Kadar *Malondialdehide* (MDA) dan *Lactate Dehidrogenase* (LDH) Pada Latihan Aerobik dan Anaerobik

Husin
PSIK STIK BINA HUSADA PALEMBANG
Email : mu2nguchin@yahoo.com

ABSTRAK

Pada aktivitas fisik baik aerobik maupun anaerobik terjadi peningkatan kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan energi otot yang beraktivitas. Pada latihan fisik ini bisa berdampak terjadinya peningkatan radikal bebas yang berasal dari oksigen yang diperlukan untuk membentuk energi yang berupa ATP melalui proses oksidasi yang terjadi dalam mitokondria Tingginya kecepatan metabolisme pada latihan fisik akan mengakibatkan terjadinya penumpukan asam laktat. Hal ini terjadi akibat kecepatan kebutuhan energi melebihi kecepatan kemampuan sistem transportasi oksigen untuk mensuplai oksigen ke dalam mitokondria. . Produksi laktat yang meningkat akan berubah radikal bebas lemah (radikal superoksida) menjadi radikal bebas kuat (radikal hidroksil) sehingga berpotensi menimbulkan kerusakan jaringan. Indikator yang mendukung terjadinya kerusakan jaringan, diantaranya adalah *laktat dehidrogenase* (LDH). Aktivitas yang meningkat akan mengakibatkan stress oksidatif kemudian *Malondialdehide* (MDA) dalam darah (serum) dapat dijadikan indikator stress oksidatif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis kadar MDA dan LDH pada latihan aerobik dan anaerobik. Penelitian ini adalah penelitian *experimental.* Adapun rancangan yang digunakan adalah *Randomized Pretest-Postest Design*, yang dilakukan di *Jakabaring Sport Center* Palembang. Sampel penelitian ini adalah mahasiswa FKIP Bina Darma yang tidak terlatih memenuhi kriteria inklusi, berjumlah 34 orang yang terbagi dalam dua kelompok, yaitu 17 orang kelompok perlakuan yang melakukan aerobik dan 17 orang kelompok perlakuan yang melakukan anerobik . Data dianalisis menggunakan uji t berpasangan, dengan taraf signifikan p<0,05. Berdasarkan hasil analisis uji t didapatkan hasil bahwa 1) ada peningkatan yang tidak bermakna kadar MDA yaitu 0,197 $\pm$ 0,092 sebelum aktivitas fisik dan 0,214 $\pm$ 0,12 sesudah aktivitas fisik pada kelompok perlakuan aerobik *p*=0,612 dan ada peningkatan yang tidak bermakna pada kelompok anaerobik 0,189 $\pm$ 0,064 menjadi 0,303 $\pm$ 0,24 dengan *p*=0,108 , 2) ada peningkatan kadar LDH yang bermakna sebelum dan sesudah pada kelompok perlakuan aerobik yaitu 131,59 $\pm$ 15,496 menjadi 158,06 $\pm$ 17,10 *p*=0,000 dan ada perbedaan yang bermakna pada kelompok perlakuan anaerobik yaitu 141,41 $\pm$ 19,378 menjadi 159,41 $\pm$ 20,78 *p*=0,000. Ada peningkatan aktivitas fisik aerobik dan anerobik terhadap kadar MDA dan LDH pada orang tidak terlatih.

Kata Kunci: *Aktivitas Aerobik dan Anaerobik, Malondialdehide, Laktat Dehidrogenase*

Abstract

In the physical activity of both aerobic and anaerobic getting increased oxygen demand that is required to fulfill the energy needs of muscles that getting activity. At this physical exercise can affect the increasingly of free radicals which from oxygen that needed to form the energy that as ATP through the oxidation process that occurs in the mitochondria. The high rate of metabolic on physical exercise will cause the buildup of lactic acid. This happens was effect of speed of energy needs that exceeds the ability speed of oxygen transport system to supply the oxygen to the mitochondria. The lactate production that increase will turn a weak free radical (superoxide radicals) to be powerful

free radical (hydroxyl radical) so that has the potential to cause tissue damage. Indicators that contribute to tissue damage, such as *lactate dehydrogenase* (LDH). The activity which increased will cause oxidative stress, then *Malondialdehyde* (MDA) in the blood (serum) can be became an oxidative stress indicator. This study aims to determine the levels of MDA and LDH in aerobic and anaerobic exercise. This study was an experimental study. The design which was used was randomized pretest-posttest design, which was done in Jakabaring Sport Center Palembang. The sample was FKIP Bina Darma students who were not trained to fulfill the inclusion criteria, with number 34 people, that divided into two groups, that were the treatment group were 17 people doing aerobics and 17 treatment groups that perform anaerobic. The Data were analyzed by using t-test with SPSS version 16, with significance level p <0.05. Based on the results of t-test analysis showed that 1) there was no significant increase in MDA 0,197 $\pm$ 0,092 levels before and after the aerobic treatment group0,214 $\pm$ 0,12 p = 0.612 and there was no significant increase in the anaerobic group 0,189 $\pm$ 0,064 and 0,303 $\pm$ 0,24 with p = 0.108, 2) there was a significant increase in LDH 131,59 $\pm$ 15,496 and 158,06 $\pm$ 17,10 levels before and after the aerobic treatment group p = 0.000 and no significant difference in the anaerobic treatment group 141,41 $\pm$ 19,378 and 159,41 $\pm$ 20,78 with p = 0.000. There is level of physical activity of aerobic and anaerobic to the levels of MDA and LDH in untrained people.

