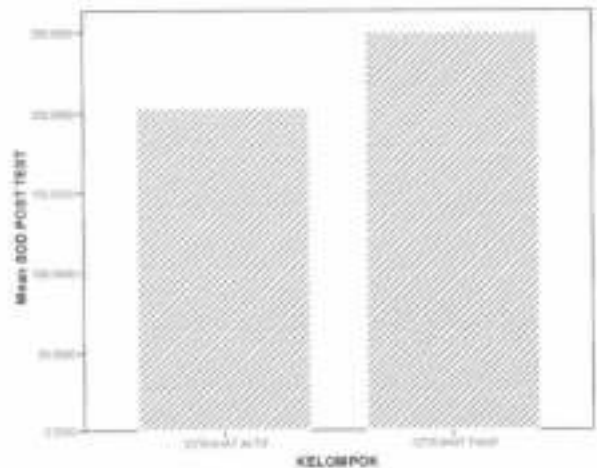
MDA Post Test



SOD Pre Test



SOD Post Test



## LAMPIRAN 13

### PERHITUNGAN RECHECKING SAMPEL

↳ Berdasarkan Rumus Higgins & Klinbaum:

$$n = \frac{1}{1-f} \cdot X \frac{2(Z\alpha + Z\beta)^2 \cdot Sc^2}{(Xc - Xt)^2}$$

↳ Dimana :  $n$  = besarnya sampel

$Xt$  = mean kelompok eksperimen

$Xc$  = mean kelompok kontrol

$Sc$  = simpangan baku kelompok kontrol

$f$  = proporsi kegagalan

$Z\alpha$  = probabilitas tipe 1 (uji hipotesisnya dua arah) = 1,96 ( $\alpha = 0,05$ )

$Z\beta$  = probabilitas tipe 2 = 1,28 ( $\beta = 0,1$ )

↳ Dalam penelitian ini di dapatkan nilai mean dan simpangan baku untuk aktivitas enzim SOD eritrosit adalah:

$Xc$ (mean SOD eritrosit kelompok kontrol)	= 200,0209
$Xt$ (mean SOD eritrosit kelompok eksperimen)	= 249,5449
$Sc$ (simpangan baku kelompok kontrol)	= 25,93804
$f$ (proporsi kegagalan 20%)	= 0,2

Sedangkan nilai mean dan simpangan baku untuk kadar MDA plasma adalah sebagai:

$Xc$ (mean MDA plasma kelompok kontrol)	= 4,8892
$Xt$ (mean MDA plasma kelompok eksperimen)	= 5,5565
$Sc$ (simpangan baku kelompok kontrol)	= 1,06627
$f$ (proporsi kegagalan 20%)	= 0,2

↓ Hasil perhitungan untuk variabel aktivitas enzim SOD eritrosit adalah:

$$n = \frac{1}{1 - 0,2} \times \frac{2 (Z\alpha + Z\beta)^2 \cdot Sc^2}{(Xc - Xt)^2}$$

$$n = \frac{1}{1 - 0,2} \times \frac{2 (1,96 + 1,28)^2 \cdot 25,93804^2}{(200,0209 - 249,5449)^2}$$

$$n = \frac{1}{0,8} \times \frac{20,9952 \cdot 672,78191904}{(-49,524)^2}$$

$$n = 1,25 \times \frac{14125,190946628}{2452,626576}$$

$$n = 1,25 \times 5,7592097732$$

$$n = 7,199012216508$$

$$n \approx 8$$

↓ Hasil perhitungan untuk variabel kadar MDA plasma adalah:

$$n = \frac{1}{1 - 0,2} \times \frac{2 (Z\alpha + Z\beta)^2 \cdot Sc^2}{(Xc - Xt)^2}$$

$$n = \frac{1}{1 - 0,2} \times \frac{2 (1,65 + 1,28)^2 \cdot 1,06627^2}{(4,8892 - 5,5565)^2}$$

$$n = \frac{1}{0,8} \times \frac{20,9952 \cdot 1,0729555129}{(-0,6673)^2}$$

$$n = 1,25 \times 5,058939$$

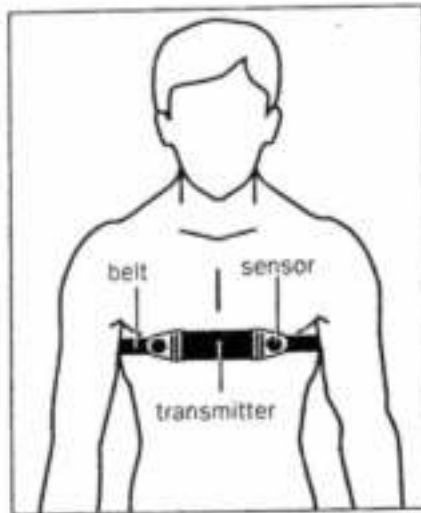
$$n = 6,323674$$

$$n \approx 7$$



## LAMPIRAN 14

### DOKUMENTASI PENELITIAN



**Pemasangan Polar™ heart rate monitor pada orang coba**



**Ergocycle Technogym**



**Monitor digital pada Ergocycle Technogym**



**Peneliti Bersama Tim Pelaksana Teknis  
ketika Memmberikan Intruksi Latihan pada Orang Coba**



**Peneliti bersama Tim Pelaksana Teknis di Lapangan Saat dilakukan Pemeriksaan Kesehatan Orang Coba**



**Peneliti bersama petugas ketika pengambilan darah pada orang coba**



**Peneliti bersama petugas Laboratorium Fisiologi  
Universitas Brawijaya Malang**



**Darah diambil dari Eppendorf menggunakan Bipette**