

MODUL TEMU 5 KOMPOSISI TUBUH

Abdurrasyid, S.ST, M. Fis

Capaian pembelajaran

1. Identifikasi komposisi tubuh dan komponen spesifiknya.
2. Menjelaskan metode pengukuran densitas tubuh.
3. Menjelaskan keseimbangan energi dan manipulasi persentase lemak.
4. Menjelaskan interaksi diet, latihan, dan keseimbangan energi.

Komposisi tubuh secara umum menjelaskan jumlah lemak dan jaringan bukan lemak tubuh sebagai rasio antara lemak dengan total massa tubuh. Massa lemak adalah total massa (Kg) seluruh lemak tubuh. Sedangkan massa bukan lemak adalah total massa seluruh jaringan tubuh selain lemak. Persentase lemak tubuh sebagai acuan untuk melihat rasio total massa lemak dengan total massa tubuh.

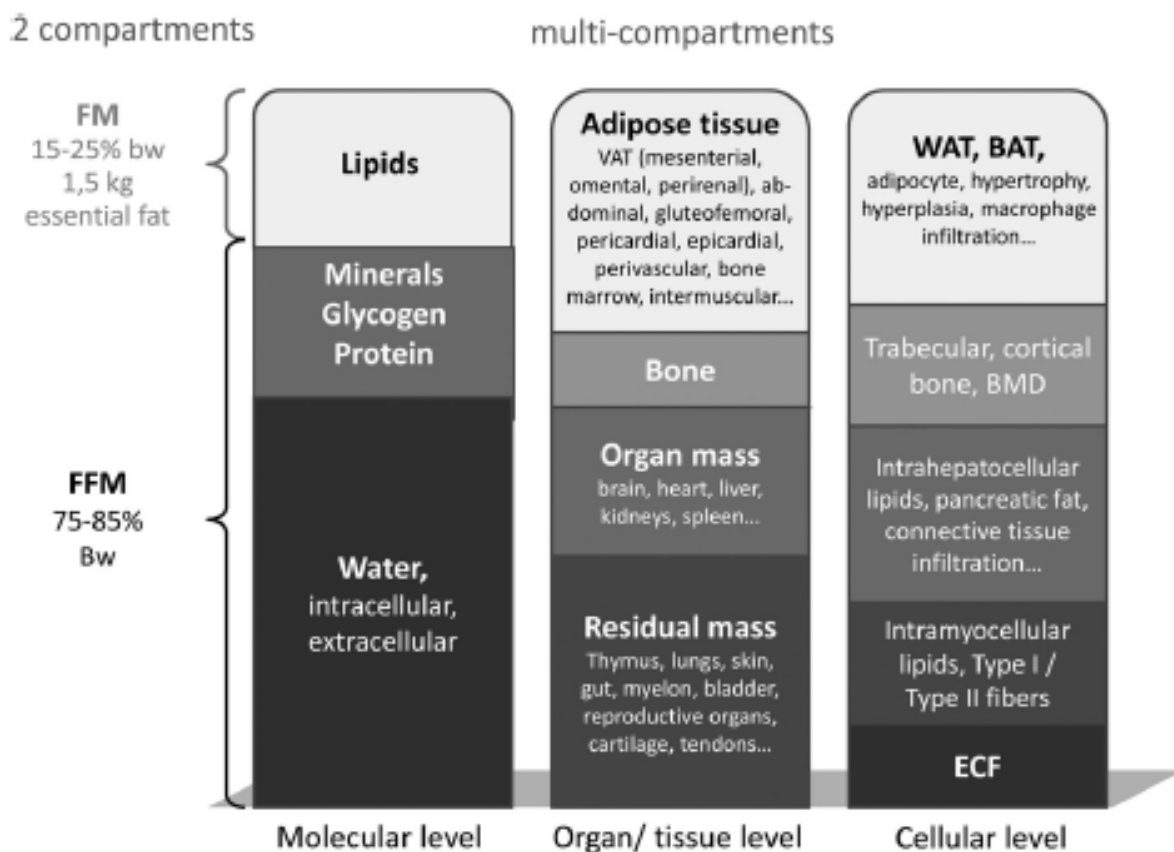


Fig. 1. Compartment models of body composition at different levels. Bw, body weight; BAT, brown adipose tissue; BMD, bone mineral density; ECF, extracellular fluid; FM, fat mass; FFM, fat free mass; VAT, visceral adipose tissue; WAT, white adipose tissue.

