
PENDEKATAN ERGONOMI TOTAL PADA AKTIVITAS PRAKTIKUM LAPANGAN DI DAERAH PANAS MENURUNKAN KELELAHAN DAN SUHU INTI TUBUH MAHASISWA

Rolles Nixon Palilingan ¹⁾, Nyoman Adiputra ²⁾

¹⁾ Staf Pengajar pada Jurusan Fisika FMIPA UNIMA
e-mail: rollespalilingan@yahoo.com

²⁾ Program Pascasarjana Universitas Udayana
e-mail: nadip2003@yahoo.com

Abstract

In the Environmental Physics concentration, to implement the academic curriculum of Physics Department of FMIPA UNIMA, it had been made guidance in the book form to be used in performing the field practicum activity. The guidance had been utilized since the year 2001. However, the conventional activity apparently caused unfavorable risks to the students based on the efficiency of circulatory system so that the students could not attain the intended performance yet. Therefore, it has been arranged a new model of activity with several treatments by using the totally ergonomics approach. In order to test the capability of the activity compared with the conventional one, it had been done a research with the hypothesis: the intervention with the totally ergonomics approach decreases and the body core temperature of the student in the low land/hot area.

This research was done by using the design of treatment by subject. The research has used 15 subjects as sample. The measurements of dependent variable were done in the beginning, among units of practicum, and the last on the end of period.

The results of the research showed that the activity with the totally ergonomic approach could decrease fatigue and the body core temperature of the student significantly ($p < 0.05$). With the decreasing of fatigue and body core temperature, it means that the activity is good biomechanically and thermally (in low land/hot area). The fatigue and hyperthermia condition were responsible as the main cause of the low performance of the students. The activity with ergonomic intervention by using the totally ergonomics approach succeeds in overcoming the fatigue and hyperthermia condition so that the performance of the students could increase considerably.

Based on the research it can be concluded that the intervention with the totally ergonomic approach can: decrease fatigue and decrease body core temperature of the students in doing the field practicum activity. It can be suggested that in doing the activity with ergonomic intervention by using the totally ergonomic approach, principal requisites of every treatment must be fulfilled in order to achieve the intended goals.

Key words : *ergonomic approach, fatigue, biomechanical aspect, body core temperature, hyperthermia*

1. Pendahuluan

Di Jurusan Fisika FMIPA UNIMA, telah diberlakukan kurikulum berbasis kompetensi yang terakhir diperbaharui tahun 2005. Dalam kurikulum akademik tersebut, aktivitas praktikum lapangan merupakan kegiatan yang harus dan rutin dilakukan dalam Proses Belajar Mengajar (PBM). Aktivitas

praktikum lapangan dilakukan pada konsentrasi Fisika Lingkungan dan Kebumihan, setelah dipilih dari 3 konsentrasi yang tersedia yaitu: Fisika Material, Fisika Komputasi, dan Fisika Lingkungan dan Kebumihan (Jurusan Fisika, 2003). Aktivitas ini penting karena menentukan pemahaman/penguasaan mahasiswa terhadap konsentrasi fisika lingkungan

dan kebumihan secara keseluruhan dengan total 21 SKS, tujuh mata kuliah masing-masing 3 SKS. Selain itu, aktivitas tersebut juga penting dalam rangka kerja sama berkelanjutan antara UNIMA dan Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Pusat Jakarta dan antara Jurusan Fisika FMIPA UNIMA dan BMG SULUT, yang mengharuskan adanya aktivitas praktikum lapangan yang dapat memanfaatkan peralatan yang ada di taman alat stasiun Geofisika dan Klimatologi sekaligus untuk memasyarakatkan BMG (BMG SULUT, 2001) baik di tingkat SMA maupun Perguruan Tinggi, khususnya untuk aktivitas pembelajaran berbasis lingkungan. Pada periode tahun 2001 s/d 2004 telah dibuat panduan praktikum oleh tim dosen pada konsentrasi Fisika Lingkungan dan Kebumihan, dengan maksud agar aktivitas praktikum yang dilakukan terarah. Dalam konteks penelitian ini aktivitas praktikum lapangan yang dilakukan dengan menggunakan panduan ini disebut aktivitas konvensional.

