

Adaptasi Fisiologis Tubuh Terhadap Latihan Di Suhu Lingkungan Panas dan Dingin

Oleh: Eka Novita Indra

Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Yogyakarta

Abstrak. Manusia merupakan makhluk hidup yang memiliki kemampuan mengatur keseimbangan suhu internal tubuh untuk melaksanakan metabolisme dan mekanisme fisiologis lainnya tanpa harus bergantung pada suhu lingkungannya dengan menjalankan suatu mekanisme pengaturan suhu tubuh yaitu suatu proses fisik dan kimiawi.

Keberlangsungan mekanisme fisiologis tubuh seperti fungsi sistem saraf, dan sistem endokrin sebagai dua sistem utama pengatur tubuh sangat bergantung pada konsistensi suhu tubuh. Meskipun tubuh memiliki sistem pertahanan yang sempurna untuk menghadapi perubahan suhu lingkungan, bila perubahan suhu lingkungan yang dihadapi sangat signifikan dapat menyebabkan perubahan fungsi fisiologis tubuh. Seseorang memiliki kemampuan untuk beradaptasi dan melakukan latihan pada suhu lingkungan baik panas maupun dingin yang disebut aklimatisasi.

Seorang atlet, mungkin harus bertanding pada lokasi berpindah dengan suhu lingkungan yang sangat berbeda dengan tempat tinggal dan latihannya. Dengan mengetahui mekanisme fisiologi adaptasi tubuh terhadap perubahan suhu lingkungan yang ekstrim, diharapkan atlet dapat mempersiapkan secara optimal kondisi fisik dan psikisnya sehingga mampu memberikan penampilan yang baik, dengan mengeliminir perubahan suhu lingkungan sebagai faktor penghambat pencapaian prestasi maksimal. Bila melakukan latihan pada suhu ekstrim baik dingin maupun panas, dan tubuh tidak memiliki persiapan untuk menghadapi perubahan suhu tersebut, dapat meningkatkan resiko terjadinya cedera.

Kata kunci: Adaptasi Fisiologis, Latihan, Suhu lingkungan panas dan dingin

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 suhu tubuhnya beradaptasi dengan perubahan lingkungan (*poikilotherms*). Manusia memiliki kemampuan untuk tidak tergantung atau dipengaruhi oleh suhu lingkungannya karena dapat memelihara suhu tubuh yang konstan, sedangkan pada makhluk hidup yang tergolong *poikilotherms*, ketika suhu lingkungan dingin, suhu tubuhnya 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 bahkan dapat mengalami kematian. Manusia sebagai makhluk hidup tingkat tinggi yang keberfungsian aktivitas fisiologis dalam tubuhnya, seperti pengangkutan oksigen, metabolisme seluler, dan kontraksi otot tidak begitu terpengaruh oleh suhu lingkungan, baik panas ataupun dingin pada batasan normal selama suhu internal tubuh terpelihara.

Akan tetapi yang menjadi permasalahan adalah bahwa manusia juga merupakan makhluk sosial yang memiliki mobilitas perpindahan sangat tinggi, bukan tidak mungkin suatu ketika harus berada pada suatu tempat dengan suhu lingkungan yang ekstrim, terlalu tinggi (panas) ataupun terlalu rendah (dingin). Terlebih ketika kita berada pada suhu lingkungan yang ekstrim tersebut, kita juga dituntut untuk melakukan aktivitas fisik yang berkaitan

dalam waktu yang lama. Tubuh kita akan bekerja lebih berat, tidak hanya untuk beradaptasi terhadap perubahan suhu lingkungan, tetapi juga peningkatan metabolisme atau mekanisme fisiologis lain yang terjadi dalam rangka pemenuhan kebutuhan energi untuk memberikan penampilan terbaik. Misalnya seorang atlet, harus bertanding pada lokasi yang berpindah-pindah dengan suhu lingkungan yang mungkin sangat berbeda dengan suhu lingkungan tempat tinggal dan latihannya. Dengan mengetahui mekanisme fisiologi adaptasi tubuh terhadap perubahan suhu lingkungan yang ekstrim, diharapkan atlet dapat mempersiapkan secara optimal kondisi fisik dan psikisnya sehingga mampu memberikan penampilan yang baik, dengan mengeliminir perubahan suhu lingkungan sebagai faktor penghambat pencapaian prestasi maksimal.