Keywords: Aerobic and Anaerobic Activity, Malondialdehyde, Lactate Dehydrogenase

PENDAHULUAN

Olahraga merupakan latihan fisik yang sangat dikenal baik di Indonesia maupun di dunia Internasional. Olahraga dalam bentuk latihan fisik tidak dapat dipisahkan dalam kehidupan ini (Bompa, 1999). Latihan fisik yang dilakukan pada saat berolahraga merupakan aktivitas fisik yang teratur dalam jangka waktu dan intensitas tertentu, yang bertujuan menjaga tubuh agar selalu dalam keadaan sehat dan bugar. Selain untuk menjaga kebugaran tubuh, latihan fisik sangat dianjurkan untuk program preventif dan rehabilitatif dalam upaya menjaga dan meningkatkan kesehatan (Foss, 2006 *cit*. Flora, 2011).

Ada dua bentuk aktivitas fisik, yaitu aktivitas fisik aerobik dan aktivitas fisik anaerobik. Aktivitas fisik aerobik adalah aktivitas fisik yang menggunakan energi *Adenosine Triphosphate* (ATP) dari hasil proses oksidasi *fosforilase* glikogen dan asam lemak bebas. Proses metabolisme tergantung dari ketersediaan oksigen. Aktivitas fisik anaerobik adalah aktivitas fisik yang dalam proses metabolisme pembentukan energi tidak menggunakan oksigen. Energi dihasilkan dari pembentukan ATP melalui sumber energi yang berasal dari *kreatinfosfat* dan glikogen (Astrand *et al*, 2003).

Pada kondisi aerobik, seluruh asam piruvat yang dihasilkan dari proses glikolisis akan masuk ke siklus Kreb's dan

menghasilkan ATP, karbondioksida dan uap air. Kondisi ini terjadi saat tubuh melaksanakan aktivitas fisik dengan intensitas ringan. Jika aktivitas fisik meningkat, energi yang diperlukan semakin banyak. Jika aktivitas fisik terus ditingkatkan sampai pada kondisi submaksimal atau maksimal, misal pada aktivitas fisik anaerobik maka piruvat yang terbentuk akan lebih besar. Pada saat ini tidak semua piruvat akan segera menjadi laktat (Irawan, 1997).

Sistem anaerobik lebih dikenal sebagai sistem glikogen asam laktat, karena terjadi pemecahan glikogen menjadi asam piruvat, selanjutnya asam piruvat akan berdisosiasi menjadi asam laktat. Sistem ini terjadi karena tubuh kekurangan oksigen sehingga asam piruvat yang terbentuk tidak dapat melanjutkan ke tahap yang berikutnya yaitu ke siklus Kreb's. Karakteristik dari sistem anaerobik dapat membentuk ATP tiga kali lebih cepat dari mekanisme aerob (Oksidatif fosforilasi) di mitokondria. Di bawah kondisi optimal sistem anaerobik dapat menyediakan energi dalam 1,3 sampai 1,6 menit saja (Livingstone, 1998).

Berdasarkan intensitasnya terdapat tiga jenis intensitas aktivitas fisik yaitu aktivitas fisik dengan intensitas ringan dapat berlangsung lama sekali dan selalu menggunakan sistem energi predominan aerobik, dan aktivitas fisik sedang sampai dengan berat lamanya bervariasi tergantung dari persentase penggunaan sistem energi predominanya aerobik atau anaerobik. Aktivitas fisik intensitas sedang sampai intensitas berat akan menggunakan energi ATP yang dihasilkan melalui proses hidrolisis glukosa. Proses hidrolisis glukosa dapat melalui dua jalur glikolisis, yaitu glikolisis aerobik dan glikolisis anaerobik. Glikolisis anaerobik terjadi dalam kondisi tidak adanya oksigen untuk pembentukan energi (Guyton, 1999).

Pada aktivitas fisik baik aerobik maupun anaerobik terjadi peningkatan kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan energi otot yang beraktivitas (Astrand, 2003). Menurut Brites (1999), hal ini berdampak pada terjadinya peningkatan radikal bebas yang berasal dari oksigen yang diperlukan untuk membentuk energi yang berupa ATP melalui proses oksidasi yang terjadi dalam mitokondria. Menurut Halliwell & Gutteride (1999), pada latihan olahraga atau aktivitas fisik dapat terjadi kurang lebih 2-5% dari oksigen yang diangkut oleh hemoglobin dan diproses dimitokondria diperkirakan diubah menjadi senyawa radikal superoksida sehingga meningkat. melalui proses reduksi univalen.

