

# PENGATURAN SUHU TUBUH

## **Suhu inti (*core temperature*)**

Suhu inti menggambarkan suhu organ-organ dalam (kepala, dada, abdomen) dan dipertahankan mendekati 37°C.

## **Suhu kulit (*shell temperature*)**

Suhu kulit menggambarkan suhu kulit tubuh, jaringan subkutan, batang tubuh. Suhu ini berfluktuasi dipengaruhi oleh suhu lingkungan.

**Suhu tubuh rata-rata (*mean body temperature*)** merupakan suhu rata-rata gabungan suhu inti dan suhu kulit.

Pengukuran suhu tubuh

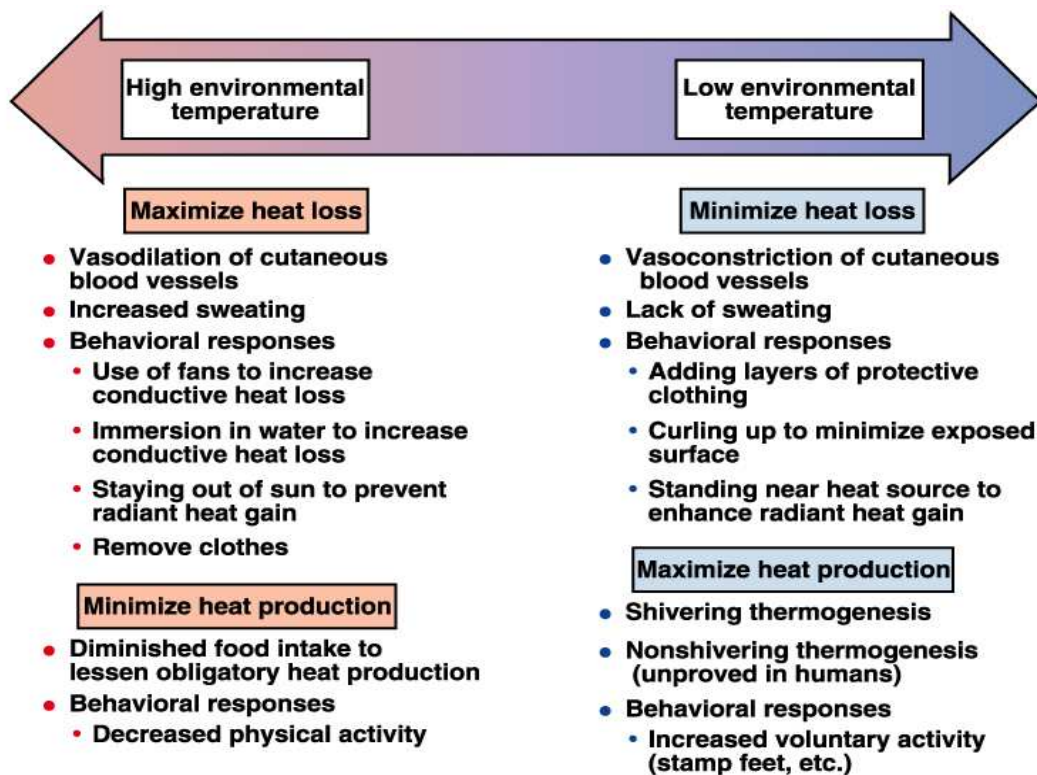
Ada beberapa macam thermometer untuk mengukur suhu tubuh:

1. *The mercury-in-glass thermometer*
2. *The electrical digital reading thermometer*
3. *A radiometer attached to an auriscope-like head* (untuk pengukuran suhu timfani)

