



PENENTUAN KONSUMSI OKSIGEN (VO₂) MAKSIMAL TERPAPAR TEMPERATUR

DETERMINATION OF OXYGEN CONSUMPTION (VO₂) MAXIMUM OF EXPOSURE TEMPERATURE

Annisa Purbasari

Program Studi Teknik Industri, Universitas Riau Kepulauan, Batam, Indonesia

annisapurbasari@gmail.com

ABSTRAK

Hubungan yang sinergis antara prinsip-prinsip ergonomi dan faal olahraga bertujuan untuk tercapainya atlet berprestasi dan memproduksi secara maksimal. Performansi atlet yang tinggi dapat dicapai melalui hubungan yang seimbang antara beban, kapasitas fisik, dan lingkungan. Salah satu pendekatan untuk mengetahui performansi fisik atlet melalui pengukuran VO₂max terpapar temperatur. Tujuan dari penelitian ini untuk menentukan konsumsi oksigen (VO₂) maksimal yang terpapar temperatur, mengetahui pengaruh variasi temperatur lingkungan terhadap kapasitas fisik (VO₂) maksimal dan hubungan Rating of Perceived Excertion pada Skala Borg dengan denyut jantung terpapar variasi temperatur. Penelitian untuk penentuan VO₂max dengan diberikan dua perlakuan temperatur yaitu pada WBGT 25,5±1,7°C dan WBGT 32,9±1,7°C. Subyek yang terlibat untuk penentuan VO₂max sebanyak 10 orang laki-laki, usia 18-25 tahun, menggunakan pakaian tropis 0,3 clo dan melakukan aktivitas berlari di treadmill (jogging). Penentuan VO₂max dilakukan dengan protokol maximal test. Analisis penelitian ini dilakukan uji statistik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa VO₂ max pada WBGT 25,5±1,7°C sebesar 2,466±0,419 L/min dan nilai VO₂ max pada WBGT 32,9±1,7°C sebesar 2,466±0,327 L/min. Variasi temperatur pada WBGT 25,5±1,7°C tidak menunjukkan perbedaan VO₂ max dan VO₂ max relatif terhadap berat badan yang bermakna dengan variasi temperatur pada WBGT 32,9±1,7°C. Untuk penilaian indikator subjektif dengan Borg's RPE Scale, hasilnya menunjukkan rata-rata skala RPE pada kedua temperatur normal (WBGT 25,5±1,7°C) dan temperatur panas (WBGT 32,9±1,7°C) adalah sama (tidak berbeda) sehingga dapat dinyatakan bahwa kenaikan temperatur tidak mempengaruhi hubungan rata-rata RPE dan Denyut Jantung (DJ).

Kata kunci: Borg's RPE Scale, Konsumsi oksigen maksimal (VO₂max), performansi atlet, temperatur lingkungan

ABSTRACT

A synergistic relationship between the principles of ergonomics and sports physiology aims to achieve outstanding athlete and produce optimally. High performance athletes can be achieved through a balanced relationship between load, physical capacity, and the environment. One of approach to determine the physical performance of athletes through exposure to temperature measurement VO₂max. The purpose of this study to determine the oxygen consumption (VO₂) is exposed to the maximum temperature, determine the influence of environmental temperature variations of the physical capacity (VO₂) maximum and Rating of Perceived relationship Excertion on the Borg Scale heartbeat exposed to temperature variations. The research to determine VO₂max using two treatments given temperature that