Indikator yang mendukung terjadinya kerusakan jaringan, diantaranya adalah *laktat dehidrogenase* (LDH). Pada saat terjadi kekurangan oksigen, piruvat akan diubah menjadi asam laktat dengan bantuan enzim LDH, enzim ini dikeluarkan saat didalam tubuh terjadi kerusakan jaringan (Sternberg, 1992). Kerusakan jaringan adalah suatu kondisi di dalam tubuh yang menyebabkan terjadinya gangguan fungsi dari suatu jaringan. Menurut Halliwell dan Gutteridge (1999) salah satu yang memicu terjadinya kerusakan jaringan adalah ketidakseimbangan antara produksi oksidan dan antioksidan.

Penelitian yang dilakukan oleh Cooper (2000) bahwa terbentuknya radikal bebas dari sistem antioksidan yang terdapat didalam tubuh melebihi dari sistem tubuh yang ada. Penelitian yang dilakukan oleh Lautan (1997) didapatkan bahwa aktivitas fisik meningkatkan terjadinya stress oksidatif.

Serangan oksidan terhadap asam lemak tidak jenuh yang merupakan komponen penting penyusun membran sel serta menimbulkan reaksi rantai yang dikenal sebagai peroksida lipid. Adapun proses tersebut mengakibatkan terputusnya asam lemak menjadi berbagai senyawa yang toksik terhadap sel, seperti 9-*hidroksi nonenal* dan *malondialdehid* (MDA). MDA yang dihasilkan kemudian dilepaskan ke darah, sehingga kadar MDA di darah (serum) dapat dijadikan sebagai indikator terjadinya stress oksidatif (Harjanto, 2004).

Pada saat ini pengaruh negative stress oksidatif pada latihan fisik terhadap orang tidak terlatih belum diketahui dengan jelas, dan pada orang tidak terlatih adalah perlu dikembangkannya metode untuk proses pemantauan, peramalan dan pengendalian. Untuk keperluan tersebut diperlukan pemahaman yang baik terhadap karakteristik dinamika biologis stress oksidatif yang terjadi akibat latihan fisik pada orang tidak terlatih. Sebagian dari karakteristik dinamika biologis stress oksidatif yang terjadi akibat latihan fisik pada orang tidak terlatih olahraga yang perlu diketahui adalah antara lain jenis faktor yang dapat dijadikan petanda biologis untuk membedakan derajat oksidatif yang terjadi sehingga dapat difungsikan untuk proses pengendalian (Harjanto, 2004).

Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh program latihan aerobik dan anaerobik yang diterapkan di FKIP Bina Darma terhadap kadar

Malondialdehide (MDA) dan *Laktat Dehidrogenase* (LDH).

2. Tujuan Khusus

Tujuan khusus penelitian ini untuk mengetahui :

a) Kadar MDA sebelum aktivitas fisik aerobik dan anaerobik
b) Kadar LDH sebelum aktivitas fisik aerobik dan anaerobik
c) Kadar MDA sesudah aktivitas fisik aerobik dan anaerobik
d) Kadar LDH sesudah aktivitas fisik aerobik dan anerobik
e) Analisis perbedaan kadar MDA antara kelompok aktivitas fisik aerobik dan anaerobik
f) Analisis perbedaan LDH antara kelompok aktivitas fisik aerobik dan anaerobik

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian *experimental.* Adapun rancangan yang digunakan adalah *Randomized Pretest-Postest Design* (Zainuddin, 2000). Pada subyek penelitian yang telah ditentukan, dilakukan alokasi sampel secara random menjadi 2 kelompok dengan dua kelompok perlakuan. Satu kelompok perlakuan diberikan perlakuan latihan fisik aerobik berupa lari 2 x 800m dengan interval 120 detik, sedangkan pada kelompok perlakuan lainnya diberikan perlakuan latihan fisik anaerobik berupa lari *sprint* 2 x 400m dengan interval 90 detik. Pelaksanaan aktivitas fisik aerobik dan anaerobik dilakukan pada bulan Mei 2013. Sampel dalam penelitian ini adalah mahasiswa jurusan Pendidikan Olahraga semester II yang memenuhi kriteria inklusi berjumlah 34 orang ditetapkan sebagai sampel hasilnya dibagi kedalam dua kelompok secara random alokasi yaitu; kelompok perlakuan I aktivitas aerobik sebanyak 17 orang, kelompok perlakuan II aktivitas anaerobik sebanyak 17 orang.

HASIL PENELITIAN

Analisis Univariat

a). Rata - rata Kadar MDA Sebelum Aktifitas Fisik pada Kelompok Aerobik dan Anaerobik

Tabel 1
Rata - rata Kadar MDA Sebelum pada Kelompok Aktifitas Fisik Aerobik dan Anaerobik

Kelompok	Rata-rata (Mean)± SD Kadar MDA Sebelum	Minimum	Maksimum
Aerobik	0,197 ± 0,092	0,074	0,399
Anaerobik	0,189 ± 0,064	0,115	0,352

Berdasarkan tabel 1 di atas menunjukkan bahwa rata-rata kadar MDA pada kelompok aerobik sebelum aktifitas fisik yaitu 0,197 ± 0,092 dengan nilai minimum 0,074 dan nilai maksimum 0,399 sedangkan aktifitas fisik kelompok anaerobik yaitu 0,189 ± 0,064 dengan nilai minimum 0,115 dan nilai maksimum 0,352.

