

---

# ADAPTASI SUHU TUBUH TERHADAP LATIHAN DAN EFEK CEDERA DI CUACA PANAS DAN DINGIN

By **Ali Satia Graha**  
**Universitas Negeri Yogyakarta**

---

## ABSTRACT

*Somebody's skill to adapt in their different surrounding environment is differing from one to another; it can be seen in the level of the acclimatization toward the temperature. Today, we have to do our activities or practices in a high temperature, we will lose many body's liquid. From that reason, body will do some of physiologic mechanism to send the heat out and stabilized the body temperature by paying attention and doing efforts to change the body liquid which was out and bring the body's mineral internally or externally.*

*Some of injuries which can happen when we do some practices in dry area are heat cramps, heat syncope, heat exhaustion (there are two types: water completing, salt completing), and heat stroke. Many sweats out from the body can cause dehydration.*

*In the other hand, if we doing some practicing in cold area, the body physiology adaptation is side system velocity decrease, the body will decrease blood pale velocity on the extremity in skin surface. Body's chill setting is an increasing metabolic rapid caused by thyroxin and catecholamine release (epinephrine and nor epinephrine)*

*Keywords: body's temperature, practice, injury effect, hot and cold weather*

## BAB I PENDAHULUAN

Berdasarkan suhu tubuh, makhluk hidup tingkat tinggi seperti hewan dan manusia dibagi

menjadi dua, yaitu makhluk hidup yang memiliki suhu tubuh relatif konstan (homeotherms), dan makhluk hidup yang beradaptasi dengan perubahan lingkungan (poikilotherms). Hewan melata, dan serangga adalah contoh poikilotherms, ketika suhu lingkungan dingin, suhu badannya menjadi sangat rendah dan laju metabolisme menurun atau bahkan tidak aktif. Akan tetapi pada suhu lingkungan yang panas, mereka harus mencari tempat untuk berlindung atau mengalami kematian. Sedangkan makhluk hidup pada level yang lebih tinggi, seperti manusia, monyet, anjing, beruang, dan burung termasuk homeotherms. Mereka memiliki kemampuan untuk tidak tergantung atau dipengaruhi oleh suhu lingkungannya karena dapat memelihara suhu tubuh yang konstan. Keberfungsian dari sistem pengaturan suhu tubuh, pada saat istirahat, aktivitas keseharian, maupun pada saat latihan, memiliki komponen utama sebagai berikut:

- (1) Pusat pengaturan suhu tubuh, terdapat di sistem saraf pusat yang berfungsi sebagai coordinator informasi yang masuk melalui sensor, untuk kemudian memberikan reaksi.
- (2) Reseptor suhu atau sensor, sangat sensitive pada stimulus suhu (panas dan dingin) dan memberikan input pada pusat koordinasi suhu yang terletak di sistem saraf pusat.
- (3) Efektor suhu atau organ, yang diperintah oleh pusat koordinasi melaksanakan proses pengaturan suhu (Foss, Keteyian: 1998).

Aktivitas yang terjadi dalam tubuh seperti transport O<sub>2</sub>, metabolisme selular, dan kontraksi otot tidak terpengaruh oleh suhu lingkungannya, baik panas ataupun dingin selama suhu internal tubuh terpelihara. Bila manusia bukan makhluk homeotherms, tidak mungkin akan dapat bertahan hidup di planet bumi ini. Maka pembahasan karya tulis ini, akan terfokus pada adaptasi suhu tubuh terhadap latihan dan efek cedera di cuaca panas dan dingin

## BAB II KAJIAN PUSTAKA

### 2.1. Suhu Tubuh Normal

Rata-rata suhu tubuh manusia normal adalah berkisar antara 36.5 sampai 37.5°C. akan tetapi pada pagi hari bisa berkurang sampai 36°C, dan pada saat latihan suhu tubuh dapat meningkat sampai mendekati 40°C tanpa efek sakit, karena perubahan tersebut merupakan kondisi fisiologis yang normal. Akan tetapi, suhu tubuh juga dapat meningkat akibat adanya perbedaan suhu lingkungan dan kelembaban udara yang relatif tinggi.

Suhu inti tubuh biasanya didefinisikan sebagai suhu dari hipotalamus, pusat pengaturan suhu tubuh. Metode yang paling populer digunakan untuk mengukur suhu inti tubuh adalah secara oral, meskipun memiliki beberapa kelemahan. Pada saat berolahraga, peningkatan ventilasi paru akan menyebabkan terjadinya evaporasi, yang kemudian menyebabkan penurunan suhu pada thermometer, sehingga menghasilkan perhitungan yang tidak akurat. Metode lain yang sering digunakan untuk pengukuran suhu inti tubuh pada saat melakukan penelitian, biasanya dengan pengukuran pada rectal. Biasanya temperature rectal lebih tinggi 0.6°C daripada suhu oral.

Pengukuran rectal sering dianggap lebih akurat, tetapi juga masih memiliki kelemahan. Aktivitas yang berat pada suatu kelompok otot lokal akan menghasilkan suhu yang lebih tinggi pada wilayah tersebut, sehingga dapat menyebabkan terjadi penyimpangan pada saat pengukuran suhu inti tubuh. Selain itu biasanya

terjadi suhu yang berbeda pada rectum, oleh karenanya untuk menghasilkan pengukuran yang lebih akurat, thermistor harus diletakan dengan kedalaman 5-8 cm pada rectum. Selain suhu inti, biasanya juga sering dilakukan pengukuran suhu kulit. Suhu kulit (*skin temperature*) dipengaruhi oleh lingkungan, laju metabolisme, pakaian, dan tingkat hidrasi. Oleh karenanya suhu kulit merujuk pada kemampuan kulit untuk melepaskan panas ke lingkungan.

Mekanisme pengaturan suhu pada tubuh, dapat dibedakan menjadi proses fisik dan proses kimiawi. Prinsip kerja pada pengaturan fisik adalah dengan melakukan pengaturan tahanan pada aliran panas, sedangkan mekanisme kerja pengaturan secara kimiawi adalah dengan melakukan pengaturan pada laju metabolisme tubuh. Suhu tubuh memiliki korelasi positif dalam proporsinya secara langsung dengan jumlah panas yang disimpan. Ketika simpanan panas pada tubuh meningkat, seperti pada saat seseorang mengalami demam atau sedang berolahraga, maka suhu tubuh akan meningkat. Sebaliknya ketika simpanan panas tubuh menurun, seperti pada kondisi hipothermi maka suhu tubuh pun akan mengalami penurunan.

