

# PROSPEK PENERAPAN PENDEKATAN ERGONOMI TOTAL PADA AKTIVITAS PRAKTIKUM LAPANGAN BERDASARKAN EVALUASI TERHADAP RESPONS FISILOGIS TUBUH DAN TINGKAT KELELAHAN MAHASISWA

**Rolless Nixon Palilingan, Meity Martina Pungus**  
Program Pascasarjana Peminatan Ergonomi Fisiologi Kerja  
Fakultas Kedokteran Universitas Udayana  
rollespalilingan@yahoo.com, meity\_pungus@yahoo.com

## Abstrak

*Aktivitas praktikum lapangan bagi mahasiswa FMIPA UNIMA merupakan kegiatan rutin dalam rangka implementasi kurikulum berbasis kompetensi yang mulai diberlakukan sejak tahun 2003. Selama ini belum pernah mempersoalkan interaksi antara tubuh mahasiswa dengan iklim mikro setempat ketika melakukan aktivitas dengan levelnya yang khas. Oleh karena itu perlu dievaluasi secara obyektif tentang interaksi antara tubuh mahasiswa dengan iklim mikro setempat berdasarkan respons fisiologis (suhu kulit, suhu oral, denyut nadi), kelelahan dan juga kinerja mahasiswa (performance).*

*Metode yang digunakan adalah metode observasional dengan pengamatan langsung beberapa variabel fisiologis meliputi suhu kulit, suhu oral, denyut nadi dan kelelahan, dan kemudian mendeskripsikan hasil pengamatan setelah membandingkannya dengan standar-standar yang sudah ada. Selain itu juga diamati dan dievaluasi mengenai kinerja berdasarkan prosentase capaian target yang diharapkan dalam aktivitas praktikum. Selanjutnya melalui penerapan pendekatan ergonomi total dirumuskan bentuk-bentuk intervensi yang mungkin dilakukan terhadap aktivitas praktikum lapangan agar dapat dilakukan perbaikan-perbaikan terhadap kondisi dan perilaku yang tidak ergonomis dalam melakukan aktivitas praktikum lapangan.*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa respons fisiologis tubuh (suhu kulit, suhu oral dan denyut nadi) dan skor kelelahan mengalami perubahan yang signifikan setelah melakukan aktivitas selama 2 jam (setelah melakukan dua unit praktikum) maupun setelah 4 jam (setelah melakukan empat unit praktikum).*

*Dengan pendekatan ergonomi total, bentuk-bentuk intervensi yang mungkin dilakukan untuk perbaikan adalah: setelan pakaian yang dikenakan, suplesi gizi dan air mineral di antara unit praktikum, perbaikan sikap kerja, penyesuaian posisi titik ukur dengan antropometri tubuh, penggunaan perlengkapan pelindung, pemberian waktu istirahat, pemberian motivasi (dorongan) pada mahasiswa, komunikasi dua arah yang simpatik dan empatik, perbaikan informasi, dan penggunaan alat bantu.*

*Kata Kunci: Praktikum Lapangan, Respons Fisiologis, Kelelahan, Kinerja, Ergonomi Total.*

## 1. PENDAHULUAN

Aktivitas praktikum lapangan merupakan kegiatan yang harus dan rutin dilakukan dalam Proses Belajar Mengajar (PBM) di FMIPA UNIMA Tondano,

khususnya Jurusan Fisika sebagai implementasi kurikulum baru tahun 2003, kurikulum berbasis kompetensi<sup>[8]</sup>. Aktivitas praktikum lapangan merupakan aktivitas yang sangat penting, bukan hanya karena merupakan bagian dari implementasi