b). Rata - rata Kadar LDH Sebelum Aktifitas Fisik pada Kelompok Aerobik dan Anaerobik

Perbedaan rata-rata kadar LDH sebelum aktifitas fisik pada kelompok aerobik dan anaerobik dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2
Rata - rata Kadar LDH Sebelum pada Kelompok Aktifitas Fisik Aerobik dan Anaerobik

Kelompok	Rata-rata (Mean)± SD Kadar LDH Sebelum	Minimum	Maksimum
Aerobik	131,59 ± 15,496	92	157
Anaerobik	141,41 ± 19,378	111	173

Berdasarkan tabel 2 diatas menunjukkan bahwa rata-rata kadar LDH pada kelompok aerobik sebelum aktifitas fisik yaitu 131,59 ± 15,496 dengan nilai minimum 92 dan nilai maksimum 157 sedangkan aktifitas fisik kelompok anaerobik yaitu 141,41 ± 19,378 dengan nilai minimum 111 dan nilai maksimum 173

c). Rata - rata Kadar MDA Sesudah Aktifitas Fisik pada Kelompok Aerobik dan Anaerobik

Tabel 3
Rata - rata Kadar MDA Sesudah pada Kelompok Aktifitas Fisik Aerobik dan Anaerobik

Kelompok	Rata-rata (Mean)± SD Kadar MDA Sesudah	Minimum	Maksimum
Aerobik	0,214 ± 0,12	0,061	0,426
Anaerobik	0,303 ± 0,24	0,047	0,825

Berdasarkan tabel 3 diatas menunjukkan bahwa rata-rata kadar MDA pada kelompok aerobik sesudah aktifitas fisik yaitu 0,214 ± 0,12 dengan nilai minimum 0,061 dan nilai maksimum 0,426 sedangkan aktifitas fisik kelompok anaerobik yaitu 0,303 ± 0,24 dengan nilai minimum 0,047 dan nilai maksimum 0,825.

d). Rata - rata Kadar LDH Sesudah Aktifitas Fisik pada Kelompok Aerobik dan Anaerobik

Tabel 4
Rata - rata Kadar LDH Sesudah Aktifitas Fisik Aerobik dan Anaerobik

Kelompok	Rata-rata (Mean)± SD Kadar LDH Sesudah	Minimum	Maksimum
Aerobik	158,06 ± 17,10	120	199
Anaerobik	159,41 ± 20,78	128	202

Berdasarkan tabel 4 diatas menunjukkan bahwa rata-rata kadar LDH pada kelompok aerobik sesudah aktifitas fisik yaitu 158,06 ± 17,10 dengan nilai minimum 120 dan nilai maksimum 199 sedangkan aktifitas fisik kelompok anaerobik yaitu 159,41 ± 20,78 dengan nilai minimum 128 dan nilai maksimum 202.

Analisis Inferensial

a). Perbedaan Rata - rata Kadar MDA Sebelum dan Sesudah Aktivitas Fisik pada Kelompok Aerobik dan Anaerobik

Tabel 5
Perbedaan Rata - rata Kadar MDA Sebelum dan Sesudah Aktifitas Fisik Antara Kelompok Aerobik dan Anaerobik

Kelompok	Rata-rata (Mean) ± SD Kadar MDA Sebelum	Rata-rata (Mean) ± SD Kadar MDA Sesudah	p *value*
Aerobik	0,197 ± 0,092	0,214 ± 0,12	0,612
Anaerobik	0,189 ± 0,064	0,303 ± 0,24	0,108

Berdasarkan tabel 5 diatas menunjukkan bahwa rata-rata kadar MDA pada kelompok aerobik sebelum aktifitas fisik yaitu 0,197 ± 0,092 sedangkan sesudah aktifitas fisik yaitu 0,214 ± 0,12. Pada kelompok anaerobik rata-rata kadar MDA sebelum aktifitas fisik yaitu 0,189 ± 0,064 sedangkan sesudah aktifitas fisik yaitu 0,303 ± 0,24.

Berdasarkan hasil uji statistik pada kelompok aerobik didapatkan p *value* = 0,612 ($p > \alpha = 0,05$) dan pada kelompok anaerobik didapatkan p *value* = 0,108 ($p > \alpha = 0,05$), hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan yang tidak bermakna kadar MDA sebelum dan sesudah aktifitas fisik pada kelompok aerobik dan anaerobik.

b). Perbedaan Rata - rata Kadar LDH Sebelum dan Sesudah Aktivitas Fisik pada Kelompok Aerobik dan Anaerobik

Tabel 6
Perbedaan Rata - rata Kadar LDH Sebelum dan Sesudah Aktifitas Fisik Antara Kelompok Aerobik dan Anaerobik

Kelompok	Rata-rata (Mean) ± SD Kadar LDH Sebelum	Rata-rata (Mean) ± SD Kadar LDH Sesudah	p *value*
Aerobik	131,59 ± 15,496	158,06 ± 17,10	0,000
Anaerobik	141,41 ± 19,378	159,41 ± 20,78	0,000

Berdasarkan tabel 6 diatas menunjukkan bahwa rata-rata kadar LDH pada kelompok aerobik sebelum aktifitas fisik yaitu 131,59 ± 15,496 sedangkan sesudah aktifitas fisik yaitu 158,06 ± 17,10. Pada kelompok anaerobik rata-rata kadar LDH sebelum aktifitas fisik yaitu 141,41 ± 19,378 sedangkan sesudah aktifitas fisik yaitu 159,41 ± 20,78.