Gambar 1

Perlu kita ketahui komposisi tubuh sangatlah mempengaruhi performa fisik. Sebagai contoh persentase lemak yang tinggi akan menurunkan performa berlari dan melompat. Selain itu juga akan menurunkan puncak kapasitas maksimal (VO₂max) oksigen karena konsumsi oksigen memerlukan total massa tubuh yang sesuai. Sehingga ini akan berdampak pada jaringan bukan lemak seperti otot untuk dapat menghasilkan kekuatan maksimal. Berdasarkan penjelasan tersebut peningkatan persentase lemak tubuh berkorelasi negative pada performa, dimana rentang komposisi tubuh dengan persentase lemak 10%-15% dan 10%-25% sesuai dengan cabang olahraga yang digelutinya.

Dalam aplikasi dilapangan ada pula olahragawan dengan persentase lemak yang tinggi mampu melakukan squat dengan beban sampai 1,5 kali berat badannya dikarenakan dalam satu kali gerakan squat tidak memerlukan lemak untuk mendorong beban tersebut. Sedangkan pada gerakan lari dan melompat lemak dibawa setiap gerakannya sehingga performa akan menurun.

Ukuran dan komposisi tubuh keduanya memiliki peran dalam partisipasi olahraga. Memperhatikan komposisi tubuh merupakan upaya terbaik untuk menjaga kesehatan dan mencegah resiko terkena penyakit. Ada perbedaan dalam mengukur ukuran tubuh dan komposisi tubuh. Untuk mengukur ukuran tubuh adalah dengan antropometri dengan melihat data berat tubuh dan tinggi badan serta mengukur lingkar tubuh dan panjang tulang. Setiap cabang olahraga memiliki cara tersendiri untuk menyesuaikan tubuh olahragawannya agar dapat mencapai performa yang akan dicapai.

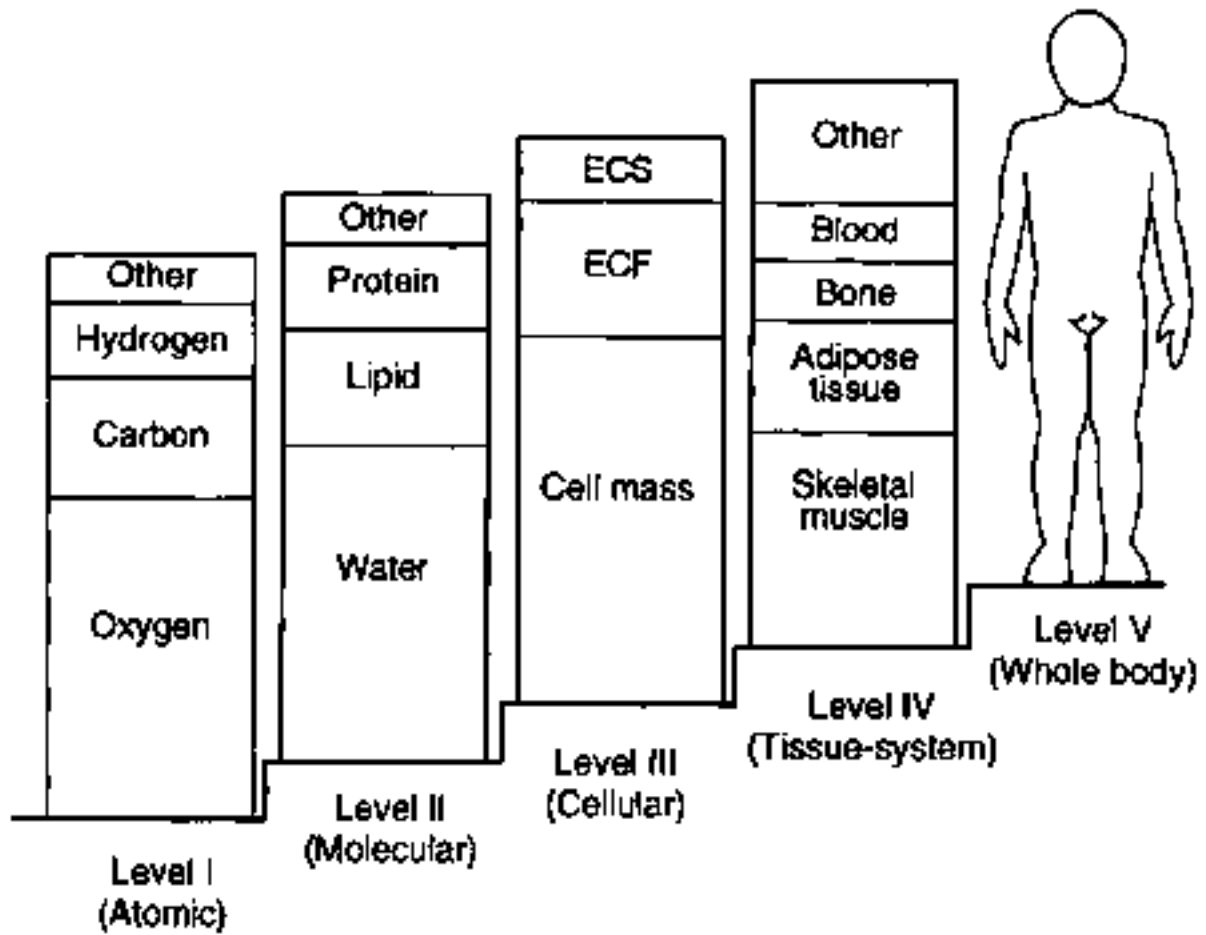
Dilihat dari strukturnya tubuh dapat diklasifikasikan menjadi 5 tingkatan komposisi tubuh. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, tubuh dibagi menjadi dua komponen yaitu massa lemak dan massa bukan lemak. Proporsi massa bukan lemak yaitu, air, protein, dan mineral. 5 tingkatan komposisi tubuh terdiri dari atomic, molekuler, seluler, jaringan dan organ, dan keseluruhan tubuh.