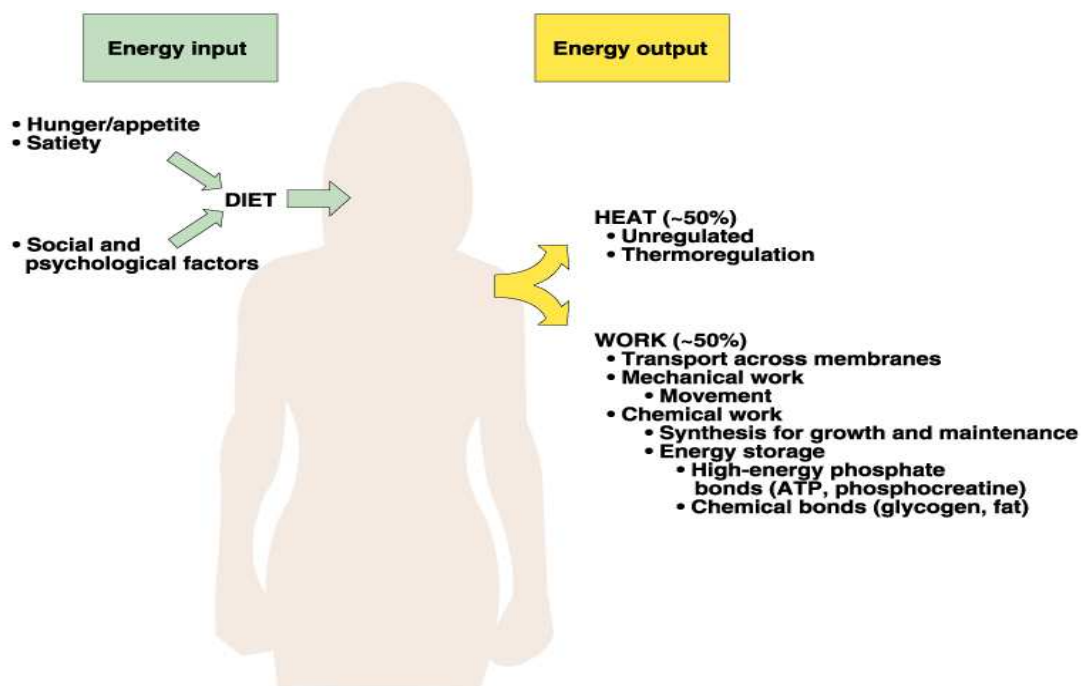
Faktor-faktor yang mempengaruhi suhu tubuh:

1. Variasi diurnal  
Suhu tubuh bervariasi pada siang dan malam hari. Suhu terendah manusia yang tidur pada malam hari dan bangun sepanjang siang terjadi pada awal pagi dan tertinggi pada awal malam.
2. Kerja jasmani/ aktivitas fisik  
Setelah latihan fisik atau kerja jasmani suhu tubuh akan naik terkait dengan kerja yang dilakukan oleh otot rangka. Setelah latihan berat, suhu tubuh dapat mencapai 40°C.
3. Jenis kelamin  
Sesuai dengan kegiatan metabolisme, suhu tubuh pria lebih tinggi daripada wanita. Suhu tubuh wanita dipengaruhi daur haid. Pada saat ovulasi, suhu tubuh wanita pada pagi hari saat bangun meningkat 0,3-0,5°C.
4. Lingkungan  
Suhu lingkungan yang tinggi akan meningkatkan suhu tubuh. Udara lingkungan yang lembab juga akan meningkatkan suhu tubuh karena menyebabkan hambatan penguapan keringat, sehingga panas tertahan di dalam tubuh. (lihat Gambar 1)

Suhu tubuh merupakan pencerminan panas tubuh. Sebagaimana energi tubuh yang mengikuti hukum termodinamika, panas tubuh sebagai salah satu bentuk energi juga mengikuti hukum tersebut (Gambar 2). Suhu tubuh merupakan hasil imbang antara pembentukan panas dengan kehilangan panas.



Gambar 1. Respons homeostatik terhadap suhu lingkungan yang ekstrem (Silverthorn, 2004)



Gambar 2. Keseimbangan energi (Silverthorn, 2004)

Pembentukan panas (*heat production*) dalam tubuh manusia bergantung pada tingkat metabolisme yang terjadi dalam jaringan tubuh tersebut. Hal ini dipengaruhi oleh:

1. BMR, terutama terkait dengan sekresi hormon tiroid.
2. Aktivitas otot, terjadi penggunaan energi menjadi kerja dan menghasilkan panas.
3. Termogenesis menggigil (*shivering thermogenesis*); aktivitas otot yang merupakan upaya tubuh untuk mempertahankan suhu tubuh selama terpapar dingin.