is at WBGT 1,7oC ± 25.5 and 32.9 ± 1,7oC WBGT. The subjects involved in the determination of VO₂max as many as 10 men, aged 18-25 years, using tropical clothing 0.3 clo and activities running on a treadmill (jogging). Determination of VO₂max performed with maximal test protocol. This research analyzes performed statistical tests. The results of this study indicate that the WBGT VO₂ max of 25.5 ± 1,7oC of 2.466 ± 0.419 L / min and max VO₂ on the WBGT value of 32.9 ± 1,7oC amounted to 2.466 ± 0.327 L / min. The temperature variation on WBGT 25.5 ± 1,7oC showed no difference in VO₂ max VO₂ max and relative to body weight significantly with temperature variation on WBGT 32.9 ± 1,7oC. For the assessment of subjective indicators with Borg's RPE Scale, the results showed an average RPE scale in both normal temperature (WBGT 25.5 ± 1,7oC) and hot temperature (WBGT 32.9 ± 1,7oC) are the same (not different) so it can be stated that the temperature rise does not affect the relationship of the average RPE and heartbeat (DJ).

Keywords: Borg's RPE Scale, maximal oxygen consumption (VO₂max), the performance of athletes, the environmental temperature

PENDAHULUAN

Untuk meningkatkan produktivitas dan prestasi dalam pembinaan atlet olahraga di Indonesia dapat dilakukan dengan memanfaatkan hubungan yang sinergis antara ergonomi dan prinsip-prinsip fisiologi olahraga. Aplikasi ergonomi dan faal olahraga pada atlet di Indonesia saat ini masih terbilang minim. Kaitan yang erat dalam aplikasi ergonomi dan faal olahraga bertujuan untuk tercapainya manusia berprestasi dan memproduksi secara maksimal (Manuaba, 2003).

Manusia merupakan makhluk sosial yang memiliki mobilitas perpindahan sangat tinggi dan seringkali terpapar kondisi variasi iklim sepanjang tahun, bukan tidak mungkin suatu ketika harus berada pada suatu tempat dengan suhu lingkungan yang ekstrim, terlalu tinggi (panas) ataupun terlalu rendah (dingin), sehingga tubuh perlu beberapa hari untuk aklimatisasi pada perubahan lingkungan. Tubuh manusia akan bekerja lebih berat, tidak hanya untuk beradaptasi terhadap perubahan suhu lingkungan, tetapi juga peningkatan metabolisme atau mekanisme fisiologis lain yang terjadi dalam rangka pemenuhan kebutuhan energi untuk memberikan penampilan terbaik (Indra, 2007). Permasalahan muncul jika beban atau tuntutan tugas,

kemampuan manusia dan lingkungan yang tidak seimbang, hal ini sangat beresiko besar terjadinya kelelahan dan meningkatkan penyakit akibat pengaruh lingkungan seperti *heat exhaustion*, *heat stress*. Kasus permasalahan tersebut biasanya dialami dalam aktivitas cabang olahraga atletik, sepakbola, triathlon, softball. Oleh karena itu, dalam menyusun jadwal dan bentuk pertandingan atau latihan dalam pembinaan atlet perlu memperhatikan beban, kapasitas manusia dan kondisi lingkungan. Agar beban kerja tidak melebihi kapasitas kerja manusia adalah dengan mengetahui berat ringannya beban kerja dan mengukur aktivitas kerjanya (Hastuti *et al.*, 1998; Astrand dan Rodahl, 2003 dalam Soleman, 2009). Salah satu pendekatan untuk mengetahui kemampuan fisik dengan mengukur konsumsi oksigen maksimal (VO₂max). Persiapan pertandingan untuk kondisi panas pada atlet dengan mengadaptasi latihan intensitas tinggi untuk periode waktu pendek yaitu selama 30 menit setiap hari digunakan 75% VO₂max dan sama efektifnya dengan latihan 60 menit digunakan 50% dari VO₂max (Houmard *et al.*, 1990 dalam Maughan dan Shirreffs, 2012). VO₂max pada atlet untuk menunjukkan kapasitas tubuh dalam menggunakan oksigen secara maksimal (Bridger, 1995; Sastropanoelar, 1988 dalam

Maqsalmina, 2007). Menurut Manuaba (2000) dalam Tarwaka dkk (2004) dan Rodahl (1989), menjelaskan bahwa kinerja seseorang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Standar *Wet-Bulb Globe Temperature* (WBGT) menurut American College of Sports Medicine (ACSM) saat melaksanakan pertandingan untuk resiko ekstrim temperatur panas yaitu di atas 28°C (Armstrong *et al.*, 1995). Apabila kondisi ekstrim ini tidak dikendalikan dan tubuh terpapar untuk waktu yang cukup lama, maka menyebabkan penurunan kondisi fisiologis.

