

Indikator Beban Berlebih Pada Otot Jantung Tikus Wistar Yang Diberi Perlakuan Latihan Fisik Akut

The Indicator of Overload in Rat Myocardium That Given Acute Physical Exercise

Rahima¹, Rostika Flora², Theodorus³

1. Program Studi Ilmu Keperawatan Stikes Baiturrahim Jambi
2. Program Studi Magister Ilmu Biomedik Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya
3. Departemen Farmakologi Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya

Alamat Korespondensi: rahima_sst@yahoo.com

Abstrak

Latihan fisik terdiri dari aktivitas aerobik dan aktivitas anaerobik. Latihan fisik aerobik maupun anaerobik dapat mengakibatkan pembentukan radikal bebas. Dalam keadaan ini dapat pula terjadi peningkatan sekresi BNP sebagai indikator terjadinya kerusakan otot. *Brain Natriuretic Peptide* (BNP) adalah Hormon *type-B* yang diproduksi di otot jantung yang akan terstimulasi ketika ventrikel jantung meregang dan mengalami tekanan yang berlebih atau sebagai sitoproteksi terhadap kelebihan volume dan peningkatan radikal bebas. Sampai saat ini masih relatif terbatas laporan mengenai perbandingan pengaruh latihan fisik aerobik dan anaerobik terhadap kadar BNP di otot jantung dalam melihat pengaruh positif dan negativenya terhadap fungsi jantung. Penelitian ini merupakan studi eksperimental dengan subjek penelitian pada 28 ekor tikus Wistar yang dibagi menjadi 2 kelompok (kelompok pembanding=P1, perlakuan aerobik 1 hari=P2, perlakuan anaerobik 1 hari=P3). Cara perlakuan latihan fisik menggunakan *Animal Treadmill*, dengan kecepatan 20 meter/menit selama 30 menit untuk latihan fisik aerobik, dan kecepatan 35 meter/menit selama 20 menit untuk latihan fisik anaerobik. Pemeriksaan kadar BNP dilakukan di Laboratorium Biokimia Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa, tidak terdapat perbedaan yang bermakna kadar BNP otot jantung pada kelompok aerobik dan anaerobik yang diberi perlakuan 1 hari (sesaat). Akan tetapi dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar BNP otot jantung pada latihan fisik anaerobik cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan latihan fisik aerobik ($6,00 \pm 26,13$ vs $6,93 \pm 10,47$) sebagai indikator terjadinya beban yang berlebih pada otot jantung. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa untuk memperbaiki fungsi jantung, latihan fisik aerobik lebih baik daripada latihan fisik anaerobik.

Kata kunci: kadar BNP, latihan aerobik, anaerobik

Abstract

Physical exercise consisted of aerobic physical activity and anaerobic physical activity. Aerobic and anaerobic physical activity can lead to free radical. In this conditions can also to determine the major stimuli for the release of brain natriuretic peptide (BNP). Brain natriuretic peptide (BNP) is a hormone that is released from the ventricles in response to an increase in left ventricular pressure and volume. Brain natriuretic peptide is principally synthesized and released by ventricular myocytes in response to myocardial wall stress. With regard to this fact, Brain Natriuretic Peptide (BNP) became valuable biomarkers for heart failure diagnosis. This research is animal experimental study after aerobic and anaerobic exercise, BNP serums was done using 28 Wistar rats (*Rattus Norvegicus*) in Laboratorium of Biological Molecular, Indonesia University. The aim of this study was to evaluate the comparisson of effect between aerobic exercise and anaerobic physical exercise on BNP as an indicator of tissue hypoxia and cardiac musle damage. The study conducted with seven groups consisted control group (P1), aerobic groups 1 day (P2), anaerobic groups 1 day, BNP serum was measured on the day 1 offer exercise. The statistical analysis of BNP serum showed BNP serum aerobic groups was lower than BNP serum anaerobic ($6,00 \pm 26,13$ vs $6,93 \pm 10,47$). In BNP serum were higher in anaerobic than in aerobic physical exercise as an indicator of overload cardiac muscle. Concluded that to improve myocardial function, aerobic exercise is better than anaerobic exercise.