4. Termogenesis tak-menggigil (*non-shivering thermogenesis*)

Hal ini terjadi pada bayi baru lahir. Sumber energi pembentukan panas ini ialah *brown fat*. Pada bayi baru lahir, *brown fat* ditemukan pada skapula, aksila, dan area ginjal. *Brown fat* berbeda dengan lemak biasa, ukurannya lebih kecil, mengandung lebih banyak mitokondria, banyak dipersarafi saraf simpatis, dan kaya dengan suplai darah.

Stimulasi saraf simpatis oleh suhu dingin akan meningkatkan konsentrasi cAMP di sel *brown fat*, yang kemudian akan mengaktifasi fosforilasi oksidatif di mitokondria melalui lipolisis. Hasil dari fosforilasi oksidatif ialah terbentuknya panas yang kemudian akan dibawa dengan cepat oleh vena yang juga banyak terdapat di sel *brown fat*. *Brown fat* ini merupakan sumber utama *diet-induced thermogenesis*.

Pengeluaran panas (*heat loss*) dari tubuh ke lingkungan atau sebaliknya berlangsung secara fisika. Permukaan tubuh dapat kehilangan panas melalui pertukaran panas secara radiasi, konduksi, konveksi, dan evaporasi air. (lihat Gambar 17-4, sumber: Sherwood, 1993)

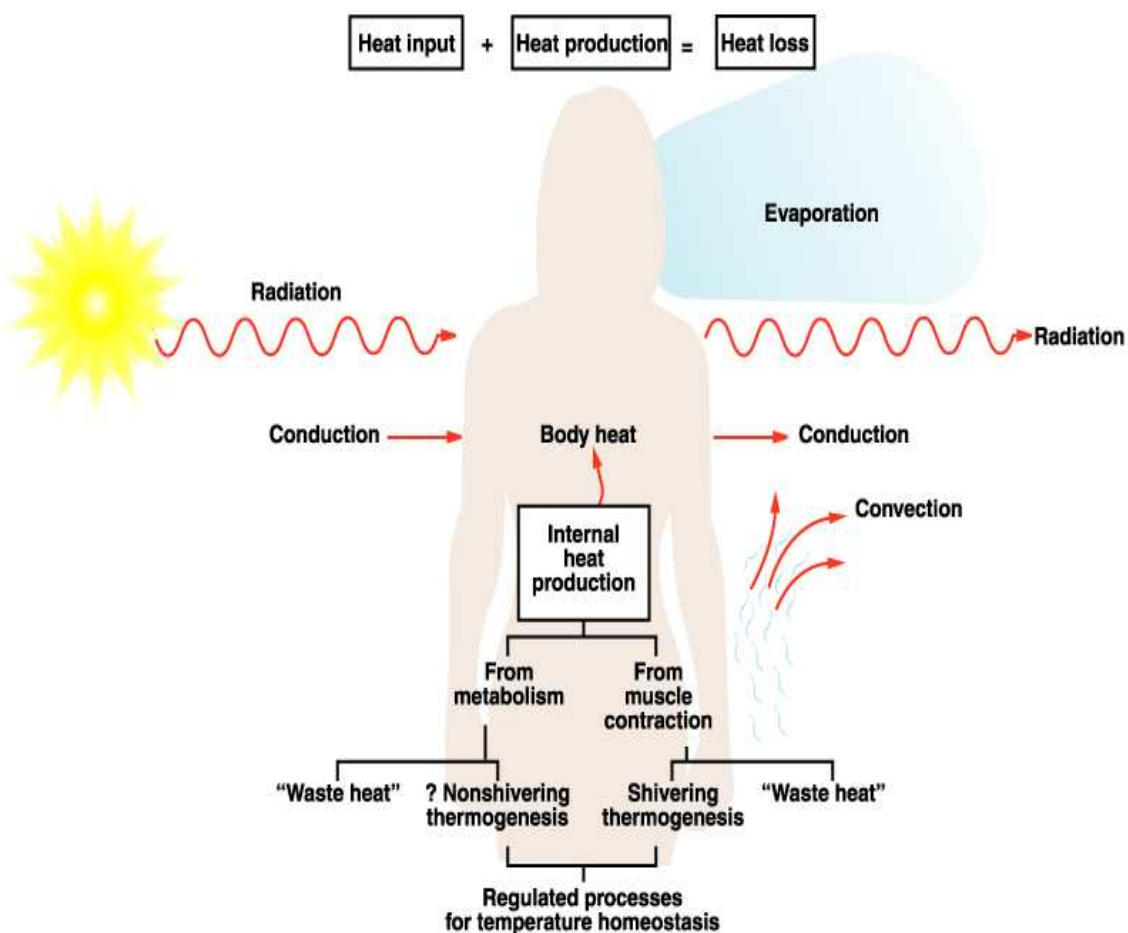
**Radiasi** ialah emisi energi panas dari permukaan tubuh dalam bentuk gelombang elektromagnetik melalui suatu ruang.