Dengan mengetahui mekanisme fisiologi adaptasi tubuh berdasarkan beberapa indikator yang diukur dalam penelitian ini dapat menentukan nilai dan menerangkan dampak VO_2max , apakah berpengaruh atau tidak ketika atlet berlatih atau bertanding dengan beban pada lingkungan normal dan ekstrim panas.

METODE PENELITIAN

Jumlah subyek dalam penelitian ini melibatkan 10 mahasiswa FIK UNY dengan usia rata-rata 21,1 tahun. Subyek memiliki tinggi badan rata-rata 168,06 (SD 5,27) cm, berat badan rata-rata 61,3 (SD 10,93) kg dan *Body Mass Index* rata-rata 21,64 (SD 3,09). Untuk mengurangi faktor pakaian, subyek menggunakan pakaian tropis yaitu 0,3 clo dengan berpakaian yang terdiri dari kaos t-shirt, celana pendek, dan berkaos kaki (Stanton dkk, 2005 dalam Lahay, 2011).

Variabel temperatur lingkungan adalah WBGT $25,5 \pm 1,7^\circ C$ dan WBGT $32,9 \pm 1,7^\circ C$, dengan kecepatan udara sebesar 0-0,2 m/det dan tekanan udara sebesar 760-788 mbar. Variabel yang diukur dalam penelitian adalah VO_2max , usia, denyut jantung, berat

badan, tinggi badan, temperatur lingkungan dan nilai subjektif Borg's *RPE Scale*. Bridger (1995) menyatakan bahwa kapasitas fisiologi dipengaruhi oleh usia, berat badan, jenis kelamin, konsumsi alkohol, rokok, gaya hidup, olah raga, nutrisi, motivasi, populasi atmosfer, kualitas udara, ventilasi, ketinggian, kebisingan, serta lingkungan panas dan dingin. Estimasi energi yang dikeluarkan pada aktivitas fisik dapat diprediksi dari denyut jantung dengan memasukkan faktor usia, jenis kelamin, berat badan, dan kebugaran (Keytel *et al.*, 2005). Karakteristik fisik seperti usia, jenis kelamin, tinggi badan dan berat badan bisa digunakan untuk meningkatkan rata-rata prediksi kerja (Kamalakkanan *et al.*, 2007).

Metode penelitian ini mengacu pada Soleman (2009) karena telah disesuaikan dengan kondisi orang Indonesia. Pada penelitian ini menggunakan protokol Keytel berdasarkan metode *maximal test*. Protokol ini bertujuan untuk menentukan kecepatan maksimal berlari, subyek berlari selama 5 menit di atas *treadmill* dengan kecepatan awal 7 km/jam dan dinaikkan kecepatannya sebesar 0,5 km/jam setiap 30 detik sampai subyek merasa lelah. Subyek akan ditanyakan mengenai tingkat kelelahan fisik yang dirasakannya setiap 30 detik dengan menggunakan 20 skala *Borg Rating of Perceived Exertion (RPE) Scale*. Subyek tidak diperkenankan memegang pegangan (*handrail*) *treadmill* selama berlari karena untuk menjaga keseimbangan tubuh. Sudut kemiringan *treadmill* sebesar 0% disesuaikan dengan protokol penelitian. Pengukuran tekanan darah subyek dilakukan sebelum dan setelah melakukan penelitian. Untuk menentukan $VO_2 max$, mengetahui pengaruh variasi temperatur lingkungan

terhadap kapasitas fisik (VO₂) maksimal dan mengetahui hubungan tingkat kelelahan fisik yang dirasakannya dengan menggunakan 20 skala *Borg Rating of Perceived Exertion (RPE) Scale* dan denyut jantung sebagai penilaian subjektif, hal ini dapat dilakukan dengan uji statistika.