kurikulum tetapi juga dalam rangka implementasi kerja sama antara UNIMA dan BMG Pusat Jakarta dengan MOU Nomor:5181/J.32/PP/2001 dan antara Jurusan Nomor:HK.303/A.2/KB/BMG-2001 Fisika FMIPA UNIMA dan BMG SULUT dengan MOU Nomor:DL.007/064/VIII/KO-2001, Nomor:123/J.32/4/PP/2001 dimana salah satu point kesepakatan adalah pemanfaatan peralatan BMG (Badan Meteorologi dan Geofisika) untuk aktivitas pembelajaran berbasis lingkungan, dan sekaligus sebagai sarana untuk lebih memasyarakatkan BMG. Dengan demikian aktivitas praktikum lapangan merupakan aktivitas yang akan berlangsung secara berkelanjutan dalam kegiatan akademis di Jurusan Fisika FMIPA UNIMA. Selama ini dalam pelaksanaan aktivitas praktikum lapangan belum pernah mempersoalkan mengenai respons fisiologis tubuh dan kelelahan mahasiswa ketika melakukan aktivitas pada levelnya yang khas dan interaksi dengan iklim mikro setempat.

Ada dugaan kuat bahwa dalam pelaksanaan aktivitas praktikum lapangan terdapat kondisi dan perilaku yang dapat merugikan dan membahayakan mahasiswa dilihat dari respons fisiologis dan tingkat kelelahan. Hal ini diperkuat oleh kenyataan bahwa aktivitas yang biasanya dilakukan per kelompok 3 sampai 5 orang, 2 sampai 3 orang tidak dapat bertahan di arena praktikum sampai selesai, setelah melakukan aktivitas lebih dari 1 atau 2 jam mereka

sudah mencari naungan. Selain itu terdapat keluhan-keluhan subjektif mahasiswa ketika melakukan aktivitas praktikum seperti: rasa haus, gerah, panas, lelah, pegal dan sakit belakang <sup>[18]</sup>.

Oleh karena itu dipandang perlu diadakan evaluasi secara objektif, sekaligus dirumuskan mengenai bentuk-bentuk intervensi yang mungkin dilakukan untuk memperbaiki kondisi dan perilaku yang tidak ergonomis yang dapat dilakukan dalam penelitian lanjutan, sehingga di waktu mendatang diharapkan aktivitas praktikum yang dilakukan secara rutin sebagai implementasi kurikulum berbasis kompetensi di FMIPA UNIMA akan dapat mencapai kinerja yang diharapkan dan terhindar dari risiko-risiko yang merugikan bagi mahasiswa, dilihat dari respons fisiologis dan kelelahan.

## **2. BAHAN DAN METODE**

Mahasiswa yang digunakan sebagai sampel, yang merupakan subyek pengamatan dalam penelitian ini sebanyak 8 orang yang merupakan mahasiswa semester 6 jurusan Fisika FMIPA UNIMA tahun akademik 2006-2007.

Metode yang digunakan adalah metode observasi dengan pengamatan langsung beberapa variabel fisiologis yaitu: suhu kulit, suhu oral, dan denyut nadi serta variabel kelelahan. Aktivitas praktikum lapangan berlangsung 4 sampai 6 jam. Jumlah unit

praktikum yang dilakukan adalah empat unit yaitu unit: Kelembaban Lingkungan, Interaksi Dua Variabel Fisis Fungsi Harmonik, Efek Peredaman Medium Terhadap Penyinaran Matahari, dan Transfer Atmosferik.

Praktikum lapangan dilakukan di lapangan terbuka di taman alat Stasiun Klimatologi Badan Meteorologi dan Geofisika Paniki Atas Manado. Pengukuran variabel fisiologis dan kelelahan dilakukan tiga kali yaitu: sebelum melakukan aktivitas (08.15), setelah melakukan dua unit praktikum pertama (11.34) dan pada akhir aktivitas (setelah melakukan 4 unit praktikum (13.30).

Untuk pengukuran suhu kulit dan suhu oral, menggunakan termometer suhu kulit (digital) dan termometer klinik (digital) sedangkan untuk pengukuran denyut nadi dilakukan dengan cara meraba arteri radialis pada pergelangan tangan kiri. Pengukuran kelelahan dilakukan dengan menggunakan kuesioner kelelahan 30 item<sup>[17]</sup>.