Berdasarkan hasil uji statistik pada kelompok aerobik didapatkan p *value* = 0,000 (p > α = 0,05) dan pada kelompok anaerobik didapatkan p *value* = 0,000 (p < α = 0,05), hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan yang bermakna kadar LDH sebelum dan sesudah aktifitas fisik pada kelompok aerobik dan anaerobik.

c). Perbedaan Rata - rata Kadar MDA Sesudah Aktivitas Fisik pada Kelompok Aerobik dan Anaerobik

Tabel 7
Perbedaan Rata - rata Kadar MDA Sesudah Aktifitas Fisik Antara Kelompok Aerobik dan Anaerobik

Kelompok	Rata-rata (Mean) ± SD Kadar MDA Sesudah	p *value*
Aerobik	0,214 ± 0,12	0,190 0,194
Anaerobik	0,303 ± 0,24	

Berdasarkan tabel 7 diatas menunjukkan bahwa rata-rata kadar MDA pada kelompok aerobik sesudah aktifitas fisik yaitu 0,214 ± 0,12 sedangkan kelompok anaerobik sesudah aktifitas fisik yaitu 0,303 ± 0,24. Berdasarkan hasil uji statistik pada kelompok aerobik didapatkan p *value* = 0,190 (p > α = 0,05) dan pada kelompok anaerobik didapatkan p *value* = 0,194 (p < α = 0,05), hal ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang bermakna kadar MDA sesudah aktifitas fisik pada kelompok aerobik dibandingkan dengan kelompok anaerobik.

d). Perbedaan Rata - rata Kadar LDH Sesudah Aktivitas Fisik pada Kelompok Aerobik dan Anaerobik

Tabel 8
Perbedaan Rata - rata Kadar LDH Sesudah Aktifitas Fisik Antara Kelompok Aerobik dan Anaerobik

Kelompok	Rata-rata (Mean) ± SD Kadar LDH Sesudah	p *value*
Aerobik	158,06 ± 17,10	0,837 0,837
Anaerobik	159,41 ± 20,78	

Berdasarkan tabel 8 diatas menunjukkan bahwa rata-rata kadar LDH pada kelompok aerobik sesudah aktifitas fisik yaitu 0,158,06 ± 17,10 sedangkan kelompok anaerobik sesudah aktifitas fisik yaitu 0,159,41 ± 20,78. Berdasarkan hasil uji statistik pada kelompok

aerobik didapatkan p *value* = 0,837 (p > α = 0,05) dan pada kelompok anaerobik didapatkan p *value* = 0,837 (p < α = 0,05), hal ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang bermakna kadar LDH sesudah aktifitas fisik pada kelompok aerobik dibandingkan dengan kelompok anaerobik.

PEMBAHASAN

a). Pengaruh Aktivitas Fisik Aerobik dan Anaerobik terhadap Kadar MDA

Hasil penelitian ini menunjukan bahwa, terjadi peningkatan kadar MDA pada aktivitas fisik aerobik, namun tidak bermakna (p>0,05). Begitu juga pada kelompok aktivitas fisik anerobik, terjadi peningkatan kadar MDA namun secara statistik tidak bermakna (p>0,05). Menurut peneliti peningkatan kadar MDA pada kedua kelompok ini mengindikasikan bahwa aktivitas fisik baik aerobik maupun anaerobik mengakibatkan terjadinya peningkatan radikal bebas yang berdampak pada peningkatan kadar MDA.

Menurut Singh, 1992, pada saat melakukan latihan fisik terjadi proses fosforilasi oksidatif di dalam mitokondria kemudian oksigen direduksi oleh sistem transport elektron mitokondria untuk membentuk adenosin trifosfat (ATP) dan air. Selama proses fosforilasi oksidatif ini sekitar 2% molekul oksigen dapat berkaitan dengan elektron tunggal yang bocor dari karier elektron pada rantai pernafasan, sehingga membentuk radikal superoksida (O_2). Radikal superoksida yang terbentuk akan membentuk hidrogen peroksida (H_2O_2) dan hidroksil reaktif (OH) dengan cara berinteraksi dengan logam transisi reaktif seperti tembaga dan besi.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Bloomer *et al* (2005), yang menyatakan bahwa terjadi peningkatan kadar MDA sebagai indikator stress oksidatif pada aktivitas fisik aerobik dan anaerobik yang dilakukan selama 30 menit. Begitu juga penelitian yang dilakukan oleh Fauzi *et al* (2007), yang menyatakan bahwa terjadi peningkatan kadar MDA sebagai respon akut setelah aktivitas fisik *robe-skipping* yang dilakukan oleh subjek penelitian *untrained* Hal yang sama juga ditemukan pada penelitian dengan subyek penelitian hewan yang dilakukan oleh Alipour *et al* (2006), didapatkan bahwa terjadi peningkatan kadar MDA pada kelinci yang melakukan *treadmill* selama 60 menit dengan frekuensi 5x/minggu selama 8 minggu.