Key words: BNP serum, aerobic exercise, anaerobic

Pendahuluan

Olahraga merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kebugaran jasmani dan pada akhirnya dapat meningkatkan kualitas sumberdaya manusia. Berolahraga dapat meningkatkan kebugaran yang tercermin dari peningkatan daya tahan jantung paru.¹ Pada saat berolahraga atau melakukan aktivitas fisik dapat memberikan *stressor* bagi tubuh. Jika tubuh diberi *stressor* yang dilakukan secara teratur, terukur dan terprogram baik, maka tubuh akan beradaptasi dengan membentuk mekanisme koping yang mampu mengubah *stressor* menjadi stimulator yang dapat meningkatkan kebugaran jasmani. Sebaliknya latihan fisik yang tidak terukur atau dilakukan dengan intensitas maksimal, dapat menyebabkan gangguan kesehatan oleh karena terganggunya homeostatis tubuh dan bahkan dapat menyebabkan kerusakan otot jantung. Pada saat melakukan aktivitas fisik, sumber energi dapat berasal dari metabolisme aerobik atau metabolisme anaerobik. Pada aktivitas fisik intensitas ringan dan sedang sumber energi sebagian besar berasal dari metabolisme aerobik. Aktivitas fisik intensitas berat sumber energinya sebagian besar berasal dari metabolisme anaerobik.^{2,3}

Pada saat melakukan latihan fisik aerobik intensitas tinggi dan anaerobik dapat terbentuk radikal bebas oleh karena terjadinya pelepasan elektron dari rantai respirasi. Radikal bebas yang terbentuk dapat menyebabkan gangguan pada tingkat molekuler atau seluler oleh karena mengambil elektron dari molekul dan seluler tersebut. Selain terbentuk radikal bebas pada saat melakukan aktivitas fisik aerobik intensitas tinggi dan anaerobik dapat pula meningkatkan produksi *Brain Natriuretic Peptide* (BNP) di otot jantung. BNP adalah hormon *type-B* yang akan terstimulasi ketika ventrikel jantung meregang dan mengalami tekanan atau respon terhadap perubahan volume dan tekanan yang berlebihan yang dapat menyebabkan suplai oksigen tidak sebanding dengan aktivitas jantung pada saat melakukan aktivitas fisik aerobik intensitas tinggi dan anaerobik.^{3,4}

Akibat pengaruh aktivitas fisik aerobik intensitas tinggi dan anaerobik, tidak hanya menyebabkan berkurangnya suplai oksigen ke otot jantung, melainkan juga dapat meningkatkan produksi *Brain Natriuretic Peptide* (BNP) di otot jantung. Akan tetapi sampai saat ini belum pernah dilaporkan seberapa besar pengaruh latihan fisik aerobik dan latihan fisik anaerobik ini terhadap produksi BNP di otot jantung. Penelitian yang dilakukan oleh Ferdinal (2009) menyebutkan bahwa, pada tikus yang diinduksi hipoksia sistemik kronik dapat meningkatkan gen *hypoxia inducible factor-1 α* yang berperan dalam regulasi ekspresi gen B-type natriuretic peptide-45.⁵

Iskemia juga dapat terjadi pada saat latihan fisik yang berat. Iskemia merupakan suatu keadaan berkurang atau hilangnya suplai oksigen (O₂). Hal

ini disebabkan adanya ketidakseimbangan kebutuhan peningkatan oksigen ke otot pada waktu latihan berat, sedangkan suplai oksigen (O₂) yang tersedia tidak terpenuhi. Selama iskemia yang diikuti dengan reperfusi yaitu proses mengalirnya kembali oksigen (O₂) pada jaringan yang mengalami iskemia, maka dapat terjadi stres metabolik pada tubuh yang menyebabkan *xanthin oksidase* membentuk radikal bebas.^{2,5}