Hasil-hasil pengamatan variabel-variabel fisiologis dan kelelahan dievaluasi berdasarkan standar-standar yang sudah ada dalam literatur mengenai: suhu kulit, suhu oral, dan denyut nadi yang normal; serta tingkat kelelahan. Selain itu juga diamati dan dievaluasi mengenai kinerja berdasarkan prosentase capaian target yang diharapkan dalam aktivitas praktikum.

Kinerja mahasiswa dalam melakukan aktivitas praktikum lapangan dinilai dengan menggunakan instrumen penilaian yang disusun berdasarkan prinsip-prinsip penilaian kinerja (*performance*)<sup>[2, 16]</sup>.

Untuk melihat signifikansi perubahan: rata-rata suhu kulit, suhu oral, denyut nadi, dan kelelahan pada pengukuran I, II dan pengukuran III digunakan uji t berpasangan pada taraf signifikansi  $\alpha = 0,05$  (5%).

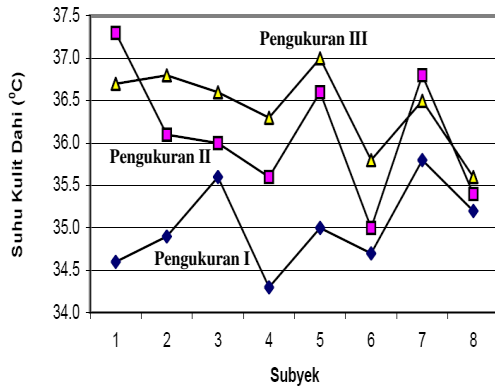
Selanjutnya melalui penerapan pendekatan ergonomi total dirumuskan bentuk-bentuk intervensi yang mungkin dilakukan untuk perbaikan yang dapat dilakukan pada penelitian lanjutan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Penelitian

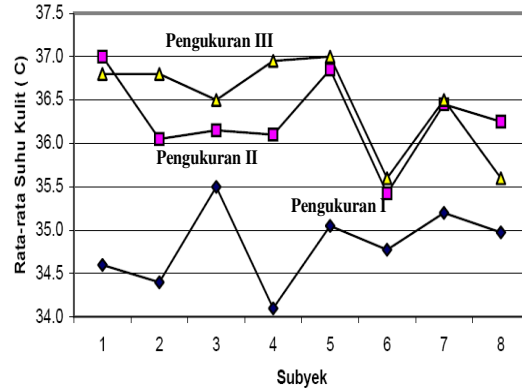
Hasil observasi (pengamatan) respons fisiologis tubuh dan kelelahan mahasiswa dalam melakukan aktivitas praktikum lapangan mengikuti prosedur sebagaimana yang telah diuraikan, secara grafis dilukiskan pada Gambar 1 sampai dengan Gambar 10, disertai hasil pengujian statistik perbandingan rata-rata pada pengukuran I, II dan III dengan uji t berpasangan.