Mekanisme Pengaturan Suhu Tubuh

Mekanisme tubuh untuk mempertahankan keseimbangan suhu internal disebut *thermoregulasi*, meskipun mekanisme ini sangat efektif dalam pengaturan suhu tubuh dibawah kondisi normal, *thermoregulasi* bisa saja tidak mampu melaksanakan tugasnya dengan baik ketika seseorang terpapar oleh suhu yang panas maupun dingin, sehingga tubuh kita memiliki kemampuan beradaptasi pada stress yang timbul akibat perbedaan suhu lingkungan.

Suhu tubuh yang konstan bergantung pada kemampuan seseorang untuk menyeimbangkan antara produksi panas tubuh, akibat proses metabolisme dalam tubuh dan suhu lingkungan, dengan jumlah panas yang dilepaskan.

Keberfungsian dari sistem pengaturan suhu tubuh, pada saat istirahat, aktivitas keseharian, maupun pada saat latihan, memiliki komponen utama sebagai berikut:

(1) Pusat pengaturan suhu (*thermoregulatory center*), terdapat di *hypotalamus* yang berfungsi sebagai koordinator informasi yang masuk melalui sensor (afektor), untuk kemudian memberikan reaksi lanjutan.

(2) Reseptor suhu (*thermoreseptor*) merupakan reseptor sensoris, terbagi menjadi dua, reseptor pusat (*central reseptor*) pada *hypothalamus* dan reseptor tepi (*peripheral reseptor*) yang terdapat pada kulit. sangat sensitif pada stimulus suhu panas dan dingin, dan memberikan input pada pusat pengaturan suhu yang terletak di *saraf pusat*.

(3) Efektor suhu, yang diperintah oleh pusat koordinasi melaksanakan proses pengaturan suhu, diantaranya *berkeringat*, otot polos pada arteriola, otot rangka, dan kelenjar endokrin (Foss, Keteyian: 1998. Wilmore, Costill: 2004).

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 buruk, 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 (Brukner&Khan 1998, A. Purba, 2006).

Suhu inti tubuh biasanya didefinisikan sebagai suhu dari *hipotalamus*, pusat pengaturan suhu tubuh. Metode pengukuran populer digunakan untuk mengaukur 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 karena itu 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)

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

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 pemaasan, 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 akarnya." 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.

Suhu Tubuh, Lingkungan, dan Intensitas Latihan

Pengaturan suhu inti tubuh sehingga menghasilkan kondisi internal yang konstan 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 jaringan perifer tubuh, merefleksikan laju metabolisme dan lingkungan sekitar, sebagai contoh terjadinya 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 diatas 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 arrhythmia*.

Sensasi Suhu

Manusia dapat merasakan bermacam-macam gradasi panas dan dingin. Gradasi thermal dapat dibedakan oleh paling sedikit tiga macam reseptor sensorik: reseptor dingin, reseptor hangat, dan reseptor rasa nyeri yang bertanggung jawab terhadap sensasi "sangat dingin" (*freezing cold*) dan "sensasi panas menyengat" (*burning hot*). Jumlah reseptor dingin lebih banyak daripada reseptor hangat.

Pada umumnya, penjalaran sinyal suhu hampir selalu sejajar, namun tidak persis sama seperti sinyal nyeri. Sewaktu memasuki medula spinalis, sinyal akan menjalar dalam tractus Lissauer sebanyak beberapa segmen diatas atau dibawah, dan selanjutnya akan berakhir terutama pada lamina I, II, III radiks dorsalis, begitu juga dengan rasa nyeri.

Sesudah ada percabangan satu atau lebih neuron dalam medula spinalis, maka sinyal dijalarakan ke serabut thermal assenden yang menyilang ke traktus sensorik anterolesal sisi berlawanan dan berakhir di area retikular batang otak dan kompleks vebtro basal talamus (Guyton&Hall, 1996).

Aklimatisasi Tubuh Terhadap Panas

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&Amstrong, 1998). Setelah beberapa hari melakukan latihan, toleransi atlet terhadap iklim panas meningkat, 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 40-95% dari maksimal kekuatan aerobik ($VO_2\text{Max}$): 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). Peningkatan pengeluaran keringat, peningkatan dan penurunan kepekaan keringat (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 tubuh ke kulit, dan akhirnya kepada lingkungan.

Beberapa jam latihan di dalam suatu lingkungan panas menyebabkan dehidrasi dari kedua faktor, baik itu kompartemen intrasellular dan extrasellular. Di dalam proses aklimatisasi seseorang kehilangan air melalui berkeringat, mencapai tiga liter per jam selama latihan keras dan rata-rata hampir duabelas 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 dapat 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 dengan meletakkan handuk di kepala, atau mandi beberapa saat sebelum pertandingan, sebagai 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 berkait dengan aklimatisasi tubuh terhadap panas telah dilakukan pada atlet bola basket putra, 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 (Agus Sukmajaya, 2003).