Suhu rata-rata tubuh (*MBT/mean body temperature*) dapat diketahui dengan melakukan pengukuran suhu inti dan suhu kulit. Hal tersebut dilakukan dengan cara mengukur suhu rectal, dan mengukur suhu kulit pada beberapa tempat di tubuh, kemudian dilakukan perhitungan dengan rumus (Roberg, Robert: 2002).

$$\text{MBT} = (0,33 \times \text{suhu kulit}) + (0,67 \times \text{suhu rectal})$$

Dalam keadaan normal suhu inti tubuh relatif stabil, keadaan ini dapat dipertahankan karena panas yang terbentuk dari hasil metabolisme tubuh secara terus menerus dikeluarkan pada lingkungan sekitar. Dengan demikian, terdapat keseimbangan antara pembentukan dan pengeluaran panas, dan hal inilah yang menyebabkan suhu tubuh relatif konstan.

Berbagai faktor penting yang berperan dalam

pembentukan panas, antara lain peningkatan kecepatan metabolisme pada waktu aktivitas otot, efek hormon pada sel meningkat, peningkatan hormon norepinefrin. Peningkatan suhu inti tubuh yang disebabkan oleh faktor-faktor tersebut dieliminasi dengan pengeluaran panas melalui kulit dan sebagian kecil melalui pernafasan, faeses, dan air kencing.

Sistem pengaturan suhu menggunakan tiga mekanisme penting untuk menurunkan panas tubuh ketika suhunya terlalu tinggi, (1) *vasodilatasi*, pada hampir semua area tubuh, pembuluh darah kulit berdilatasi dengan kuat. Hal ini disebabkan oleh hambatan dari pusat simpatis pada hipotalamus posterior yang menyebabkan vasokonstriksi. Vasodilatasi penuh akan meningkatkan kecepatan pemindahan panas ke kulit sebanyak delapan kali lipat. (2) *Berkeringat*, peningkatan temperature tubuh 1°C menyebabkan keringat yang cukup banyak untuk membuang sepuluh kali lebih besar kecepatan metabolisme basal dari pembentukan panas tubuh. (3) *Penurunan pembentukan panas*, mekanisme yang menyebabkan pembentukan panas berlebihan, seperti menggigil dan thermogenesis kimia, dihambat dengan kuat.

Ketika tubuh terlalu dingin, sistem pengaturan suhu melakukan prosedur yang sangat berlawanan dengan mekanisme penurunan panas tubuh, yaitu: (1) *Vasokonstriksi kulit di seluruh tubuh*, hal ini disebabkan oleh rangsangan pusat simpatis hipotalamus posterior. (2) *Piloereksi*, piloereksi berarti "rambut berdiri pada akhirnya." Rangsangan simpatis menyebabkan otot erektor pili yang melekat ke folikel rambut berkontraksi yang menyebabkan rambut berdiri tegak. Hal ini tidak begitu penting pada manusia, tetapi pada hewan yang lebih rendah, berdirinya rambut memungkinkan mereka untuk membentuk lapisan tebal *isolator udara* bersebelahan dengan kulit sehingga perpindahan panas ke lingkungan sangat ditekan. (3) *Peningkatan pembentukan panas*, pembentukan panas oleh sistem metabolisme meningkat dengan menggigil, rangsangan simpatis pembentukan panas, dan sekresi tiroksin.

## 2.2. Suhu Tubuh, Lingkungan, dan Intensitas Latihan

Suhu inti tubuh sangat dipengaruhi oleh suhu lingkungannya. Intensitas latihan juga berpengaruh secara langsung pada suhu tubuh, semakin tinggi intensitas latihan yang dilakukan, makin tinggi pula peningkatan suhu yang terjadi pada tubuh. Dalam kondisi tersebut, suhu pada jaringan perifer tubuh (kulit dan otot) merefleksikan suhu lingkungan di sekitarnya.

Suhu dari jaringan-jaringan perifer tubuh, merefleksikan laju metabolisme dan lingkungan sekitar. Sebagai contoh, terjadi peningkatan suhu pada otot yang sedang berkontraksi, dan suhu pada daerah otot yang sedang berkontraksi tersebut akan menjadi lebih tinggi bila pada saat diberikan beban kerja dan berlatih pada suhu lingkungan yang panas.

Hampir semua keberlangsungan mekanisme fisiologis tubuh seperti fungsi sistem saraf, sangat bergantung pada suhu tubuh. Peningkatan atau penurunan suhu tubuh yang tidak normal merupakan bencana bagi organisme tersebut. Pada suhu di atas 44°C, sel-sel parenkhim pada tubuh mulai rusak strukturnya dan berubah sifat. *Heat stroke* dan kerusakan otak permanen dapat terjadi jika suhu tubuh tidak dapat segera dikontrol ke posisi normal. Pada suhu tubuh kurang dari 34°C metabolisme selular akan menurun dengan tajam, dapat mengakibatkan ketidaksadaran dan *cardiac arhythmias*.

## 2.3. Aklimatisasi Tubuh

Sepanjang hari pada awal masa pelatihan dalam lingkungan baru yang lebih panas, atlet memperlihatkan suatu penurunan kemampuan untuk melakukan aktivitas latihannya dengan durasi dan intensitas yang sama dibandingkan dengan ketika melakukan latihan pada suatu lingkungan yang sejuk (suhu lingkungan yang nyaman).

Penurunan kemampuan membasahi kulit dan gejala dan tanda-tanda lainnya yang disebabkan oleh tekanan panas biasanya juga mendampingi peristiwa ini (Hubbard dan Armstrong:

1998).setelah beberapa hari melakukan latihan, toleransi atlet terhadap iklim panas meningkat. Ini terjadi ketika tubuh beradaptasi terhadap kombinasi tekanan dari panas yang dihasilkan oleh metabolisme internal dan suhu lingkungan yang tinggi.

Kemampuan seseorang untuk beradaptasi dan melakukan latihan pada suhu lingkungan yang panas disebut sebagai Aklimatisasi tubuh terhadap panas (*heat acclimatisation/HA*), tergantung pada seberapa besar perubahan suhu yang diakibatkan oleh perubahan lingkungan dan respon biologis seseorang, proses aklimatisasi mungkin akan terjadi selama beberapa hari sampai beberapa bulan, berbeda pada satu individu dan individu lainnya. Aklimasi panas mungkin menghasilkan respon yang sama dengan aklimatisasi, namun aklimasi dicapai dengan cara mengawasi dan mengatur suhu lingkungan.