Pasangan	Beda	p
I-II	-1.088	.008
II-III	-.313	.129
I-III	-1.400	.001



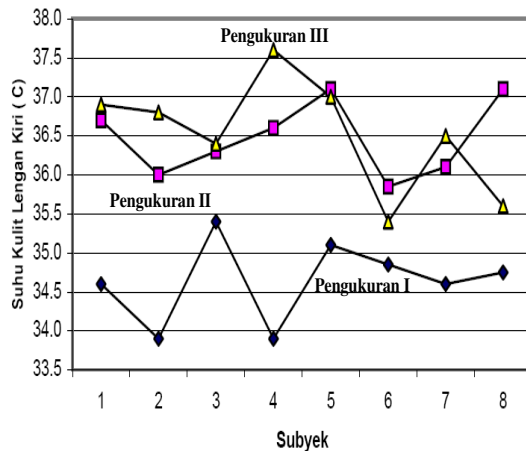
Gambar 1. Suhu Kulit Dahi

Pasangan	Beda	p
I-II	-1.475	.000
II-III	-.163	.390
I-III	-1.638	.001



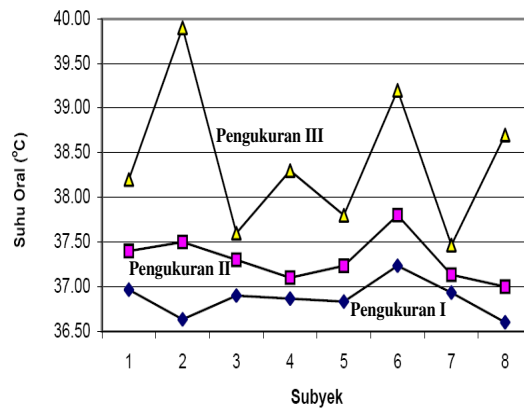
Gambar 3. Rata-rata Suhu Kulit

Pasangan	Beda	p
I-II	-1.825	.000
II-III	-.050	.863
I-III	-1.875	.002



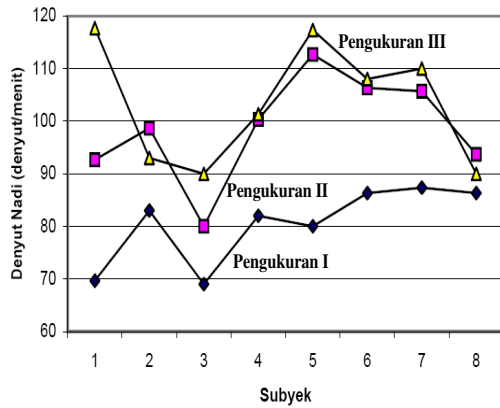
Gambar 2. Suhu Kulit Lengan Kiri

Pasangan	Beda	p
I-II	-.438	.001
II-III	-1.089	.004
I-III	-1.526	.002



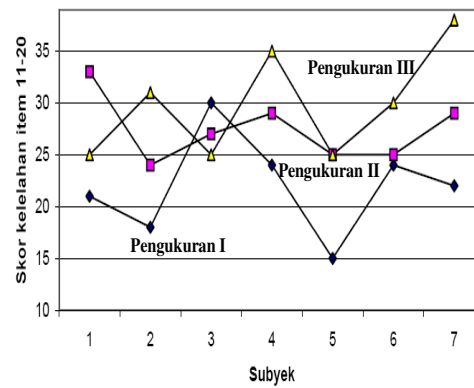
Gambar 4. Suhu Oral

Pasangan	Beda	p
I-II	-18.875	.000
II-III	-4.125	.257
I-III	-23.000	.002



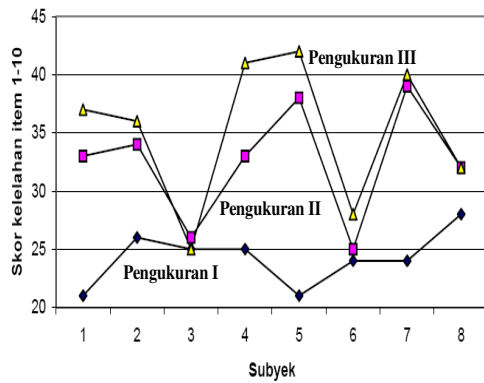
Gambar 5. Denyut Nadi

Pasangan	Beda	p
I-II	-4.375	.063
II-III	-2.500	.246
I-III	-6.875	.028



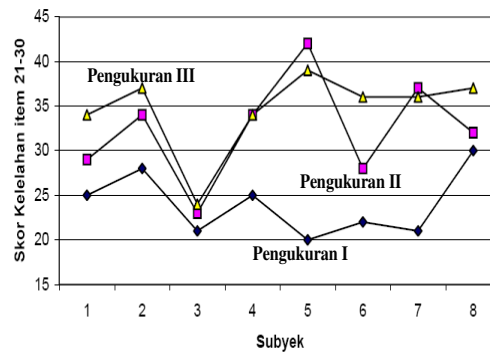
Gambar 7. Skor Kelelahan Item 11-20

Pasangan	Beda	p
I-II	-8.250	.006
II-III	-2.625	.034
I-III	-10.875	.005



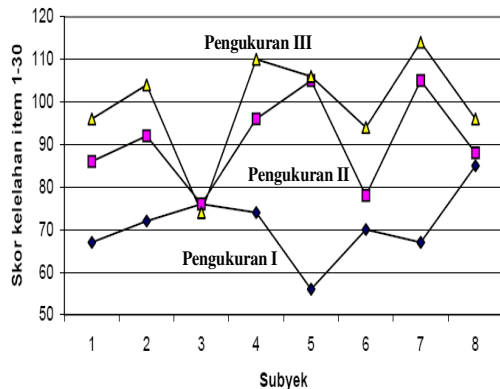
Gambar 6. Skor Kelelahan Item 1-10

Pasangan	Beda	p
I-II	-8.375	.013
II-III	-2.250	.125
I-III	-10.625	.001

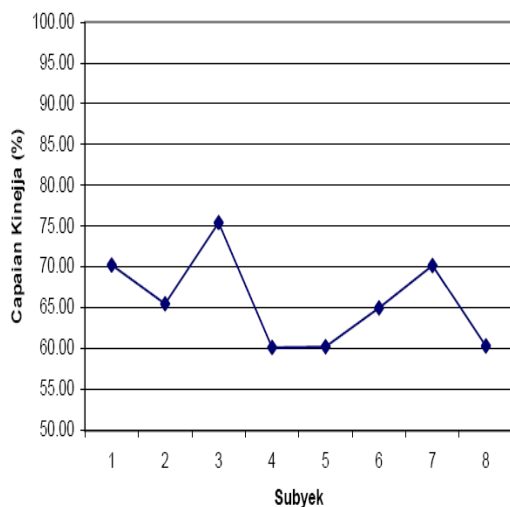


Gambar 8. Skor Kelelahan Item 21-30

Pasangan	Beda	p
I-II	-19.875	.013
II-III	-8.500	.006
I-III	-28.375	.002



Gambar 9. Skor Kelelahan Item 1-30



Gambar 10. Capaian Kinerja.