Tabel 1

Representative multicomponent models at the five-body composition levels

Level	Body composition model	Number of components
Atomic	$BM = H + O + N + C + Na + K + Cl + P + Ca + Mg + S$	11
Molecular	$BM = FM + TBW + TBPro + Mo + Ms + CHO$	6
	$BM = FM + TBW + TBPro + M$	4
	$BM = FM + TBW + \text{nonfat solids}$	3
	$BM = FM + Mo + \text{residual}$	3
	$BM = FM + FFM$	2
Cellular	$BM = \text{cells} + ECF + ECS$	3
	$BM = FM + BCM + ECF + ECS$	4
Tissue-organ	$BW = AT + SM + \text{bone} + \text{visceral organs} + \text{other tissues}$	5
Whole body	$BW = \text{head} + \text{trunk} + \text{appendages}$	3

AT, adipose tissue; BCM, body cell mass; BM, body mass; CHO, carbohydrates; ECF, extracellular fluid; ECS, extracellular solids; FFM, fat-free mass; FM, fat mass; M, mineral; Mo, bone mineral; Ms, soft-tissue mineral; SM, skeletal muscle; TBPro, total body protein; TBW, total body water. Reproduced with permission [2].



Gambar 2

Cara umum untuk mengetahui ukuran tubuh adalah dengan mengukur Indeks Massa Tubuh (IMT). IMT ini bukan untuk melihat komposisi tubuh, melainkan untuk melihat obesitas atau tidak. Sebagai contoh pada orang tua memiliki nilai IMT yang lebih rendah karena menurunnya massa otot (sarcopenia) sehingga persentase lemaknya tinggi. Atlet yang sudah berlatih selama bertahun-tahun massa jaringan bukan lemak relative normal, dimana kondisi tersebut berdampak pada meningkatnya massa tubuh, tapi persentase lemak rendah. Adapun rumusnya sebagai berikut:

$$\text{BMI (kg/m}^2\text{)} = \frac{\text{weight (kg)}}{\text{height (m}^2\text{)}} \text{ or } \frac{\text{weight (lb)} \times 703}{\text{height (in}^2\text{)}}$$

Jika seseorang dengan tinggi 1,65 m dan berat badan 61,8 Kg, IMT yang dicapai adalah 22,6 masuk dalam kategori normal. Meningkatnya nilai IMT diatas normal akan masuk dalam kategori obesitas, dan jika dibawah dari normal masuk dalam kategori kurang berat badan.

