

# Karakteristik *Energy Expenditure* di Kegiatan Alam Terbuka

\*I Ketut Adnyana<sup>1</sup>, Tommy Apriantono<sup>2</sup>, Sandra Jati Purwanti<sup>1</sup>, Tjokorde Istri Armina<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kelompok Keilmuan Farmakologi dan Farmasi Klinik,

<sup>2</sup> Kelompok Keilmuan Keolahragaan, Sekolah Farmasi, Institut Teknologi Bandung,  
Jalan Ganesha 10 Bandung 40132

## Abstrak

Pengukuran pengeluaran energi (*energy expenditure*) selama kegiatan di alam terbuka merupakan salah satu cara untuk mengurangi risiko kecelakaan dan menghindari penurunan kinerja selama kegiatan. Pada penelitian ini akan dilakukan pengukuran pengeluaran energi dan parameter lain selama kegiatan Pendidikan Dasar Wanadri (PDW) 2010, di Situ Lembang dengan ketinggian 1600 meter dpl, dalam rentang waktu 4 -16 Juli 2010. Pengukuran pengeluaran energi serta denyut jantung menggunakan Polar RS400. Pengukuran berat badan, persentase lemak tubuh, dan tekanan darah dilakukan pada hari tertentu dari setiap jenis kegiatan yang berbeda. Kuesioner diberikan pada akhir terakhir setiap jenis kegiatan berbeda. Subjek penelitian yang digunakan berjumlah 6 orang pria yang rata-rata berusia  $20,7 \pm 1,6$  tahun, dengan rata-rata tinggi badan  $171,8 \pm 3$  cm, dan berat badan  $66,2 \pm 5,1$  kg. Pengeluaran energi saat kegiatan berbeda bermakna dan mencapai 2-3 kali lipat dari pengeluaran energi saat kegiatan normal sebelum kegiatan PDW ( $2956 \pm 495$  kkal/hari). Pengeluaran energi terbesar terjadi saat kegiatan *longmarch* ( $8286 \pm 730$  kkal/hari). Jumlah asupan energi (*energy intake*) rata-rata selama PDW terekam sebesar 1380 kkal/hari. Terjadi penurunan berat badan ( $10,20 \pm 0,80$  %), penurunan persentase lemak tubuh ( $48,80 \pm 2,63$  %), dan penurunan massa bebas-lemak ( $2,87 \pm 0,06$  %). Dari analisis data dapat disimpulkan bahwa pengeluaran energi tidak diimbangi dengan asupan energi yang cukup, sehingga terjadi perubahan berat badan dan komposisi tubuh.

**Kata Kunci:** pengeluaran energi, kegiatan alam terbuka

## Abstract

Determination of energy expenditure during outdoor activity is performed to reduce the risk of accidents and to avoid a fall of performance during activity. In this study, energy expenditure measurement was performed during Pendidikan Dasar Wanadri (basic training of Wanadri or PDW) 2010, at Situ Lembang which is 1600 meter above sea level, from 4 to 16 July 2010. Measurement of body weight, body fat percentage and blood pressure was performed on certain days of each different type of activity. Questionnaires were distributed on the last day of each different activity. Subjects were 6 males, which average age, height, and weight were  $20.7 \pm 1.6$  years old,  $171.8 \pm 3$  cm, and  $66.2 \pm 5.1$  kg respectively. Energy expenditure during PDW activity was significantly larger, around 2-3 times of the normal activity energy expenditure prior to PDW ( $2956 \pm 495$  kcal/day). The largest energy expenditure recorded was during *long march* activity ( $8286 \pm 730$  kcal/day). Average energy intake during PDW was recorded at 1380 kcal/day. Weight loss ( $10.20 \pm 0.80$  %), body fat percentage decrease ( $48.80 \pm 2.63$  %), and fat-free mass decrease ( $2.87 \pm 0.06$  %) occurred in subjects during the activity. It was concluded from the data that the energy expenditure was much larger than the energy intake, which caused changes in body weight as well as body composition.

