



PERBANDINGAN PENGARUH KEGIATAN FISIK DALAM RUANGAN DAN LUAR NEGERI TERHADAP SUHU TUBUH, ASAM LAKTAT, DARAH GLUKOSA, DAN LEMAK SETELAH FISIK SUBMAKSIMAL AKTIVITAS

Oleh

Edy Gunawan¹, Ayu Elvana²

¹Prodi Penjaskesrek, Universitas Nahdlatul Ulama Sulawesi Utara

²Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Medan

¹Email: edybarca10@gmail.com

Abstrak

Berolahraga di dalam ruangan dengan oksigen (O₂) yang cukup dari pada luar ruangan akan menyebabkan meningkatnya kadar asam laktat di otot maupun darah, selain itu suhu lingkungan dalam ruangan lebih tinggi dibanding suhu luar ruangan saat melakukan aktifitas fisik dan suhu yang tinggi dapat meningkatkan temperatur tubuh. Penelitian ini dilaksanakan di FIK Universitas Negeri Makassar, prodi Ilmu keolahragaan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan aktivitas fisik outdoor dan indoor dengan suhu tubuh, kadar asam laktat, kadar glukosa darah, dan kelelahan pada aktivitas fisik submaksimal dengan menggunakan program penelitian desain kelompok pretest-posttest. Populasi dalam penelitian ini adalah mahasiswa Jurusan Ilmu Olahraga Fakultas Sains Olahraga, Universitas Negeri Makassar. Kelompok aktivitas outdoor dan indoor diberikan aktivitas fisik submaksimal berupa mengayuh Ergocycle dengan 85% HRmax. Data penelitian dianalisis dengan menggunakan analisis deskriptif. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa: hasil uji sampel bebas variabel t-2 delta-3 suhu tubuh adalah $p = 0,901$ ($p > 0,05$) kadar asam laktat delta-2 adalah $p = 0,000$ ($p < 0,05$), delta- 1 level glukosa darah adalah $p = 0,808$ ($p > 0,05$), kekuatan otot delta-4 / kelelahan adalah $p = 0,000$ ($p < 0,05$). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa: tidak ada peningkatan suhu tubuh setelah melakukan aktivitas outdoor dan indoor, ada peningkatan kadar asam laktat 5 menit setelah aktivitas outdoor dan indoor, tidak ada penurunan kadar glukosa darah kanan setelah aktivitas fisik submaksimal untuk aktivitas outdoor dan indoor, terjadi penurunan kekuatan otot / kelelahan setelah aktivitas outdoor dan indoor.

Kata kunci : Aktivitas *Indoor* dan *Outdoor*, Aktivitas Fisik Sub-Maksimal.

A. PENDAHULUAN

Aktivitas olahraga merupakan kegiatan yang sering dilakukan oleh masyarakat, baik di kota maupun di desa. Aktivitas olahraga bertujuan untuk kesehatan dan berkaitan dengan metabolisme dan pengaturan suhu tubuh. Berkaitan dengan metabolisme dan suhu tubuh, faktor lingkungan dan infrastruktur juga bisa memberikan efek pada saat beraktivitas. Kebiasaan masyarakat dan atlet dalam berolahraga dilakukan di dalam ruangan maupun di luar ruangan. Timbul dalam pemikiran

masyarakat dan atlet ketika mereka melakukan aktivitas di dalam ruangan, kondisi tubuh mereka cepat lelah sehingga mempengaruhi performanya, karena penggusuran laktat yang lambat menyebabkan sindroma latihan yang berlebihan (*overtraining syndrome*) pada atlet, sehingga mengakibatkan peningkatan insiden cedera yang dapat menyebabkan kecacatan baik sementara maupun menetap (Falks, 1995). Berolahraga di dalam ruangan dengan oksigen O₂ yang cukup dari pada luar ruangan akan menyebabkan meningkatnya kadar asam laktat di otot maupun darah, (Gladwell, 2013) selain itu suhu lingkungan dalam ruangan lebih tinggi dibanding suhu luar ruangan saat melakukan aktivitas fisik dan suhu yang tinggi dapat meningkatkan temperatur tubuh (Guyton, 2006).