Selain terbentuk radikal bebas pada saat melakukan latihan fisik berat, kemungkinan dapat juga terjadi sekresi BNP di otot jantung. Sampai saat ini belum banyak informasi tentang seberapa besar pengaruh latihan fisik aerobik ataupun anaerobik terhadap perubahan kadar BNP di otot jantung. Dibidang kesehatan olahraga, pengaruh pembebanan latihan fisik maksimal pada otot jantung belum banyak diteliti. Penelitian yang dilakukan oleh Flora (2011) menunjukkan bahwa, pada tikus yang diberi perlakuan aktivitas fisik anaerobik selama 10 hari tanpa hari istirahat mengakibatkan perubahan gambaran histologi otot jantung tikus. Pada hari ke-10 terjadi kerusakan otot jantung yang ditandai dengan adanya iskemia dan infark. Menurut peneliti, pada keadaan ini kemungkinan terjadi juga perubahan pada kadar BNP otot jantung.⁶ Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui perbandingan kadar BNP pada otot jantung dengan latihan fisik aerobik dengan anaerobik yang dilakukan sesaat (1 hari). Penelitian ini dilakukan pada hewan coba, tikus wistar, untuk mengetahui mekanisme molekuler yang terjadi pada otot jantung tikus wistar yang diberi pembebanan latihan fisik aerobik dengan latihan fisik anaerobik.

Metode

Jenis Penelitian ini adalah penelitian *experimental laboratories in vivo* yaitu dengan melakukan uji coba pada hewan percobaan sesuai dengan keinginan/perlakuan dari peneliti dan hasil yang akan diukur diperiksa dengan uji laboratorium. Adapun rancangan yang digunakan adalah *Randomize One Group Pre test and Post test Design*. Penelitian ini dilaksanakan di *animal house* dan Laboratorium Departemen Biokimia dan Biologi Molekuler Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.

Adapun jumlah sampel adalah sebanyak 28 ekor tikus yang dibagi menjadi 3 kelompok yaitu kelompok kontrol (P1), kelompok 1 hari aerobik (P2), kelompok 1 hari anaerobik (P3). Masing-masing kelompok dibagi menjadi 4 ekor tikus yang diberi perlakuan latihan fisik akut yaitu aerobik dengan kecepatan 20 m/menit selama 30 menit dan untuk latihan fisik anaerobik dengan kecepatan 35 m/menit selama 20 menit.

Pemeriksaan kadar BNP otot jantung dengan menggunakan metode ELISA. Pengambilan jaringan otot jantung tikus dilakukan setelah tikus selesai melakukan latihan fisik akut aerobik dan anaerobik (1 kali perlakuan).

Hasil Penelitian

1. Karakteristik subjek penelitian

Perhitungan rerata berat badan tikus percobaan dengan *levene's test* dan hasilnya menunjukkan rerata berat badan tikus percobaan relatif sama (homogen) yang dapat dilihat pada tabel 1:

Kelompok	BB awal (gram)	p Value
Kontrol	98,75 ± 10,30	0,179
Aerobik 1 hari	130,0 ± 31,88	
Anaerobik 1 hari	108,7 ± 11,81	

2. Uji Normalitas Data Penelitian Kadar BNP Otot Jantung

Hasil pengukuran kadar BNP pada setiap kelompok percobaan ((kelompok pembanding=P1, kelompok perlakuan aerobik 1 hari=P2, kelompok perlakuan anaerobik 1 hari=P3, tercantum pada tabel 3.2 dan dilakukan uji normalitas dengan *shapiro wilk* data ($p \geq 0,05$) pengukuran BNP pada setiap kelompok percobaan. Hasilnya menunjukkan data sebagian besar berdistribusi normal yang dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini:

Kelompok	1 hari	p Value
Kontrol	4,42 ± 2,90	0,859
Aerobik 1 hari	6,00 ± 2,61	0,983
Anaerobik 1 hari	6,93 ± 1,04	0,350

Uji normalitas dengan shapiro wilk $\alpha = 0.05$

Dari tabel 2 di atas, didapatkan untuk semua kelompok perlakuan menunjukkan $p > 0,05$ berarti data pada kelompok ini terdistribusi normal.