**Keywords:** energy expenditure, outdoor activity

## Pendahuluan

Kegiatan alam terbuka adalah suatu kegiatan yang dilaksanakan di lokasi yang masih alami seperti hutan, perbukitan, pantai, dan lokasi alam lainnya. Salah satu kegiatan tersebut adalah pendakian gunung. Penelitian oleh Bourrilhon *et al.* (2009) menunjukkan bahwa diperlukan energi yang sangat besar saat melakukan kegiatan alam terbuka. Oleh karena itu, diperlukan pengukuran pengeluaran energi (*energy expenditure*) untuk menilai keseimbangan energi yang dikeluarkan dengan asupan energi. Hal ini dilakukan sebagai salah satu cara untuk mengurangi resiko kecelakaan dan menghindari penurunan kinerja selama berkegiatan di alam terbuka selanjutnya.

Perhimpunan Penempuh Rimba dan Pendaki Gunung atau Wanadri, setiap tahun menyelenggarakan

Pendidikan Dasar Wanadri (PDW). Kegiatan PDW tersebut termasuk dalam kegiatan alam terbuka yang dilakukan di dataran tinggi. Dalam penelitian ini akan dilakukan pengukuran pengeluaran energi (*energy expenditure*) serta profil tekanan darah dan komposisi tubuh dari peserta PDW selama melakukan kegiatan di alam terbuka. Hasil yang didapatkan, diharapkan dapat menjadi referensi pelaksanaan PDW selanjutnya.

## Percobaan

### Subjek Penelitian

Subjek penelitian berjumlah 6 orang peserta pria yang lolos seleksi PDW 2010 dan bersedia menjadi subjek penelitian. Pemilihan subjek penelitian juga berdasarkan data hasil seleksi selama peserta

---

\*Penulis korespondensi. E-mail: ketut@fa.itb.ac.id

mengikuti tahapan seleksi yang meliputi tes psikologi, wawancara medis, tes kesehatan, tes fisik, tes renang, dan tes kemampuan dasar Wanadri. Subjek penelitian memiliki nilai-nilai yang baik selama tahap seleksi tersebut.

Subjek menjalani kegiatan PDW yang secara garis besar terdiri atas 3 jenis kegiatan yang berbeda yaitu *longmarch*, barak, dan bivak. Kegiatan PDW berorientasi di alam terbuka tetapi diselingi materi selama beberapa jam di ruang terbuka. Kegiatan *longmarch* adalah kegiatan berjalan dari satu lokasi menuju lokasi PDW (Area Latihan Tempur Gunung-Hutan Kopassus di situ Lembang). Kegiatan barak yaitu kegiatan dimana pada malam harinya subjek tidur di barak dengan alas tidur kayu bersama peserta lain. Sedangkan kegiatan bivak adalah kegiatan dimana subjek pada malam harinya tidur di hutan Situ Lembang dengan membuat bivak (perlindungan) yang terbuat dari ponco untuk kegiatan bivak ponco dan terbuat dari dedaunan maupun ranting pohon untuk kegiatan bivak alam.

#### Alat

Alat yang digunakan anatara lain Polar RS400, Microtoise Satturmeter, timbangan berat badan digital (Omron®), alat pengukur tekanan darah digital (Perfect Health®), kuesioner terkait perubahan selera makan dan kuesioner mengenai kualitas tidur.

#### Prosedur

##### Tes balke

Pada tes Balke subjek berlari selama 15 menit kemudian diikuti pengukuran konsumsi oksigen maksimal (VO<sub>2</sub> max). Tes Balke dilakukan untuk mengukur kebugaran subjek sebelum kegiatan.

##### Monitoring pengeluaran energi (*energy expenditure*) dan denyut jantung (*heart rate*)

Data pengeluaran energi (*energy expenditure*) dalam kilokalori (kcal) per hari dan denyut jantung (*heart rate*) dalam denyut per menit diukur dengan menggunakan alat Polar RS400.

Alat tersebut dipasang pada tiap subjek penelitian beberapa hari sebelum hari pelaksanaan PDW untuk mengetahui pengeluaran energi (*energy expenditure*) dan denyut jantung (*heart rate*) dalam kegiatan normal sehari-hari. Polar RS400 juga dipasang sejak bangun tidur hingga menjelang tidur malam pada tubuh subjek penelitian selama pelaksanaan PDW yang berlangsung selama dua minggu. Hasil normal dan selama kegiatan PDW berlangsung akan dibandingkan.

#### Pengukuran karakteristik antropometri

Karakteristik antropometri yang akan diukur meliputi: (1) berat badan dan tinggi badan, (2) massa lemak tubuh (*body fat*), dan (3) massa tubuh tanpa lemak (*lean body mass*).