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kemampuan Aklimatisasi Tubuh Terhadap Panas

Faktor-faktor yang mempengaruhi kemampuan aklimatisasi seseorang adalah: usia, jenis kelamin, komposisi lemak tubuh, banyaknya kelenjar keringat. 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 penyesuaian dari dehidrasi, dihubungkan dengan suatu kontrol/ mekanisme haus, membuat mereka cenderung lebih rentan terkena status hypohidrasi kronis, sehingga menyebabkan kekurangan volume plasma dari kondisi optimal yang akan mempengaruhi kemampuan thermoregulatory (Mack, 1994).

Berdasarkan jenis kelamin, secara umum kemampuan aklimatisasi pada wanita dan laki-laki hampir sama. Menurut Frye dan Kamon (1981), 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.

Kelebihan lemak tubuh adalah suatu kewajiban ketika melakukan aktivitas di lingkungan panas, sebab panas yang dihasilkan oleh lemak lebih besar dibanding otot, 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.

Kelenjar keringat merupakan salah satu media tubuh untuk mengeluarkan panas dari dalam ke lingkungan sekitarnya selain melalui urin, dan fase ekspirasi bernafas. Semakin banyak jumlah kelenjar keringat seseorang, semakin tinggi kemampuannya melepaskan panas tubuh untuk mempertahankan keseimbangan suhu.

Latihan Pada Suhu Lingkungan Panas

Manusia memiliki kemampuan untuk melakukan latihan di lingkungan yang dingin dan panas meskipun untuk tujuannya berjuang lebih berat jika dibandingkan dengan latihan pada suhu normal. 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 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 berkenaan 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

Cedera Atau Penyakit yang dapat Timbul Akibat Suhu yang Panas

Konsekuensi yang terjadi bila seseorang melakukan olahraga atau aktivitas fisi 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* (penyingkatan 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. Brooks&Fahey:1985).

Heat cramps (kram panas) ditandai oleh kekejangan (*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, hipotensi (tekanan darah rendah), penglihatan yang kabur, muka pucat (kepucatan), peningkatan 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 lainnya 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, peningkatan 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.

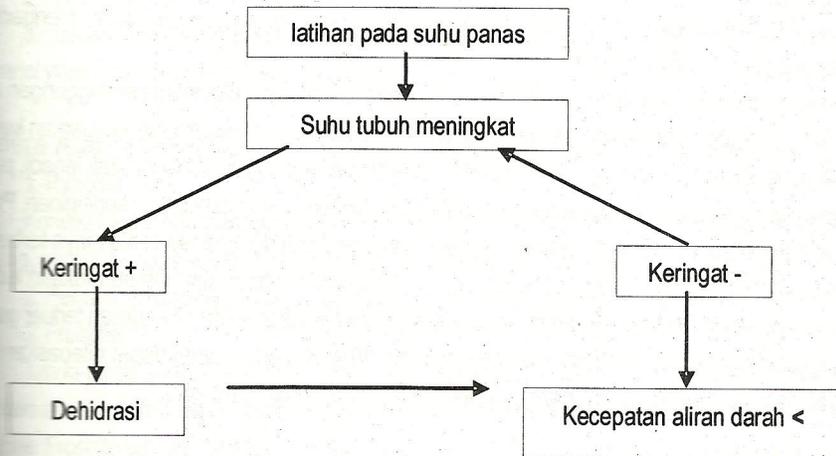
Sekitar 60 persen berat badan manusia terdiri dari cairan. Setiap hari, sekitar 1,7 liter cairan di dalam tubuh keluar melalui urine, sekitar seribu milliliter keluar melalui usus (tinja), dan sekitar satu liter keluar melalui keringat dan pernafasan. Cairan yang keluar tersebut akan digantikan oleh 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 (Edward L. Fox, 1979). 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 (ADH)*. 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



Latihan 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, lebih baik jika aktivitas atau latihan tersebut tidak dilakukan diluar ruangan atau di alam terbuka. Suhu lingkungan yang dingin tidak secara cepat berpengaruh pada kesehatan, karena meskipun udara yang kita hirup atau bernafas dingin tidak membuat jantung kita membeku. 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, dan menjadi hangat.