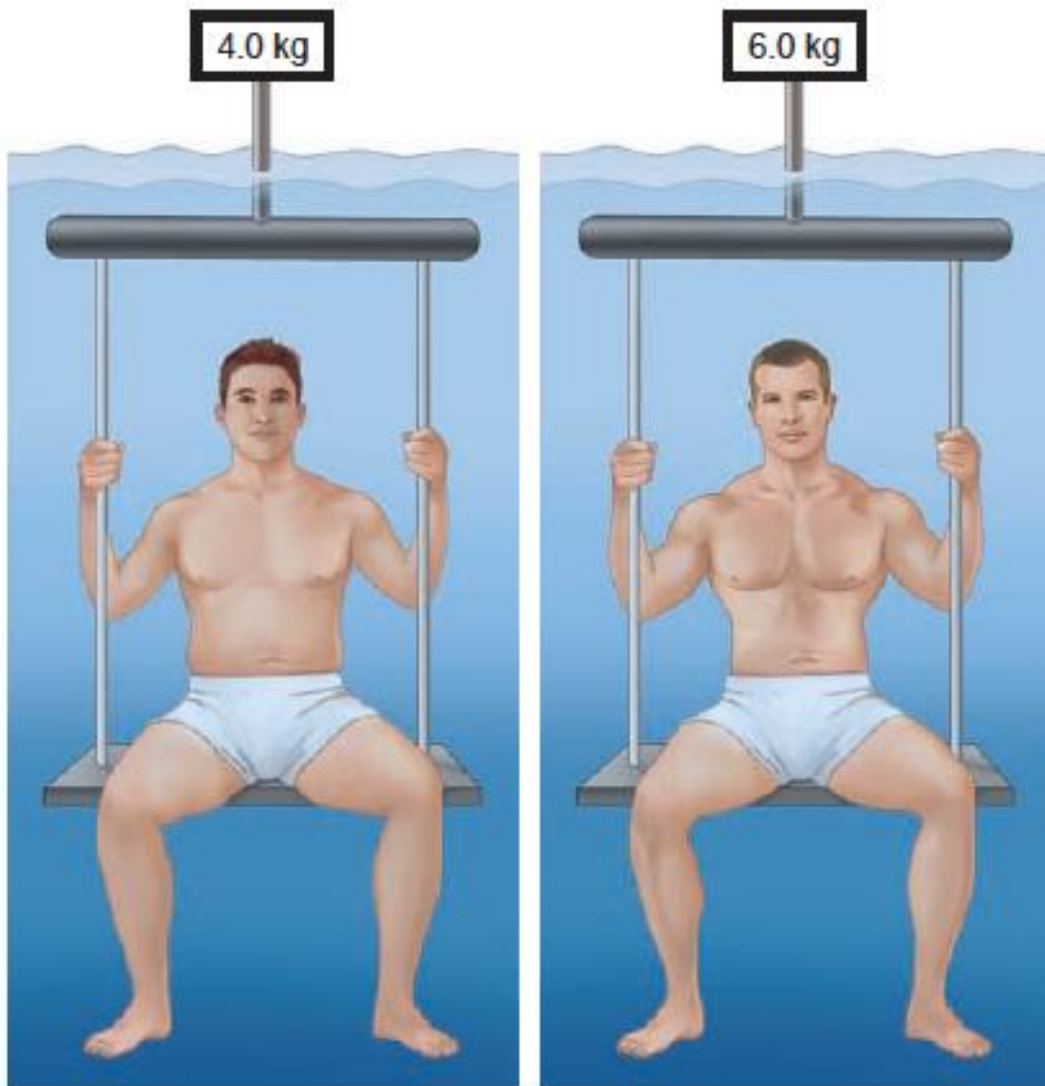
Tabel 2

Tabel 2.1: Kategori Indeks Massa Tubuh (IMT)

IMT	KATEGORI
< 18,5	Berat badan kurang
18,5 – 22,9	Berat badan normal
≥ 23,0	Kelebihan berat badan
23,0 – 24,9	Beresiko menjadi obes
25,0 – 29,9	Obes I
≥ 30,0	Obes II

Sumber: *Centre for Obesity Research and Education 2007*

Mengukur komposisi tubuh



Fat mass = 23% of total body mass

Fat-free mass = 77% of total body mass

Fat mass = 12% of total body mass

Fat-free mass = 88% of total body mass

Total body mass = 90 kg
 Underwater weight = 4 kg
 Water displaced = 86 kg or 86 L
 Body density = $1.0465 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$
 Siri equation %fat = 23
 Fat mass = 20.7 kg
 Fat-free mass = 67.4 kg

Total body mass = 90 kg
 Underwater weight = 6 kg
 Water displaced = 84 kg or 84 L
 Body density = $1.0714 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$
 Siri equation %fat = 12
 Fat mass = 10.8 kg
 Fat-free mass = 79.2 kg

Figure 11-1. Two individuals with the same TBM can have different body compositions. Differences in % fat result in differences in underwater weight, body density, FM, and FFM.