Palilingan (2007) dan Palilingan dan Pungus (2007) telah melakukan penelitian observasi terhadap pelaksanaan praktikum lapangan konvensional yang dilakukan di daerah panas dengan mengambil lokasi taman alat Stasiun Klimatologi Paniki Atas Manado. Dalam penelitian tersebut terungkap bahwa aktivitas praktikum lapangan konvensional ternyata menimbulkan risiko yang kurang menguntungkan bagi mahasiswa. Risiko tersebut terlihat dari adanya kelelahan fisik, yang merupakan indikasi kurang baiknya aspek biomekanik dari aktivitas tersebut. Dibandingkan dengan kondisi sebelum turun ke arena praktikum, terjadi peningkatan skor keluhan kelelahan secara signifikan ($p < 0,05$). Selain itu ternyata, setelah melakukan aktivitas mahasiswa mengalami hipertermia dengan suhu inti tubuh $> 38^{\circ}\text{C}$ yang merupakan indikasi telah terjadi ketidakseimbangan termal pada tubuh mahasiswa. Dengan demikian dapat dikemukakan bahwa aktivitas konvensional yang dilakukan selama ini belum dapat dikatakan ergonomis. Oleh karena itu dalam penelitian tersebut Palilingan (2007) dan Palilingan dan Pungus (2007) mendapatkan bahwa kinerja mahasiswa masih jauh dari target ideal (100%), yaitu hanya mencapai 65,89%.

Permasalahan tentang adanya kelelahan (indikasi kurang baiknya aspek biomekanika) dan adanya surplus panas atau ketidakseimbangan panas dalam tubuh mahasiswa dalam melakukan aktivitas praktikum lapangan di daerah panas hanya

dapat dipecahkan melalui pendekatan yang bersifat komprehensif yaitu pendekatan ergonomi total disingkat PET (Manuaba, 2004b; 2005a; 2005b; Palilingan, 2006). Pendekatan ergonomi total adalah suatu pendekatan yang memadukan Kajian Teknologi Tepat Guna (TTG) dan pendekatan SHIP (Sistemik, Holistik, Interdisipliner, Partisipatori) dalam memecahkan suatu permasalahan. Dengan pendekatan tersebut dapat ditentukan langkah-langkah pemecahan yang bersifat lebih komprehensif dalam konteks interaksi antara manusia (pekerja), alat/bahan yang digunakan dalam melakukan aktivitas kerja dan lingkungan fisik. Dengan menggunakan PET untuk memperbaiki kondisi yang tidak ergonomis maka intervensi yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi: setelan pakaian yang dikenakan, suplesi gizi dan aqua di antara unit praktikum, perbaikan sikap kerja, penyesuaian posisi titik ukur dengan antropometri tubuh, penggunaan perlengkapan pelindung, pemberian waktu istirahat, dan penggunaan alat bantu.

Mengingat risiko kurang baik yang dialami mahasiswa dalam aktivitas praktikum lapangan konvensional, maka perlu disusun suatu model aktivitas yang memasukkan faktor-faktor intervensi sebagaimana yang telah dikemukakan. Diprediksi bahwa bila hal ini dilakukan maka mahasiswa dapat melakukan aktivitas praktikum lapangan dengan aspek-aspek biomekanik yang baik yang ditandai dengan skor kelelahan yang rendah serta adanya keseimbangan termal tubuh yang ditandai dengan suhu inti tubuh pada kisaran normal.

Berdasarkan latar permasalahan tersebut, maka perlu diteliti tentang pengaruh intervensi ergonomi dengan PET terhadap perbaikan aspek-aspek biomekanik dan perbaikan keseimbangan termal tubuh mahasiswa dalam melakukan aktivitas praktikum lapangan di daerah panas. Berdasarkan uraian latar belakang masalah yang telah dikemukakan, maka dapat dirumuskan masalah penelitian yaitu (1) apakah intervensi ergonomi dengan pendekatan ergonomi total (PET) dapat menurunkan kelelahan mahasiswa pada aktivitas praktikum lapangan di daerah panas, (2) apakah intervensi ergonomi dengan pendekatan ergonomi total (PET) dapat menurunkan suhu inti tubuh mahasiswa ke kisaran normal pada aktivitas praktikum lapangan di daerah panas.

Tujuan penelitian yaitu : (1) untuk mengetahui penurunan kelelahan mahasiswa setelah intervensi

ergonomi dengan pendekatan ergonomi total (PET) dilakukan pada aktivitas praktikum lapangan di daerah panas. (2) untuk mengetahui penurunan suhu inti tubuh mahasiswa ke kisaran normal setelah intervensi ergonomi dengan pendekatan ergonomi total (PET) dilakukan pada aktivitas praktikum lapangan di daerah panas.

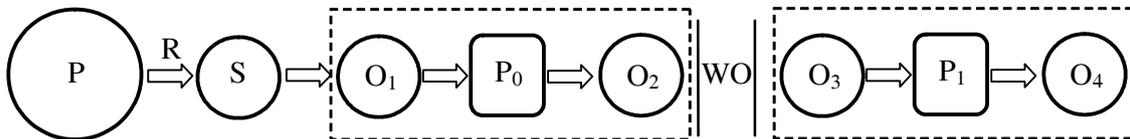
2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di lokasi taman alat Stasiun Klimatologi Paniki Atas Manado mewakili daerah panas (elevasi 76 m dpl.). Penelitian ini adalah penelitian eksperimental dengan menggunakan rancangan sama subjek (*treatment by subject design*) (Colton, 1985; Dimitrov and Rumrill, 2005; Hudock, 2005). Skema rancangan sama subjek diberikan dalam Gambar 1.