Rata-rata suhu kulit dahi maupun suhu kulit lengan kiri dan gabungan keduanya menunjukkan perubahan yang signifikan dari keadaan sebelum melakukan aktivitas di arena praktikum (pengukuran I) dan setelah melakukan aktivitas dua unit pertama selama sekitar 2 jam (pengukuran II), dengan nilai  $p < 0,05$  (Gambar 1 s/d Gambr 3) masing-

masing sebesar  $p = 0,008$ ,  $0,000$  dan  $0,001$ . Pengukuran II dan III tidak berbeda secara signifikan dengan nilai  $p > 0,05$  masing-masing sebesar  $p = 0,129$ ,  $0,863$  dan  $0,390$ .

Rata-rata suhu oral yang mewakili suhu inti tubuh menunjukkan perubahan yang signifikan (Gambar 4) baik dilihat dari perbandingan rata-rata pengukuran I-II, II-III maupun I-III dengan nilai  $p < 0,05$  masing-masing sebesar  $0,001$ ;  $0,004$  dan  $0,002$ .

Denyut nadi juga mengalami perubahan yang signifikan. terutama setelah melakukan aktivitas dua unit praktikum pertama (Gambar 5). Nilai  $p$  untuk perbandingan rata-rata pengukuran I-II sebesar  $p = 0,000$  sedangkan untuk pengukuran I-III sebesar  $p = 0,002$ . Rata-rata pengukuran II-III tidak berbeda dengan nilai  $p = 0,257$ .

Skor kelelahan untuk item 1-10 yaitu menyangkut pelemahan aktivitas menunjukkan perubahan yang signifikan baik untuk perbandingan rata-rata skor pada pengukuran I-II, II-III dan I-III dengan nilai  $p < 0,05$  masing-masing sebesar  $p = 0,006$ ,  $0,034$  dan  $0,005$  (Gambar 6).