Menurut penelitian Harjanto (2004) kadar MDA plasma dapat dijadikan sebagai petanda biologis untuk membedakan derajat stress oksidatif yang terjadi pada aktivitas fisik sesaat dimana makin besar kenaikan kadar MDA plasma menunjukkan derajat stress oksidatif yang lebih tinggi. Stres oksidatif adalah suatu kondisi di mana

produksi radikal bebas melebihi antioksidan sistem pertahanan seluler. Pada kondisi stres oksidatif, radikal bebas akan menyebabkan terjadinya peroksidasi lipid membran sel dan merusak organisasi membran sel. Membran sel ini sangat penting bagi fungsi reseptor dan fungsi enzim, sehingga terjadinya peroksidasi lipid membran sel oleh radikal bebas yang dapat mengakibatkan hilangnya fungsi seluler secara total (Evans, 2000). Stress oksidatif dapat terjadi pada orang yang melakukan aktifitas fisik yang dilakukan sesaat, baik yang belum beradaptasi maupun yang sudah beradaptasi yang dapat menyebabkan kerusakan enzim, reseptor protein, lipid membran dan DNA (Leeuwenburgh, 2001). Selama terjadi peningkatan pemakaian oksigen misalnya latihan fisik, produksi radikal bebas dapat berlebihan dan menyebabkan terjadinya peroksidasi lipid (Capelli dan Cysewski, 2006).

Radikal bebas dapat terbentuk selama dan setelah latihan oleh otot yang berkontraksi serta jaringan yang mengalami iskemik-reperfusi (Chevion *et al*., 2003). Bila laju pembentukan radikal bebas sangat meningkat melebihi 5% karena terpicu oleh aktifitas yang berat dan melelahkan, jumlah radikal bebas akan melebihi kemampuan kapasitas sistem pertahanan antioksidan. Radikal bebas ini dapat menyerang asam lemak tak jenuh ganda pada membran sel sehingga mengakibatkan kerusakan sel-sel otot dan tulang yang aktif bekerja. Kelelahan dan nyeri pada otot yang aktif yang sering menyertai latihan fisik yang berat dan melelahkan, merupakan tanda paling jelas adanya kegiatan radikal bebas (Cooper, 2002).

Pada penelitian ini, kadar MDA pada kelompok anaerobik peningkatannya lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok aerobik (0,303 $\pm$ 0,24 Vs 0,214 $\pm$ 0,12), tetapi apabila dibandingkan kadar MDA kedua kelompok ini tidak terdapat perbedaan yang bermakna ($p>0,05$). Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Magalhaes *et al* (2007), yang menyatakan bahwa pada kelompok aktifitas fisik anaerobik (*climbing, intermittent isometric*)terjadi peningkatan kadar MDA yang lebih tinggi dibandingkan aktivitas fisik aerobic (*treadmill running*). Begitu juga penelitian yang dilakukan oleh Vincent *et al* (2004), pada aktivitas fisik aerobik dengan berjalan di atas treadmil, peningkatan kadar MDAnya tidak sama dengan peningkatan kadar MDA pada kelompok yang melakukan aktivitas fisik anaerobik berupa *resistance exercise*.

Menurut Jackson *et al* (2007), pembentukan radikal bebas yang terjadi pada saat latihan fisik dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya stress mekanik dan kondisi reperfusi-iskemia. Reperfusi-iskemia terjadi karena pada saat latihan fisik

maksimal, terjadi hipoksia relatif sementara di jaringan beberapa organ yang tidak aktif seperti ginjal, hati dan usus. Hal ini untuk kompensasi peningkatan pasokan darah ke otot yang aktif dan kulit. Setelah latihan fisik selesai, darah dengan cepat kembali ke berbagai organ yang kekurangan aliran darah, sehingga berdampak terhadap terbebaskannya oksidan dalam jumlah besar (Cooper, 2002; Chevion *et al*.,2003). Reperfusi dapat berujung pada meningkatnya produksi ROS melalui konversi *xanthine dehydrogenase* (XD) menjadi *xanthine oxidase* (XO). Keduanya mengkatalase perubahan *hypoxanthine* menjadi *xanthine* dan asam urat. XD berperan pada saat kebutuhan oksigen cukup, sedang XO berperan pada keadaan iskemia. Hanya katalase yang melibatkan XO yang akan menghasilkan radikal superoxida. Produksi ROS melalui mekanisme ini mengakibatkan keadaan stress oksidatif sampai beberapa jam setelah latihan fisik maksimal, dan tidak terbatas pada otot rangka saja (Cooper *et al*, 2002).