Populasi target adalah seluruh mahasiswa Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Manado yang berjumlah 169 orang dan populasi terjangkau adalah seluruh mahasiswa semester II Jurusan Kimia FMIPA UNIMA yang berjumlah 39 orang. Besar sampel ditentukan berdasarkan informasi penelitian pendahuluan pada aktivitas praktikum lapangan (Palilingan dan Pungus, 2007) dengan menggunakan formula Colton (1985) dengan $a = 0,05$; $b = 0,05$.

Diperole n terbesar adalah 10,76 orang. Untuk mengantisipasi terjadinya *drop out* selama proses penelitian, maka jumlah sampel ditambah 20%. Jadi jumlah sampel dalam penelitian ini adalah 13,2 atau 14 orang. Dengan teknik pengambilan sampel dengan cara acak pada akhirnya sampel yang digunakan 15 orang.

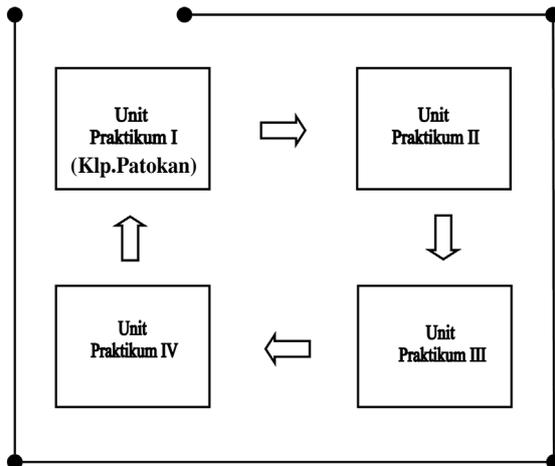
Variabel bebas dalam penelitian ini adalah intervensi ergonomi dengan pendekatan ergonomic total yang dicirikan oleh: mengenakan setelan pakaian ergonomis; suplesi gizi di antara unit praktikum; perbaikan sikap kerja; penyesuaian posisi titik ukur dengan antropometri tubuh; penggunaan perlengkapan pelindung; pemberian waktu istirahat; dan penggunaan alat bantu. Sebagai variabel tergantung adalah: skor keluhan muskuloskeletal (indikator aspek biomekanik) dan suhu oral (indikator keseimbangan termal tubuh). Sebagai variabel kontrol adalah: set kegiatan; panduan praktikum yang digunakan; kurikulum; bahan ajar; pengajar; asistensi; jenis kegiatan; sistem evaluasi hasil belajar; usia; jenis kelamin; IMT; keterampilan dan pengetahuan awal; lamanya aktivitas; musim; perlengkapan pakaian lain; radiasi matahari; suhu udara; kelembaban udara; kecepatan angin.



Keterangan:

- P : populasi untuk penelitian;
- R : pengambilan secara acak;
- S : sampel;
- O₁ : observasi awal pada aktivitas konvensional (sebelum intervensi);
- O₂ : observasi akhir;
- P₀ : aktivitas konvensional;
- WO : *washing out* (waktu untuk menghilangkan efek aktivitas sebelum intervensi, yaitu aktivitas konvensional, yaitu selama tiga hari);
- P₁ : aktivitas dengan intervensi;
- O₃ : observasi awal pada aktivitas dengan intervensi;
- O₄ : observasi akhir pada aktivitas dengan intervensi.

Gambar 1.
Skema Rancangan Penelitian Sama Subjek



Gambar 2.
Pengaturan Arena Praktikum Lapangan.

Prosedur penelitian di arena praktikum diuraikan dengan tahap-tahap yang dilakukan sebagaimana uraian berikut ini.

- 1) Arena praktikum telah dipersiapkan sebelumnya sesuai dengan denah pada Gambar 2.
- 2) Sebelum turun ke arena praktikum, dilakukan pengukuran suhu oral sebanyak dua kali secara serentak pada setiap orang. Kemudian mahasiswa mengisi kuesioner kelelahan umum (*30 items of rating scale*).
- 3) Mahasiswa yang terdiri dari empat kelompok mulai melakukan aktivitas praktikum lapangan secara serentak dengan unit-unit praktikum sesuai denah pada Gambar 3 mengikuti panduan yang telah dipersiapkan. Aktivitas dilakukan secara bergantian mengikuti arah anak panah pada Gambar 2.
- 4) Setelah selesai unit praktikum-1 pada kelompok patokan, dilakukan pengukuran suhu oral sebanyak dua kali secara serentak pada setiap orang. Demikian seterusnya setelah unit-2, unit-3 dan unit-4 (akhir periode).
- 5) Di akhir periode juga dilakukan pengisian kuesioner kelelahan umum (*30 items of rating scale*).