HASIL DAN PEMBAHASAN

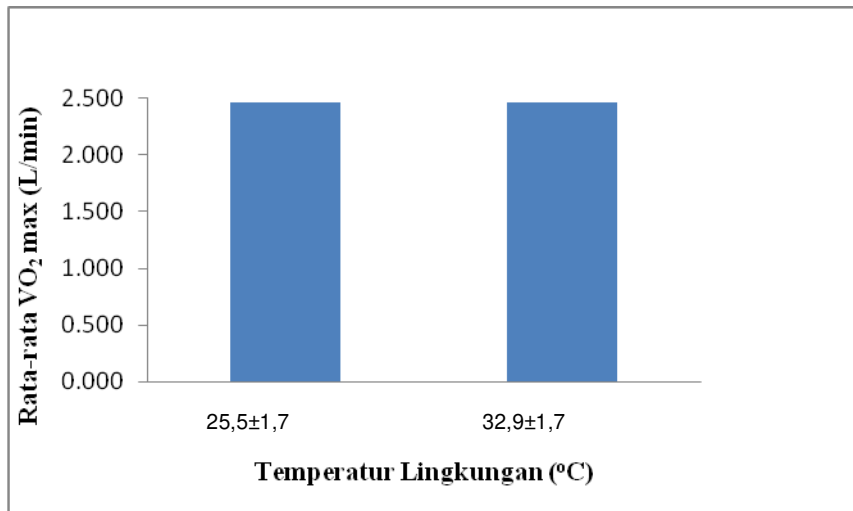
Hasil observasi dalam penelitian ini dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok hasil persamaan dari dua perlakuan temperatur. Dalam hal data runtut waktu (*time-series*) pada penelitian ini, bahwa penggunaan VO₂ max secara permanen akan mengalami perubahan pada waktu tertentu, sehingga terbentuk dua kelompok observasi yaitu WBGT 25,5±1,7°C dan WBGT 32,9±1,7°C.

Uji hipotesis bahwa sampel mengikuti distribusi tertentu dengan melakukan uji statistik. Terdapat beberapa langkah untuk melakukan uji statistik. Langkah pertama adalah menguji jumlah kecukupan data yang menunjukkan bahwa jumlah sampel subyek dinyatakan cukup.

Langkah berikutnya adalah uji normalitas data dengan uji Kolmogorov-Smirnov untuk data konsumsi oksigen maksimal (VO₂max

dalam L/min) dan konsumsi oksigen maksimal relatif terhadap berat badan (VO₂max dalam mL/kg/min) dengan tingkat keyakinan 95% dan $\alpha = 0,05$. Pengukuran rata-rata VO₂max pada Gambar 1 dan hasil uji normalitas data untuk WBGT 25,5±1,7°C menunjukkan nilai rata-rata standar deviasi VO₂max sebesar 2,466±0,419 L/min dan VO₂max sebesar 40,226±3,745 mL/kg/min, sedangkan nilai probabilitas (p) dari VO₂max sebesar 0,916 L/min dan VO₂max sebesar 0,623 mL/kg/min, dimana nilai p lebih dari α maka data berdistribusi normal.

Perhitungan *power* dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan hasil uji berdistribusi normal. *Power* normalitas VO₂max pada WBGT 25,5±1,7°C untuk tingkat keyakinan 95% dan $\alpha = 0,05$, asumsi standar deviasi $\sigma = 0,42$, dan perbedaan rata-rata yang diharapkan 0,176 dengan 10 subyek diperoleh nilai *power* statistik sebesar 0,263, sedangkan *power* normalitas VO₂max dengan $\alpha = 0,5$, asumsi standar deviasi $\sigma = 0,324$, dan perbedaan rata-rata yang diharapkan 0,176 dengan 10 subyek diperoleh nilai *power* statistik sebesar 0,765, sehingga *power* dinyatakan kuat pada tingkat keyakinan 50%.