Selain itu, penyebab terjadinya perbedaan peningkatan kadar MDA pada kelompok aerobik dan anaerobik, dikarenakan adanya perbedaan pada sistem metabolisme yang digunakan oleh kedua aktivitas fisik ini sehingga menimbulkan perbedaan pada respon sistem *biological* tubuh. Peningkatan kadar MDA pada aktivitas fisik yang dilakukan sesaat memberikan efek penting bagi sistem *biological* tubuh (Bloomer and Webb, 2009).

b). Pengaruh Aktivitas Fisik Aerobik dan Anaerobik terhadap Kadar LDH

Hasil penelitian ini menunjukan bahwa, terjadi peningkatan kadar LDH pada aktivitas fisik aerobik dan anaerobik. Akan tetapi peningkatan ini masih dalam batas normal. Kadar LDH sebelum aktivitas fisik aerobik didapatkan nilai rata-rata 131,59 $\pm$ 15,496 U/L sedangkan sesudah aktivitas fisik aerobik didapatkan nilai rata-rata 158,06 $\pm$ 17,10 U/L. Terdapat perbedaan yang bermakna kadar LDH sebelum dan setelah latihan fisik aerobik ($p<0,05$). Kadar LDH sebelum aktivitas fisik anaerobik didapatkan nilai rata-rata 141,41 $\pm$ 19,378 U/L sedangkan sesudah aktivitas fisik anaerobik didapatkan nilai rata-rata 159,41 $\pm$ 20,78 U/L. Terdapat perbedaan yang bermakna kadar LDH sebelum dan setelah latihan fisik anaerobik ($p<0,05$). Akan tetapi, apabila dibandingkan kadar LDH pada kedua kelompok ini tidak terdapat perbedaan yang bermakna ($p<0,05$).

Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Rumley dan Rafla (1983, *Cit* Flora, 2011), yang menyebutkan bahwa aktivitas fisik dapat mengakibatkan terjadinya peningkatan kadar LDH dalam plasma. Hal ini dikarenakan latihan fisik pada umumnya tidak hanya

secara murni menggunakan salah satu sistem metabolisme aerob atau anaerob saja, akan tetapi menggunakan gabungan dari kedua sistem tersebut. Energi yang dibentuk dari metabolisme aerob dan anaerob di dalam sel merupakan suatu proses pembentukan energi yang berkesinambungan untuk suatu aktivitas fisik yang juga berkesinambungan (Astrand, 2003). Peralihan metabolisme dari jenis aerob ke anaerob merupakan respon adaptasi agar energi tetap tersedia walaupun dalam keadaan tidak ada oksigen. Metabolisme anaerob berdampak pada terbentuknya asam laktat. LDH diperlukan untuk mengkonversi asam laktat menjadi asam piruvat (Guyton, 2006).

Penelitian yang dilakukan oleh Rodas (2000), menyebutkan bahwa terjadi peningkatan kadar enzim LDH 45% setelah aktivitas fisik anaerobik berupa lari *sprint*. Pada aktivitas fisik anaerobik, sumber energi berasal dari sistem fosfokreatin (alaktasid) dan glikolisis laktasid (laktasid). Proses pembentukan ATP dari sistem glikolisis laktasid berdampak terhadap terbentuknya asam laktat dan juga peningkatan aktivitas enzim LDH (Foss, 2006). Menurut Flora (2011), kondisi yang lebih hipoksia pada aktivitas fisik anaerobik berdampak terhadap peningkatan penggunaan LDH dalam mengkatalisis laktat menjadi piruvat.

Pada aktivitas fisik yang berat, mekanisme pembentukan energi dari sistem aerob tidak mencukupi sehingga memerlukan energi dari metabolisme anaerob. Hal ini menyebabkan terjadinya peningkatan laktat plasma. Selama aktivitas fisik kadar laktat darah akan meningkat dan otot akan segera menghilangkannya. Laktat secara pasif akan disimpan oleh sel otot yang dalam keadaan istirahat, akan tetapi akan dioksigenasi pada sel otot yang berkontraksi (Mc Comas, 2006 *Cit* Farenia, 2009). Menurut Foss (2006), produksi asam laktat sangat tergantung pada intensitas aktivitas fisik. Produksi asam laktat pada orang yang tidak terlatih sama dengan orang yang terlatih, yang berbeda adalah proses eliminasi asam laktat tersebut. Pada orang yang terlatih proses eliminasi lebih cepat dari pada orang yang tidak terlatih. Konversi asam laktat menjadi asam piruvat dapat terjadi teutama pada otot yang mengandung LDH. Di dalam otot rangka terutama mengandung LDH tipe M, sedangkan pada otot jantung mengandung LDH tipe H (Mooren, 2005).

Pada penelitian ini, peningkatan kadar LDH plasma bukan dikarenakan terjadinya kerusakan jaringan. Menurut peneliti peningkatan LDH lebih dikarenakan adanya peningkatan sekresi laktat sebagai hasil akhir dari metabolisme anaerob, sehingga LDH diperlukan untuk mengubah laktat menjadi piruvat agar dapat dipergunakan kembali sebagai sumber energi. Tidak adanya kerusakan jaringan ini