Suatu studi perbandingan respon fisiologis sebelum dan setelah HA menunjukkan bahwa adaptasi terjadi selama ketika seseorang berlatih pada intensitas yang terkendali sebesar 40 sampai 95% dari maksimal aerobic power ( $VO_2max$ ): pengurangan detak jantung, berkurang temperatur inti badan, meningkatnya toleransi terhadap waktu latihan, meningkatnya volume plasma, dan berkurangnya beban psikologis tentang penggunaan dirasa (*perceived exertion*) (Wegner: 1998). Juga dilaporkan bahwa peningkatan pengeluaran keringat, peningkatan dan penurunan kepekaan keringat (yaitu pelepasan keringat menyatakan setiap derajat peningkatan temperatur badan inti), dan berkurangnya sodium klorida (NaCl) melalui keringat dan air seni juga teramati selama HA. Hasil dari perubahan ini menggambarkan perpindahan panas dari inti badan kepada kulit, dan akhirnya kepada lingkungan.

Beberapa jam latihan di dalam suatu lingkungan panas menyebabkan dehidrasi dari kedua faktor, intrasellular dan extrasellular kompartemen. Di dalam proses aklimatisasi seseorang kehilangan air melalui berkeringat, mencapai tiga liter per jam selama latihan keras

dan rata-rata hampir 12 liter pada hari-hari biasa. Apabila dalam beberapa jam seseorang mengeluarkan keringat secara intens, dapat mengakibatkan kelelahan pada kelenjar keringat sehingga terjadi ketidakmampuan tubuh untuk mengatur suhu inti. Sebagai contoh, seorang pelari marathon rentan akan kondisi tersebut karena pelari tersebut kehilangan lima liter cairan tubuh selama kompetisi. Dan itu berarti bahwa pelari dapat mengalami kehilangan cairan tubuh sebanyak 6-10% dari massa tubuhnya.

Salah satu metode lama yang masih sering digunakan untuk membantu tubuh dalam rangka beraklimatisasi adalah bila seorang petinju meletakkan handuk di kepala, atau mandi beberapa saat sebelum pertandingan, adalah salah satu upaya memfasilitasi proses perpindahan panas secara konduksi. Satu-satunya potensi pengecualian untuk proses evaporasi tubuh seseorang yang beraklimatisasi dapat ditopang dengan penggantian cairan dalam jumlah yang cukup. Tujuan penggantian cairan yang utama akan memelihara protein plasma sehingga peredaran dan berkeringat dapat terlaksana pada tingkatan optimal. Mengonsumsi cairan selama latihan dapat meningkatkan aliran darah ke kulit untuk mendinginkan dengan lebih efektif dan tidak terikat pada perubahan didalam volume plasma.

Mengonsumsi air secara ekstra atau hyperhydration sebelum melakukan latihan didalam suatu lingkungan panas memberikan beberapa perlindungan sebab dapat menunda kemungkinan terjadinya dehidrasi, peningkatan keluaran keringat selama berlatih, dan membuat kenaikan suhu inti pada tubuh lebih kecil (Mack 1994). Dianjurkan untuk mengonsumsi 400 sampai 600ml air, 20 menit sebelum latihan. Keringat adalah hypotonic kepada cairan tubuh, tujuan menggantikan air adalah jauh lebih utama untuk menggantikan mineral-mineral tubuh yang ikut keluar.

Aklimatisasi terhadap panas oleh tubuh biasanya terjadi dalam kurun waktu 7-14 hari, karena efek fisiologi utamanya terjadi juga pada rentang waktu tersebut. Untuk memulai latihan

pada tempat baru yang lebih panas, sebaiknya intensitas dan volume latihan dikurangi terlebih dahulu dari porsi normal, kemudian ditingkatkan sedikit demi sedikit. Intensitas dan durasi pemanasan juga harus dikurangi untuk menjaga suhu inti tubuh dari peningkatan berlebih sebelum latihan penuh.

Suatu penelitian yang berkaitan dengan aklimatisasi tubuh terhadap panas telah dilakukan pada atlet bola basket putra SMU Talaga 1 Majalengka berjumlah 20 orang, diberikan perlakuan aklimatisasi suhu dengan mengukur kebugaran jasmani di dua tempat yang bersuhu sejuk dan panas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aklimatisasi untuk setiap komponen kebugaran jasmani dicapai dalam waktu yang tidak bersamaan. Daya tahan otot lokal dan kelentukan dicapai pada hari ke-2, kecepatan, daya ledak, daya tahan umum pada hari ke-6, dan kelincahan pada hari ke-8. artinya aklimatisasi atlet bola basket tersebut tercapai pada hari ke-8, namun tingkat kebugaran jasmani yang paling mendekati hasil yang dicapai pada suhu nyaman tercapai pada hari ke-10.

**Usia.** Suatu studi yang melakukan pengontrolan terhadap beberapa faktor seperti komposisi dan ukuran tubuh, tingkatan kebugaran aerobik, derajat kemampuan aklimatisasi, menunjukkan sangat sedikit atau hampir tidak ada pengaruh usia dengan kemampuan pengaturan suhu atau kemampuan untuk menyesuaikan pada iklim (aklimatisasi). Akan tetapi atlet yang lebih tua tidak dapat secara efektif mampu melakukan pemulihan dari dehidrasi, dihubungkan dengan suatu kontrol dahaga. Ini bisa membuat mereka cenderung lebih rentan terkena status hypohidrasi kronis, sehingga menyebabkan kekurangan volume plasma dari kondisi optimal yang akan mempengaruhi kemampuan thermoregulatory (Mack 1994).

**Jenis Kelamin.** Secara umum, kemampuan aklimatisasi pada wanita dan laki-laki hampir sama. Menurut penelitian Frye dan Kamon 1981 menyatakan bahwa kemampuan aklimatisasi pada

wanita yang tidak melakukan olahraga dengan teratur dibandingkan dengan wanita yang melakukan olahraga secara teratur dan intensitas lebih tinggi hubungannya dengan kapasitas aerobik mereka.

**Lemak Tubuh.** Kelebihan lemak tubuh adalah suatu kewajiban ketika melakukan aktivitas di suatu lingkungan panas, sebab panas yang dihasilkan oleh lemak lebih besar dibanding otot. Lagipula insulator lemak memperlambat hantaran panas melalui konduksi ke permukaan tubuh. Akhirnya orang yang gemuk mempunyai rasio area permukaan yang lebih kecil untuk penguapan keringat dibandingkan dengan seseorang yang lebih kecil atau kurus.