Gambar 1. Perbedaan Rata-rata VO₂max Berdasarkan Temperatur Lingkungan

Dari Gambar 1 dan hasil uji normalitas data untuk WBGT 32,9±1,7°C menunjukkan nilai rata-rata standar deviasi VO₂max sebesar 2,466±0,327 L/min dan VO₂max sebesar 40,4450±4,333 mL/kg/min. Untuk nilai p dari VO₂ max sebesar 0,809 L/min dan VO₂max sebesar 0,952 mL/kg/min, maka diperoleh nilai p lebih dari α sehingga data berdistribusi normal.

Power normalitas VO₂max untuk WBGT 32,9±1,7°C pada tingkat keyakinan 95% dan $\alpha = 0,05$, asumsi standar deviasi $\sigma = 0,324$, dan perbedaan rata-rata yang diharapkan 0,202 dengan 10 subyek diperoleh nilai *power* statistik sebesar 0,505, sedangkan *power* normalitas VO₂max dengan $\alpha = 0,2$, asumsi standar deviasi $\sigma = 0,324$, dan perbedaan rata-rata yang diharapkan 0,202 dengan 10 subyek diperoleh nilai *power* statistik sebesar 0,755, sehingga *power* dinyatakan kuat pada tingkat keyakinan 80%.

Dari Gambar 1 berdasarkan pengukuran 10 orang subyek diperoleh kesimpulan pada WBGT 25,5±1,7°C menunjukkan rata-rata nilai VO₂max

sebesar 2,466±0,419 L/min dan VO₂max sebesar 40,226±3,745 mL/kg/min. Untuk pengukuran data sampel pada WBGT 32,9±1,7°C diperoleh rata-rata nilai VO₂max sebesar 2,466±0,327 L/min dan VO₂max sebesar 40,4450±4,333 mL/min/kg. Dari nilai VO₂max (L/min) ditemukan perbedaan rentang nilai, yaitu pada WBGT 25,5±1,7°C diperoleh rentang VO₂max (L/min) yang lebih besar dibandingkan pada saat WBGT 32,9±1,7°C, sedangkan pada WBGT 25,5±1,7°C diperoleh rentang VO₂max (mL/min/kg) yang lebih kecil dibandingkan pada saat WBGT 32,9±1,7°C. Tidak terjadi perbedaan yang signifikan pada rata-rata VO₂max pada dua perlakuan eksperimen tersebut karena rentang temperatur yang masih dalam batasan kondisi lingkungan Indonesia (iklim tropis) dan tubuh atlet telah beradaptasi dengan kondisi lingkungan. Setelah beberapa hari melakukan latihan, toleransi atlet terhadap iklim panas meningkat, terjadi ketika tubuh beradaptasi terhadap kombinasi tekanan dari panas yang dihasilkan oleh metabolisme internal

dan suhu lingkungan tinggi (Indra, 2007).

Jika nilai VO₂max (L/min) dan VO₂max (mL/min/kg) mahasiswa atlet (FIK) terpapar variasi temperatur dibandingkan dengan penelitian serupa di Indonesia yang dilakukan oleh Widyasmara (2007) dengan menggunakan subyek 10 orang mahasiswa bukan atlet, rentang usia 17-23 tahun, suhu ruang 20-24°C, dan kelembaban 20-40% diperoleh prediksi VO₂max sebesar 2,64±0,51 L/min dan VO₂max sebesar 42,42±7,25 mL/min/kg. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai VO₂max mahasiswa FIK yang terpapar variasi temperatur lebih rendah dari mahasiswa bukan atlet dengan rentang usia dan kondisi suhu relatif hampir sama.