Densitometry

Densitometry merupakan salah satu cara mengetahui komposisi tubuh dari densitas tubuh. Densitas tubuh dapat kita ketahui dengan banyak metode. Salah satu metodenya adalah menggunakan timbangan hidrostatis (timbangan bawah air):

1. Subjek duduk dalam kursi yang tergantung dalam air.
2. Setelah subjek duduk dan menarik napas dalam, perintahkan untuk merendam tubuhnya lalu meniupkan udara sebanyak mungkin sampai tidak ada gelembung udara. Ini ditujukan untuk mengurangi volume udara dalam paru hanya tersisa volume residu. Dimungkinkan ada volume udara yang terjebak dalam organ interstisial sebesar 100 mL.
3. Densitas tubuh dihitung menggunakan rumus siri untuk mengetahui persentasi lemak tubuh.

$$\% \text{ Fat} = (495/\text{body density}) - 450$$



Figure 11-4. During hydrostatic weighing or densitometry, the person is completely submerged under water. As % fat increases, body volume increases, resulting in a greater displacement of water and so a decrease in underwater weight.

Gambar 3

Skinfold

Skinfold adalah metode untuk mengestimasi komposisi tubuh dengan jepitan pada kulit dan mengukur ketebalan kulit dan lemak subkutan. Perlu mengetahui posisi spesifik sesuai dengan anatomi yang kebanyakan akan lemak subkutan. Hasil dari pengukuran ini juga menilai densitas tubuh yang kemudian menggunakan rumus SIRI untuk mengetahui

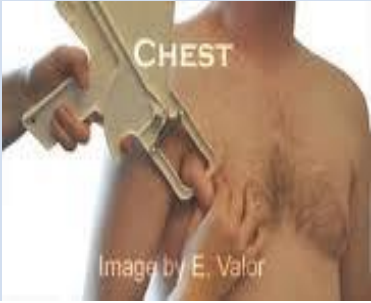


persentase lemak. Berdasarkan jenis kelamin untuk mengetahui densitas tubuh yaitu menggunakan rumus sebagai berikut:



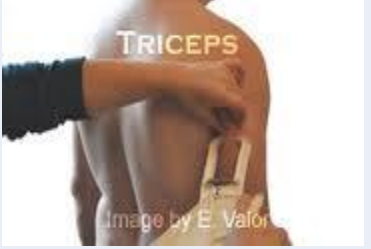


Men
 Skinfold sites: chest, abdomen, and thigh


$$\text{Body density} = 1.1125025 - (0.0013125 \times \text{sum of the three skinfolds}) + (0.0000055 \times \text{sum of three skinfolds}^2) - (0.000244 \times \text{age in years})$$

Women
 Skinfold sites: thigh, suprailium, triceps

$$\text{Body density} = 1.089733 - (0.0009245 \times \text{sum of three skinfolds}) + (0.0000025 \times \text{sum of three skinfolds}^2) - (0.0000979 \times \text{age in years})$$

No	Tempat	Arah Lipatan	Standar Anatomi	Pengukuran
1	Dada 	Diagonal	Axilla & puting susu	Lipatan diambil antara axilla dan puting susu, setinggi mungkin, sejajar dengan lipatan bagian depan dengan ukuran 1 cm di bawah jari tangan.
2	Subscapula 	Diagonal	Sudut bawah dari scapula	Lipatan diambil sepanjang garis cleavage tepat di bawah scapula dengan ukuran 1 cm di bawah jari tangan.
3	Mid-axilla 	Horizontal	Pertemuan xiphisternal	Lipatan diambil pada garis mid-axillaris, tepat pada pertemuan xiphisternal.

4	<p>Suprailiaka</p> 	Miring	Atas iliac	Lipatan diambil ke arah belakang garis mid-axillaris dan ke atas iliac, dengan ukuran 1 cm di bawah jari tangan.
5	<p>Abdominal</p> 	Horizontal	Umbilicus	Lipatan 3 cm di samping tali pusat dan 1 cm ke pusat umbilicus
6	<p>Tricep</p> 	vertikal	Proses acromial dari scapula dan proses olecranon dari ulna	Jarak antara penonjolan lateral dari proses acromial dan batas interior dari proses olecranon, dan diukur pada bagian lateral lengan dengan bahu bersudut 90° menggunakan pita pengukur. Titik tengah ditandai pada sisi samping lengan. Pengukuran diambil 1 cm di atas tanda tersebut.
7	<p>Bicep</p> 	vertikal	Biceps brachii	Lipatan diambil di atas bicep brachii yang sejajar dengan tricep di bagian belakang. Pengukuran dilakukan 1 cm di bawah jari.
8	<p>Paha</p> 	Vertikal	Lipatan inguinal dan patella	Lipatan di ambil pada tengah paha, antara lipatan inguinal dan batas dari patella. Pengukuran dilakukan 1 cm di bawah jari.

