

Departemen Fisiologi
Laboratorium Biomedik

Fakultas Kedokteran UMM



MODUL PRAKTIKUM

Pencernaan 1

Basal Metabolic Rate

PRAKTIKUM ILMU FAAL

BASAL METABOLIC RATE (BMR) DAN METABOLISME ENERGI/KERJA

A. PENDAHULUAN

A.1. METABOLISME BASAL DAN ANGKA METABOLISME

Metabolisme meliputi setiap proses kimiawi yang terjadi di dalam tubuh. Proses ini menyangkut proses pembentukan (anabolisme) dan penggunaan energi (katabolisme). Tingkat aktifitas metabolisme seseorang dapat dinilai dengan melihat besarnya energi yang digunakan yang dapat dilihat dari besarnya panas yang dilepaskan oleh tubuh atau besarnya pemakaian O₂.

Derajat metabolisme seseorang sangat dipengaruhi oleh aktifitas fisik orang yang bersangkutan. Aktifitas kerja seseorang akan bervariasi sehingga dibutuhkan suatu keadaan standar dimana tingkat metabolisme seseorang dapat dinilai dan dibandingkan. Keadaan itu disebut keadaan basal.

Keadaan basal ialah suatu keadaan jaga (tidak tidur) tetapi orang bersangkutan dalam keadaan istirahat fisik maupun mental dan berada dalam lingkungan yang bersuhu nyaman. Jadi pada saat itu tidak ada pekerjaan luar (*external work*) yang dilakukan, selain itu diperlukan keadaan *post absorptive* sehingga bebas dari pengaruh SDA.

Syarat untuk mendapatkan keadaan basal :

1. Yang paling baik adalah bila pemeriksaan dilakukan pagi hari waktu subyek (orang yang akan diperiksa) baru bangun tidur, belum melakukan aktivitas apa-apa. Tetapi keadaan ini tidak selalu dapat dilaksanakan, oleh karena itu untuk mendekati keadaan basal ini maka sebelum pemeriksaan aktivitas subyek sangat dibatasi dan diperlukan istirahat terlebih dahulu selama minimal ½ jam.

2. Pemeriksaan dilakukan subyek dalam keadaan tiduran.
3. Istirahat pada suasana ruangan tenang.
4. Ruangan dalam batas suhu nyaman.
5. 10-12 jam terakhir subyek tidak makan, boleh minum air tawar.
6. Malam hari sebelum pemeriksaan subyek dapat tidur nyenyak dan cukup waktu.
7. 2 hari terakhir (48 jam) tidak makan banyak protein dan lemak.
8. Pada waktu pemeriksaan subyek harus bebas dari pengaruh obat-obatan.

Besarnya metabolisme basal dapat dinyatakan dalam satuan $\text{KJ/m}^2/\text{jam}$ atau kcal/m^2 luas permukaan badan/jam.

BASAL METABOLIC RATE (BMR)

Basal Metabolic Rate pada hakekatnya ialah produksi panas per satuan waktu pada orang yang dalam keadaan basal. Untuk kepentingan klinis, dimana diperlukan membandingkan metabolisme basal seseorang dengan angka normalnya, maka hasil pengukuran metabolisme basal dinyatakan dalam besarnya penyimpangan metabolisme basal seseorang dari harga standart kelompoknya, dinyatakan dalam persen. Penyimpangan dapat positif atau negatif. Dari 2 daftar nilai Metabolisme Basal (Aub Du Bois dan Fleisch) kini yang banyak digunakan adalah harga standart Fleisch. Penyimpangan positif menunjukkan bahwa aktifitas metabolisme orang tersebut meningkat misalnya adanya peningkatan hormon tiroid. Pengukuran metabolisme basal dapat juga digunakan sebagai tolok ukur untuk menentukan kebutuhan tambahan kalori seseorang.

A.2. METABOLISME KERJA

Pada waktu kerja maka disamping keperluan basal diperlukan tenaga ekstra untuk melakukan kerja tersebut. Besarnya tenaga ekstra tentu saja tergantung dari beratnya pekerjaan yang dilakukan. Pada percobaan ini akan diukur besarnya *metabolic rate* pada waktu kerja.