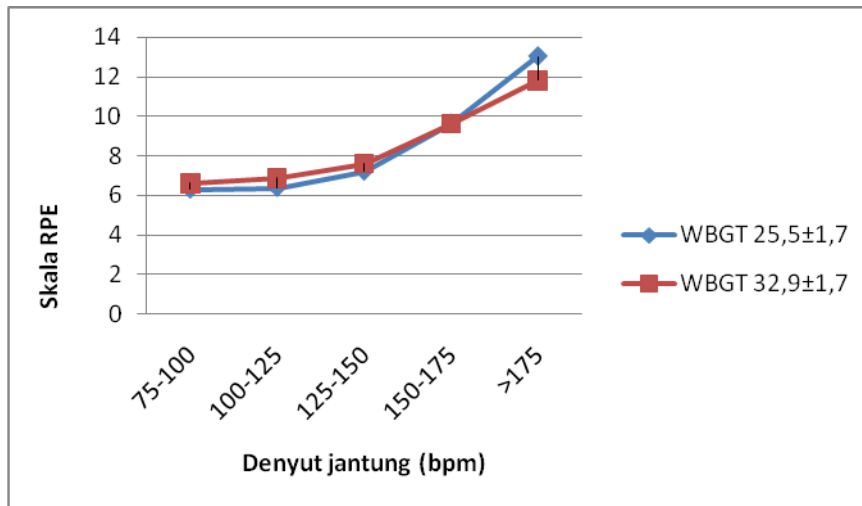
Beberapa penelitian menunjukkan terjadi perbedaan VO₂max karena berbagai faktor, seperti : asupan, penyimpanan, utilisasi gizi; kondisi jantung; faktor somatik seperti usia, jenis kelamin; kesehatan seperti kondisi kesehatan, keterampilan, kebugaran; psikologis seperti motivasi, pelatihan, sikap; dan lingkungan (Wicken *et al.*, 2004; Kroemer *et al.*, 1997 dalam Soleman 2009). Selain faktor-faktor tersebut, faktor lain yang menjadi penyebab terjadinya perbedaan adalah perbedaan metode penelitian, misalnya perbedaan penggunaan protokol, perlakuan eksperimen dan penggunaan alat penelitian.

Dari hasil uji perbedaan dua pengamatan ulang pada WBGT 25,5±1,7°C dan WBGT 32,9±1,7°C

terhadap VO₂max menunjukkan bahwa korelasi antara dua variabel adalah sebesar 0,947 dengan p sebesar 0,000. Hal ini menunjukkan bahwa korelasi antara dua rata-rata VO₂max pada temperatur normal (WBGT 25,5±1,7°C) dan temperatur panas (WBGT 32,9±1,7°C) adalah kuat dan signifikan.

Penentuan perbedaan signifikansi secara statistik menunjukkan nilai t sebesar -0,006 dengan p sebesar 0,995. Karena nilai p > 0,05, maka tidak ada pengaruh atau memiliki varian yang sama antara kedua variabel VO₂max pada WBGT 25,5±1,7°C dan WBGT 32,9±1,7°C. Pada dua perlakuan temperatur penelitian menunjukkan nilai VO₂max tidak ada perbedaan signifikan karena perlakuan tingkat temperatur pada rentang aklimatisasi iklim tropis yang sesuai dengan kondisi lingkungan Indonesia. Selain hal tersebut, tubuh subyek dapat beradaptasi terhadap perbedaan kondisi lingkungan. Setelah beberapa hari melakukan latihan, toleransi atlet terhadap iklim panas meningkat, terjadi ketika tubuh beradaptasi terhadap kombinasi tekanan dari panas yang dihasilkan oleh metabolisme internal dan suhu lingkungan tinggi (Indra, 2007).