#### 2.4. Latihan Pada Cuaca Panas

Manusia memiliki kemampuan untuk melakukan latihan baik di lingkungan yang dingin dan panas. Misalnya pada cabang tertentu, seperti pemain *sky* yang menuruni lereng curam pada suhu lingkungan dibawah 0°C. begitu juga pelari marathon yang terkadang harus berlari pada iklim gurun yang sangat panas, lebih dari 37°C (atau setara dengan suhu internal tubuh normal).

Manusia terkadang harus berjuang untuk melakukan aktivitasnya pada suhu yang lebih panas atau lebih dingin. Suhu rata-rata di Unisofyet dan Kanada kurang dari 0°C, pada musim dingin suhu udara sangat rendah sehingga dapat menimbulkan pembekuan kulit. Sedangkan di beberapa negara seperti Australia, Barat Daya Amerika, negara-negara Timur tengah, dan India memiliki suhu udara yang sangat panas, terutama pada musim panas suhu udara berkisar antara 43°-49°C. Pada daerah gurun, populasi makhluk yang hidup didalamnya harus memiliki kemampuan beradaptasi pada suhu yang sangat panas di siang hari, dan suhu yang sangat dingin di malam hari (A. Purba, 2006).

Tubuh kita dapat mentoleransi perubahan suhu yang terjadi di lingkungannya karena memiliki kemampuan untuk mengontrol suhu tubuh. Ketika suhu lingkungan dingin, kita dapat memelihara suhu tubuh dengan cara meningkatkan produksi

panas tubuh dan memakai pakaian berlapis. Ketika suhu lingkungan panas, tubuh kita akan meningkatkan pengeluaran panas dengan mengeluarkan keringat, meningkatkan aliran darah ke kulit, dan dengan melepaskan atau meminimalkan pakaian yang digunakan.

Peningkatan suhu lingkungan mengurangi gradien suhu yang berkecenderungan dengan panas antara suhu lingkungan dan suhu permukaan kulit dan antara suhu permukaan kulit dan suhu inti tubuh. Semua hal tersebut menahan pelepasan panas dari tubuh. Kita sudah mengetahui bahwa suhu tubuh dapat meningkat, ketika suhu dari lingkungan lebih tinggi dibanding suhu dari kulit. Selain itu juga, peningkatan kelembaban dapat menghadirkan suatu penghalang terjadinya pelepasan panas tubuh melalui mekanisme evaporasi. Seperti yang sudah didiskusikan sebelumnya, hal tersebut dilakukan dengan menurunkan gradien tekanan uap antara kelembaban udara dan kelembaban pada kulit kita (melalui keringat).

Selama latihan dalam jangka waktu yang lama di suatu lingkungan yang panas, dapat menjadi penghalang pelepasan panas dan meningkatkan suhu rectal dan seringkali membatasi kemampuan seseorang untuk melaksanakan pekerjaan di lingkungan tersebut. Selama seseorang melakukan suatu pekerjaan dalam jangka waktu yang pendek, dan ketika produksi panas tubuh melebihi kemampuan untuk mengeluarkan panas tersebut secara fisik (evaporasi, konduksi), kelelahan fisik pada umumnya terjadi sebelum suhu rectal dapat menjangkau suatu batasan atau tingkatan yang berbahaya.

Pada suatu lingkungan yang dingin atau sejuk, aktivitas yang dapat dilakukan selama satu jam atau lebih biasanya dibatasi oleh suatu peningkatan berlebih pada suhu internal atau suhu rectal. Dalam kondisi seperti ini hampir semua panas yang dihasilkan dari proses metabolisme dapat dengan mudah dikeluarkan oleh sistem sirkulasi tubuh dan sudomotor (berkeringat). Sesungguhnya, ketika berolahraga di lingkungan dengan suhu dingin sampai lingkungan yang hangat peningkatan suhu rectal selama latihan,

walaupun sebanding dengan intensitas pekerjaan (dan laju metabolisme), tetapi tidak tergantung pada suhu lingkungan.

Peningkatan panas yang terjadi pada tubuh saat berolahraga akan menyebabkan rangsangan pada hipotalamus, sebagai respon akhir akan terjadi vasodilatasi pembuluh darah kulit dan peningkatan produksi keringat. Peningkatan aliran darah kulit berperan penting dalam pengeluaran panas tubuh. Proses pengeluaran panas tersebut akan lebih efektif apabila terdapat perbedaan suhu tubuh 2°C lebih tinggi daripada lingkungan sekitarnya. Penguapan keringat merupakan upaya tubuh yang terpenting untuk menurunkan suhu tubuh pada waktu melakukan aktivitas fisik, khususnya olahraga.

Kemampuan tubuh untuk dapat beradaptasi terhadap suhu panas lingkungannya sangat bergantung pada beberapa faktor yang mempengaruhi cepat lambatnya penguapan keringat, misalnya suhu dan kelembaban udara yang sekeliling yang dapat menyebabkan penguapan keringat terganggu. Akibatnya, sebagian besar keringat tidak menguap, tetap menetes. Dalam keadaan ini, keringat yang terbentuk tidak mengalami penguapan sehingga tidak efektif dalam menurunkan panas tubuh. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap proses pengeluaran keringat adalah umur, jenis kelamin, jumlah kelenjar keringat, dan tingkat aklimatisasi seseorang.

## **2.5. Efek Cedera yang Timbul Akibat Suhu yang Panas**

Konsekuensi yang terjadi bila seseorang melakukan olahraga atau aktivitas fisik di tempat bersuhu panas adalah bukan hanya berpengaruh pada penurunan pencapaian dari aktivitas tersebut, tapi juga meningkatkan resiko terserang salah satu atau beberapa jenis penyakit yang ditimbulkan oleh suhu yang panas. Kekacauan yang dapat terjadi pada tubuh kita adalah: *heat cramps* (kram panas), *heat syncope* (penyingskatan ucapan panas), *heat exhaustion* (terdapat dua tipe: penghabisan air, penghabisan garam), *heat*

*stroke* (serangan panas). Pengeluaran keringat berlebih pada saat kita melakukan olahraga, juga dapat menyebabkan terjadinya dehidrasi (Foss, Keteyian: 1998. Robegrs, Roberts: 2002).