**Konduksi** ialah perpindahan panas antara obyek yang berbeda suhunya melalui kontak langsung obyek tersebut.

**Konveksi** ialah perpindahan panas melalui aliran udara/ air.

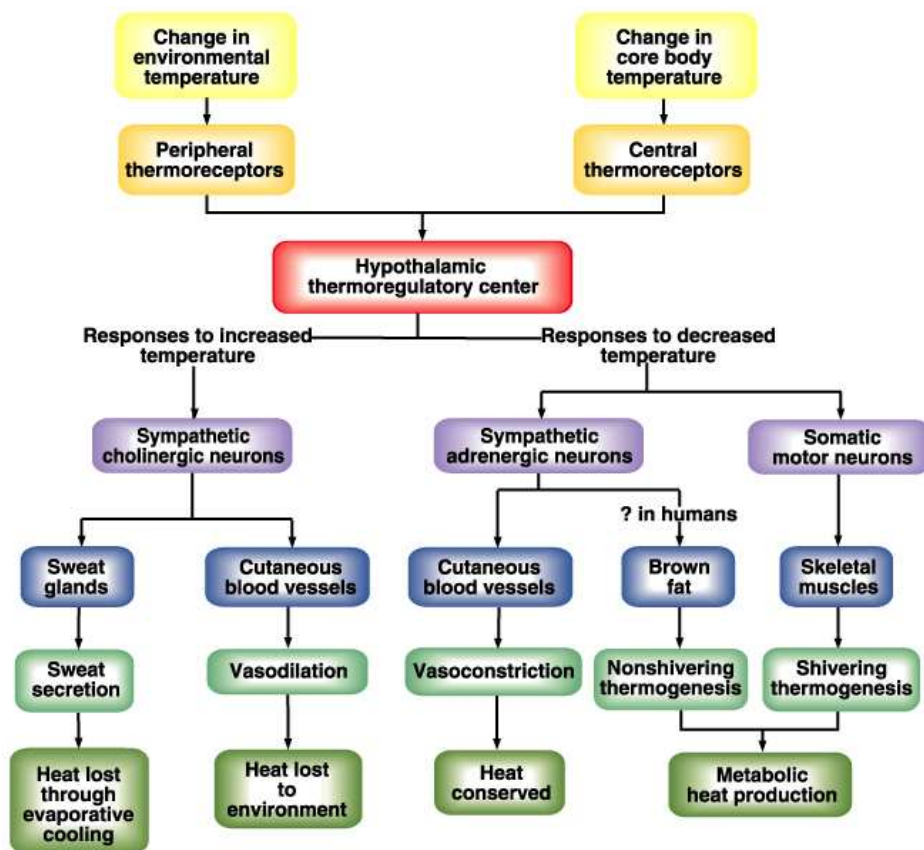
**Evaporasi** ialah perpindahan panas melalui ekskresi air dari permukaan kulit dan saluran pernapasan saat bernapas.

