



# Modul 4:

# Konsumsi Energi



Ir. MUH. ARIF LATAR, MSc



# I. PENDAHULUAN

# Pengantar

- Jenis pekerjaan yang menggunakan kekuatan otot telah berangsur diganti dengan kekuatan mesin.
- Perlunya menganalisis konsumsi energi yang dipakai, untuk:
  - Pemilihan frekuensi dan periode istirahat.
  - Perbandingan metode alternatif pemilihan peralatan untuk mengerjakan suatu jenis pekerjaan, dll

# Manifestasi Kerja Berat

- Pokok bahasan dalam manifestasi kerja berat, antara lain:
  - Konsumsi Energi
  - Denyut Jantung (*Heart Rate*),
  - Tekanan darah (*Blood Pressure*),
  - Cardiac Output
  - Komposisi Kimia dalam Darah,
  - Temperatur Tubuh (*Body Temperature*),
  - Kecepatan Berkeringat (*Swieting Rate*),
  - Kemampuan Pernafasan (*Pulmonary Ventilation*)

# Unit Satuan yang Dipakai

- *Kalorie:*
  - *1 kilo kalorie (kcal) = 4,2 KiloJoule (KJ).*
- *Konversi konsumsi energi diukur dalam satuan Watt:*
  - *1 Watt = 1 Joule/Sec.*
- *1 liter oksigen akan memberikan 4,8 kcal energi yang setara dengan 20 kj, atau:*
- *1 liter O<sub>2</sub> menghasilkan 4,8 kcal energi = 20 kj.*

# Proses Metabolisme

- yaitu berupa kumpulan- kumpulan dari proses kimia/energi kimia yang mengubah bahan makanan menjadi dua bentuk, yaitu panas dan kerja mekanis dalam tubuh manusia dan

## II. KOMSUMSI ENERJI

1. Metabolisme Basal.
2. Kalori untuk Bekerja
3. Kalorie untuk Aktivitas Sehari-hari (*Leisure Calories*).
4. Konsumsi Energi Total

# DEFINISI

- Konsumsi energi merupakan faktor utama dan tolok ukur yang dipakai sebagai penentu besar/ringannya kerja fisik yang dilakukan



# Konsumsi Energi

## 1. Metabolisme Basal.

- Adalah konsumsi energi secara konstan pada saat istirahat dengan perut dalam keadaan kosong.
- Tergantung pada: ukuran, berat badan, dan jenis kelamin.
- Untuk pria 70 kg membutuhkan 1700 kkal per 24 jam, dan untuk wanita dengan berat 60 kg membutuhkan 1400 kkal per 24 jam.
- Pada kondisi metabolisme basal ini hampir semua energi kimia dari zat makanan dikonversikan menjadi panas.

# Konsumsi Energi

## 2. Kalori untuk Bekerja.

- Konsumsi energi dimulai pada saat pekerjaan fisik dimulai.
- Kalori kerja =  
Konsumsi energi pada saat bekerja – konsumsi energi pada saat istirahat atau pada saat metabolisme basal.
- Kalori kerja menunjukkan tingkat ketegangan otot dalam hubungannya dengan:
  - Jenis pekerjaan
  - Tingkat usaha kerjanya
  - Kebutuhan waktu untuk istirahat
  - Efisiensi pada jenis perkakas kerja
  - Produktifitas dari berbagai variasi kerja

# Konsumsi Energi

3. Kalorie untuk Aktivitas Sehari-hari (*Leisure Calories*).
  - Rata-rata konsumsi energi Pria (600 kkal), dan Wanita (500-550 kkal).
  
4. Konsumsi Energi Total, terdiri atas:
  - Metabolisme Basal,
  - Kalorie untuk Bersantai,
  - Kalorie untuk Bekerja.

## 5. Konsumsi Energi Pada Waktu Kerja

Konsumsi energi pada waktu kerja biasanya ditentukan dengan cara tidak langsung, yaitu dengan

- pengukuran tekanan darah,
- aliran darah,
- komposisi kimia dalam darah,
- temperatur tubuh,
- tingkat penguapan dan jumlah udara yang dikeluarkan oleh paru-paru

## 6. Pengukuran Konsumsi Oksigen

- Satuan pengukuran konsumsi energi adalah kilocalorie (kcal).
- 1 kcal adalah jumlah panas yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur 1 liter air dari 14,5 menjadi 15,5 derajat celcius.
- Jika 1 liter oksigen dikonsumsi oleh tubuh, maka tubuh akan mendapatkan 4,8 kcal energi.

# Pengukuran Konsumsi Oksigen

- *Delay* (penundaan) untuk tingkat pernafasan dan penggunaan oksigen tertentu.
- Hutang oksigen (*oxigen debt*) terjadi setelah aktivitas berlangsung. Dan hutang oksigen ini hanya akan dapat dibayar (paid off) pada akhir aktivitas/istirahat.

## 7. Kapasitas Kerja

- Semakin meningkatnya beban kerja, maka konsumsi oksigen akan meningkat secara proporsional sampai didapat kondisi maksimumnya.
- Konsumsi oksigen diberi simbol  $VO_2$  dan diukur dalam satuan liter/menit. Dalam perancangan kerja diharapkan berada dibawah  $(VO_2)_{max}$  dari rata-rata populasi.