Skor kelelahan untuk item 11-20 yaitu menyangkut pelemahan motivasi menunjukkan perubahan yang signifikan ( $p < 0,05$ ), terutama setelah melakukan aktivitas dua unit praktikum pertama (Gambar 7). Nilai  $p$  untuk perbandingan rata-rata skor pengukuran I-II dan I-III masing-masing sebesar  $0,063$  dan  $0,028$ . Rata-rata skor

untuk pengukuran II dan III tidak berbeda dengan nilai  $p = 0,246$ .

Skor kelelahan untuk item 21-30 yaitu menyangkut kelelahan fisik akibat keadaan umum menunjukkan perubahan yang signifikan ( $p < 0,05$ ), terutama setelah melakukan aktivitas dua unit praktikum pertama (Gambar 8). Nilai  $p$  untuk perbandingan rata-rata skor pengukuran I-II dan I-III masing-masing sebesar 0,013 dan 0,001. Rata-rata skor untuk pengukuran II dan III tidak berbeda dengan nilai  $p = 0,125$ .

Dilihat dari skor total (item 1-30) menunjukkan perubahan yang signifikan baik untuk perbandingan rata-rata skor pengukuran I-II, II-III maupun I-III dengan nilai  $p < 0,05$  masing-masing sebesar  $p = 0,013, 0,006$  dan  $0,002$  (Gambar 9).

Kinerja mahasiswa dilihat dari capaian target diharapkan dalam melakukan aktivitas praktikum lapangan, terlihat masih jauh dari capaian ideal (100%). Secara rata-rata capaian target kinerja hanya mencapai 65,89% (Gambar 10). Hasil ini berbeda dengan yang diperoleh oleh Tengko dkk. (2004) karena kinerja yang dinilai termasuk apa yang dikerjakan oleh mahasiswa di rumah, sedangkan hasil dalam penelitian ini kinerja yang dinilai semata-mata yang dicapai ketika melakukan aktivitas di arena praktikum.

### 3.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil-hasil yang diperoleh dalam penelitian ini sebagaimana yang telah diuraikan menunjukkan dengan jelas bahwa ternyata pelaksanaan aktivitas praktikum lapangan dalam proses belajar mengajar menunjukkan adanya kondisi dan perilaku yang tidak ergonomis dan berpotensi menimbulkan keluhan-keluhan bahkan penyakit akibat kerja.

Kondisi yang tidak ergonomis terutama disebabkan oleh keterpaparan terhadap iklim mikro setempat (radiasi, suhu, kelembaban dan kecepatan angin) dan kondisi perlengkapan pakaian yang dikenakan yang meliputi: setelan pakaian, perlengkapan pakaian dalam dan sepatu. Perilaku yang tidak ergonomis terutama menyangkut gerakan-gerakan tubuh dan anggota tubuh atau posisi berkaitan dengan tuntutan aktivitas (khusus untuk aktivitas praktikum lapangan) yang harus dilakukan.

Karena adanya kondisi dan perilaku yang tidak ergonomis dalam melakukan aktivitas praktikum lapangan maka hasil-hasil observasi menyangkut variabel-variabel fisiologis dan kelelahan sebagaimana yang telah diuraikan menunjukkan adanya risiko-risiko yang merugikan mahasiswa. Hal tersebut terlihat dari: kenaikan suhu kulit, suhu oral, dan denyut nadi secara signifikan bila dibandingkan dengan keadaan sebelum melakukan aktivitas. Demikian juga dengan skor kelelahan baik menyangkut pelemahan

aktivitas, pelemahan motivasi dan kelelahan akibat keadaan umum.

Suhu permukaan kulit normal biasanya berkisar antara 33 sampai 35 °C. Suhu oral normal berkisar 37 °C. Denyut nadi menyatakan level beban kerja yang dialami. denyut nadi di antara 75-100 termasuk bebak kerja ringan, di antara 100-125 sedang, 125-150 berat, dan 150-175 sangat berat <sup>[5, 3, 6]</sup>.