3. Rata-rata Kadar BNP Otot Jantung Kelompok(P1-P7)

Kelompok	Kadar BNP (pg/ml)
Kontrol	4,42±29,06
Aerobik 1 hari	6,00±26,13
Anaerobik 1 hari	6,93±10,47

Uji-t tidak berpasangan

Tabel 3 di atas menunjukkan bahwa, terjadi peningkatan kadar BNP otot jantung kelompok perlakuan aerobik (P2 dan P3) dibandingkan dengan kelompok pembanding.

4. Rerata Kadar BNP Otot Jantung Kelompok Perlakuan Aerobik (P2, P3, P4)

Tabel 3.4 Rata-rata Kadar BNP Otot Jantung Kelompok Aerobik

Kelompok	Kontrol	1 hari (pg/ml)	P Value
Kontrol	4,42 ± 29,06		
Aerobik		6,00±26,13	0,447

Perbedaan bermakna di bandingkan kelompok kontrol jika($P < 0.05$) Independence t-test

Dari hasil rerata pengukuran BNP otot jantung pada kelompok percobaan aerobik pada tabel 4 di atas, hasilnya menunjukkan terjadinya peningkatan kadar BNP otot jantung pada kelompok perlakuan (P2) dibandingkan kelompok kontrol, nilai kadar BNP otot jantung kelompok perlakuan aerobik (P2) cenderung lebih tinggi dibandingkan kelompok pembanding.

5. Rerata Kadar BNP Otot Jantung Pada Kelompok Anaerobik (P3)

Hasil pengukuran kadar BNP pada kelompok perlakuan anaerobik 1 hari (P3), terdapat pada tabel 6 Hasilnya menunjukkan bahwa, terjadi peningkatan secara signifikan kadar BNP otot jantung pada kelompok P3 dibandingkan dengan kelompok pembanding yang tercantum pada tabel 5 di bawah ini:

Kelompok	Kontrol	1 hari (pg/ml)	P value
Kontrol	4,42±29,06		
Anaerobik		6,93±10,47	0,392

Perbedaan bermakna di bandingkan kelompok kontrol jika ($p < 0,05$) Independence t-test

6. Perbandingan Kadar BNP Otot Jantung Antara Kelompok Perlakuan Aerobik Dan Anaerobik

Untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan Kadar BNP otot jantung antara kelompok perlakuan aerobik dan kelompok perlakuan anaerobik dilakukan uji-t tidak berpasangan. Adapun hasil tersebut ditampilkan pada tabel 6 berikut ini :

Kelompok	1 hari (pg/ml)	P value
Aerobik	6,00±2,61	0,535
Anaerobik	6,93±1,04	0,447

Uji Independence t-test

Dari tabel 6 di atas didapatkan bahwa, tidak terdapat peningkatan yang bermakna pada kelompok perlakuan aerobik 1 hari dengan kelompok perlakuan anaerobik 1 hari. Walaupun tidak terdapat peningkatan yang bermakna pada kedua kelompok ini, akan tetapi nilai kadar BNP otot jantung untuk kelompok perlakuan anaerobik cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kadar BNP kelompok perlakuan aerobik.