9	Betis 	Vertikal	Lingkaran betis yang paling lebar	Lipatan diambil pada lingkaran betis yang paling lebar, pada bagian tengah dari betis dengan lutut bersudut 90°
---	--------------------------------------------------------------------------------------------	----------	-----------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Faktor kesalahan pengukuran skinfold

1. ketrampilan teknik pengukuran,
2. jenis skinfold caliper yang digunakan,
3. faktor subyek yang diukur,
4. dan rumus yang digunakan untuk memperkirakan lemak tubuh.

Air-Displacement Plethysmography

Metode mengukur densitometry yang mirip menggunakan timbangan dalam air, namun alat yang digunakan seperti tabung yang tertutup. Teknik yang digunakan yaitu dengan menghitung densitas tubuh ketika volume udara tubuh dikeluarkan, kemudian tabung tersebut akan memisahkan volume udara yang dikeluarkan lalu menghitung volume tubuh untuk mengetahui nilai densitas tubuh.



Figure 11-6. Air-displacement plethysmography uses differences in the volume of air in a sealed chamber to determine body volume. Once body volume is determined, equations similar to those used for hydrostatic weighing are used to calculate body density and other measures of body composition. (Photo courtesy of LifeMeasurement, Concord, CA.)

Gambar 4

Bioelectric impedance

Metode ini melekatkan electrode pada tubuh untuk mengetahui respon listrik yang tidak terdeteksi oleh tubuh. Seperti kita ketahui massa bukan jaringan lemak kaya akan air dibandingkan dengan lemak, sehingga konduktifitas listrik lebih mudah pada jaringan bukan lemak.



Figure 11-7. Bioelectrical impedance determines body composition by passing a weak electrical current between two electrodes at specific sites on the body. The equipment depicted uses electrode placement at the wrist and ankle (arrows highlight electrodes).

Gambar 5

Dual-Energy X-Ray Absorptiometry (DEXA)

Metode ini mengukur komposisi tubuh dengan menggunakan pancaran radiasi x-ray yang diterjemahkan dalam perangkat lunak computer untuk menilai densitas tulang dan tubuh pada area regional. DEXA sangat akurat, sensitive, dan metode yang layak untuk mengukur komposisi tubuh.



Figure 11-8. DEXA can be used to determine bone density and body composition. A major advantage of DEXA compared with other body composition methodologies is the ability to determine regional body composition and bone density.

Gambar 6

Tabel 3

Table 1. Body composition methods, outcomes and precision

	Methods	Outcomes	MDC	Precision
Gold standards	Whole body MRI/CT	AT, SAT, VAT, BAT?, MM, OM (brain, heart, liver, kidneys), ectopic fat in liver, skeletal muscle, pancreas	0.2	1-1
	4C Model DXA	FM, FFM, hydration of FFM Lean body mass, FM, bone mass and bone mineral density (whole body, regional)	1 1	2
Individual methods	Dilution methods (D ₂ O, NaBr)	Total body water, extra- + intra-cellular water, tissue hydration	2	1-2 (for TBW)
	Densitometry (ADP, underwater weighing)	Body volume and density	2	2-3
	QMR	FM, lean tissue, free + total water	0.2	0.7
Field methods	BIA	Resistance, reactance, phase angle, BIVA	1	1
	Skinfolds	SAT	2	>5
	Ultrasound	SAT, MM thickness, OM, liver fat	?	?

MDC, minimal detectable change (fat mass, kg); Precision (fat mass, %); CT, computed tomography; DXA, dual X-ray absorptiometry; ADP, air displacement plethysmography; QMR, quantitative magnetic resonance; BIA, bioelectrical impedance analysis; TBW, total body water; AT, adipose tissue; SAT, subcutaneous adipose tissue; VAT, visceral adipose tissue; BAT, brown adipose tissue; MM, muscle mass; OM, organ mass; FM, fat mass; FFM, fat free mass; ?, not reported.