Aktivitas dengan intervensi ergonomi langkah-langkahnya dilakukan sama dengan aktivitas konvensional, kecuali bahwa dalam aktivitas dengan intervensi ergonomi diberikan intervensi yang sudah dipersiapkan berdasarkan PET.

Teknik analisis data yang digunakan terdiri atas analisis deskriptif, uji normalitas, dengan uji Shapiro-Wilk dan uji beda rata-rata atau komparasi dengan uji-t independen, uji-t berpasangan, uji Mann-Whitney, dan uji Wilcoxon. Semua uji statistik dilakukan pada taraf signifikansi 5% dengan perangkat lunak SPSS.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakteristik Subjek

Subjek mahasiswa yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas 15 orang yang memenuhi kriteria IMT antara 18 s/d 25 kg/m² (Sandowski, 2000). Pembatasan IMT penting dilakukan karena: berat badan berkaitan dengan luas permukaan tubuh dimana laju transfer panas merupakan fungsi luas permukaan tubuh (Avellini, Kamon dan Krajewski, 1980); dan kelebihan berat (obesitas) badan berhubungan dengan berbagai risiko penyakit dan keluhan-keluhan otot di tempat kerja (Schulte et.al. (2007). Umur subjek berkisar 18 s/d 21 tahun. Pembatasan umur penting karena: respon termal anak-anak berbeda dengan orang dewasa; toleransi panas berkurang pada individu-individu yang lebih tua (Rodahl, 2003). Dengan demikian pembatasan IMT dan umur akan dapat memperkecil variabilitas variabel yang terkait dengan keseimbangan termal tubuh seperti suhu oral.

3.2 Iklim Mikro

Untuk aktivitas di luar ruangan (*outdoor activities*) iklim mikro memegang peranan yang sangat penting dan sangat berpengaruh terhadap termoregulasi tubuh (Moran et al., 1998; Sawka dan Montain, 2000; Skinner and Dear, 2000; Færevik dan Reinertsen, 2003; Haby, 2005; Robaa, 2003; Christopherson, 2005; dan Havenith, 1999 & 2002). Iklim mikro dalam penelitian ini ditentukan oleh: intensitas radiasi matahari, suhu kering, suhu basah, kelembaban relatif dan kecepatan angin. Hasil pengamatan iklim mikro pada periode aktivitas konvensional dan periode aktivitas dengan intervensi disajikan pada Tabel 1.

Hasil pada Tabel 1 menunjukkan bahwa iklim mikro pada periode aktivitas konvensional dan periode aktivitas dengan intervensi tidak berbeda secara signifikan ($p > 0,05$). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa bila terdapat perbedaan dalam

Tabel 1. Data Iklim Mikro

No.	Pengukuran	Metode		Beda	p
		Konvensional	PET		
1	Intensitas radiasi (fc)	17,844 ± 2,676	17,550 ± 2,987	0,294	> 0,05
2	Suhu kering (°C)	33,554 ± 0,296	33,428 ± 0,253	0,126	> 0,05
3	Suhu basah (°C)	27,833 ± 0,256	27,676 ± 0,212	0,157	> 0,05
4	Kelembaban (%)	65,148 ± 1,169	64,909 ± 1,216	0,239	> 0,05
5	Kecepatan Angin (m/det)	1,878 ± 1,084	2,133 ± 0,983	-0,255	> 0,05

variabel tergantung yang terdiri dari: skor kelelahan dan suhu oral (ukuran suhu inti tubuh) maka perbedaan tersebut bukanlah akibat dari iklim mikro pada waktu aktivitas praktikum dilakukan melainkan akibat perlakuan yang diberikan yaitu intervensi ergonomi dengan PET dengan elemen-elemen intervensi sebagaimana yang telah dikemukakan.

3.3 Kelelahan

Hasil pengamatan skor kelelahan umum pada periode aktivitas konvensional dan periode aktivitas dengan intervensi disajikan pada Tabel 2.

Setelah turun ke arena praktikum untuk melakukan aktivitas praktikum lapangan unit-1 s/d unit-4, pada akhir aktivitas skor kelelahan pada aktivitas konvensional menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan skor kelelahan mahasiswa pada aktivitas dengan intervensi. Hasil Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa rata-rata skor kelelahan mahasiswa pada aktivitas konvensional berbeda secara signifikan dengan rata-rata skor kelelahan pada aktivitas dengan intervensi yang ditunjukkan dengan nilai $p < 0,05$ baik untuk kategori aktivitas melemah (*item 1-10*), motivasi menurun (*item 11-21*), kelelahan fisik (*item 21-30*), dan gabungan ketiga kategori (*item 1-30*). Dengan demikian dapat

dikemukakan bahwa, dibandingkan dengan aktivitas konvensional, aktivitas dengan intervensi yang dihasilkan dengan menerapkan pendekatan ergonomi total (PET) berhasil menurunkan rata-rata skor kelelahan mahasiswa secara signifikan ($p < 0,05$). Penurunan skor kelelahan tersebut adalah sebagai berikut: (a) aktivitas melemah (*item 1-10*), turun 5,133 atau 17,264 %; (b) motivasi menurun (*item 11-21*), turun 4,000 atau 15,748 %; (c) kelelahan fisik (*item 21-30*), turun 5,467 atau 18,983 %; (d) gabungan ketiga kategori (*item 1-30*), turun 14,867 atau 17,713 %.