Pembahasan

1. Kadar BNP Pada Otot Jantung Tikus Galur Wistar Sebelum dan Sesudah Latihan Fisik Aerobik

Pada penelitian ini didapatkan bahwa, tidak terdapat perbedaan yang bermakna pada kelompok aerobik 1 hari ($p > 0,05$ dibandingkan dengan kelompok pembanding akan tetapi Terjadi peningkatan kadar BNP otot jantung pada kelompok perlakuan 1 hari aerobik nilai kadar BNP nya dibandingkan dengan kelompok kontrol (6,00±2,61),

Menurut Levin (1998), *Brain Natriuretic Peptide* (BNP) diproduksi oleh sel otot jantung terutama ventrikel, sebagai respon terhadap volume dan tekanan yang berlebihan. Oleh karena sumber pengeluarannya spesifik dari jantung, maka BNP yang beredar di dalam sirkulasi darah dapat menggambarkan tingkat beban stress pada jantung.¹

Dari data rerata kadar BNP otot jantung pada kelompok aerobik didapatkan bahwa, terjadi peningkatan kadar BNP pada kelompok 1 hari latihan fisik aerobik (6,00±2,61) dibandingkan kelompok pembanding (4,42±2,90). Menurut peneliti hal ini terjadi dikarenakan adanya respon fisiologis dari otot jantung pada saat pertama kali diberikan beban latihan fisik, sebab dengan latihan

fisik akan menimbulkan respon atau tanggapan dari organ-organ tubuh baik dalam konsumsi oksigen maupun metabolisme energi.

Moyna (2001), menyatakan bahwa dalam suatu latihan yang terprogram (*physical training*) untuk mencapai suatu performa atau penampilan yang baik terdapat salah satu fase yang disebut fase *overload*, yaitu dimana jantung menerima latihan dengan beban berlebih dari beban sebelumnya, agar kemampuan kardiovaskuler (jantung dan peredaran darah) dan kemampuan otot-otot dapat berkembang terus, sampai terjadinya proses adaptasi. Hasil penelitian untuk kelompok 1 hari aerobik ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Bordbar *et al* (2012) yang menyebutkan bahwa, pada kelompok yang melakukan latihan fisik aerobik dengan menggunakan *treadmill* dengan kecepatan 15m/m selama 45 menit selama 8 minggu, hasil penelitiannya menyebutkan bahwa, terjadi peningkatan kadar BNP dalam plasma ($p=0,002$) setelah melakukan latihan aerobik 1 hari dibandingkan dengan nilai kadar BNP sebelum melakukan latihan fisik aerobik.^{7,8}

Penelitian lainnya dilakukan oleh Niessner *et al* (2003) yang menyebutkan bahwa, pada kelompok yang dibebankan dengan latihan fisik lari marathon sejauh 42,195 km didapatkan kadar BNP dalam plasma meningkat setelah menyelesaikan lari marathon dibandingkan dengan nilai kadar BNP sebelum lari marathon. Hal ini menandakan terjadinya respon akut dari latihan fisik akibat regangan otot jantung. Stimulus utama dalam sekresi hormon BNP adalah beban dinding jantung berupa regangan dinding ventrikel dan peningkatan tekanan pengisiannya. Ekspresi gen BNP mengalami *up regulation* setelah terpapar berbagai stimuli biokimia dan mekanik yang sifatnya mempermudah hipertropi.⁹

2. Kadar BNP Pada Otot Jantung Tikus Galur Wistar Sebelum dan Sesudah Latihan Fisik Anaerobik

Hasil pengukuran kadar BNP otot jantung pada kelompok anaerobik didapatkan bahwa, tidak terdapat perbedaan yang bermakna pada kelompok perlakuan anaerobik 1 hari (sesaat) dengan kelompok kontrol ($p>0,05$). Akan tetapi walaupun tidak bermakna hasilnya menunjukkan terjadi peningkatan kadar BNP otot jantung pada kelompok anaerobik dibandingkan kelompok kontrol.