Temperatur kulit berbeda dengan temperatur inti, peningkatan dan penurunannya sangat dipengaruhi oleh temperatur lingkungan sekitar, dan temperatur kulit berhubungan dengan pengaliran panas ke lingkungan sekitar (Guyton, 2006). Namun hingga saat ini mekanisme cepat lelah pada *exercise* di dalam ruangan masih menjadi perdebatan karena belum banyak dikaji. Kelelahan terjadi disebabkan karena aktivitas fisik dengan intensitas tinggi, otot berkontraksi dalam keadaan anaerobik, penyediaan ATP melalui proses glikolisis. Tetapi otot yang terlatih tetap dapat berkontraksi dengan baik pada konsentrasi asam laktat yang cukup tinggi. Segera setelah mendapat oksigen, asam laktat diubah menjadi energi, karbondioksida dan air. Jadi asam laktat merupakan sumber energi yang dapat digunakan sebagai piruvat, piruvat masuk ke dalam siklus Krebs dan sistem transport elektron sehingga menghasilkan energi, H₂O dan CO₂ (Soekarman, 1987).

Aktivitas anaerobik merupakan aktivitas dengan intensitas tinggi yang membutuhkan interval istirahat agar ATP dapat diregenerasi sehingga kegiatannya dapat dilanjutkan kembali (Irawan; 2007). Pada latihan intensitas tinggi akan menyebabkan penggunaan sejumlah besar glukosa darah dan glikogen otot. Sebagai akibatnya adalah terjadi peningkatan pengurasan glukosa darah dan menghasilkan sejumlah asam laktat dalam darah (Powers, 2007). Selain menghasilkan energi dalam bentuk gerak metabolisme energi ini juga akan menghasilkan energi dalam bentuk panas *heat* (Irawan, 2007).

Pada suhu optimum reaksi berlangsung paling cepat. Tubuh manusia memiliki suhu optimum sekitar 37° C (Guyton, 2006). Manusia juga harus memiliki mekanisme

untuk menurunkan suhu tubuh apabila tubuh memperoleh terlalu banyak panas dari aktivitas otot rangka atau lingkungan eksternal yang panas. Suhu tubuh harus diatur karena kecepatan reaksi kimia sel-sel bergantung pada suhu tubuh dan panas yang berlebihan dapat merusak protein sel (Sherwood, 1996).

B. METODE PENELITIAN

Berdasarkan jenis dan rancangannya, penelitian ini termasuk Eksperimental Laboratoris dengan rancangan “*the pretest-posttest control group design*” (Zainuddin, 2011). Populasi adalah mahasiswa FIK UNM, prodi Ilmu keolahragaan, laki-laki, usia antara 21 -23 tahun. Besar sampel berpedoman pada rumus Widodo, dengan taraf kemaknaan 5% diperoleh besar subyek penelitian sebesar $n = 9$ orang, Mengantisipasi kekurangan sampel, 10% dari total sampel = 0,9 jadi jumlah sampel sebanyak 10 orang setiap kelompok. Besar sampel dalam penelitian ini untuk dua kelompok adalah 20 orang yang diperoleh secara random. Pengelompokan sampel dalam penelitian ini dengan *simple random sampling*, melalui undian. Jumlah subjek penelitian keseluruhan yaitu 20 orang subjek yang terpilih dari populasi kemudian di randomisasi lagi jadi 2 kelompok. Kelompok 1 : 10 orang untuk aktivitas fisik di luar ruangan dan kelompok 2 : 10 orang untuk kelompok aktivitas fisik di dalam ruangan setelah itu akan diberi aktivitas fisik submaksimal dengan beban yang sama. Uji statistik yang digunakan adalah : 1. Analisis deskriptif. 2. Uji normalitas. 3. Uji t-2 sampel bebas

C. HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

1. Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian diperoleh data berupa variabel perancu meliputi suhu lingkungan (SL), kelembapan (KLB) dimana suhu lingkungan di dalam ruangan sebesar 34°C dan kelembapan 62 %, sedangkan suhu lingkungan di luar ruangan sebesar 30°C dan kelembapan 59 % dapat dilihat pada, dan variabel kendali (kriteria inklusi) berupa jenis kelamin, umur, dan berat badan. Variabel terikat berupa suhu tubuh, kadar asam laktat, kadar glukosa darah, dan kelelahan yang diukur sebelum perlakuan (*pre-test*) maupun setelah diberi perlakuan (*post test*), dibagi menjadi 2 kelompok yaitu kelompok 1 (aktivitas fisik di luar ruangan) , dan kelompok 2 (aktivitas fisik di dalam ruangan). Selanjutnya data hasil penelitian diolah dengan uji statistik deskriptif, uji normalitas, uji t-2 sampel bebas.