##### Pengukuran berat badan dan tinggi badan

Tinggi badan diukur menggunakan alat pengukur tinggi badan *Microtoise Staturmeter*, dan pengukuran hanya dilakukan sekalipada setiap subjek penelitian. Berat badan diukur menggunakan timbangan berat badan digital (Omron®) dan pengukuran dilakukan pada hari terakhir PDW.

##### Pengukuran massa lemak tubuh (*body fat*)

Massa lemak tubuh, dalam satuan persentase lemak tubuh, didapatkan melalui pengukuran dengan timbangan berat badan digital (Omron®).

##### Pengukuran massa tubuh tanpa lemak (*lean body mass*)

Massa tubuh tanpa lemak yang dihitung yaitu massa tubuh tanpa lemak hari pertama pelaksanaan PDW dan massa tubuh tanpa lemak pada hari terakhir PDW. Formula untuk menghitung massa tubuh tanpa lemak adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Massa tanpa lemak} &= \text{berat badan (kg)} - \text{lemak} \\ &\text{tubuh (kg)} \dots\dots\dots 1.1 \\ \text{Lemak Tubuh (Body fat)} &= \text{berat badan (kg)} \times \text{persen} \\ &\text{lemak tubuh (desimal)} \\ &\dots\dots\dots 1.2 \end{aligned}$$

##### Pengukuran Tekanan Darah

Tekanan darah sistolik dan diastolik diukur menggunakan alat pengukur tekanan darah digital (Perfect Health®).

##### Kuesioner

Terdapat dua kuesioner. Kuesioner pertama diisi oleh subjek penelitian selama PDW yang berisi pertanyaan-pertanyaan terkait perubahan selera makan yang mungkin dialami peserta selama kegiatan alam terbuka di dataran tinggi. Kuesioner kedua berisi pertanyaan-pertanyaan mengenai kualitas tidur yang diisi oleh subjek sebelum tidur dan setelah bangun tidur

#### Hasil Percobaan dan Pembahasan

Subjek penelitian yang digunakan berjumlah 6 orang pria yang rata-rata berusia  $20,7 \pm 1,6$  tahun, dengan rata-rata tinggi badan  $171,8 \pm 3$  cm dan berat badan  $66,2 \pm 5,1$  kg. Sebelum PDW, tes Balke dilakukan oleh 5 subjek penelitian. Tes Balke tidak dilakukan kepada satu subjek sebelum PDW karena kondisi

subjek yang tidak memungkinkan. Hasil tes Balke menunjukkan bahwa kebugaran subjek 1 berada dalam status kurang (*poor*), subjek 2 dan 3 berada dalam status cukup baik (*fair*), serta subjek 4 dan 5 berada dalam status baik (*good*).

Pengeluaran energi (*energy expenditure*) diukur pada 5 hari sebelum PDW (H-5) sebagai baseline (kegiatan normal), *longmarch*, barak, bivak ponco regu, bivak ponco solo, bivak alam regu, dan bivak alam solo. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 1.

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan bermakna antara pengeluaran energi saat normal dan saat kegiatan. Pengeluaran energi terbesar terjadi saat

kegiatan *longmarch*. Hal tersebut disebabkan oleh intensitas kegiatan yang tinggi, yaitu berjalan melalui berbagai macam lintasan selama  $\pm 18$  jam sambil membawa beban tas  $\pm 25$  Kg.

Pada Tabel 2, dapat dilihat asupan energi yang didapatkan oleh subjek penelitian selama kegiatan. Perhitungan asupan energi berdasarkan pada makanan yang diterima oleh peserta.

Bila dibandingkan dengan pengeluaran energi yang terdapat pada Tabel 1, maka asupan energi seperti yang terdapat pada Tabel 2 masih kurang. Rata-rata asupan energi (*energy intake*) selama 11 hari kegiatan di Situ Lembang adalah sebesar 1380 kkal/hari.