Terjadinya peningkatan kadar BNP pada kelompok perlakuan anaerobik, merupakan respon terhadap stress hipoksia pada otot jantung. Salah satu respons spesifik jantung terhadap stress cardia pada tingkat seluler dan molekuler adalah peningkatan sintesis BNP (*Brain Natriuretic Peptide*) yang berperan untuk membantu jantung dalam menghadapi beban yang meningkat. Diketahui bahwa peningkatan konsentrasi BNP dalam plasma sesuai dengan beratnya gangguan fungsi jantung. Disamping itu diketahui bahwa BNP mempunyai efek sitoproteksi dan anti-iskemia pada jantung. Pada keadaan aerobik suplai oksigen ke otot jantung terpenuhi, sehingga tidak terjadi hipoksia dan tidak menyebabkan adanya

rangsangan terhadap pembentukan BNP akan tetapi pada keadaan aktivitas fisik aerobik intensitas tinggi, suplai oksigen tidak sebanding dengan aktivitas otot jantung yang dapat pula menyebabkan stress dan pembentukan BNP.^{1,3}

Penelitian oleh Somayeh *et al* (2006) menerangkan bahwa, terjadi peningkatan yang signifikan pada kadar BNP dan Troponin-T otot jantung pada kelompok latihan fisik anaerobik dengan menggunakan alat-alat berat dibandingkan dengan kadar BNP pada kelompok latihan aerobik. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Purnomo (2011) juga menunjukkan bahwa, latihan fisik yang melelahkan dapat menyebabkan iskemia yaitu suatu keadaan berkurang atau hilangnya suplai oksigen. Hal tersebut disebabkan semakin meningkatnya kebutuhan oksigen ke otot pada waktu latihan fisik berat sedangkan suplai oksigen tidak dapat memenuhi kebutuhan di otot yang berdampak pada terjadinya *oxygen debt*.⁹

Menurut Astrand *et al* (2003), pengadaan oksigen ke jantung sangatlah penting, karena sel-sel otot jantung memiliki keterbatasan dalam pengadaan energi melalui metabolisme anaerob. Keadaan ini diperkuat dengan kenyataan sistem vaskularisasi pada otot jantung, satu kapiler memperdarahi sedikitnya satu serabut otot jantung. Oleh karena itu, terdapat hubungan yang sangat erat antara penggunaan energi dengan konsumsi oksigen pada otot jantung.¹⁰

3. Perbandingan Kadar BNP Otot Jantung Tikus Wistar Yang Melakukan Latihan Fisik Aerobik Dengan Anaerobik

Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa, tidak terdapat perbedaan yang bermakna kadar BNP otot jantung kelompok latihan fisik aerobik 1 hari (sesaat) dan anaerobik 1 hari (sesaat) ($p>0,05$) akan tetapi dari hasil yang didapat kadar BNP pada kelompok anaerobik cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok aerobik.

Menurut peneliti hal ini menunjukkan bahwa, latihan fisik anaerobik yang dilakukan lebih membebani otot jantung dibandingkan latihan fisik aerobik. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Bordbar *et al* (2012), yang menjelaskan bahwa pada kelompok perlakuan yang melakukan latihan *endurance* atau aerobik dengan menggunakan treadmill kec 15 m/m selama 45 menit dan kelompok perlakuan anaerobik dengan menggunakan alat-alat berat exercise selama 30 menit. Hasilnya menunjukkan bahwa, terjadinya peningkatan yang signifikan nilai kadar BNP didalam plasma ($p=0,012$) pada kelompok perlakuan anaerobik dibandingkan dengan nilai kadar BNP plasma pada kelompok latihan fisik aerobik.^{3,9}

Selain itu adanya perbedaan sistem metabolisme pada kedua kelompok perlakuan ini, mengakibatkan otot jantung berbeda dalam merespon kedua jenis latihan fisik tersebut. Pada latihan fisik anaerobik sistem metabolisme yang tidak menggunakan O₂ mengakibatkan jaringan otot jantung akan lebih hipoksia dibandingkan pada kelompok latihan fisik aerobik sehingga kerja otot jantung juga cukup berat. Hal ini berdampak pada

pengeluaran BNP di jaringan juga lebih besar. Sebaliknya pada latihan fisik aerobik, metabolisme yang terjadi sangat membutuhkan oksigen untuk memenuhi kebutuhan energi selama latihan fisik. Hal ini sesuai dengan pendapat Guyton (2006), bahwa semakin banyak oksigen yang digunakan untuk proses oksidasi maka semakin banyak pula kebutuhan oksigen, sehingga kerja jantung juga akan semakin meningkat.¹¹