Hasil yang telah dibahas menunjukkan bahwa pada waktu melakukan aktivitas praktikum lapangan konvensional, mahasiswa memang mengalami kelelahan. Indikasi adanya kelelahan tersebut terlihat dari skor kategori: aktivitas melemah, motivasi menurun, kelelahan fisik, gabungan ketiga kategori. Mengacu pada penjelasan IMO (2001) maka dapat pula dikemukakan bahwa aktivitas konvensional menyebabkan terjadinya reduksi dalam kapabilitas fisik dan mental dari mahasiswa. Menurut Manuaba (1983; dan 1992b) menurunnya kapabilitas fisik dan mental mahasiswa sebagai indikasi terjadinya kelelahan dapat diakibatkan oleh: (a) aktivitas praktikum yang bersifat monoton karena adanya pengukuran-pengukuran yang harus berulang kali

Tabel 2. Data skor kelelahan umum.

No.	Pengukuran	Metode		Beda	p
		Konvensional	PET		
1	Skor Item 1-10	29,733 ± 6,227	24,600 ± 5,180	5,133	< 0,05
2	Skor Item 11-20	25,400 ± 4,595	21,400 ± 4,154	4,000	< 0,05
3	Skor Item 21-30	28,800 ± 6,109	23,333 ± 5,164	5,467	< 0,05
4	Skor Item 1-30	83,933 ± 15,234	69,067 ± 13,041	14,867	< 0,05

dilakukan; (b) aktivitas praktikum yang berlangsung lama (sekitar 4 jam); (c) adanya iklim mikro yang buruk, yang berada di luar kategori nyaman dan aman; dan (d) kemungkinan adanya keluhan-keluhan fisik karena sikap-sikap yang tidak ergonomis sewaktu melakukan praktikum. Terjadinya kelelahan pada aktivitas konvensional ternyata dapat diatasi dengan intervensi ergonomi berdasarkan pada pendekatan ergonomik total (PET). Kenyataan tersebut terlihat dari adanya penurunan skor kategori aktivitas melemah, motivasi menurun, kelelahan fisik, dan skor gabungan ketiga kategori secara signifikan ($p < 0,05$).

3.4 Suhu Oral

Hasil pengamatan suhu oral pada periode aktivitas konvensional dan periode aktivitas dengan intervensi disajikan pada Tabel 3.

Menurut Ganong (1983) rata-rata suhu oral biasanya lebih rendah $0,5^{\circ}\text{C}$ dibanding rata-rata suhu rektal, sedangkan menurut Ganong (1983) dan juga Wanger (2001) suhu oral lebih tepat menggambarkan suhu inti tubuh. Suhu inti tubuh normal menurut Wenger (2001) dan Derchak, Ostertag, and Coyle (2004) berkisar $36,5$ s/d $37,5^{\circ}\text{C}$; dan menurut Gleeson (2001) berkisar 36 s/d 38°C . Mengacu pada pendapat Ganong (1983) berarti bahwa pada aktivitas konvensional: rata-rata suhu inti tubuh mahasiswa sebelum turun ke arena praktikum masih berada pada kisaran normal; setelah turun ke arena praktikum, rata-rata suhu inti tubuh mahasiswa sebenarnya: pada akhir unit-1 mendekati 38°C ; di akhir unit-2 dan unit-3 lebih besar dari 38°C , dan di akhir periode sudah lebih besar dari 39°C . Kenyataan ini menunjukkan bahwa selama berada di arena praktikum tubuh mahasiswa mengalami surplus panas. Dalam hal ini panas yang diproduksi melalui proses

metabolisme terhalang untuk dilepaskan ke luar tubuh, padahal menurut Presedent's Council on Physical Fitness and Sports (2007) dari energi yang diproduksi tubuh hanya 25% yang digunakan untuk melakukan kerja dan 75% dikonversi menjadi panas, sedangkan menurut Lim, Byrne, and Lee (2008) selama aktivitas fisik lebih dari 80% panas dalam tubuh harus dilepaskan ke lingkungan. Bila dilihat hubungan dengan beban kerja, menurut Christensen (dalam Nurmianto, 2004), maka beban kerja dalam aktivitas konvensional termasuk beban kerja sedang sampai sangat berat dengan suhu inti tubuh $37,5^{\circ}\text{C}$ s/d lebih dari 39°C .