*Heat cramps* (kram panas) ditandai oleh kekejangan dan pemaksaan tanpa disengaja (spasmus) pada kelompok otot yang digunakan selama latihan. Hal tersebut terjadi karena adanya suatu perubahan dalam hubungan kalium dan sodium di selaput otot dan diakibatkan oleh pengeringan dan kehabisan garam. Secara khusus biasanya terjadi pada orang-orang yang menjalankan aktivitas atau latihan yang berat dan mengeluarkan banyak keringat, gejala ini lebih sering terjadi pada individu-individu yang tidak dapat beraklimatisasi dengan baik.

*Heat Syncope* ditandai oleh suatu kelemahan umum dan kelelahan, hypotensi (tekanan darah rendah), penglihatan yang kabur, muka pucat (kepucatan), penyingkatan ucapan (mengacu pada berkurangnya kesadaran), dan peningkatan suhu inti dan suhu kulit.

*Heat exhaustion- water depletion.* Lelah kepanasan – yang diakibatkan oleh kehilangan cairan, ditandai oleh adanya pengurangan keringat, penurunan berat badan yang cukup banyak, mulut dan lidah terasa kering ("mulut kapas"), kehausan, peningkatan suhu inti dan suhu kulit, kelemahan dan hilangnya koordinasi. Tanda-tanda yang lain adalah air seni sangat kental, hampir menyerupai warna jeruk.

*Heat exhaustion- salt depletion.* Lelah kepanasan – yang diakibatkan oleh kehabisan garam ditandai oleh adanya sakit kepala, kepening, kelelahan, perasaan mual, muntah-muntah dan diare, penyingkatan ucapan, dan kram otot. Lelah kepanasan – yang diakibatkan oleh kehabisan garam membahayakan, pada umumnya berkembang antara 3-5 hari. Hal ini dapat terjadi pada individu yang bahkan sudah beraklimatisasi, diakibatkan oleh suatu kehilangan volume akut dan ketidak-mampuan sistem peredaran darah untuk memberikan kompensasi yang bersamaan pada saat terjadinya vasodilatasi pada kulit dan otot skelet yang aktif.

*Heat Stroke* (serangan panas) merupakan kegagalan dari hipotalamus sebagai pusat pengontrolan suhu dalam menghadirkan suatu keadaan darurat medis utama. Hal tersebut terutama disebabkan oleh suatu kegagalan sudomotor pusat (pusat pengaturan keringat didalam hipotalamus), yang kemudian mengakibatkan peningkatan suhu tubuh yang sangat besar, dalam kaitan dengan ketiadaan pendinginan melalui evaporasi. Ditandai oleh suatu temperatur inti tubuh yang tinggi ( $>41^{\circ}\text{C}$ ), kulit panas, kering, dan keadaan pingsan atau kebingungan ekstrim. Komplikasi dari *heat stroke* meliputi: pingsan, tekanan pada sistem saraf pusat, kelainan fungsi tubuh mata gelap, disfungsi ginjal, myoglobinuria, pembekuan/pengentalan darah lemah, kerusakan pada, muntah-muntah, dan diare.

Sekitar 60 persen berat badan manusia terdiri dari cairan. Setiap hari, sekitar 1,7 liter cairan di dalam tubuh keluar melalui urine, sekitar seribu mililiter keluar melalui usus (tinja), dan sekitar satu liter keluar melalui keringat dan pernafasan. Cairan yang keluar tersebut akan digantikan oleh cairan yang masuk ke dalam tubuh melalui makanan dan minuman, yakni sebanyak tiga liter per hari. Jika cairan yang keluar dari tubuh terjadi secara berlebihan dan tidak diimbangi dengan cairan yang masuk, maka terjadilah dehidrasi (kekurangan cairan tubuh).

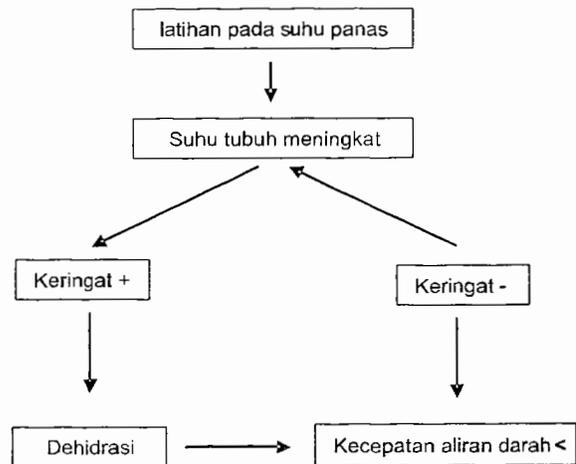
Dehidrasi terjadi bila pengeluaran cairan tubuh lebih besar dibandingkan asupannya. Kekurangan cairan biasanya menyebabkan kadar kalsium dalam darah meningkat. Pada beberapa keadaan, cairan tubuh yang hilang dapat terjadi dalam jumlah besar seperti pada saat diare, muntah, demam atau berolahraga dalam waktu lama. Dan bila tidak cepat diatasi, dengan menambah cairan ke dalam tubuh, maka dapat terjadi dehidrasi. Pada kasus yang berat, saat tubuh mengalami dehidrasi tapi kita tidak dapat menggantikan cairan itu dengan minum atau makan seperti biasanya, maka diperlukan penggantian cairan segera dengan cara lain yaitu dengan infus.

Dehidrasi dapat dibagi ke dalam tiga kelompok: ringan, sedang, dan berat. Dehidrasi ringan terjadi jika cairan yang hilang sebanyak 5% dari berat badan, dehidrasi sedang jika cairan yang hilang antara 5% sampai 10% berat badan, sementara dehidrasi berat jika lebih dari 10% berat badan. Dehidrasi ringan ditandai dengan rasa haus yang sangat, sehingga merangsang penderita untuk minum lebih banyak. Jika kebutuhan air tidak dapat dipenuhi, dehidrasi akan bertambah berat. Dehidrasi berat ditandai dengan mata cekung dan kulit menjadi tidak elastis (bila dicubit, bekas cubitan tidak cepat kembali), yang dapat dengan mudah dilihat pada kulit perut. Bila penderita tidak segera dipulihkan, kesadaran akan menurun dan penderita akan mengalami shock, yang dapat menyebabkan kematian.