Penelitian ini menggunakan *Rating of Perceived Excertion* pada Skala Borg dengan interval 6-20. Hubungan tenaga yang dirasakan dengan denyut jantung (RPE dan DJ) sebagai penilaian subjektif pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan *Rating of Perceived Exertion* pada Skala Borg dengan denyut jantung (RPE dan DJ) terpapar variasi temperatur

Hubungan RPE dan DJ dari uji *paired samples t-test* pada Gambar 2 menunjukkan ada korelasi yang kuat dan signifikan antara dua rata-rata skala RPE sebesar 0,996 dengan p sebesar 0,000 pada kedua temperatur nyaman dan temperatur panas. Dari data menunjukkan nilai t hitung sebesar -0,006 dengan nilai p sebesar 0,995. Karena nilai $p > 0,05$ maka dapat disimpulkan bahwa H_0 tidak ditolak, artinya rata-rata skala RPE pada kedua temperatur normal (WBGT $25,5 \pm 1,7^\circ\text{C}$) dan temperatur panas (WBGT $32,9 \pm 1,7^\circ\text{C}$) adalah sama (tidak berbeda). Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa kenaikan temperatur tidak mempengaruhi hubungan rata-rata RPE dan DJ. Hal ini berbeda dengan peneliti lainnya, hasil pengamatan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan RPE selama subyek beraktivitas pada lingkungan panas (Bouchard *et al.*, 2007). Sedangkan Gambar 2 menunjukkan terjadi penurunan RPE subyek saat denyut jantung lebih dari 175 (denyut/menit) pada temperatur panas (WBGT $32,9 \pm 1,7^\circ\text{C}$). Beberapa penelitian

menjelaskan bahwa orang yang beraktivitas pada lingkungan hangat akan lebih mudah terasa lelah setelah beraktivitas satu hari dibandingkan dengan orang yang beraktivitas pada lingkungan nyaman (Chen *et al.*, 2003; Oginska *et al.*, 1993 dalam Bouchard *et al.*, 2007).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil penilaian VO_2 max terpapar variasi temperatur yaitu :

1. Nilai VO_2 max terpapar variasi temperatur, yaitu:
 - a. Pada WBGT $25,5 \pm 1,7^\circ\text{C}$ sebesar $2,466 \pm 0,419$ L/min dan VO_2 max relatif terhadap berat badan sebesar $40,226 \pm 3,745$ mL/min/kg.
 - b. Pada WBGT $32,9 \pm 1,7^\circ\text{C}$ sebesar $2,466 \pm 0,327$ L/min dan VO_2 max relatif terhadap berat badan sebesar $40,4450 \pm 4,333$ mL/min/kg.
2. Variasi temperatur pada WBGT $25,5 \pm 1,7^\circ\text{C}$ tidak menunjukkan perbedaan VO_2 max dan VO_2 max relatif terhadap berat badan yang

bermakna dengan variasi temperatur pada WBGT 32,9±1,7°C.

3. Kenaikan temperatur tidak mempengaruhi hubungan rata-rata skala RPE dan Denyut Jantung, artinya rata-rata skala Borg RPE pada kedua temperatur normal (WBGT 25,5±1,7°C) dan temperatur panas (WBGT 32,9±1,7°C) adalah sama (tidak berbeda).