Mengacu pada pendapat Ganong (1983) dan juga Wenger (2001), Derchak, Ostertag, and Coyle (2004) dan Gleeson (2001) maka suhu inti tubuh sebenarnya pada aktivitas dengan intervensi berada pada kisaran normal dan menurut Goldman (2001) bila suhu inti tubuh $< 37,7^{\circ}\text{C}$ mahasiswa tidak mengalami risiko merugikan selama berada di arena praktikum baik secara fisik maupun secara kognitif. Bila dilihat hubungannya dengan beban kerja, beban kerja pada aktivitas dengan intervensi termasuk beban kerja sedang (Christensen dalam Nurmianto, 2004) dengan suhu inti tubuh 38 s/d $38,5^{\circ}\text{C}$.

Hasil uji beda rata-rata pengukuran II, III, IV dan V (di arena praktikum) sebagaimana disajikan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa rata-rata suhu oral mahasiswa pada aktivitas dengan intervensi berbeda secara signifikan dengan rata-rata suhu oral pada aktivitas konvensional yang ditunjukkan dengan nilai $p < 0,05$. Dengan demikian dapat dikemukakan bahwa, dibandingkan dengan aktivitas konvensional, aktivitas dengan intervensi PET berhasil menurunkan rata-rata suhu inti tubuh mahasiswa secara signifikan ($p < 0,05$). Penurunan suhu inti tubuh tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Data Suhu Oral

No.	Pengukuran	Suhu oral ($^{\circ}\text{C}$)		Beda	p
		Konvensional	PET		
1	Pengukuran I (awal)	$36,827 \pm 0,308$	$36,813 \pm 0,253$	0,014	$> 0,05$
2	Pengukuran II	$37,380 \pm 0,234$	$37,073 \pm 0,284$	0,307	$< 0,05$
3	Pengukuran III	$37,867 \pm 0,633$	$37,147 \pm 0,380$	0,720	$< 0,05$
4	Pengukuran IV	$37,973 \pm 0,768$	$37,227 \pm 0,437$	0,746	$< 0,05$
5	Pengukuran V (akhir)	$38,513 \pm 1,468$	$37,093 \pm 0,301$	1,420	$< 0,05$

pengukuran II, turun 0,307°C; pengukuran III, turun 0,720°C; pengukuran IV, turun 0,747°C; dan pengukuran V (akhir periode), turun 1,420°C. Hal ini berarti pula bahwa intervensi ergonomi pada aktivitas praktikum lapangan berhasil memperbaiki keseimbangan termal tubuh mahasiswa.

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa aktivitas konvensional pada daerah panas ternyata mengandung risiko yang kurang menguntungkan bagi mahasiswa yang melakukan aktivitas praktikum lapangan dilihat dari aspek biomekanik dengan indikator kelelahan fisik dan keseimbangan termal tubuh dengan indikator suhu oral. Akan tetapi aktivitas dengan intervensi ergonomi berdasarkan PET ternyata dapat mengatasi risiko yang kurang menguntungkan bagi mahasiswa. Dalam hal ini dapat dikemukakan:

- 1) aspek-aspek biomekanik tubuh termasuk kurang baik pada aktivitas konvensional tetapi pada aktivitas dengan intervensi ergonomi berdasarkan PET aspek-aspek biomekanik menjadi lebih baik. Hal tersebut ditandai dengan penurunan skor kelelahan fisik secara signifikan ($p < 0,05$);
- 2) keseimbangan termal tubuh termasuk kurang baik pada aktivitas konvensional, tetapi pada aktivitas dengan intervensi ergonomi berdasarkan PET menjadi lebih baik. Hal tersebut ditandai dengan penurunan suhu oral mahasiswa secara signifikan ke kisaran normal.

Dengan demikian dapat pula dikemukakan bahwa hipotesis yang dikemukakan dalam penelitian ini dapat dibuktikan kebenarannya secara statistik pada taraf signifikansi 5%.

Daftar Pustaka

- Avellini, B. A., Kamon, E., and Krajewski, J. T. 1980. *Physiological Responses Of Physically Fit Men And Women To Acclimation To Humid Heat*. Noll Laboratory for Human Performance Research, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, [cited 2006 Oct 13]. Available from: URL: http://jap.physiology.org/cgi/reprint/49/2/254?ijkey=04e37563a3a2d3b495e269b1a6bab6e386056c48&keytype=tf_ipsecsha.
- Badan Meteorologi dan Geofisika. 2001. MOU UNIMA-BMG. Manado: Kantor BMG SULUT.
- Christopherson, N. 2005. Personal Comfort, [cited 2005 Mar.23]. Available from: URL: <http://www.bacharach-trai-ning.com/norm/comfort.htm>.
- Colton, T. 1985. *Statistics in Medicine*. Diterjemahkan oleh Sanusi, R: Statistika Kedokteran, Fakultas Kedokteran Univ. Gadjah mada. Joyakarta: Gadjah Mada University Press.