Imbangan panas yang terjadi dalam tubuh dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Keseimbangan panas (Silverthorn, 2004)

Perubahan suhu tubuh dideteksi oleh 2 jenis termoreseptor, satu di kulit (peripheral thermoreceptors) dan satu lagi di hipotalamus, medula spinalis, dll (central thermoreceptors). Termoreseptor sentral memberi umpan balik yang penting dalam mempertahankan suhu inti tubuh ketika termoreseptor perifer memberi informasi. Hipotalamus mengintegrasikan refleks dan mengirimnya melalui saraf simpatis ke kelenjar keringat, arteriola kulit, dan medula adrenal serta melalui saraf motorik ke otot rangka. Suhu tubuh diatur oleh hipotalamus (lihat Gambar 4) untuk mempertahankan suhu tubuh pada suhu lingkungan antara 27,8° - 30°C. Kisaran suhu lingkungan ini disebut *thermoneutral zone*.



Gambar 4. Refleks pengaturan suhu

Suhu lingkungan yang lebih dari suhu tubuh dapat dipertahankan dengan mekanisme vasokonstriksi atau vasodilatasi. Suhu lingkungan di bawah atau di atas *thermoneutral zone*, tubuh harus meningkatkan pembentukan panas dan selanjutnya akan meningkatkan pengeluaran panas.

#### Aklimatisasi suhu

Perubahan awal berkeringat, volume dan komposisi keringat menentukan adaptasi terhadap suhu yang tinggi. Kehilangan natrium melalui keringat diturunkan dengan meningkatkan reabsorpsi natrium oleh sekresi aldosteron.

#### Demam dan hipertermia

Demam ialah peningkatan suhu tubuh karena 'resetting' termostat di hipotalamus. Suhu tubuh selalu dipertahankan selama demam. Demam disebabkan oleh infeksi atau stress. Peningkatan termostat tubuh akan menyebabkan sensasi kedinginan. Vasokonstriksi dan menggigil terjadi untuk mengimbangi peningkatan suhu tubuh. Jika termostat dihapus dan demam hilang, seseorang akan merasa kepanasan, terjadi vasodilatasi dan berkeringat.

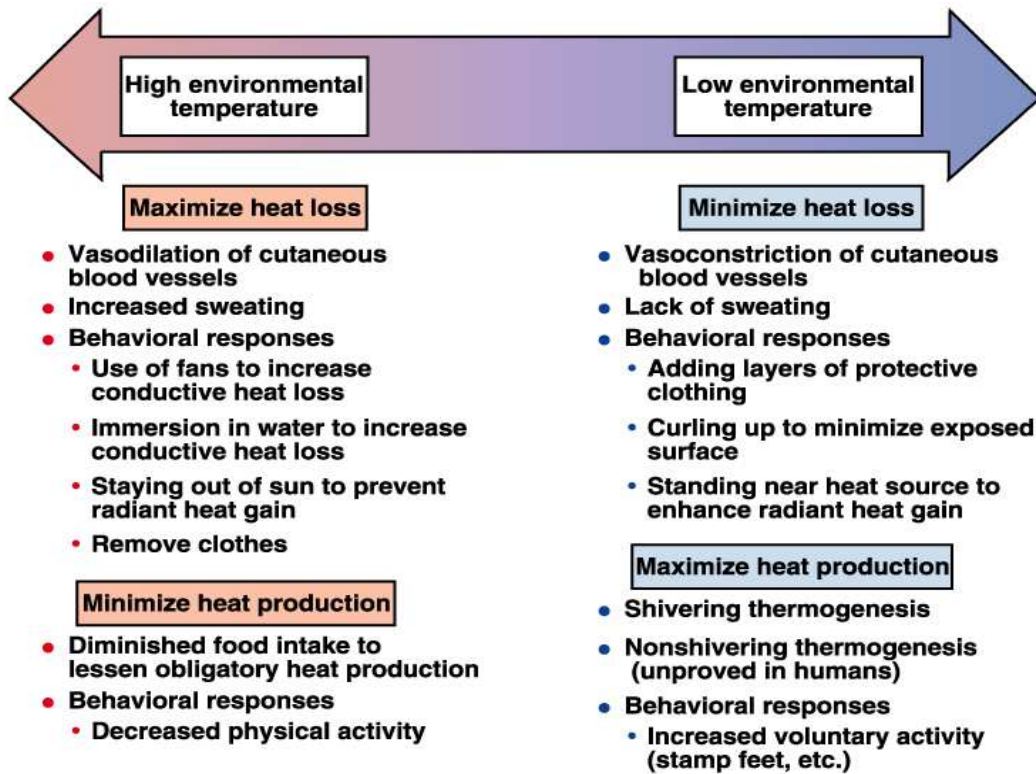
Perubahan termostat dilakukan oleh zat kimia yang disebut endogenous pyrogen (EP), yang berisi interleukin 1 (IL-1) and IL6. Keduanya dilepaskan oleh makrofag yang bekerja di hipotalamus. Peningkatan suhu tubuh menstimulasi respons pertahanan tubuh. (Gambar 17-6, sumber: Sherwood, 1993)