B. TUJUAN

1. Menghitung dan menyimpulkan besar metabolisme basal dan metabolisme kerja orang coba.
2. Menghitung dan membahas B.M.R dengan rumus Reed :

$$\text{B.M.R.} = 0,75 \{(\text{frekuensi nadi}) + 0,74 (\text{tekanan nadi})\} - 72.$$

3. Mempelajari pengaruh faktor-faktor fisiologis yang mempengaruhi hasil pengukuran BMR.
4. Mempelajari mengapa perlu juga dihitung BMR dan bukan hanya *Metabolic Rate* saja.

C. SARANA

- | | |
|---|---------------------------|
| 1. Alat spirometer | 7. Cermin kecil |
| 2. Alat pencatat suhu ruangan | 8. Beban |
| 3. Alat pencatat tekanan udara (barometer) | 9. Metronom |
| 4. Pipa mulut (mouth piece) dan penjepit hidung | 10. Tempat tidur |
| 5. Timbangan dan pengukur tinggi badan | 11. Tensimeter |
| 6. Tabel Nomogram BSA Aub Du Bois | 12. Tabung O ₂ |

D. TATA KERJA

D.1. PEMERIKSAAN METABOLISME BASAL

1. Pemeriksaan secara tak langsung dilakukan dengan menggunakan alat spirometer. Spirometer termasuk jenis kalorimetri tertutup. CO₂ dalam pemeriksaan ini dihilangkan dengan pengikatan gas CO₂ oleh *soda lime*. Penurunan tabung sungkup dari awal menunjukkan besarnya pemakaian oksigen.
2. Persiapan orang coba (Ingat kenyataannya orang coba bukan dalam keadaan basal).
 - a. Catat : nama, umur, jenis kelamin, suku bangsa, pekerjaan.
 - b. Hitung luas badan orang tersebut dengan mengukur tinggi dan berat badan, selanjutnya dengan menggunakan “Nomogram dari Aub Du Bois” (Lampiran) dicari luas badannya.
 - c. Suruh orang coba istirahat berbaring tenang minimal setengah jam.
3. Persiapan alat-alat :
 - a. Catat suhu ruangan dan tekanan udara yang terbaca pada barometer.
 - b. Spirometer

- Bilas sungkup 2 – 3 kali dengan udara atmosfer dengan cara menekan kebawah dan menarik ke atas sungkup. Pastikan terlebih dahulu kran pengatur aliran udara pada ujung pipa dalam keadaan terbuka agar sungkup dapat ditekan dan ditarik.
 - Periksalah soda limenya apakah sudah mengalami kejenuhan dengan cara melihat perubahan warnanya.
 - Periksalah pipa – pipa aliran udara terpasang dengan benar, hawa ekspirasi keluar melewati soda lime masuk ke dalam sungkup.
 - Isi sungkup dengan oksigen melalui kran pengisi oksigen. Perhatikan kran pengatur aliran udara pada ujung pipa napas dalam keadaan tertutup.
 - Selanjutnya pasang kertas dalam drum (tromole)
 - Isi tinta penulis jika perlu
 - Pasang pipa mulut (mouth piece) yang telah disterilkan.
 - Hubungkan arus listrik dan periksalah jalan tromol. Gunakan kecepatan yang paling rendah.
4. Jalannya pemeriksaan.
- a. Setelah istirahat, menjelang pemeriksaan ukurlah suhu tubuh, frekuensi nadi, tekanan darah serta frekuensi pernapasan.
Pastikan keadaan jiwa betul-betul tenang.
 - b. Pasanglah pipa mulut pada orang coba, kemudian jepitlah hidungnya dengan penjepit hidung. Biarkan orang coba membiasakan diri dengan alatnya (masih bernapas dengan udara luar dengan menggunakan mulut).
 - c. Setelah pernapasan teratur jalankan tromol pencatat, kemudian pada akhir ekspirasi bukalah kran pengatur aliran udara sehingga orang coba bernapas ke spirometer.
 - d. Periksalah, jangan sampai ada kebocoran gas melalui mulut, maupun hidung (lakukan dengan menggunakan cermin kecil).
 - e. Jangan lupa menghitung frekuensi nadi, frekuensi pernapasan pada pertengahan dan akhir percobaan.
 - f. Catat suhu spirometer. Ini adalah suhu udara di dalam spirometer (dapat dilihat setelah percobaan selesai)
 - g. Lanjutkan percobaan sampai didapat grafik yang teratur, paling sedikit dalam 6 menit.