4. Simpulan dan Saran

4.1 Simpulan

Berdasarkan hasil-hasil yang diperoleh dalam penelitian ini, dapat disimpulkan sebagai berikut.

- 1) Intervensi ergonomi dengan PET menurunkan kelelahan mahasiswa ($p < 0,05$) pada aktivitas praktikum lapangan di daerah panas. Hal ini berarti pula memperbaiki aspek-aspek biomekanik tubuh mahasiswa yang ditandai dengan penurunan skor kelelahan umum secara signifikan.
- 2) Intervensi ergonomi dengan PET menurunkan suhu inti tubuh mahasiswa ke kisaran normal ($p < 0,05$) pada aktivitas praktikum lapangan di daerah panas. Hal ini berarti pula memperbaiki keseimbangan termal tubuh mahasiswa yang ditandai dengan penurunan suhu oral secara signifikan.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil-hasil yang diperoleh dalam penelitian ini maka dapat dikemukakan saran sebagai berikut. Demi aktivitas praktikum lapangan yang manusiawi dosen atau tenaga pengajar sebagai pengelola diharapkan dapat menerapkan setiap elemen intervensi secara konsekuen. Elemen-elemen tersebut adalah: (a) mengenakan setelan pakaian yang ergonomis; (b) ada suplesi gizi di antara unit praktikum; (c) ada perbaikan sikap kerja; (d) ada penyesuaian posisi titik ukur dengan antropometri tubuh; (e) menggunakan perlengkapan pelindung diri; (f) dan pemberian waktu istirahat; dan (f) menggunakan alat bantu lup. Hanya dengan cara ini aktivitas dapat berlangsung dengan baik dengan risiko yang seminimal mungkin bagi mahasiswa.

- Derchak, P. A.; Ostertag, K. L.; and Coyle, M. A. 2004. *Life Shirt System as a Monitor of Heat Stress and Dehydration*. VivoMetrics, Inc., [cited 2008 Jun. 10]. Available from: URL: <http://www.vivometrics.com/docs/Ab%20and%20posters/2004%20White%20Paper%20LifeShirt%20System%20as%20a%20Monitor%20of%20Heat%20Stress%20and%20Dehydration%20Derchak%20Ostertag%20Coyle.pdf>
- Dimitrov, D. M and Rumrill, P. D. 2003. *Pretest-posttest Designs and Measurement of Change*. Work; 20:159-165.
- Færevik, H and Reinertsen, R. E. 2003. *Effect of Wearing Aircrew Protective Clothing on Physiological and Cognitive Responses under Various Ambient Conditions*. Ergonomics Vol.46, No.8, 780-799.
- Ganong, W. F. 1983. *Review of Medical Physiology*. Diterjemahkan oleh Adji Dharma. Fisiologi Kedokteran. Jakarta. EGC Penerbit Buku Kedokteran.
- Gleeson, M. 2001. *Body Temperature Regulation During Exercise*, [cited 2008 Jun. 10]. Available from: URL: <http://www.medicdirectsport.com/exercisetheory/default.asp?step=4&pid=46>.
- Goldman, R. F. 2001. *Introduction to Heat-Related Problems in Military Operations*. In Textbooks of Military Medicine: Medical Aspects of Harsh Environments (edited by K. B. Pandolf and R. E Burr). Washington, D. C.: Borden Institute, Office of the Surgeon General, US Army Medical Department.
- Haby, J. 2005. *The 6 Factors That Influence Human outside Comfort*, [cited 2005 Oct. 17]. Available from: URL: <http://www.Theweatherprediction.com/habyhints/36/>.
- Havenith, G. 2004. Clothing Heat Exchange Models for Research and Application. Environmental Ergonomics Research Group, dept.Human Sciences, Loughborough, UK. p.66-73., [cited 2007 Apr 19]. Available from: URL: <http://magpie.lboro.ac.uk/dspace/bitstream/2134/2554/1/ProceedingsICEE2005-6.pdf>.
- Havenith, G. 2002. The Interaction of Clothing and Thermoregulation. Human Thermal
- Hudock, S. D. 2005. *Development of Effective Ergonomic Interventions*. Cincinnati, Ohio: US Centers for Disease Control and Prevention (CDC), National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), [cited 2007 Apr. 16]. Available from: URL: http://www.saioh.org/ioha2005/Proceedings/Papers/SSK/PaperK1_1web.pdf.
- International Maritime Organization (IMO.) 2001. Guidance on Fatigue Mitigation and Management, [cited 2005 Mar. 20]. Available at: URL: http://www.mcga.gov.uk/c4mca/imo_fategue_part_1.pdf.
- Jurusan Fisika. 2003. Panduan Akademik. Tondano: Jurusan FISIKA Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNIMA.
- Lim, C. L., Byrne, C. and Lee, J. K. W. 2008. Human Thermoregulation and Measurement of Body Temperature in Exercise and Clinical Settings. *Ann.Acad.Med Singapore*, 37(4):347-353.
- Manuaba, A. 2005a. Total Ergonomics “SHIP” Approach is a Must in Deep Sea Exploration and Exploration. Denpasar: Departemen of Physiology. School of Medicine. University of Udayana.
- Manuaba, A. 2005b. To Achieve a Better Life Through Total Ergonomics SHIP Approach Technology. Presented at the 2nd National Technology Seminar: The Application of Technology toward a Better Life. University of Technology Yogyakarta, 10 Desember 2005.
- Manuaba, A. 2004b. Holistic Ergonomics Approach is a Must in Automation to Attain Humane, Competitive, Sustain Work Processes and Products. Denpasar: PHd program of Ergonomics and Sports Physiology, School of Medicine, Udayana University.
- Manuaba, A. 1992b. “Upaya Memberdayakan Ergonomi di PTP XXI-XXII”. Surabaya: Seminar Membudayakan Ergonomi di Pabrik Gula PTP XXI-XXII, 30 November 1992.