Peningkatan suhu tubuh yang bukan disebabkan oleh infeksi disebut hipertermia. Hipertermia terjadi karena ketidakseimbangan antara pembentukan panas dengan pengeluaran panas. Hipertermia biasanya terjadi karena latihan fisik.

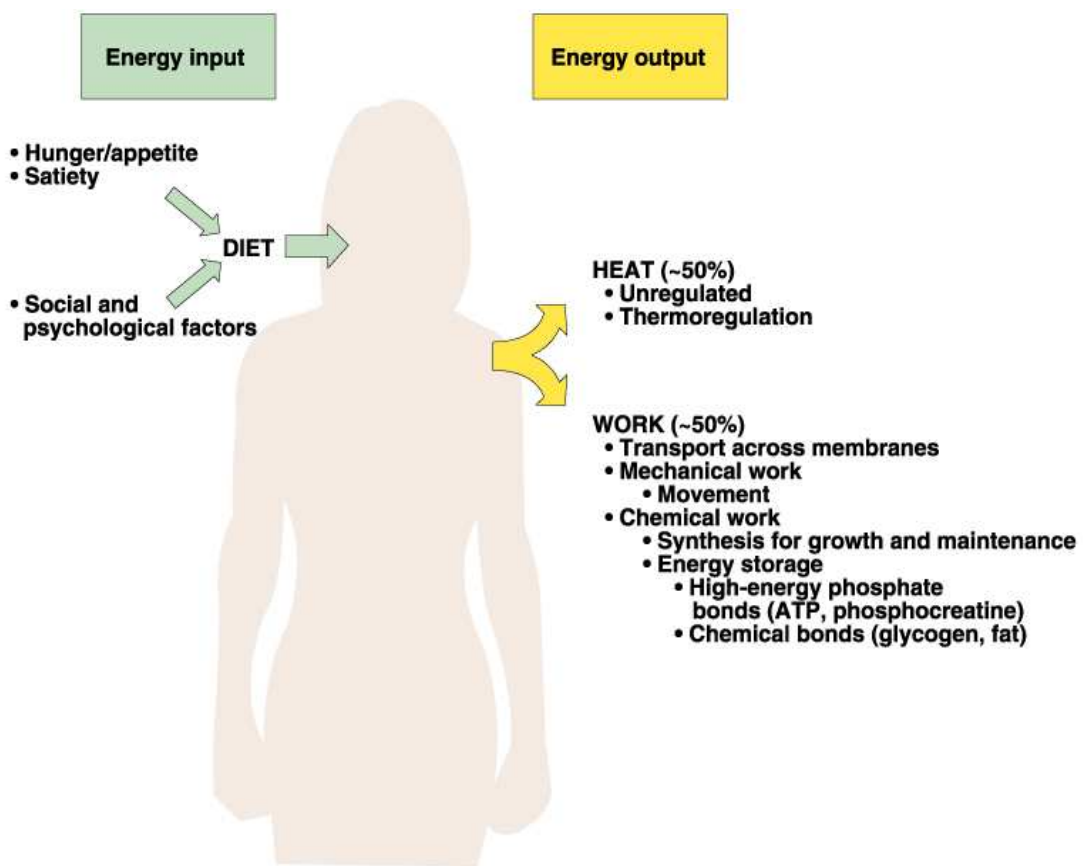
Pada awal latihan fisik, suhu tubuh akan meningkat karena panas yang dibentuk lebih banyak daripada panas yang dilepaskan. Akibatnya suhu inti tubuh meningkat dan terjadi mekanisme heat-lost. (lihat Gambar 17-7; sumber Sherwood, 1993).