**Tabel 1.** Total Pengeluaran Energi (*Energy Expenditure*)(kkal/hari) Setiap Jenis Kegiatan

Kegiatan Normal	Longmarch	Barak	Ponco Regu	Ponco Solo	Alam Regu	Alam Solo
1 hari (n=6)	1 hari (n=6)	4 hari (n=6)	2 hari (n=6)	2 hari (n=6)	2 hari (n=5)	1 hari (n=5)
2956 $\pm$ 495	8286 $\pm$ 730*	3610 $\pm$ 592*	5471 $\pm$ 383	5422 $\pm$ 209*	5472 $\pm$ 346*	5795 $\pm$ 278*

Keterangan:

\* = berbeda bermakna ( $P < 0,05$ ) dibandingkan terhadap pengeluaran energi (*energy expenditure*) kegiatan normal

**Tabel 2.** Gambaran Asupan Energi (*Energy Intake*) (kkal/hari) Selama 11 hari

Hari					
ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5	ke-6 s/d ke-11
1817*	1432*	1488*	1673*	1574*	1199 <sup>#</sup>

Keterangan:

\* = berdasarkan perhitungan makanan matang

<sup>#</sup> = berdasarkan perhitungan bahan makanan mentah (paket makanan)

(Sumber: database *Nutrition Surveys and Calculation*, 2007)

**Tabel 3.** Profil Persentase Penurunan Komposisi Tubuh Selama 11 Hari

Parameter	Kegiatan		Penurunan (%)
	Hari ke-1	Hari ke-11	
Lemak Tubuh (%)	15,20 $\pm$ 3,82	7,70 $\pm$ 1,51 <sup>#</sup>	48,80 $\pm$ 2,63
Massa Bebas Lemak (kg)	55,60 $\pm$ 4,08	54,00 $\pm$ 3,93*	2,87 $\pm$ 0,06
Berat Badan (kg)	65,20 $\pm$ 5,08	58,60 $\pm$ 5,07**	10,20 $\pm$ 0,80

Keterangan:

<sup>#</sup> = berbeda bermakna ( $P < 0,05$ ) dibandingkan terhadap lemak tubuh pada hari ke-1

\* = berbeda bermakna ( $P < 0,05$ ) dibandingkan terhadap massa bebas lemak pada hari ke-1

\*\* = berbeda bermakna ( $P < 0,05$ ) dibandingkan terhadap berat badan pada hari ke-1

Denyut jantung rata-rata paling tinggi selama satu hari kegiatan teramati pada kegiatan *longmarch*, yaitu sebesar 132 denyut/menit. Dari pengukuran pengeluaran energi, didapatkan bahwa kegiatan *longmarch* juga merupakan kegiatan dengan pengeluaran energi tertinggi. Hal ini membuktikan bahwa tingkat atau intensitas kegiatan yang dilakukan dapat direfleksikan melalui denyut jantung (Le Blanc 1957).

Selain denyut jantung dan pengeluaran energi, perubahan komposisi tubuh juga diamati selama kegiatan. Terjadi penurunan berat badan dari hari ke-1 hingga hari ke-11, yang disertai penurunan persentase lemak tubuh. Massa tubuh tanpa lemak dari subjek juga mengalami penurunan. Perubahan komposisi tubuh tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Penurunan berat badan dan persentase lemak dapat disebabkan oleh pengeluaran energi yang nilainya sangat besar jika dibandingkan kegiatan normal serta pemasukan energi yang rendah. Asupan energi yang tidak mencukupi memicu peningkatan katabolisme lemak dan glukoneogenesis. Stimulus utama peningkatan metabolisme lemak adalah pelepasan hormon katekolamin yaitu norepinefrin. Glikolisis terjadi akibat peningkatan metabolisme karbohidrat yang dipicu norepinefrin. Jika glikolisis terus terjadi namun asupan kurang, maka akan timbul kondisi hipoglikemi dan penurunan kadar glikogen di hati, sehingga terjadi peningkatan katabolisme lemak.

Rata-rata tekanan darah meningkat saat memasuki jenis kegiatan serta medan latihan yang baru. Rata-rata nilai tekanan darah teramati tinggi saat kegiatan barak hari ke-1, bivak ponco regu hari ke-1, bivak ponco solo hari ke-1, bivak alam regu hari ke-1, dan bivak alam solo hari ke-1. Hari selanjutnya pada kegiatan yang sama, rata-rata nilai tekanan darah mengalami penurunan dibandingkan hari sebelumnya.