- Manuaba, A. 1983. *Ergonomi/Hiperkes dan Produktivitas*. Kumpulan Naskah Ceramah Kursus Orientasi Ergonomi, Hiperkes dan Keselamatan Kerja bagi konsultan Sektor Bangunan. Denpasar: Bali Higene Perusahaan, Kesehatan dan Keselamatan Kerja Bali. Dirjen Pembinaan Hubungan Perburuan dan Perlindungan Tenaga Kerja. Departemen Tenaga Kerja dan Transmigrasi.
- Moran, D. S., Montain, S. J. Pandolf, K. B. 1998. *Evaluation of different Levels of Hydration Using a New Physiological Strain Index*. The American Physiological Society. Am.J.Physiol. 275(44):854-859.
- Nurmianto, E. 2004. *Ergonomi. Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Edisi kedua. Surabaya: Guna Widya.
- Palilingan, R. N. 2006. The Use of Eight Aspects of Ergonomics as a Holistic tool to Evaluate Performance of an Enterprise Properly. Poster Presentation on Ergo Future 2006, *International symposium on Past, Present, and Future Ergonomics Occupational Safety and Health*. Department of Physiology, Udayana University–School of Medicine. Denpasar, Bali Indonesia, 2006 August 28-30.
- Palilingan, R. N. 2007. *Pengamatan Respons Fisiologis, Kelelahan dan Kinerja Mahasiswa dalam Melakukan Aktivitas Praktikum Lapangan*. Penelitian Pendahuluan. Denpasar: Program Doktor, Program Studi Ilmu Kedokteran, Program Pascasarjana, Universitas Udayana.
- Palilingan, R. N dan Pungus, M, M. 2007. “Prospek Penerapan Pendekatan Ergonomi Total pada Aktivitas Praktikum Lapangan Berdasarkan Evaluasi terhadap Respons Fisiologis Tubuh dan Tingkat Kelelahan Mahasiswa”. *Proceeding Siminar Nasional Ergonomi 2007*. Bandung: 26-28 Juli 2007.
- Presedent’s Council on Physical Fitness and Sports. 2007. *Exercising in the Heat and Sun*. Research Digest, Series 8, No.2; 1-8.
- Robaa, S. M. 2003. *Urban-suburban/rural differences over Greater airo, Egypt*. Astronomy and Meteorology Departement, Faculty of Science, Cairo University. Atmosfera: 157-171.
- Rodahl, K. 2003. *Occupational Health Conditions in Extreme Environments*. Published by Oxford University Press. Ann. occup. Hyg., 47(3): 241–252.
- Sandowsky, S. A. *What is The Ideal Body Weight?* Oxford University Press. Family Practice, 17(4):348-351.
- Sawka, M. N and Montain, S. J. 2000. *Fluid and Electrolyte Supplementation for Exercise Heat Streee*. American Society for Clinical Nutrition. Am.J.Clin.Nutr, 72:564-572.
- Schulte, P. A., Wagner, G.R., Ostry, A., Blanciforti, L. A., Cutlip, R. G., Luster, M., Munson, A. E., O’Callaghan, J. P., Parks, C. G., Semeonova, P. P., and Miller, D. 2007. “Work, Obesity, and Occupational Safety and Health”. *American Journal of Public Health*, 97(3):428-436.
- Skinner, C. J and De Dear, R. 2000. *Climate and Tourism –an Australian Perspective*. Sydney: Devision of Environmental and Life Sciences, [cited 2006 Nov. 26]. Available from: URL: http://www.mif.uni-freiburg.de/ISB/ws/papers/17_carol.pdf.
- Wanger, C. B. 2001. *Human Adaptation to Hot Environments*. In Textbooks of Military Medicine: Medical Aspects of Harsh Environments (edited by K. B. Pandolf and R. E Burr). Washington, D. C.: Borden Institute, Office of the Surgeon General, US Army Medical Department.