Kesimpulan

- 1) Tidak Terdapat perbedaan yang bermakna kadar BNP otot jantung pada kelompok aerobik yang diberi perlakuan 1 hari (sesaat) dibandingkan dengan kelompok pembanding ($p=0,447$).
- 2) Tidak Terdapat perbedaan yang bermakna kadar BNP otot jantung pada kelompok anaerobik yang diberi perlakuan 1 hari (sesaat) dibandingkan dengan kelompok pembanding ($p=0,392$).

Saran

- 1) Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa, latihan fisik anaerobik dapat mengakibatkan terjadinya pembebanan pada otot jantung. Oleh karena itu disarankan untuk menjaga kesehatan otot jantung dan kebugaran tubuh, latihan fisik yang terbaik adalah latihan fisik aerobik dan dilakukan secara berulang-ulang dengan frekuensi yang teratur.
- 2) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk melihat gambaran histopatologi otot jantung yang diberi latihan fisik aerobik dan anaerobik, sehingga dapat diketahui gambaran yang terjadi pada otot jantung akibat pembebanan pada latihan fisik aerobik dan anaerobik.

Daftar pustaka

1. Harjanto. 2003. Petanda Biologis dan Faktor yang mempengaruhi Derajat Stres Oksidatif pada Latihan

- Olahraga Aerobik Sesaat. Disertasi. Program Pascasarjana. Universitas Airlangga Surabaya
2. Djoko Pekik Irianto. 2002. Panduan latihan kebugaran yang efektif dan aman. Yogyakarta: Lukman Offset.
3. Somayeh Bordbar, Mohammad Ali, Amir Aslani, Eskandar Rahimi. 2012. Effect Endurance and strength exercise on release of brain natriuretic peptide. *Journal of Cardiovascular Disease Research*. Shiraz, Iran. 22-5
4. Krishnaswamy, Lubien, Clopton, et al. 2001, Utility of Brain Natriuretic Peptides levels in identifying dysfunctions with left ventricular systolic or diastolic dysfunction. *Am J Med*;111:274-79
5. Fahrenia RR. 2009. Ekspresi Gen mioglobin dan serum kreatinfosfokinase pada aktivitas fisik aerobik dan anaerobik sebagai indikator hipoksia dan kerusakan jantung otot tikus wistar [dissertation]. Mount Pleasant (MI): Universitas Padjadjaran; Indonesia.
6. Flora R. 2011. Perbedaan mekanisme adaptasi molekuler otot jantung tikus wistar terhadap pembebanan aktivitas fisik aerobic dan anaerobik tanpa hari istirahat. Disertasi, FKM-UI Jakarta.
7. Soya H, Mukai A, Deocariz CC, Ohiwa N, Chang H, Nishijima T, et al. 2007. Threshold-like pattern of neuronal activation in the hypothalamus during treadmill running: establishment of a minimum running stress (MRS) rat model. *Neurosci Res*;58(4):341-8.
8. Gregori Casals. Josefa Ros, Alessandro S, Mercy M, Davidson, Manuel. 2009. Hypoxia induced B-type Natriuretic Peptide release in cell lines derived from human cardiomyocytes. *Am J Physiol Heart Circ.the American Physiological Society*. Pp 550-55
9. Maurellet JD, Liu. 2008. B-type Natriuretic Peptide in the management of heart failure. *Hongkong Med Journal*.216-9
10. Anwari Irawan. 2007. Metabolisme Energi Tubuh Dan Olahraga. *Sport Science and Performance Lab*. Volume 1 no.07. pp 1-9
11. Guyton & Hall. 2006. *Textbook of Medical Physiology* 11th ed. Elsevier Saunders, Philadelphia, Pennsylvania;79-82;530;1056-60