*Heat exhaustion* ialah suatu keadaan kolaps karena dehidrasi berat yang menyebabkan hipotensi akibat: (1) berkurangnya volume plasma karena berkeringat sehingga menyebabkan penurunan curah jantung, dan (2) vasodilatasi pembuluh darah kulit yang berlebihan sehingga menyebabkan penurunan resistensi perifer. Pada keadaan heat exhaustion suhu inti tubuh berkisar 37,5-39°C, terjadi kram otot, mual, sakit kepala, pucat dan banyak berkeringat. Biasanya terjadi pada orang yang aktif secara fisik pada suhu lembab, sehingga tidak teraklimatisasi. Dapat juga terjadi pada lansia yang sudah mengalami kerusakan pada kemampuan pengaturan suhu tubuhnya.

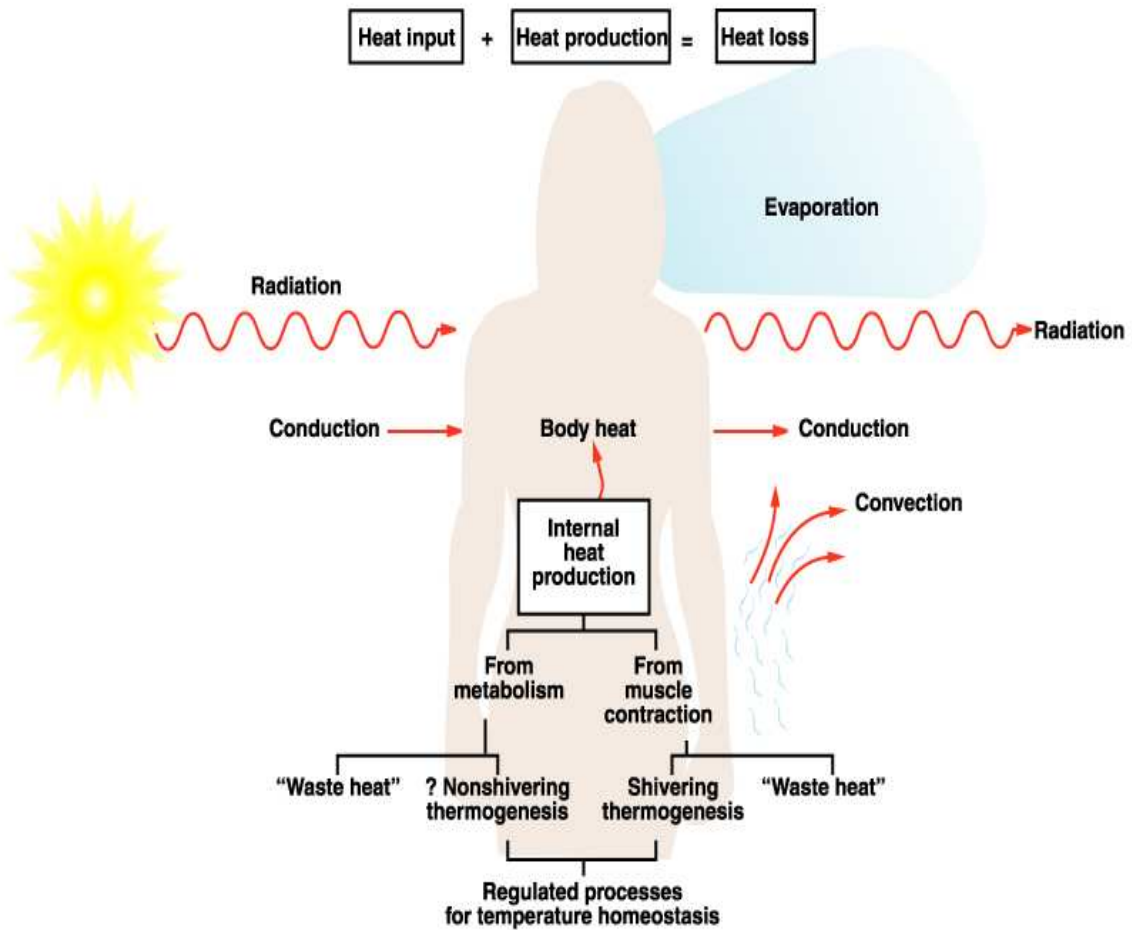
*Heat Stroke* ialah bentuk hipertermia yang lebih berat dengan suhu tubuh yang lebih tinggi. Heat stroke ditandai oleh kolaps, delirium, kejang, dan penurunan kesadaran. Biasanya terjadi karena lama terpapar udara/ suhu lingkungan yang panas. Pada keadaan ini terjadi mekanisme umpan balik positif, peningkatan suhu tubuh makin meningkatkan metabolisme dan menghasilkan panas lebih banyak.