juga diperkuat dari data MDA. Walaupun terjadi peningkatan kadar MDA dalam penelitian ini, tetapi peningkatannya masih dalam batasan normal dan tidak menimbulkan stress oksidatif.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada bab terdahulu, diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Terjadi peningkatan kadar MDA sesudah aktivitas fisik aerobik dan anaerobik. Akan tetapi secara uji statistik tidak terdapat perbedaan yang bermakna kadar MDA sebelum dan sesudah aktivitas fisik aerobik (p= 0,612) dan aktivitas anaerobik (p= 0,108).
2. Tidak terdapat perbedaan yang bermakna kadar MDA pada aktivitas fisik aerobik dibandingkan dengan aktivitas fisik anaerobik (p<0,05).
3. Terjadi peningkatan kadar LDH sesudah aktivitas fisik aerobik dan anaerobik. Terdapat perbedaan yang bermakna kadar LDH sebelum dan sesudah aktivitas fisik pada aktivitas fisik aerobik dan anaerobik (p=0,00).
4. Terdapat perbedaan yang bermakna kadar LDH pada aktivitas fisik aerobik dibandingkan dengan aktivitas fisik anaerobik (p<0,05).

DAFTAR PUSTAKA

1. AAHPERD, 1999. Physical Education for Lifelong Fitness. United States of America Library of Congress Cataloging-in Publication Data.
2. Alter, M.J. 2008. 300 Teknik Peregangan Olahraga. Rajagrafindo Persada, Jakarta.
3. Ariawan, I. 1998. Besar dan Metode Sampel pada Penelitian Kesehatan. FKM-UI Depok. Bogor.
4. Bloomfield, J., T.R. Ackland, B.C. Elliot, 1994. Applied Anatomy and Biomechanics in Sport. Melbourne: Blackwell Scientific Publications.
5. Bompa, Tudor, 1994. Theory and Metodology of Training. Iowa. Kendall Hunt Publishing Company.
6. Budiarto, E. 2004. Metodologi Penelitian Kedokteran: Sebuah Pengantar. EGC. Jakarta
7. Dachlan, L.M. 2009. Pengaruh Back Exercise pada Nyeri Punggung Bawah. Tesis. MKK Universitas Sebelas Maret Surakarta.
8. Ganong, W.F. 2003. Buku Ajar Fisiologi Kedokteran. Edisi 20. EGC, Jakarta.
9. Gleim, G.M., M.P. McHugh, 1997. Flexibility and Its Effects on Issues for Performance. Nicholas Institute of Sports Medicine and Atletic Trauma, Lenox Hill Hospital New York, USA.
10. Guyton & Hall, (2008). Buku Ajar Fisiologi Kedokteran, Edisi 11, EGC, Jakarta

11. Harsono, (1988). Coaching dan Aspek-aspek Psikologis dalam Coaching. C.V. Tambak Kesuma.

12. Hastono, S.P. 2007. Analisis Data Kesehatan, FKM-UI Depok. Bogor

13. Heyward, V.H. 1991. Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription. 3rd ed. Champaign (IL): Human Kinetic.

14. Irfannuddin, 2003. Berbagai Ukuran Antropometri dan Lingkup Gerak Sendi yang Mempengaruhi Hasil V-Sit and Reach Test, Modified Sit and Reach Test, dan Modified Back Saver Sit and Reach Test pada Anak-anak Prapubertas. Tesis. FK-UI, Jakarta.

15. Kisner, C. 1996. Therapeutic Exercise Fondation and Techniques. Thrid Edition. Philadelpia : F.A. Davis Company.

16. Knudson, D.V. 2000. Published Quarterly by The President's Council on Physical Fitness and Sports. Washington DC, USA.

17. Mikarida, I. 2010. Pengaruh Latihan Peregangan Secara Rutin Terhadapa Fleksibilitas Otot Punggung pada Mahasiswi Akademi Kebidanan Persada Palembang. Tesis. PPs UNSRI, Palembang.

18. Moeloek, D. 1984. Dasar Fisiologi Kesegaran Jasmani dan Latihan Fisik. FK-UI, Jakarta.

19. Odunaiya, N.A., T.K. Hamzat, O.F. Ajayi, 2005. The Effects of Static Stretch Duration on The Flexibility of Hamstring Muscles. African Journal of Biomedical Research (AJBR), Ibadan Biomedical Communication Group. Nigeria (*http://www.bioline.org.br/md*) di akses 9 Mei 2011

20. Priyatna, H. 2001. Musculosceletal Fisioterapi. Kumpulan Bahan Kuliah Fisioterapi. Uneversitas Indonusa Esa Tunggal. Jakarta.

21. Purba, A., A. Sanistioro, B. Sugiarto, D. Moeloek, H. Tilarso, H.S. Hadi, I.A. Nurali, *et al.* 2002. Pedoman Kesehatan Olahraga. Proyek Strengthening Of Community Urban Health Kerjasama Pemerintah Spanyol dan Departemen Kesehatan RI. Jakarta.

22. Risyanto, Sunarto, Z.S. Nugraha, 2008. Pengaruh Lamanya Posisi Kerja terhadap Keluhan Subyektif Low Back Pain pada Pengemudi Bus Kota di Terminal Giwangan Yogyakarta. FK-UII Yogyakarta.

23. Rushall, B. and P. Frank, 1990. Training for Sport and Fitness. Macmillan Company of Australia Pty. Ltd.

24. Sharkey, Brian J. 2003. Kebugaran Kesehatan. PT. Rajagrafindo Persada, Jakarta