Beberapa mekanisme bekerja sama untuk mempertahankan keseimbangan cairan dalam tubuh. Salah satu yang terpenting adalah mekanisme haus. Jika tubuh memerlukan lebih banyak air, maka pusat saraf di otak dirangsang sehingga timbul rasa haus. Rasa haus akan bertambah kuat jika kebutuhan tubuh akan air meningkat, mendorong seseorang untuk minum dan memenuhi kebutuhannya akan cairan. Mekanisme lainnya untuk mengendalikan jumlah cairan dalam tubuh melibatkan *kelenjar hipofisa* di dasar otak. Jika tubuh kekurangan air, kelenjar hipofisa akan mengeluarkan suatu zat ke dalam aliran darah yang disebut *hormon antidiuretik*. Hormon antidiuretik merangsang ginjal untuk menahan air sebanyak mungkin (James Johnson, 2006).

Jika tubuh kekurangan air, ginjal akan menahan air yang secara otomatis dipindahkan dari cadangan dalam sel ke dalam aliran darah untuk mempertahankan volume darah dan tekanan darah, sampai cairan dapat digantikan melalui penambahan asupan cairan. Jika tubuh kelebihan air, rasa haus ditekan dan kelenjar hipofisa hanya menghasilkan sedikit hormon antidiuretik, yang memungkinkan ginjal untuk membuang kelebihan air melalui air kemih.

**Gambar1. Skema hubungan dehidrasi dengan terjadinya gangguan tubuh akibat panas**



### 2.5.1. Pelepasan Panas Tubuh (*heat loss*)

Sebagian besar produksi panas di dalam tubuh dihasilkan pada organ dalam, terutama dalam hati, otak, jantung, dan otot rangka selama kerja. Kemudian panas ini dihantarkan dari organ dan jaringan yang lebih dalam ke kulit, panas hilang ke udara dan sekitarnya. Oleh karena itu laju pelepasan panas ditentukan hampir seluruhnya oleh dua faktor, yaitu:

- (1)seberapa cepat panas dapat dikonduksi dari tempat panas dihasilkan dalam inti tubuh ke kulit.
- (2)Seberapa cepat panas kemudian dapat dihantarkan dari kulit ke lingkungan sekitarnya.

Kulit, jaringan subkutan, dan terutama lemak dari jaringan subkutan merupakan suatu penyekat panas dari tubuh. Lemak penting karena hanya menyalurkan panas sepertiga kecepatan jaringan lain. Bila tidak ada darah yang mengalir dari organ interna yang panas ke kulit, daya penyekat yang dimiliki oleh tubuh laki-laki normal kira-kira sebanding dengan tiga perempuan dari daya penyekat pada pakaian biasa. Pada perempuan, penyekatan ini lebih baik. Oleh karena itu, kulit merupakan 'radiator panas' yang efektif, dan aliran darah ke kulit adalah mekanisme penyebaran panas yang paling efektif dari inti tubuh ke kulit (Guyton, 1996).

Tubuh kita melepaskan panas melalui beberapa cara, yaitu radiasi, konduksi, konveksi, dan evaporasi. Pada suhu kamar, ketika suhu tubuh kita lebih tinggi dibandingkan suhu ruangan, aliran panas dilepaskan keluar tubuh yang disebabkan oleh gradien suhu negatif. Pada suhu lingkungan yang panas atau saat kita berolahraga berat, evaporasi merupakan mekanisme yang paling dominant untuk mengeluarkan panas tubuh.

**Radiasi**, radiasi adalah perpindahan panas antar obyek melalui aktivitas gelombang elektromagnetik. Seseorang yang telanjang pada suhu kamar normal kehilangan panas kira-kira 60% dari pelepasan total panas tubuh (selitar 15%) melalui radiasi. Pelepasan panas melalui radiasi berarti kehilangan dalam bentuk gelombang panas infra merah, suatu jenis gelombang elektromagnetik.

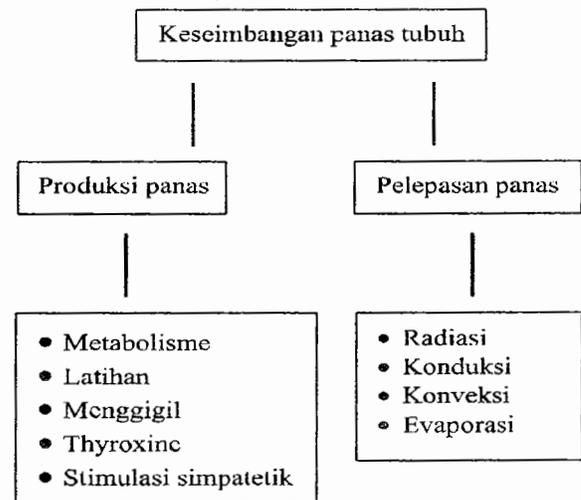
Tubuh manusia menyebarkan gelombang panas ke segala penjuru. Gelombang panas juga dipancarkan dari dinding dan benda-benda lain ke tubuh. Bila suhu tubuh lebih tinggi dari suhu lingkungan, kuantitas panas yang dipancarkan dari tubuh lebih besar daripada yang dipancarkan ke tubuh. Warna dan tekstur suatu benda mempengaruhi kemampuannya untuk menyerap radiasi panas. Benda yang bersinar atau berwarna cerah dapat menyerap radiasi panas lebih mudah daripada benda-benda kasar dan berwarna gelap.

**Konduksi**, konduksi adalah perpindahan panas dari tubuh kepada suatu obyek atau dari dua obyek yang bersinggungan secara langsung dan memiliki perbedaan suhu antara satu dan lainnya, perpindahan panas terjadi dari obyek yang memiliki suhu lebih tinggi ke yang lebih rendah. Tiga persen dari total pelepasan panas tubuh pada suhu kamar melalui mekanisme konduksi. Pemindahan panas dari seseorang kepada kursi yang sedang didudukinya adalah contoh konduksi, begitu juga pelepasan panas tubuh melalui urin dan feses. Atau sebagai contoh lain adalah pada saat kita memegang es batu, panas dari tangan kita akan berpindah, atau juga saat kita tanpa sengaja memegang benda panas.

**Konveksi**, konveksi adalah perpindahan panas dari suatu obyek pada udara atau air. Sebenarnya, pertama-tama panas dari tubuh harus dikonduksi terlebih dahulu ke udara maupun ke air untuk kemudian dibawa melalui aliran konveksi. Pada suhu kamar yang normal, tubuh akan kehilangan panas sebesar 12% dari proses konveksi.