Bila kita harus melakukan latihan/ pertandingan di luar ruangan atau di alam terbuka, berikut adalah hal-hal yang perlu diperhatikan:

a. 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 bronchus. Hal tersebut dapat dicegah dengan menggunakan penutup hidung dan mulut untuk menahan air yang terkandung dalam ekshalasi pernafasan kita. Hal tersebut dapat membuat nafas berikutnya lebih lembab dan hangat.

b. Meskipun kebanyakan orang mampu melakukan intensitas latihan tertentu untuk mempertahankan pengeluaran panas, jika kelelahan terjadi pada sesi latihan yang cukup panjang. Intensitas latihan 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.

c. 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°F , merupakan suhu yang berbahaya untuk melakukan latihan. Bila suhu lingkungan sangat rendah, sebaiknya kita mengadaptasi latihan untuk dapat dilakukan di dalam ruangan.

d. Menggunakan pakaian yang tepat adalah hal utama yang mengurangi besarnya persinggungan antara permukaan kulit dengan lingkungan sekitarnya. Selama melakukan latihan, seseorang 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, 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.

Respon Fisiologis Tubuh saat Latihan Di Cuaca Dingin

Pada kondisi umum, ketika seseorang berada pada suhu lingkungan yang dingin, tubuh akan menekan pelepasan panas dan meningkatkan produksi panas sebaik mungkin. Respon fisiologis tubuh saat melakukan aktivitas olahraga di cuaca dingin secara khusus dibagi menjadi dua, yaitu: respon fisiologis pada fungsi otot dan

respon fisiologis pada respon metabolik (Stock, JM., dkk).

Fungsi otot, suhu lingkungan yang dingin sangat mempengaruhi kinerja otot, (1) sel-sel otot menjadi lemah karena terjadi perlambatan laju metabolisme, (2) kemampuan pemendekan otot pada vasokonstriksi dan power otot menurun signifikan, (3) kelelahan otot terjadi lebih cepat, karena mekanisme kontraksi yang terjadi harus dapat memenuhi dua kebutuhan fisiologis dalam waktu yang bersamaan, yaitu untuk menghasilkan energi dan menampilkan performa latihan yang baik, dan pemenuhan kebutuhan energi untuk mempertahankan suhu tubuh.

Respon metabolik, (1) latihan yang berkepanjangan menstimulasi tubuh untuk melepaskan hormon-hormon catecholamine yang meningkatkan metabolisme lipid yaitu mobilisasi dan oksidasi asam lemak bebas (*free fatty acids/FFA*) dalam darah. Saat latihan di cuaca dingin mobilisasi dan oksidasi asam lemak bebas dalam darah cenderung lebih rendah daripada saat berlatih di suhu lingkungan normal, tetapi juga meningkatkan pelepasan thyroksin dan catecholamine (epinephrine dan norepinephrine) yang merangsang tubuh untuk meningkatkan laju metabolik dengan "mekanisme menggigil", menggigil adalah suatu gerakan diluar kontrol sadar melibatkan kontraksi dan relaksasi otot rangka, dapat meningkatkan laju metabolik sebanyak 4-5 kali lebih besar dibanding pada kondisi normal, laju metabolisme yang cepat akan menghasilkan panas lebih besar, (3) paparan pada suhu lingkungan yang dingin memicu vasokonstriksi pembuluh darah tepi yang berada pada jaringan subcutan (banyak terdapat jaringan lemak), menyebabkan berkurangnya aliran darah pada dan dari tempat asam lemak bebas termobilisasi, penurunan kecepatan sirkulasi di jaringan tepi akan mengurangi kecepatan aliran darah pada ekstremitas juga permukaan kulit, hal tersebut dilakukan untuk menyimpan panas agar tetap tertahan pada jaringan dalam tubuh, lemak subcutan sangat membantu proses penyimpanan panas, karena lemak adalah insulator yang baik (4) glukosa darah dan glikogen otot memiliki peranan penting pada toleransi tubuh terhadap suhu dingin dan latihan daya tahan waktu yang panjang), (5) hypothalamus akan kehilangan kemampuan mempertahankan suhu tubuh bila suhu tubuh menurun sampai 34.5°C.

Adaptasi Tubuh terhadap Suhu Dingin

1. paparan suhu dingin pada tubuh dalam jangka waktu yang lama meningkatkan lapisan lemak subcutan
2. beberapa area pada kulit (mis: tangan) dapat meningkatkan kadar toleransinya terhadap suhu dingin
3. paparan berulang pada suhu dingin menyebabkan aliran darah perifer dan suhu kulit juga memiliki toleransi yang lebih tinggi terhadap suhu dingin

Cedera Atau Penyakit yang dapat Timbul Akibat Suhu yang Dingin

1. Hypothermia

Kondisi hypothermia utamanya mempengaruhi nodus sinoatrial pada jantung untuk memperlambat detak jantung, yang pada kemudian pada gilirannya menurunkan *Cardiac Output*.