Beberapa orang menginginkan perubahan komposisi tubuh mereka dengan melakukan diet dan latihan intensif guna menurunkan persentase lemak dan meningkatkan jaringan bukan lemak (otot). Pada olahragawan sangat memerlukan komposisi tubuh ini guna meningkatkan performa fisiologi tubuh mereka. Distribusi pada olahragawan pria dan wanita sangatlah berbeda, dimana wanita memiliki persentase lemak yang banyak. Persentase lemak yang dibutuhkan untuk performa dengan rentang 3%-5% bagi pria dan 12%-14% bagi wanita. Persentase yang rendah tersebut dikarenakan kebutuhan kalori yang disesuaikan dengan olahraganya terutama pada olahraga daya tahan tinggi.

Umumnya tubuh sehat memiliki persentase lemak pada orang tidak melakukan olahraga dengan rentang 21%-24% bagi wanita dan 14%-17% bagi pria. Peningkatan persentase lemak akan meningkatkan resiko terkena penyakit tidak menular. Mereka akan masuk dalam kategori obesitas jika persentasenya diatas 32% bagi wanita dan 25% bagi pria.

Table 11-4. BMI Prediction of Percentage Body Fat and Health Risk				
BMI (kg/m ²)	Health Risk	20-39 yr	40-59 yr	60-79 yr
Men				
<18.5	Elevated	<8%	<11%	<13%
18.6-24.9	Average	8%-19%	11%-21%	13%-24%
25.0-29.9	Elevated	20%-24%	22%-27%	25%-29%
>30.0	High	>25%	>28%	>30%
Women				
<18.5	Elevated	<21%	<23%	<24%
18.6-24.9	Average	21%-32%	23%-33%	24%-35%
25.0-29.9	Elevated	33%-38%	34%-39%	36%-41%
>30.0	High	>39%	>40%	>42%

Reprinted with permission from Whaley MH, Brubaker PH, Otto RM, eds. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription, 7th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2006:59.

Keseimbangan Energi

Keseimbangan energi lebih kepada rasio jumlah kalori yang masuk dengan kalori yang digunakan. Jika total penggunaan kalori lebih besar dari kalori yang masuk akan memberikan pengaruh pada penurunan massa tubuh, begitu pula sebaliknya. Total penggunaan kalori termasuk dari rentang metabolic basal (Basal Metabolic Rate (BMR)) dan penggunaan kalori dari aktifitas fisik. Sebagai contoh jika total penggunaan kalori lebih besar dari kalori yang masuk sebesar $100 \text{ kcal.day}^{-1}$ dilakukan selama setahun dan lebih dari 36.500 kcal per tahun. Asumsikan 3.500 kcal, 0,45 kg, maka dimungkinkan penurunan massa lemak 4,7 kg selama latihan setahun.

Jika konsumsi kalori dibatasi, kadar rentang metabolisme istirahat (resting metabolic rate (RMR)) menurun dan akan berpengaruh pada keseimbangan energi tubuh. Pada populasi sedenter, jumlah RMR sebesar 60%-75% dari total penggunaan kalori. Perubahan RMR akan berpengaruh pada total penggunaan kalori dan berkurangnya total massa tubuh. Maka dengan pembatasan jumlah pemasukan kalori akan membantu mencegah kenaikan massa tubuh. Dalam program diet, biasanya mengurangi konsumsi karbohidrat agar simpanan glikogen habis pada minggu pertama. Ketika glikogen habis digunakan dalam metabolisme, air akan banyak keluar dari tubuh yang akan berdampak pada menurunnya berat badan.

Selain mengurangi konsumsi makanan rendah karbohidrat dan lemak, minum sebelum makan atau mengonsumsi makanan yang mengandung kuah seperti sup, akan membuat perut terasa penuh dan mempertahankan kadar air dalam tubuh. Namun jika jumlah air dalam tubuh tidak tercukupi, akan menurunkan jumlah air dari berat badan bukan menurunkan massa lemak.

Ada upaya dengan diet lemak, dengan cara meminimalisir konsumsi makanan mengandung lemak seperti low fat milk. Lemak akan memberikan efek kenyang, namun akan menghasilkan kalori yang lebih besar. Hal ini harus diminimalisir dari lemak jenuh dan tak jenuh karena berdampak pada kondisi kesehatan tubuh.

Memilih makanan yang sedikit nilai gizinya (empty calorie) harus dihindari, karena tubuh membutuhkan sumber makanan untuk memproduksi energi. Contoh makanan yang empty calorie seperti lemak, gula dan alcohol. Serta tidak menurunkan jumlah kalori yang masuk terlalu drastis, hal ini akan berdampak tubuh secara fisiologis menginginkan makanan yang lebih banyak dari biasanya. Maka, disarankan untuk tetap makan, dan makanlah dalam porsi sedikit agar kalori tubuh tetap terpenuhi.