- h. Suhu oksigen dalam spirometer dapat dibaca pada termometer yang terpasang
 - i. Lihat tekanan barometer besarnya sama dengan tekanan dalam sungkup spirometer.
 - j. Periksa tabel tekanan uap air jenuh pada suhu spirometer (PH₂O) dengan melihat tabel
 - k. Setelah percobaan selesai didalam sungkup berisi oksigen dan uap air jenuh tekanan oksigen. Tekanan O₂ yang ada dalam sungkup dinyatakan sebagai P1 yang besarnya adalah: P1= tekanan barometer – PH₂O jenuh pada suhu spirometer setelah percobaan.
 - l. Setelah selesai bersihkan alat-alatnya.
 - m. Untuk menghitung pemakaian oksigen buatlah garis lurus yang mendekati titik ujung akhir ekspirasi dari grafik yang didapat.
5. Contoh Penghitungan.

a. Laki-laki 21 tahun, T.B. = 165 cm. B.B. = 65 kg.

Luas badan = 1,73 m² (lihat Lampiran : Tabel Nomogram Aub Du Bois).

b. Pemakaian oksigen 6 menit = 1,6 liter. Suhu spirometer = 27 °C dan Barometer ruangan = 757 mmHg (untuk kota Malang) (P1)

c. Ubahlah volume ATPS (*Ambient Temperature Pressure Saturated*) ke STPD (*Standard Temperature Pressure Dry*)

tekanan uap air jenuh pada 27°C = 26,7 mmHg pada Tabel Tekanan Uap Air Jenuh).

$$\frac{V_1 P_1}{T_1} = \frac{V_2 P_2}{T_2} \longrightarrow V_2 = \frac{P_1}{P_2} \times \frac{T_2}{T_1} \times V_1$$

$$V_2 = \frac{757 - 26,7}{760} \times \frac{273}{273 + 27} \times 1,6 \text{ liter} = 1,40 \text{ liter}$$

V₂ = 1,4 liter adalah konsumsi O₂ selama 6 menit kondisi STPD

Pemakaian oksigen tiap jam = 60 min/6 min x 1,40 = 10 x 1,4 = 14 liter.

d. Pada keadaan *Post Absorptive* (satu liter O₂ setara dengan 4,825 kcal).

e. $\text{Metabolic Rate} = \frac{14 \times 4,825}{1,73} = 39,04 \text{ kcal/m}^2/\text{jam}$.

Cara menghitung Laju Metabolisme Basal (BMR) :

Di dalam daftar Fleisch (lampiran) didapatkan bahwa untuk seseorang laki-laki berumur 21 tahun Metabolisme Standart adalah 37,5 kcal/m²/jam.

Jika pengukuran tersebut dilakukan dengan syarat basal, maka :

$$\text{B.M.R.} = \frac{39,04 - 37,5}{37,5} \times 100 \% = +4.10 \% \text{ (positif)}$$

D.2. METABOLISME KERJA

Prosedur persiapan dan pelaksanaan sama dengan pemeriksaan laju metabolisme basal (BMR), hanya saja selama pengukuran orang coba melakukan kerja dengan kedua tangannya menggenggam beban di kanan kiri yang beratnya kurang lebih 500 gram kemudian orang coba melakukan gerakan fleksi lengan bawah sampai sudut sendi siku kurang lebih 90° lalu meluruskannya lagi dengan frekuensi 20 kali per menit (ikuti irama metronom) selama 2 menit. Kemudian pengukuran oksigen tetap diteruskan sampai 12 menit. Metabolisme kerja orang coba dihitung dengan cara seperti pada pemeriksaan laju metabolisme basal (BMR).