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Haboubi, M.H. 1996. Energy Expenditure during Moderate Work At Various Climates, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 17, pp. 379-388.
- Armstrong, L.E., Epstein, Y., Greenleaf, J. E., Haymes, E. M., Hubbard, R. W., Roberts, W. O., and Thompson, P. D. 1995. *Heat and Cold Illnesses During Distance Running : ACSM Position Stand*, American College of Sports Medicine, Medicine & Science in Sports & Exercise (28) 12, i-x.
- Bridger, R.S. 1995. *Introduction To Ergonomics*, McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- Bouchard, D.R., Trudeau, F. (2007). Reliability of the assessment of the oxygen/heart rate relationship during a workday, *Applied Ergonomics*, vol. 38, pp. 491-497.
- Christie, C. J. 2006. *A Field Investigation Of Physical Workloads Imposed On Harvesters In South African Forestry*, Dissertation, Department of Human Kinetics and Ergonomics, Rhodes University, Grahamstown, South Africa.
- Hair, JR. J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L., & Black, W.C. 1992. *Multivariate Data Analysis with Readings* 3rded, Macmillan Publishing Company, New York, USA.
- Hastuti, B., Soempeno, B., & Chuseri, A. 1998. Ambilan Oksigen Maksimal (VO_{2max}) Pada Usia Lanjut : Hubungan antara Lama dan Frekuensi Latihan dengan Tinggi VO_{2max}, *BPPS-UGM*, 11, (3C), pp.323-337.
- Imbeau, D., Desjardins, L., Dessureault, P.C., Riel, P., Fraser, R. 1995. Oxygen Consumption During Scaffold Assembling And Disassembling Work : Comparison between field measurements And Estimation From Heart Rate, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 15, pp. 247-259.
- Indra, E.N. 2007. Adaptasi Fisiologis Tubuh Terhadap Latihan Di Suhu Lingkungan Panas dan Dingin, *Prosiding Seminar Nasional PROPERTI*, FIK UNY, Yogyakarta, <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/penelitian/Eka%20Novita%20Indra,%20M.Kes./proceeding%20nas0001.pdf>, [online, accessed 20 June 2011].
- Johnson, A.T., Benjamin, M.B., & Silverman, M. 2002. Oxygen consumption, heat production, and muscular efficiency during uphill and downhill walking, *Applied Ergonomics*, vol. 33, pp. 485-491.
- Kamalakaran, B., Groves, W., & Freivalds, A. 2007. Predictive Models for Estimating Metabolic Workload based on Heart Rate and Physical Characteristics, *The Journal of SH&E Research*, vol. 4, Num. 1.
- Keytel, L.R., Goedecke, J.H., Noakes, T.D., Hiiloskorpi, H., Laukkanen, R., van der Merwe, L., and Lambert, E.V. 2005. Prediction of energy expenditure from heart



- rate monitoring during submaximal exercise, *Journal of Sports Sciences*.
- Magrani, P., and Pompeu, F.A.M.S. 2009. Equations for Predicting Aerobic Power (VO_2) of Young Brazilian Adults, *Sociedade Brasileira De Cardiologia*, MCMXLIII, Rio de Janeiro, RJ – Brazil.
- Manuaba, A. 2003. *Optimalisasi Aplikasi Ergonomi dan Fisiologi Olahraga dalam Rangka Peningkatan Produktivitas Tenaga Kerja dan Prestasi Atlet*, Makalah, Disampaikan pada Seminar Nasional Ergonomi dan Olahraga di Universitas Negeri Semarang, Semarang 12 April, <http://www.balihesg.org-balihesg>, [online, accessed 20 June 2011].
- Montgomery, D.C., & Runger, G.C. 2003. *Applied Statistics and Probability for Engineers*, 3rd ed., John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Rodahl, K. (1989). *The Physiology of Work*, Taylor & Francis Ltd, Great Britain.
- Saat, M., Tochihara, Y., Hashiguchi, N., Sirisinghe, R.G., Fujita, M., and Chou, C.M., 2005, Effects of Exercise in the Heat on Thermoregulation of Japanese and Malaysian Males, *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*, 24 (4), pp. 267-275.
- Soleman, A. 2009. *Kapasitas Aerobik Maksimum Dan Persamaan Prediksi Konsumsi Oksigen Pada Perempuan Pekerja Industri*, Tesis, Program Pascasarjana, ITB, Bandung.
- Tarwaka., Bakri, S.HA., & Sudiajeng, L. 2004. *Ergonomi : Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*, UNIBA PRESS, Surakarta.
- Wickens, C.D., Lee, J.D., Liu, Y., & Becker, S.E.G. 2004. *An Introduction To : Human Factor Engineering* (2nd ed), Pearson Education, New Jersey.