## 8. Konsumsi Energi Berdasarkan Kapasitas Oksigen Terukur

Konsumsi energi dapat diukur secara tidak langsung dengan mengukur konsumsi oksigen. Jika satu liter oksigen dikonsumsi oleh tubuh, maka tubuh akan mendapatkan 4,8 kcal energi.

$$R = \frac{T(B - S)}{B - 0.3}$$

Dimana :

R : Istirahat yang dibutuhkan dalam menit (*Recovery*)

T : Total waktu kerja dalam menit

B : Kapasitas oksigen pada saat kerja (liter/menit)

S : Kapasitas oksigen pada saat diam (liter/menit)



A spiral notebook binding is visible on the left side of the page, consisting of a series of metal loops. The page is white with a light beige background behind it.

## II. Pengukuran Denyut Jantung

# Pengukuran Denyut Jantung

- Derajat beratnya beban kerja tidak hanya tergantung pada jumlah kalori yang dikonsumsi, akan tetapi juga tergantung pada jumlah otot yang terlibat pada pembebanan otot statis.
- Meningkatnya denyut jantung adalah dikarenakan oleh:
  - Temperatur sekeliling yang tinggi
  - Tingginya pembebanan otot statis
  - Semakin sedikit otot yang terlibat dalam suatu kondisi kerja.

# Pengukuran Denyut Jantung

- Cara pengukuran denyut jantung dapat dilakukan dengan berbagai cara sebagai berikut:
  - Merasakan denyut yang ada pada arteri radial pada pergelangan tangan.
  - Mendengarkan denyut dengan *stethoscope*.
  - Menggunakan ECG (*Electrocardiogram*), yaitu mengukur signal elektrik yang diukur dari otot jantung pada permukaan kulit dada.

# Denyut Jantung pada berbagai Kondisi Kerja

- Muller (1962) memberikan definisi sebagai berikut:
  - Denyut jantung pada saat istirahat (*resting puls*), adalah rata-rata denyut jantung sebelum pekerjaan dimulai,
  - Denyut jantung selama bekerja (*working pulse*), adalah rata-rata denyut jantung selama (pada saat) seseorang bekerja,
  - Denyut jantung untuk bekerja (*work pulse*), adalah selisih antara denyut jantung selama bekerja dan selama istirahat.

# Denyut Jantung pada berbagai Kondisi Kerja

- Denyut jantung selama istirahat total (*total recovery cost or recovery cost*), adalah jumlah aljabar denyut jantung dari berhentinya denyut pada saat suatu pekerjaan selesai dikerjakan sampai dengan denyut berada pada kondisi istirahatnya.
- Denyut kerja total (*total work pulse or cardiac cost*), adalah jumlah denyut jantung dari mulainya suatu pekerjaan sampai dengan denyut berada pada kondisi istirahatnya (*resting level*).

# Panjang Periode Kerja dan Istirahat

- Jika seseorang bekerja pada tingkat energi diatas 5,2 kcal per menit, maka pada saat itu akan timbul rasa lelah (fatigue).

Untuk menghitung pulsa denyut jantung dalam melakukan pekerjaan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Pulsa Denyut Jantung} = \text{Rata-rata Pulsa Saat Bekerja} - \text{Rata-rata Pulsa Saat Istirahat}$$

konsumsi oksigen per menit dapat dihitung dengan mengkonversikan denyut jantung persamaan ini:

$$\text{Konsumsi Oksigen} = \left[ \frac{X - 75}{5} \cdot 0,1 \right] + 0,5$$

dimana :

$X$  = Kecepatan denyut jantung (denyut/menit)

## Rumuskan hubungan antara Energi *expenditure* dengan Kecepatan Denyut

$$W = 1,80411 - 0,0229038X + 4,71733 \times 10^{-4} X^2$$

dimana :

W = Energi (kkal/menit)

X = Kecepatan denyut jantung (denyut/menit)



Konsumsi energi untuk suatu kegiatan kerja tertentu dalam bentuk matematik sebagai berikut :

$$\mathbf{KE = Et - Ei}$$

dimana :

KE = Konsumsi energi untuk suatu kegiatan tertentu (kkal/menit)

Et = Pengeluaran energi pada saat kerja tertentu (kkal/menit)

Ei = Pengeluaran energi pada saat istirahat (kkal/menit)

## Konsumsi energi berdasarkan denyut jantung (*heart rate*)

Murrel membuat metode untuk menentukan waktu istirahat untuk kerja berat :

$$R = \frac{T(W - S)}{W - 1,5}$$

Dimana :

- R : Istirahat yang dibutuhkan dalam menit (*Recovery*)
- T : Total waktu kerja dalam menit
- W : Konsumsi energi rata-rata untuk bekerja dalam kkal/menit
- S : Pengeluaran energi rata-rata yang direkomendasikan dalam kkal/menit (biasanya 4 atau 5 Kkal/menit)

## Referensi,

- Eko Nurmiyanto, Ir., M.Eng.Sc., D.E.R.T Juli 2008, *Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya Edisi Kedua / Cetakan Kedua* ,
- Departemen Tenaga Kerja RI, Pusat Pengembangan Keselamatan Kerja dan Hiperkes, 2004 . *Modul Ergonomi dan Fisiologi Kerja*
- KHE, HB Kroemer , *Ergonomics, How to Design for Ease and Efficiency, Second Edition, Prentice Hall.*
- Mc Cormick EJ, Sander MS. 1982. *Human Factors in Engineering and Design. Mc Graw Hill. New York.*
- Taylor & Francis 1988, *Fitting the task to the Man, A textbook of Occupational Ergonomics 4<sup>th</sup> Edition, London New York ,Philadelphia 1988*

Online Reading:

<http://www.emedicine.com>