**Evaporasi**, pada saat kita dalam keadaan istirahat pada suhu lingkungan yang normal, kira-kira 25% panas tubuh kita dilepaskan melalui evaporasi. Ketika suhu lingkungan lebih tinggi dari suhu tubuh kita, tubuh akan menerima panas melalui radiasi dan konduksi, jika tubuh kita tidak dapat melepaskan panas yang dihasilkan melalui evaporasi, maka suhu tubuh akan terus meningkat. Evaporasi juga merupakan mekanisme primer pelepasan panas yang dilakukan oleh tubuh pada saat berolahraga melalui evaporasi keringat yang ada di kulit. (Guyton, Hall: 1996, Foss, Keteyian: 1998, Roberg, Roberts: 2002).

**Gambar 2. Faktor-faktor yang mempengaruhi keseimbangan suhu tubuh (Robergs, Roberts: 2002)**



## 2.6. Latihan dan Efek Cedera Pada Cuaca Dingin

Suatu studi telah memperlihatkan bahwa ketika seseorang melakukan aktivitas atau berolahraga dalam suhu lingkungan yang dingin, pada umumnya mereka berlatih pada intensitas tertentu

yang akan mempertahankan panas tubuh yang dihasilkan oleh proses metabolisme agar tidak terlalu banyak yang keluar dari tubuh. Oleh karenanya, akan lebih baik jika aktivitas atau latihan tersebut tidak dilakukan diluar ruangan atau di alam terbuka. Akan tetapi sebagai pengecualian, bila kita harus melakukan di luar ruangan atau di alam terbuka, berikut adalah hal-hal yang perlu diperhatikan:

- a. Tidak ada catatan yang menyebutkan bahwa suhu lingkungan yang dingin akan secara cepat berpengaruh pada kesehatan. Meskipun udara yang kita hirup untuk bernafas dingin, itu tidak akan membuat jantung kita membeku. Suatu penelitian menunjukkan bahwa ketika kita melakukan olahraga dengan intensitas sedang dan melakukan inhalasi udara melalui hidung dari lingkungan dengan suhu rendah, saat mencapai jantung, suhu udara yang kita hirup sudah mengalami perubahan suhu, menjadi agak hangat.
- b. Pada saat volume paru-paru tinggi, yang terjadi pada saat olahraga dengan intensitas yang tinggi, ketika kita mengkonsumsi udara melalui mulut dan suhu lingkungan sangat dingin, dapat menyebabkan terjadinya iritasi pada mulut, pharing, trachea dan bahkan bronchi. Hal tersebut dapat dicegah dengan menggunakan scarf pada hidung dan mulut untuk menahan air yang terkandung dalam ekshalasi pernafasan kita. Hal tersebut dapat membuat nafas berikutnya lebih lembab dan hangat.
- c. Meskipun kebanyakan orang mampu melakukan intensitas latihan tertentu untuk mempertahankan pengeluaran panas, jika kelelahan terjadi pada sesi latihan yang cukup panjang. Intensitas latihan akan menurun, dan hal tersebut mengurangi kemampuannya untuk memproduksi panas dan menekan pelepasan panas dari tubuhnya. Jika pada kondisi tersebut seseorang tidak menggunakan pakaian

yang sesuai dan bisa melindungi tubuhnya, maka dapat terjadi hypothermia (suhu tubuh yang relatif lebih rendah). Beberapa orang lebih dapat bertoleransi terhadap suhu dingin, seperti mereka yang memiliki lebih banyak massa otot, bertubuh pendek, atau mereka yang memiliki lebih banyak lemak tubuh.

- d. Sebelum melakukan aktivitas di udara terbuka, pastikan bahwa kecepatan angin masih berada pada kondisi yang nyaman. Kombinasi suhu lingkungan dan kecepatan angin yang bersuhu kurang dari  $-22^{\circ}\text{F}$ , merupakan suhu yang akan berbahaya untuk melakukan latihan. Bila suhu lingkungan sangat rendah, sebaiknya kita mengadaptasi latihan untuk dapat dilakukan di dalam ruangan.
- e. Menggunakan pakaian yang tepat adalah hal utama yang mengurangi besarnya persinggungan antara permukaan kulit dengan lingkungan sekitarnya. Selama melakukan latihan, seseorang akan mengeluarkan keringat, sebaiknya keringat yang dikeluarkan dievaporasikan pada udara disekitarnya. Apabila hal ini tidak terjadi, pakaian justru dapat mempercepat pelepasan panas dengan konduksi dan evaporasi, akan mengakibatkan kedinginan. Pakaian berlapis sebaiknya digunakan pada kondisi tersebut, lapisan yang terdekat dengan tubuh biasanya terbuat dari bahan fiber seperti polypropylene yang dapat mentransport kelembaban dilepaskan dari permukaan tubuh ke lapisan baju selanjutnya untuk di evaporasi, lapisan kedua sebaiknya bersifat insulator. Di lapisan terluar gunakan jaket yang berfungsi sebagai pemecah angin dan penahan air. 30-40% panas tubuh dapat dilepaskan hanya melalui kepala, oleh karena itu sebaiknya digunakan kacamata dan topi sebagai penahan.
- f. Tanda-tanda awal terjadinya kesakitan atau cedera karena suhu dingin adalah mati rasa

pada jari-jari tangan dan kaki atau perasaan seperti terbakar pada hidung dan telinga. Gejala lebih lanjut dapat mengakibatkan terjadinya frostbite. Frostbite adalah pembekuan pada jaringan tubuh yang juga biasa terjadi pada jari-jari tangan dan kaki, dan daun telinga, dapat menyebabkan kerusakan permanent pada sistem sirkulasi. Apabila saat kita berolahraga di lingkungan yang bersuhu rendah dan mengalami gejala-gejala tersebut, sesegera mungkin harus pindah ke lingkungan yang lebih hangat.

Pada kondisi umum, ketika seseorang berada pada suhu lingkungan yang dingin, tubuh akan menekan pelepasan panas dan meningkatkan produksi panas sebaik mungkin. Secara fisiologis, hal yang terjadi adalah:

- a. Penurunan kecepatan sirkulasi di jaringan tepi, tubuh akan mengurangi kecepatan aliran darah pada ekstremitas juga pada permukaan kulit. Hal tersebut dilakukan untuk menyimpan panas agar tetap tertahan pada jaringan dalam tubuh. Lemak subkutan sangat membantu proses tersebut, karena lemak adalah insulator yang baik.
- b. Pengaturan tubuh untuk menggigil, adalah peningkatan laju metabolik yang disebabkan oleh pelepasan thyroksin dan katekolamin (epinefrin dan norepinefrin). Laju metabolisme yang cepat akan menghasilkan panas yang lebih besar. Menggigil adalah suatu gerakan yang tidak disengaja melibatkan kontraksi dan relaksasi otot rangka, dapat meningkatkan laju metabolik sebanyak 4-5 kali lebih besar dibanding pada kondisi normal.