Jadi hasil pengamatan suhu kulit dan suhu oral menunjukkan nilai yang secara signifikan di atas normal sedangkan hasil pengamatan denyut nadi menunjukkan bahwa pekerjaan yang dilakukan dalam aktivitas praktikum lapangan termasuk level ringan sampai sedang. Skor kelelahan meningkat secara signifikan sampai akhir aktivitas. Kenyataan-kenyataan ini menunjukkan bahwa dalam aktivitas praktikum lapangan terdapat risiko-risiko yang dapat merugikan dan membahayakan mahasiswa.

Perubahan secara signifikan variabel fisiologis dan kelelahan tersebut, selain merugikan mahasiswa secara fisik dan psikhis juga berakibat mahasiswa tidak dapat mencapai target kinerja yang diharapkan. Oleh karena itulah maka mahasiswa tak dapat mencapai target kinerja yang diharapkan.

Permasalahan-permasalahan yang muncul ketika melakukan aktivitas praktikum lapangan, hanya dapat dipecahkan secara komprehensif dan lebih cermat bila

sebanyak mungkin faktor-faktor yang berpengaruh dan terkait diperhitungkan. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan ergonomi total.

Dengan penerapan pendekatan ergonomi total <sup>[10,11,12,14]</sup>, untuk memperbaiki kondisi dan prilaku yang tidak ergonomis yang dipahami sebagai faktor penyebab gejala yang terkait dengan respons fisiologis dan kelelahan, maka faktor-faktor yang dipandang perlu diperhatikan dalam intervensi untuk perbaikan adalah: setelan pakaian yang dikenakan <sup>[4,7,11]</sup>, suplesi gizi dan air mineral di antara unit praktikum <sup>[13]</sup>, perbaikan sikap kerja, penyesuaian posisi titik ukur dengan antropometri tubuh, penggunaan perlengkapan pelindung <sup>[15]</sup>, pemberian waktu istirahat <sup>[6]</sup>, pemberian motivasi (dorongan) pada mahasiswa, komunikasi dua arah yang simpatik dan empatik, perbaikan informasi <sup>[9]</sup>, dan penggunaan alat bantu.

#### **4. SIMPULAN**

Berdasarkan hasil-hasil yang diperoleh dalam penelitian ini maka dapat dikemukakan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Dilihat dari respons fisiologis dan kelelahan, aktivitas praktikum lapangan ternyata menunjukkan permasalahan-permasalahan (berupa kondisi dan prilaku yang tidak ergonomis) yang perlu segera diatasi. Hal ini perlu dilakukan



mengingat aktivitas ini merupakan aktivitas yang rutin dalam kegiatan Belajar Mengajar di Jurusan Fisika FMIPA UNIMA sehingga dipandang urgen, sehingga diharapkan dalam pelaksanaan aktivitas-aktivitas selanjutnya akan terhindar dari risiko-risiko yang merugikan mahasiswa.