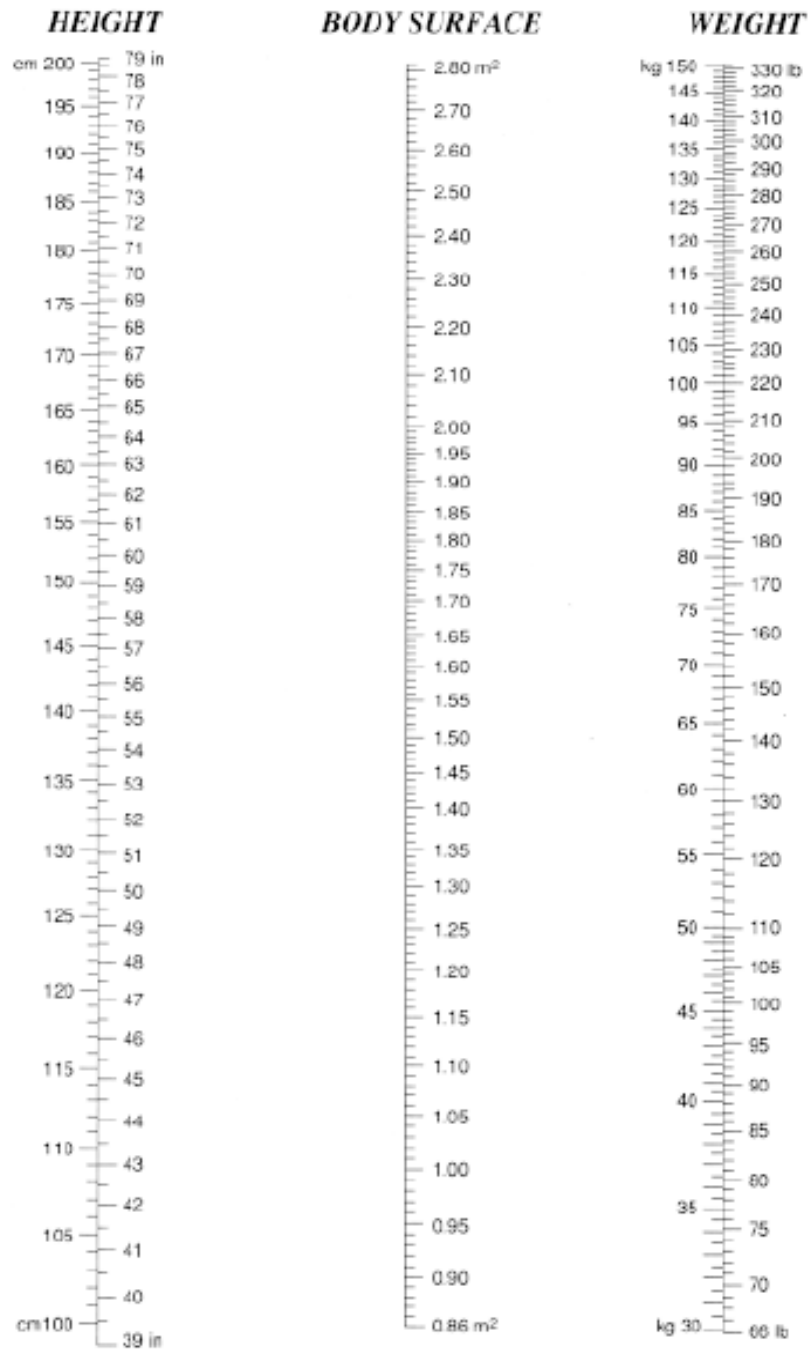
E. PERTANYAAN

1. Apa yang dimaksud dengan pemeriksaan *metabolic rate* cara langsung dan tidak langsung ?
2. Apa yang dimaksud dengan kalorimeter tertutup dan kalorimeter terbuka ?
3. Faktor apa saja yang mempengaruhi hasil pemeriksaan *metabolic rate* ?
4. Mengapa perlu dilakukan perubahan pengukuran kondisi ATPS ke STPD ?
5. Apa pengaruh SDA terhadap hasil pemeriksaan *metabolic rate* ?

Tabel Metabolisme Basal Standar

Umur dalam tahun	Metabolisme Baku (kcal/m ² /Jam)			
	Aub & Du Bois		Fleisch	
	Laki-laki	Wanita	Laki-laki	Wanita
16 – 18	43,0	40,0	40,0	36,3
18 – 20	41,0	38,	39,2	35,5
20 – 30	39,5	37,0	37,5	35,2
30 – 40	39,5	36,5	36,5	35,0
40 – 50	38,5	36,0	36,2	34,5
50 – 60	37,5	35,0	35,4	33,3

ADULT BODY SURFACE AREA NOMOGRAM



From the formula of Du Bois and Du Bois, Archives of Internal Medicine. 17:863, 1916.
Copyright 1916, American Medical Association. Reprinted by permission.

Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Tekanan Uap air (mmHg)
20	17.5
21	18.7
22	19.8
23	21.1
24	22.4
25	23.8
26	25.2
27	26.7
28	28.3
29	30.0
30	31.8
31	33.7
32	35.7
33	37.8
34	39.9
35	42.2
36	44.6
37	47.0
38	49.7
39	52.4
40	55.3

Dikutip dari Grodin Ed,1978