- a. Peningkatan suhu tubuh (delta ST) pada kelompok aktivitas di luar ruangan dan aktivitas di dalam ruangan memiliki nilai $p = 0,901$ ($p > 0,05$). Suhu tubuh aktivitas fisik di dalam ruangan lebih tinggi dibanding aktivitas fisik di luar ruangan, namun karena $p > 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa pengaruh aktivitas di dalam ruangan dan di luar ruangan terhadap peningkatan suhu tubuh setelah aktivitas fisik submaksimal tidak berbeda artinya hipotesis ditolak.
- b. Peningkatan kadar asam laktat (delta AL) pada kelompok aktivitas fisik di luar ruangan dan aktivitas di dalam ruangan memiliki nilai $p = 0,000$ ($p < 0,05$). Kadar asam laktat aktivitas fisik di dalam ruangan lebih tinggi dibanding aktivitas fisik di luar ruangan karena $p < 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa pengaruh aktivitas fisik di dalam ruangan dan di luar ruangan terhadap peningkatan asam laktat setelah aktivitas fisik submaksimal berbeda bermakna artinya hipotesis diterima.
- c. Penurunan kadar glukosa darah (delta GD) pada kelompok aktivitas fisik di luar ruangan dan aktivitas fisik di dalam ruangan memiliki nilai $p = 0,808$. Kadar glukosa darah setelah aktivitas fisik di luar ruangan lebih menurun dibanding aktivitas fisik di dalam ruangan namun karena $p > 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa pengaruh aktivitas fisik di dalam ruangan dan aktivitas fisik di luar ruangan terhadap penurunan kadar glukosa darah setelah aktivitas fisik submaksimal tidak berbeda bermakna artinya hipotesis ditolak.
- d. Penurunan kekuatan otot/kelelahan (delta KL) pada kelompok aktivitas di luar ruangan dan aktivitas di dalam ruangan memiliki nilai $p = 0,001$. Penurunan kekuatan otot/kelelahan setelah aktivitas fisik di dalam ruangan lebih besar dibanding aktivitas di luar ruangan. Karena $p < 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa pengaruh aktivitas fisik di dalam ruangan dan di luar ruangan terhadap penurunan kekuatan otot/kelelahan setelah aktivitas fisik submaksimal berbeda bermakna artinya hipotesis diterima.

2. Pembahasan Penelitian

a. Suhu Tubuh Segera setelah Aktivitas Fisik Submaksimal

Suhu yang dimaksud adalah panas atau dingin suatu substansi. Suhu tubuh adalah keseimbangan antara jumlah panas yang diproduksi oleh proses tubuh dan jumlah panas yang hilang ke lingkungan luar (Perry,2005).

Berdasarkan nilai rerata suhu tubuh setelah melakukan aktivitas fisik, untuk aktivitas fisik di dalam ruangan adalah $38,10 \pm 0,557$ °C dan aktivitas fisik di luar ruangan adalah $37,93 \pm 0,371$ °C . Sedangkan hasil uji t-2 sampel bebas Delta (*pretest-posttest*) suhu tubuh segera setelah aktivitas antara aktivitas fisik di luar ruangan dan aktivitas fisik dalam ruangan pada penelitian ini menunjukkan signifikansi $p > 0,05$ yaitu $p = 0,901$ tidak terdapat perbedaan yang bermakna.