Daerah dataran tinggi memiliki konsentrasi oksigen yang rendah dibandingkan dataran rendah. Faktor konsentrasi oksigen yang rendah tersebut menyebabkan tubuh mengalami perubahan fisiologis, salah satunya peningkatan tekanan darah (Tsfaye *et al.* 2007). Selain itu, peningkatan tekanan sistolik maupun diastolik dapat terjadi akibat suhu yang sangat rendah (Kilgour dan Carvalho 1994).

Dari hasil kuesioner ditemukan bahwa subyek penelitian mengalami peningkatan selera makan, berbeda dengan data literatur yang menyebutkan bahwa kegiatan fisik akan menurunkan produksi hormon ghrelin aktif sehingga menghasilkan penurunan selera makan (Wilmore *et al.* 2008). Subjek juga jarang merasakan kenyang saat makan, kebanyakan tidak pernah mengalami mual saat makan,

dan menyatakan bahwa makanan selama PDW terasa enak atau lebih enak. Peningkatan nafsu makan yang terjadi pada subjek penelitian tidak disertai dengan asupan energi melalui makanan yang sesuai kebutuhan dan pengeluaran energi selama berkegiatan, sehingga menyebabkan perubahan komposisi tubuh.

Kuesioner mengenai kualitas tidur juga dibagikan pada hari terakhir setiap jenis kegiatan yang berbeda. Berdasarkan kuesioner tersebut, diperoleh informasi bahwa subjek cenderung tidur dengan nyenyak dan tidak pernah terbangung di tengah-tengah jadwal tidur.

Ketidakseimbangan pengeluaran energi dan asupan energi dalam jangka waktu lama akan memberikan dampak negatif pada tubuh. Penelitian pada hewan menunjukkan adanya produksi spesi oksigen reaktif (ROS) pada mitokondria hewan yang dibatasi asupan kalorinya dalam jangka waktu yang panjang (Torres *et al.* 2002). ROS merupakan substansi yang bertanggung jawab dalam proses penuaan dan degenerasi organ-organ. Selain asupan energi yang perlu ditingkatkan, analisis data menunjukkan perlu adanya proses adaptasi sebelum kegiatan untuk menurunkan stress.

## Kesimpulan

Pengeluaran energi (*energy expenditure*) per hari selama kegiatan PDW di alam terbuka adalah sebesar  $8286 \pm 730$  kkal/hari untuk *longmarch*, dan rata-rata  $4811 \pm 1025$  kkal/hari untuk kegiatan lainnya di Situ Lembang. Pengeluaran energi tersebut berbeda bermakna dan lebih besar dibandingkan pengeluaran per hari pada kegiatan normal.

Denyut jantung tertinggi terjadi pada saat pengeluaran energi tertinggi, yaitu saat kegiatan *longmarch*. Selain itu, terjadi peningkatan tekanan darah saat memasuki medan latihan serta jenis kegiatan yang baru.

Walaupun selera makan meningkat, namun asupan energi (*energy intake*) lebih kecil dibandingkan pengeluaran energi sehingga terjadi perubahan komposisi tubuh berupa penurunan berat badan, penurunan persentase lemak, dan penurunan massa bebas-lemak.

## Daftar Pustaka

Bourrilhon C, Phillippe M, Chennaoui M, Van Beers P, Lepers R, Dussault C, Guezennec CY, Gomez DM, 2009, *Energy Expenditure during a Short Alpine Military Mission*, Wilderness and Environmental Medicine 20: 225-233.

Kilgour RD, Carvalho J, 1994, *Gender Differences in Cardiovascular Responses to the Cold Hand Pressor Test and Facial Cooling*, Can. J. Physiol. Pharmacol. 72(10): 1193-1999.

Le Blanc JA, 1957, *Use of Heart Rate as an Index of work Output*, J. Appl. Physiol. 10(2): 275-280.

Tesfaye F, Nawi NG, Van Minh H, Byass P, Berhane Y, Bonita R, Wall S, 2007, *Association Between Body Mass Index and Blood Pressure Across Three Population in Africa and Asia*, J. Hum. Hypertens. 21(1): 28-37.

Torres ML, Gredilla R, Sanz A, Barja G, 2002, *Influence of aging and long-term caloric restriction on oxygen radical generation and oxidative DNA damage in rat liver mitochondria*, Free radic. Biol. Med. 32(9): 882-889.

Wilmore HJ, Costill DL, Kenney WL, 2008, *Physiology of Sport and Exercise 4th ed.*, Human Kinetics, Champaign, 48-57.