**Tabel 1. Perubahan patofisiologis disebabkan oleh penurunan suhu inti tubuh (Robergs, Roberts: 2002)**

Suhu Tubuh (°C/°F)	Perubahan Patofisiologis
36 (96.8)	Peningkatan laju metabolik
35 (95)	menggigil Perubahan neurologis: Hyperreflexia Dysarthria Lambat berfikir
34 (93.2)	Temperature lebih rendah compatible dengan continued exercise
33 (91.4)	Amnesia
32 (89.6)	Penurunan tingkat kesadaran
31 (87.8)	Penurunan kinerja pada organ-organ vital tubuh
29-30 (84.2-86)	Hilangnya kesadaran (pingsan) Kekakuan otot Perlambatan detak jantung dan pernafasan Aritmia jantung
27-28 (80.6-82.4)	Menyebabkan terjadinya kematian Berkurang atau hilangnya kemampuan gerak refleks Fibrilasi ventricular

### BAB III KESIMPULAN

Kemampuan seseorang untuk beradaptasi terhadap lingkungan sekitarnya berbeda antara satu dan lainnya, hal tersebut dapat terlihat pada tingkat aklimatisasinya terhadap suhu. Pada saat kita harus melakukan aktivitas atau latihan pada suhu yang tinggi, kita akan kehilangan banyak cairan, oleh karenanya tubuh akan menjalankan beberapa mekanisme fisiologis untuk mengeluarkan panas untuk menstabilkan suhu inti tubuh, dengan tetap memperhatikan dan menjalankan usaha-usaha untuk menggantikan cairan tubuh yang keluar dengan membawa serta mineral tubuh baik secara internal maupun didukung dengan usaha eksternal.

Beberapa cedera yang dapat terjadi bila kita melakukan latihan dilingkungan yang panas adalah: *heat cramps* (kram panas), *heat syncope* (penyingskatan ucapan panas), *heat exhaustion* (terdapat dua tipe: penghabisan air, penghabisan garam), *heat stroke* (serangan panas).

Pengeluaran keringat berlebih pada saat kita melakukan olahraga, juga dapat menyebabkan terjadinya dehidrasi.

Sedangkan pada kondisi bila kita melakukan latihan di lingkungan yang dingin, adaptasi fisiologis tubuh adalah: Penurunan kecepatan sirkulasi di jaringan tepi, tubuh akan mengurangi kecepatan aliran darah pada ekstremitas juga pada permukaan kulit. Pengaturan tubuh untuk menggigil, adalah peningkatan laju metabolic yang disebabkan oleh pelepasan thyroksin dan katekolamin (epinefrin dan norepinefrin).

### DAFTAR PUSTAKA

- Armstrong, EL and Maresh, CM. 1998. *Effects of Training, Environment, and Host Factors on Sweating Response to Exercise*. International Journal of Sports Medicine Supplement (19):103-105.
- Bacic, Bobby. *Heat Acclimatization Of Athletes*. <http://www.physiotherapy.curtin.edu.au/resources/educational-resources> . Jumat 13 april 2007.
- Brooks, George A., Fahey, Thomas D. 2002. *Exercise Physiologi: Human Bioenergetics and Its Application*. Canada: Macmillan Inc.
- Brukner, Peter., Khan, Karim. 1993. *Clinical Sport Medicine*. Australia: McGraw Hill.
- Doubt, TJ. 1991. Sport Medicine Journal: *Physiologi Of Exercise In The Cold*. Juni;11(6):367-81. Jumat 13 April 2007. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi.abstract>.
- Foss, Merie L., Keteyian, Steven J. 1998. *Fox's Physiological Basis for Exercise and Sport*. Edisi 6. USA: McGraw-Hill.
- Fox, Edward L. 1979. *Sport Physiologi*. USA: W.B. Saunders Company.
- Girandola, Robert. Ph.D. *Exercise Considerations In The Cold*. <http://us.commercial.lifefitness.com/content.cfm/exerciseincoldambienttemperatures>. Minggu 15 April 2007.
- Guyton, Arthur C., Hall, John E. 1996. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. Edisi 9. Editor: Irawati Setiawan. Jakarta: EGC.
- Hargreaves M and Febbraio M. 1998. *Limits To Exercise Performance In The Heat*. International Journal of Sports Medicine Supplement (19):115-117.
- Hubbard RW and Armstrong EL. 1998. *Heat Acclimatisation And Decline In Sweating During Humidity Transients*. International Journal of Sports Medicine Supplement (19):250-254.
- Johnson, James, MPH. *Cegah Deshidrasi Saat Olahraga*. <http://fajarzebua.blogspot.com/category/healthy/>. Sabtu 14 April 2006.
- Mack, GW. 1994. *Body Fluid Balance in Dehydrated Healthy Older Men*. Journal of Applied Physiology 76(12):1124-1129.
- Maughan R. 1998. *Heat Acclimatisation and Rehydration Strategy*. International Journal of Sports Medicine Supplement (19):77.
- McArdle WD, Katch FI and Katch VL. 1996. *Exercise Physiology*. Edisi ke-4. Baltimore: Wilkins and Wilkins.
- Noakes TD. 1998. *Fluid Replacement during Exercise*. Exercise Sports Science Review 21(2):297-301.
- Purba, A. Prof. Dr. dr. MS., AIF. 2006. *Buku Teks: Kardiovaskular dan Faal Olahraga*. Fakultas Ilmu Kedokteran, Universitas Padjadjaran.
- Roberts, Roberta A., Roberts, Scott O. *Exercise Physiologi: exercise, performance, and clinical applications*. 2002. USA: Mosby.
- Stocks JM., Taylor NA., Tipton MJ., Greenleaf JE. 2004. *Aviat Space Environ Med: Human Physiological Responses To Cold Exposure*. 75 (5): 444-57. [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=pubmed&cmd=Retrieve&dopt=AbstractPlus&list\\_uids=](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=pubmed&cmd=Retrieve&dopt=AbstractPlus&list_uids=). Minggu 15 April 2007.
- Therminarias A. 1992. *International Sport Medicine: Acute Exposure to Cold Air and Metabolic Responses to Exercise*. 13 Suppl 1: S187-90. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?itool=abstractplus&db=>. Jumat 13 April 2007.