2. Penurunan laju dan volume pernafasan

3. Frostbite

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 konsekuensi dari usaha mempertahankan panas tubuh dengan terjadinya vasokonstriksi pembuluh darah tepi, yang juga berimplikasi pada pengurangan atau bahkan penghentian suplai oksigen dan nutrisi pada jaringan tepi, sehingga terjadilah pembekuan pada jaringan tubuh, biasanya terjadi pada jari-jari tangan dan kaki, dan daun telinga, dapat menyebabkan kerusakan permanen 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.

Gambar3. 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 <i>continued exercise</i>
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

KESIMPULAN

Kemampuan seseorang untuk beradaptasi terhadap lingkungan sekitarnya berbeda antara satu dan lainnya. Hal tersebut dapat terlihat pada tingkat aklimatisasinya terhadap suhu. Pada saat melakukan aktivitas atau latihan pada suhu yang tinggi akan menyebabkan kehilangan banyak cairan, oleh karena itu tubuh akan menjalankan beberapa mekanisme fisiologis 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 dengan usaha eksternal.

Cedera yang dapat terjadi bila melakukan latihan di lingkungan 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*.

Adaptasi fisiologis tubuh saat melakukan latihan di suhu lingkungan dingin: Penurunan kecepatan sirkulasi di jaringan tepi, mengurangi kecepatan aliran darah pada ekstremitas dan permukaan kulit dan mekanisme menggigil sebagai usaha peningkatan laju metabolik yang disebabkan oleh pelepasan hormon thyroksin dan katekolamin.

DAFTAR PUSTAKA

- Sukmajaya, Agus. 2003. *Kemampuan Aklimatisasi Atlet Bola Basket Ditinjau dari Kebugaran Jasmani*. Bandung: Universitas Padjadjaran.
- Armstrong, EL & Maresh, CM. 1998. *Effects of Training, Environment, and Host Factors on Sweating Response to Exercise*. International Journal of Sports Medicine Supplement 19:103-105.
- Brooks, George A. & Fahey, Thomas D. 1985. *Exercise Physiologi: Human Bioenergetics and Its Application*. Canada: Macmillan Inc.
- Brukner, Peter. & Khan, Karim. 1993. *Clinical Sport Medicine*. Australia: McGraw Hill.
- Foss, Merie L. & Keteyian, Steven J. 1998. *Fox's Physiological Basis for Exercise and Sport*. 6th Edition. USA: McGraw-Hill.
- Fox, Edward L. 1979. *Sport Physiologi*. USA: W.B. Saunders Company.
- Guyton, Arthur C. & Hall, John E. 1996. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. Edisi-9. Editor: Irawati Setiawan. Jakarta: EGC.
- Hargreaves M & Febbraio M. 1998. *Limits to Exercise Performance in the Heat*. International Journal of Sports Medicine Supplement 19:115-117.
- Hubbard RW & Armstrong EL. 1998. *Heat Acclimatisation and Decline in Sweating During Humidity Transients*. International Journal of Sports Medicine Supplement 19:250-254.
- Maughan R. 1998. *Heat Acclimatisation and Rehydration Strategy*. International Journal of Sports Medicine Supplement 19:77.
- McArdle WD., Katch FI & Katch VL. 1996. *Exercise Physiology*. 4th edition. Baltimore: Wilkins and Wilkins.
- Purba, A. Prof. Dr. dr. MS., AIF. 2006. *Kardiovaskular dan Faal Olahraga*. Bandung: Universitas Padjadjaran.
- Roberts, Roberta A. & Roberts, Scott O. 2002. *Exercise Physiologi: exercise, performance, and clinical applications*. USA: Mosby.
- Stadts JM., Taylor NA. & Tipton MJ. & Greenleaf JE. 2004. *Aviat Space Environ Med: Human Physiological*

Responses To Cold Exposure. 75 (5): 444-57. E- Journal melalui <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=pubmed&cmd=Retrieve&dopt=AbstractPlus&list_uids=>. [4/15/07]

Wilmore, Jack H. & Costill, David L. 2004. *Physiology of Sport and Exercise*, 3rd edition. Human Kinetic