Pengaruh latihan pada komposisi tubuh

Penggunaan kalori pada latihan beban dan aerobik sangat bergantung pada volume dan intensitasnya. Pada latihan beban akan berdampak pada peningkatan massa dan ukuran otot baik diberikan pada latihan dengan intensitas sedang dengan waktu istirahat yang pendek sehingga daya tahan kontraksi otot meningkat namun sedikit massa lemak yang berkurang. Pada latihan aerobik akan lebih meningkatkan kapasitas oksigenisasi tubuh ketika istirahat dan dengan latihan daya tahan dalam waktu lama akan membantu penggunaan kalori lebih banyak bahkan bisa melebihi jumlah kalori yang masuk. Sehingga massa lemak akan berkurang.

Latihan aerobik dalam meningkatkan penggunaan kalori dapat kita atur kecepatan dan capaian jarak. Salah satu latihan yang mudah adalah berjalan dan berlari dengan bantuan treadmill yang memiliki kemampuan menghitung kalori. Penggunaan kalori dapat kita estimasikan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Penggunaan kalori} = \text{massa tubuh (Kg)} \times \text{penggunaan kalori/Kg Berat tubuh pada kecepatan spesifik} \times \text{waktu (menit)}$$

Nilai penggunaan kalori pada kecepatan spesifik:

walking 3.5 mph = 0.077 kcal·kg⁻¹
walking 4.5 mph = 0.106 kcal·kg⁻¹
running 5 mph = 0.134 kcal·kg⁻¹
running 6 mph = 0.163 kcal·kg⁻¹
running 7.5 mph = 0.207 kcal·kg⁻¹
running 9 mph = 0.227 kcal·kg⁻¹
running 10 mph = 0.251 kcal·kg⁻¹
running 11 mph = 0.288 kcal·kg⁻¹

jika individu dengan berat badan 70 Kg dan berlari selama 30 menit pada kecepatan 6 mph, dapat kita hitung estimasi penggunaan kalori sebagai berikut

penggunaan kalori (kcal) = 70 kg x 0,163 kcal.kg x 30 menit
penggunaan kalor (kcal) = 342.3 kcal

Kasus 1, melihat pengaruh latihan beban selama 60 menit dengan 10 latihan, 4 set, dan 8-12 repetisi per set, intensitas 70%-75% 1RM dan berlari 60 menit dengan capaian 70%-75% puncak konsumsi oksigen. Latihan beban memberikan hasil signifikan dengan penggunaan 24 jam energi istirahat pada 10 jam paska latihan sebesar 2124 kcal dan 24 jam paska latihan 2081 kcal, namun tidak pada 48 jam 1997 kcal dibandingkan kalori istirahat normal sebesar 1972 kcal. Sedangkan pada olahraga lari juga meningkatkan penggunaan 24 jam energi istirahat, dimana 10 jam paska latihan 2150 kcal dan 48 jam paska latihan 1995 kcal, namun tidak pada 24 jam paska latihan. Keduanya memberikan respon yang sama dalam penggunaan energi setelah istirahat 24 jam. Artinya dengan dosis latihan yang sama antara latihan beban dan aerobik memberikan pengaruh pada penggunaan kalori dan metabolisme lemak.

Kasus 2, melihat perbedaan penggunaan kalori dengan latihan bersepeda dan latihan beban sirkuit, dimana dosis yang diberikan berbeda (tidak sama dengan kasus

1). 49 menit latihan bersepeda dengan 70% puncak konsumsi oksigen menghasilkan 546 kkal selama latihan dan penggunaan kalori selama 24 jam sebesar 2787 kkal . Latihan beban sirkuit selama 70 menit dengan 10 latihan, 3 set, 10 repetisi, dan ditambah 1 set diakhir dengan 70% 1 RM dengan repetisi maksimal. Latihan beban ini menghabiskan 448 kkal selama latihan dan penggunaan energi selama 24 jam sebesar 2730 kkal. Penggunaan kalori selama latihan terdapat perbedaan, latihan sepeda lebih tinggi penggunaan kalorinya daripada latihan beban. Namun, penggunaan kalori 24 jam cenderung sama.

Dari kedua kasus diatas menjelaskan kepada kita bahwa, kedua latihan baik aerobic dan beban sama-sama meningkatkan penggunaan kalori baik selama latihan maupun setelah istirahat 24 atau 48 jam. Kombinasi kedua latihan tersebut dapat membantu bagi individu yang ingin menurunkan massa lemak tanpa harus menurunkan massa otot.