Perubahan suhu tubuh di luar rentang normal mempengaruhi *set point* hipotalamus. perubahan ini dapat berhubungan dengan produksi panas yang berlebihan, produksi panas yang minimal. Pengeluaran panas minimal atau setiap gabungan dari perubahan tersebut, sifat perubahan tersebut mempengaruhi masalah klinis yang dialami (Perry, 2005). Panas yang timbul dalam tubuh manusia adalah hasil dari aktivitas otot, asimilasi makanan dan proses vital yang menunjang laju metabolisme basal (Ganong, 1989). Keseluruhan peristiwa ini peristiwa ini melibatkan reaksi kimia yang terjadi dikatalisasi enzim-enzim tertentu yang aktivitasnya dipengaruhi suhu (Landau, 1980). Oleh karena itu pengaturan kondisi panas dalam tubuh, merupakan salah satu aspek pokok homeostatis (Al Amien, 1989). Temperatur tubuh bervariasi dengan adanya latihan fisik dan lingkungan yang ekstrim, hal ini disebabkan oleh mekanisme pengaturan suhu tubuh 100 % tidak sempurna, pada saat tubuh menghasilkan panas berlebih karena latihan fisik yang berlebihan, maka temperatur rektal dapat mencapai 38° C hingga 40° C (Ganong, 1991; Guyton, 2006). Panas yang dihasilkan oleh organ dalam, dibawa ke permukaan oleh aliran darah, pada saat aliran darah kulit menjadi tinggi, temperatur kulit dapat mendekati temperatur inti. Sebaliknya bila aliran darah kulit menjadi rendah, temperatur kulit menurun mendekati temperatur lingkungan (Landau, 1989).

b. Kadar Asam Laktat 5 menit Setelah Aktivitas Fisik Submaksimal

Berdasarkan nilai rerata kadar asam laktat darah 5 menit setelah aktivitas fisik submaksimal untuk aktivitas fisik luar ruangan $3,96 \pm 0,531$ mMol/l dan aktivitas fisik dalam ruangan $5,55 \pm 0,884$ mMol/l. Pengukuran kadar asam laktat 5 menit setelah aktivitas fisik submaksimal adalah untuk membuktikan apakah ada perbedaan yang signifikan antara kelompok aktivitas fisik luar ruangan dan kelompok aktivitas fisik dalam ruangan.

Hasil uji t-bebas delta-2 (5 asam laktat 5' posttest-pretest) kadar asam laktat 5 menit setelah aktivitas fisik antara aktivitas fisik luar ruangan dan aktivitas fisik dalam ruangan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa signifikansi $p < 0,05$ yaitu $p = 0,000$ terdapat perbedaan bermakna. Kondisi ini menggambarkan dengan melakukan aktivitas luar ruangan dan aktivitas dalam ruangan terdapat perbedaan peningkatan kadar asam laktat secara bermakna.

Aktivitas yang dilakukan adalah aktivitas fisik submaksimal dengan 80% HRmax, system energi predomnan yang berperan dalam penyediaan energi adalah system energi gabungan secara anaerobik dan aerobik sehingga menghasilkan limbah berupa asam laktat, CO₂, dan H₂O selain itu juga dapat menurunkan kadar glukosa darah (Sakamoto, 1999). Semakin tinggi aktivitas fisik seseorang maka kebutuhan energi dan kebutuhan oksigen juga meningkat. Pasokan kebutuhan oksigen dapat ditingkatkan dengan menggunakan respirasi paru dan denyut jantung. Saat aktivitas fisik lebih tinggi maka terjadilah metabolisme anaerobik untuk pemenuhan kebutuhan energinya dan kondisi ini akan meningkatkan kadar asam laktat baik dalam darah maupun otot (Mercier, 1991).

Puncak penumpukan kadar asam laktat terjadi pada 5 menit setelah melakukan aktivitas fisik submaksimal. Kadar asam laktat darah yang melebihi 6 mMol/l dapat mengganggu mekanisme kerja sel otot sampai pada tingkat koordinasi gerakan (Westerblad, Allen and Lannegen, 2000).

c. Kadar Glukosa Darah Segera setelah Aktivitas Fisik Submaksimal

Nilai rerata kadar glukosa darah segera setelah aktivitas fisik submaksimal untuk kelompok aktivitas fisik luar ruangan adalah 83,70 mg/dL dan untuk kelompok aktivitas fisik dalam ruangan adalah 85,60 mg/dL. Alasan peneliti untuk mengukur kadar glukosa darah setelah aktivitas fisik submaksimal adalah ingin membuktikan apakah ada perbedaan penurunan yang signifikan pada aktivitas fisik luar ruangan dan dalam ruangan.

Berdasarkan hasil uji t-bebas kadar glukosa darah segera setelah aktivitas fisik submaksimal antara kelompok latihan luar ruangan dan dalam ruangan dalam penelitian ini menunjukkan penurunan tidak berbeda bermakna dengan $p = 0,808$ ($p > 0,05$). Kondisi ini menggambarkan bahwa walaupun aktivitas fisik luar ruangan dan aktivitas

fisik dalam ruangan dengan beban latihan yang sama, penurunan kadar glukosa darah yang dihasilkan tidak berbeda ($p = 0,808$).