- 2) Dengan menggunakan pendekatan ergonomi total, permasalahan-permasalahan yang terdapat dalam aktivitas praktikum lapangan yang dilakukan di Jurusan Fisika FMIPA UNIMA dapat dipecahkan secara komprehensif. Dengan pendekatan ergonomi total, faktor-faktor yang dipandang perlu diperhatikan dalam intervensi untuk perbaikan adalah: setelan pakaian yang dikenakan, suplesi gizi dan air mineral di antara unit praktikum, perbaikan sikap kerja, penyesuaian posisi titik ukur dengan antropometri tubuh, penggunaan perlengkapan pelindung, pemberian waktu istirahat, pemberian motivasi (dorongan) pada mahasiswa, komunikasi dua arah yang simpatik dan empatik, perbaikan informasi, dan penggunaan alat bantu. Faktor-faktor yang dipandang penting untuk intervensi dalam rangka perbaikan kondisi-kondisi yang tidak ergonomis direkomendasikan untuk dilakukan dalam penelitian lanjutan.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Brake, R and G. Bates. *A Valid Methods for Comparing Rational and Empirical Heat Stress Indices*. School of Public Health, Curtin University, Perth, Australia. *Ann.Occup.Hyg.* 46(2):165-174, 2002.
- [2] Brualdi, A. *Implementing Performance Assesment in the Classroom*. Washington DC. The Catholic University of America, [cited 2007 April 13]. Available from: URL: <http://ericae.net/digests/tm9807.pdf>. 1998.
- [3] Christopherson, N. *Personal Comfort*, [cited 2005 Mar.23]. Available from: URL: <http://www.bacharach-training.com/norm/comfort.htm>. 2005.
- [4] Færevik, H and R.E. Reinertsen. *Effect of Wearing Aircrew Protective Clothing on Physiological and Cognitive Responses under Various Ambient Conditions*. *Ergonomics* Vol.46, No.8, 780-799. 2003.
- [5] Ganong. W. F. *Review of Medical Physiology*. Diterjemahkan oleh Adji Dharma. Fisiologi Kedokteran. Jakarta. EGC Penerbit Buku Kedokteran. 1983.
- [6] Grandjean, E. *Fitting the Task to the Man*. A Textbook of Occupational Ergonomics 4th ed. London; Taylor and Francis. 1988.
- [7] Havenith, G. *Individualized Model of Human Thermoregulation for the Simulation of heat stress response*. Human Thermal Environment Laboratory, Loughborough University. *J Appl Physiol.*, 90:1943-1954, 2001.

- [8] Jurusan Fisika. *Panduan Akademik*. Tondano: Jurusan FISIKA Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNIMA. 2003.
- [9] Lieb, S. *Principles of Adult Learning*. Arizona: Departement of Helath Services, South Mountain Community college, [cited 2007 Feb 17]. Available from: URL: <http://honolulu.hawaii.edu/intranet/committees/FacDevCom/guidebk/teachtip/adults-2.htm>. 2007.
- [10] Manuaba, A. *Total Ergonomics "SHIP" Approach is a Must in Deep Sea Exploration and Exploration*. Denpasar: Departemen of Physiology. School of Medicine. University of Udayana. 2005a.
- [11] Manuaba, A. *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 Yokyakarta, 10 Desember 2005. 2005b.
- [12] Manuaba, A. *Kontribusi Ergonomi dalam Pembangunan, dengan Acuan Khusus Bali*. Seminar Ergonomi Nasional II, Yokyakarta: 9 Oktober. 2004b.
- [13] Moran, D. S., S. J. Montain and K. B. Pandolf. *Evaluation of different Levels of Hydration Using a New Physiological Strain Index*, The American Physiological Society. *Am.J.Physiol.* 275(44):854-859, 1998.
- [14] Palilingan, R. N. *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. 2006.
- [15] Rodahl, K. *Occupational Health Conditions in Extreme Environments*. Published by Oxford University Press. *Ann. occup. Hyg.*, 47(3): 241–252. 2003.
- [16] Slater, T. F. *Performance Assessment*. Department of Physics. Montana State Univesity, [cited 2005 Mar. 20]. Available from: URL: <http://www.flaguide.org/cat/perfass/perfass6.php>. 2007.
- [17] Sutjana, D. P. *Penuntun Tugas Lapangan Mata kuliah Ergonomi-Fisiologi Kerja*. Denpasar: Program Pascasarjana Universitas Udayana. 2000.
- [18] Tengko, S. N., R. N. Palilingan, M. M. Pungus, Marianus, Ch. Medellu. *Pemanfaatan Peralatan BMG Untuk Praktikum Fisika Bagi Mahasiswa Jurusan Fisika dan Siswa SMA*. Laporan Akhir Pelaksanaan Penelitian Kolaboratif. Proyek DUE-Like Batch II. Tondano: Universitas Negeri Manado. 2004.