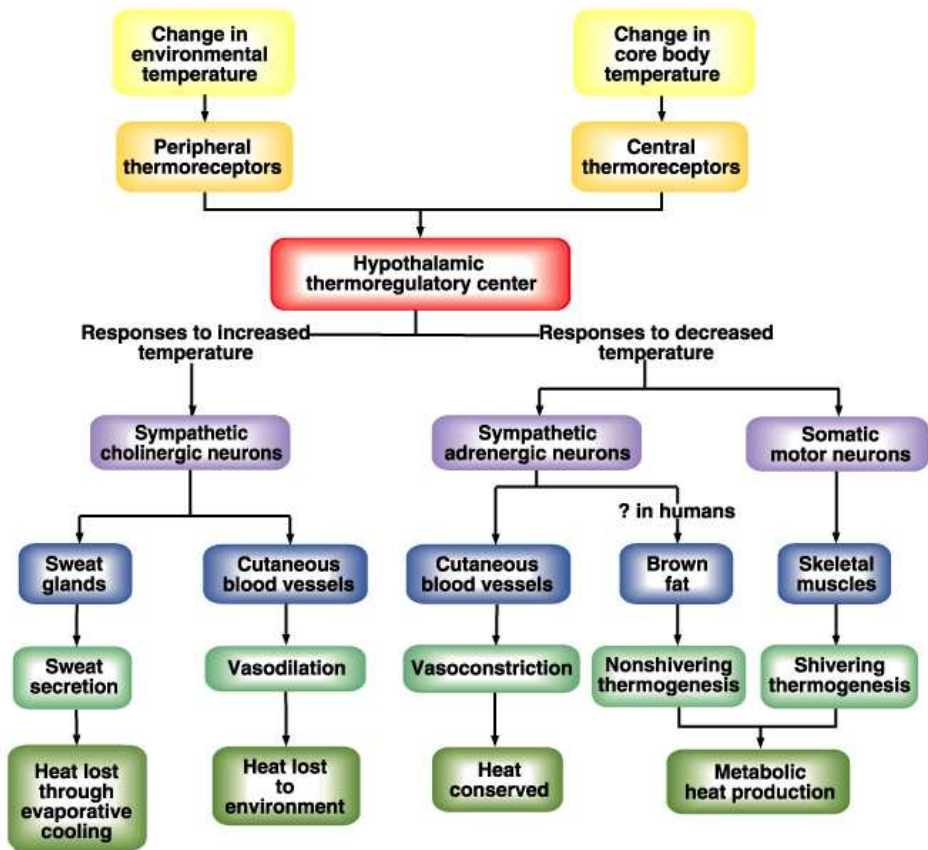
Gambar 1. Respons homeostatik terhadap suhu lingkungan yang ekstrem (Silverthorn, 2004)



Gambar 2. Keseimbangan energi (Silverthorn, 2004)



Gambar 3. Keseimbangan panas (Silverthorn, 2004)



Gambar 4. Refleks pengaturan suhu