Hal ini dapat dijelaskan bahwa dengan aktivitas fisik penurunan kadar glukosa darah akan meningkat karena translokasi GLUT-4 akan meningkat dengan mekanisme melalui peningkatan sekresi epinefrin, kenaikan ion kalsium, kenaikan stres metabolik, dan peningkatan insulin sehingga *uptake glukosa* dari darah meningkat dan kadar glukosa darah akan lebih besar penurunannya (Nonogaki, 2000; Musi, 2001; Richter, 2001 Wojtaszewski, 2002)

Menurut (Ganong, 2001) pada kadar glukosa darah 67,5 mg/dL mulai terjadi sekresi glukagon dan pada kadar glukosa darah 82,5 mg/dl terjadi inhibisi sekresi insulin, sedangkan rerata kadar glukosa darah pada aktivitas fisik luar ruangan adalah 83,70 mg/dL dan aktivitas fisik dalam ruangan adalah 85,60 mg/dl, dengan demikian tidak ada perbedaan yang bermakna antara kelompok aktivitas fisik luar ruangan dan dalam ruangan terhadap penurunan kadar glukosa darah. Tidak ada perubahan yang signifikan berarti *uptake* glukosa dan utilisasi glukosa darah perubahannya hanya sedikit, menurut penelitian yang dilakukan oleh (Costill, 1977) yang dikutip dari (Fox, 1993) dan (Marliss, 2002) yang menyebutkan bahwa latihan fisik dengan intensitas sedang maka utilisasi glukosa masih lebih besar daripada ketersediaan glukosa sehingga pada akhir aktivitas fisik keadaan hiperglikemia tidak terjadi. Maka tidak ada pengaruh dari aktivitas fisik luar ruangan dan aktivitas fisik dalam ruangan terhadap kadar glukosa darah pada saat aktivitas fisik submaksimal.

d. Kekuatan Otot/Kelelahan segera setelah Aktivitas Fisik Submaksimal

Kelelahan otot adalah ketidakmampuan otot untuk mempertahankan tenaga yang diperlukan atau diharapkan (Junusul Hairy, 1989). Berdasarkan penurunan nilai rerata kelelahan otot segera setelah melakukan aktivitas fisik untuk aktivitas fisik diluar ruangan $106,9 \pm 9,971$ kg dan aktivitas fisik didalam ruangan $93,70 \pm 7,196$ kg sedangkan hasil uji t-2 sampel bebas delta 4 (segera setelah pretest-posttest) kelelahan otot segera setelah aktivitas fisik diluar ruangan dibanding aktivitas fisik didalam ruangan diperoleh hasil $p < 0,05$ yaitu $p = 0,000$ terdapat perbedaan bermakna. Latihan anaerobik diluar ruangan maupun dalam ruangan yang berlangsung secara glikolisis anaerobik akan meningkatkan konsentrasi asam laktat dalam otot. Keberadaan asam laktat didalam otot akan mengganggu berbagai mekanisme sel otot, yaitu (1) menghambat enzim aerobik

dan anaerobik, sehingga menurunkan kapasitas ketahanan anaerobik (2) menghambat terbentuknya *creatine phosphate* (CP) dan akan mengganggu koordinasi gerak (3) menghambat aktivitas mATPase terutama pada serabut otot cepat karena serabut otot mATPase terutama pada serabut otot cepat karena serabut otot mATPase pada serabut otot cepat peka terhadap asam (Westerblad, 2000).

Penimbunan asam laktat (asidosis) adalah rasa sakit pada tungkai (untuk pembalap sepeda atau pelari) atau sakit pada lengan (untuk dayung), hal ini menyebabkan rasa tidak berdaya. Produksi energi yang sejalan dengan nilai laktat yang tinggi tidak lebih dari sebuah solusi darurat (Jansen, 1993). Kelelahan otot yang disebabkan oleh peningkatan H^+ dibuktikan oleh 2 penelitian (1) penelitian pada kelelahan otot manusia memperlihatkan hubungan yang sangat kuat terjadinya penurunan kekuatan kontraksi otot sebanding dengan penurunan pH jaringan otot, (2) selanjutnya penelitian pada serat otot menggambarkan dalam kondisi asidosis sel otot akan terjadi reduksi kekuatan isometri dan kecepatan kontraksi otot, keadaan asidosis sel otot akan menurunkan kontraksi otot hingga menimbulkan kelelahan otot, yang pada akhirnya kontraksi otot tidak dapat terjadi lagi, sehingga menghentikan aktivitas (Ikrar, 2006).

Aplikasi Temuan

Hasil penelitian menyebutkan bahwa aktivitas fisik di luar ruangan lebih lambat menyebabkan kelelahan dibanding aktivitas fisik di dalam ruangan karena udara di luar ruangan lebih banyak dari pada di dalam ruangan sehingga lebih cocok untuk aktivitas olahraga kontinyu seperti jogging, marathon dan bersepeda. Hasil penelitian untuk aktivitas fisik di dalam ruangan menyebabkan lebih cepat mengalami kelelahan sehingga lebih diperuntukkan untuk aktivitas olahraga interval seperti bola basket, bola volley dan futsal, karena aktivitas fisik di dalam ruangan pasokan udara lebih sedikit dibanding aktivitas fisik di luar ruangan.

D. KESIMPULAN

1. Tidak ada perbedaan peningkatan suhu tubuh di dalam ruangan dibanding di luar ruangan setelah aktivitas fisik submaksimal.
2. Ada perbedaan peningkatan kadar asam laktat di dalam ruangan dibanding di luar ruangan setelah aktivitas fisik submaksimal.

3. Tidak ada perbedaan penurunan kadar glukosa darah di dalam ruangan dibanding di luar ruangan setelah aktivitas fisik submaksimal.
4. Ada perbedaan penurunan kekuatan otot/peningkatan kelelahan di dalam ruangan dibanding di luar ruangan setelah aktivitas submaksimal.

Daftar Pustaka

- Ahmaidi S, 1996. *Effect of active recovery on plasma lactate and anaerobik power following repeated intensive exercise*. Med Sci Sport Exercise.
- Armstrong R.B, 1979. "Muscle fiber activity as function on speed and gait, J. Appl. Physiol. Respirat. Enviro". *Exercise Physiol*, 43 (4) pp. 627-677, 1977
- Astrand PO and Rodhal K, 1986. *Textbook of work physiology. physiological base of exercise*. 3rd ed, New York : McGraw Hill, pp. 420-422.
- Basset DR, Hoeley ET, 2000. *Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance*. Med & Sci in Sport & Exerc 32-84.
- Bowers D, 1992. *Sport physiology*, 3rd ed, New York : WM C Brown Pib., pp. 3-11, 13-36, 75-101.
- Brooks GA and Fahey TD. 1984. *Exercise physiology human biogenetic and its application*. Jhon Wuhry and Sons Inc., New York. Ps. 377-400, 404-408.
- Falk B, 1995. Blood lactate concentration following exercise: "Effect of heat exposure and of active recovery in heat-acclimatized subjects". *International Journal Sport Medicine*.
- Febriyanti I, 2010. *Perbandingan kadar asam laktat dan kadar glukosa darah pada wanita berpakaian olahraga tertutup dengan berpakaian olahraga terbuka setelah aktifitas fisik submaksimal*. Tesis. Pascasarjana Universitas Airlangga Surabaya.
- Fox EL, 1993. *The physiological basis for exercise and sport*. WM. C. Brown Communication, Ins., USA. pp. 16-25, 101, 136-150, 285-289.
- Fox EL, Bowers RW, Foss ML, 1993. "*The physiological basis for exercise and sport*", fifth ed. Iowa: WCB Brown & Benchmark, pp. 12-37, 451, 472-504, 512-532, 615-616.
- Ganong WF, 1999. *Review of medical physiology*, 17th ed. New Jersey : Prentice Hall, pp 60-70
- Gollnick P, Bayly MW, Hodgson RD, 1986. *ExerciseiIntensity, training diet and lactate concentration in muscle and blood*. Med and Sci sport Exerc (18) : 3 : 334-339.
- Goodwin ML, 2007. "Blood lactate measurments and analysis during exercise" : A Guide for Clinicians. *J of Diabetes Sci and Tech* 1 (4) : 558- 569.
- Guyton AC and Hall JE. 2006. *Textbook of medical physiology*. Philadelphia : W.B Saunders Company, pp 67, 71-73
- Higgin JE, 1985. *Introduction to randomized clinical trial, part one of series : The Basis of Randomized Clinical UIT an Emphasisi on Contraceptive Research*, pp. 3
- Ikrar T, 2006. *Efektivitas pemberian kombinasi vitamin B1, B6, B12 per oral untuk mengatasi kelelahan*. Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia.

- Irawan A, 2007. *Dehidrasi*. polton sports science & performance Lab. Online di: <http://www.psslabs.com/id-fluid02.php>. Diakses pada tanggal 2 Februari 2019, 08.55 WIB
- Irawan A, 2007. *Metabolisme energi tubuh dan olahraga*. polton sports Science & Performance Lab (Volume 1). Online : <http://www.psslabs.com/id-fluid02.php>. Diakses pada tanggal 2 Februari 2019, 08.40 WIB
- Ismaryati. 2006. *Tes dan pengukuran olahraga*. Penerbit Sebelas Maret University Press, pp 100,101
- Janssen PGJM, 1989. *Training lactate pulse-rate*. Finland: Polar Electro Oy, pp. 20-96.
- Landau, B.R, 1984. *Essential human anatomy and physiology*. Forresman and co Boston. Pp 179-199
- Marliss EB, Vranic M, 2002. *Intence exercise has unique effects on both insulin release and its roles in glucoeregulation-implication for diabetes*. Diabetes Vol. 51 supplement 1,s271-s283.
- Martin DW Jr, Mayes PA, Rodwell VW, Granner DK. 1985. *Harper's review of bichemistry 20th edition*, Large Maruzan. Pp 194-273.
- Mattner U, 1988. *Lactate in sport medicine*. Germany: Boehringer Mannheim Gmbh.
- Mercier J, Mercier B, Prefaut C, 1991. "Blood lactate during the force velocity exercise test". *Int J Sport Med* 12 (91) : 17-20.
- Musi N, Fujii N, Hirsman MF, Ekrberg I, Froberg S, Ljungqvist O, Thorell A, Goodyear LJ, 2001. *AMP-Activated Protein Kinase (AMPK) is activated in muscle of subject with type 2 diabetes during exercise*. Diabetes 50 : 921-927.
- Nonogaki K, 2000. *New insight into sympatihetic of glucose and fat metabolism*. Diabetologia 43 : 553-537.
- Rahayu A, 2008. "Pengaruh berpakaian olahraga tertutup dan berpakaian olahraga terbuka terhadap temperature tubuh, denyut nadi, pemulihan asam laktat dan kelincahan akibat latihan fisik". Tesis. Pascasarjana Universitas Airlangga Surabaya.
- Richter EA, Derave W, Wojtaszewski JFP, 2001. *Glucose, exercise, and insulin : Emerging Concept*. Journal of Physiology (2001), 535.2, pp 313-322.
- Sakatomo K, Goodyear LJ, 2002. "Exercise effects on muscle insulin signaling and action-invited review : intracellular signaling in contracting skeletel muscle." *J Appl Physiol* 93 : 369-383. Abstract.
- Shepherd PR, Kahn BB, 1999. "Glucose transporters and insulin action". *The New England Journal of Medicine* 341 (4), p, 248-255.
- Sherwood L, 2001. *Fisiologi manusia dari sel ke sistem* (Terjemahan) ed 2, Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC, hlm 597.
- Soekarman R, (1989). *Dasar olahraga untuk pembina, Pelatih dan Atlit*. Jakarta : CV. Haji Masagung, hal. 30,60,81.
- Soekarman R, 1991 *Energi dan Sistem energi predominan pada olahraga*. Jakarta, KONI, hal : 8-33.
- Sudarso, 2004. *Akumulasi asam laktat dan kelelahan selama berolahraga*. Jurnal IKOR (1) : 2 : 70-78.
- Wojtaszewski JFP, Nielsen JN, Richter EA, 2002. Exercise Effect on Muscle Insulin Signaling and Action Invited Review : "Effect of acute exercise on insulin signaling and action in humans". *J Appl Physiol* 93 : 384-392.

- Yuliastrid D, 2008. *Hubungan VO2 max dengan kecepatan pemulihan asam laktat setelah latihan fisik submaksimal*. Tesis. Program Pasca Sarjana Universitas Airlangga Surabaya.
- Zainuddin M, 2000. *Metodologi penelitian*, Pascasarjana Unair : Surabaya , hal : 23, 53.