

Pengaturan Temperatur (Termoregulasi)

- Body heat is produced by three main processes: basal metabolism, muscular activity, and the assimilation of food known as oxidation
- Body heat is dissipated by several means. In humans, radiation of infrared heat waves account for the majority of heat loss from the body
- Another common method of cooling is evaporation of water or sweat, which results in heat removal from the body. In dogs, the primary normal cooling mechanisms are evaporation and conduction rather than sweating. Evaporation occurs mainly through panting, as water is lost through the moist mucous membranes of the upper respiratory tract. Panting is an effective way of cooling but requires respiratory muscle activity and that in itself generates heat. Panting can become ineffective in dissipating heat in conditions of high environmental humidity when evaporation is reduced.

- Heat loss through conduction is another common method of removing heat from the body
- Conduction is the exchange of heat between two objects in direct contact with one another. Animals often lie down on cool surfaces allowing the relatively hairless skin surface of the ventral abdomen to lose heat by transfer of heat from the animal to the surface. Heat loss through conduction is aided by the development of peripheral vasodilation in warm environments, although, this reflex vasodilatation can be impaired by conditions that result in poor perfusion, such as underlying cardiac disease, dehydration. A very small amount of heat is lost in association with excretion of feces and urine.

- The thermoregulatory center is located in the preoptic regions of the anterior hypothalamus
- Thermoregulation is simply the balance between heat loss and production. Normal homeostasis operates to keep the body temperature within a very narrow range, called the set point. This set point acts as a "trigger" for the body to respond in a manner, which activates physiologic processes that influence temperature elevation or decrease
- For example, when an animal's body temperature decreases below the set point, heat-producing mechanisms are activated to raise the temperature -shivering, increased voluntary activity, increased catecholamine secretion, cutaneous vasoconstriction, postural changes, piloerection, and an increase in thyroxine production. When the temperature is elevated, some opposite signs occur - cutaneous vasodilation, increased respiration, panting, anorexia, and sweating.

- Hyperthermia can be described as a pyrogenic or non-pyrogenic elevation in body temperature
- Fever, a pyrogenic hyperthermia, is characterized by an increased body temperature due to fully functional thermoregulatory mechanisms in response to systemic inflammation
- Pyrogens act on the anterior hypothalamus to raise the set point to a higher level. Non-pyrogenic hyperthermia occurs when the heat-dissipating mechanisms cannot compensate for the heat-producing mechanisms leading to an increase in body temperature above the set point.

- Berdasarkan kemampuan pengaturan temperatur tubuhnya hewan digolongkan dalam 2 kelompok, yaitu:

- Homeoterm atau hewan berdarah panas

Burung dan mamalia termasuk homoterm. Pada homeoterm serangkaian respon refleksi yang terutama terintegrasi dalam hipotalamus bekerja untuk mempertahankan temperatur tubuh dalam batas-batas yang sempit meskipun fluktuasi temperatur sekitarnya besar. Binatang berhibernasi adalah pengecualian, pada waktu bangun hewan ini adalah homeoterm, akan tetapi selama berhibernasi temperatur tubuhnya turun.

- Poikiloterm atau hewan berdarah dingin.

Pada reptilian, ampibia dan ikan. Pada poikiloterm temperatur tubuhnya bervariasi tergantung secara langsung pada temperatur lingkungannya.

- Mekanisme termoregulasi diduga berhubungan erat dengan mekanisme pengontrolan tidur dan keadaan terjaga (bangun). Hewan yang aktif selama siang hari, temperatur maksimal dicapai pada pada siang hari dan temperatur minimal pada pagi hari sekali. Pada hewan yang aktif malam hari (*nocturnal*) sebaliknya
- Variasi temperatur yang berhubungan dengan waktu dalam sehari dikenal sebagai variasi diurnal. Pada sapi, temperatur rektal pada siang hari biasanya lebih tinggi dibandingkan pada pagi hari dengan beda sekitar $0,5^{\circ}$ C. Pada manusia suhunya mengalami fluktuasi harian yang teratur $0,5$ sampai $0,7^{\circ}$ C. Pada wanita terdapat siklus bulanan tambahan perubahan suhu karena naiknya suhu basal pada saat ovulasi.

Produksi panas

- Proses metabolisme menghasilkan energi yang digunakan untuk sintesa molekul-molekul baru, untuk kerja dan atau dilepaskan sebagai panas tubuh. Dalam suatu organisme, energi ditransformasikan dari satu bentuk ke dalam bentuk yang lain dalam macam-macam tingkatan biokimia dan berkaitan dengan yang dibutuhkan oleh oksidasi seluler dimana Carbon (C) dioksidasi menjadi CO_2 , Hidrogen (H) menjadi H_2O dan energi potensial dikonversikan dalam bentuk lain energi seperti, energi termal, kemikal, elektrical dan mekanikal.
- Kecepatan produksi panas dikontrol oleh sistim syaraf dan hormon. Kedua sistem tersebut secara langsung mengatur produksi panas dengan adanya modifikasi nafsu makan hewan dan proses pencernaan pakannya, dan atau secara tidak langsung dengan adanya perubahan aktivitas dari enzim-enzim pencernaan dan sintesa protein.

Neuro kontrol

- Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan produksi panas dipengaruhi oleh adanya temperatur lingkungan yang menstimulasi reseptor bagian perifer dan oleh perubahan bagian dalam temperatur tubuh. Tanda-tanda output dari sistem syaraf pusat yang mengubah produksi panas secara langsung diketahui ada tidaknya pembentukan panas dengan shivering (menggigil) atau tanpa shivering.

Hormonal kontrol

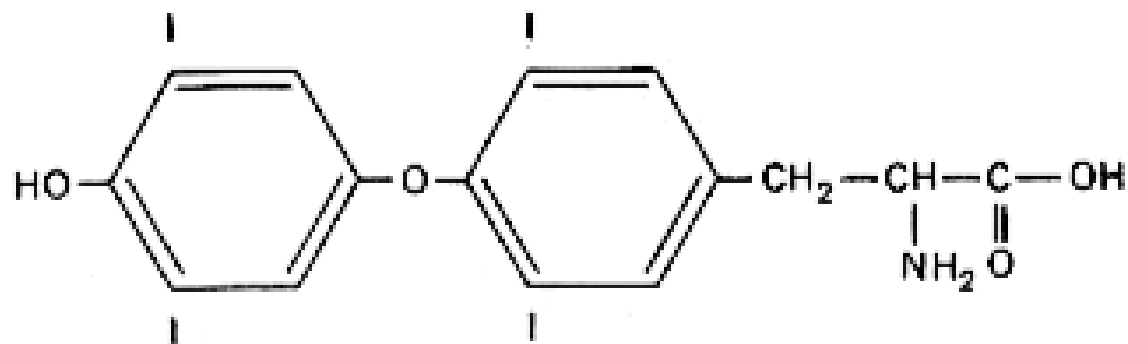
- Beberapa hormon mempunyai hubungan yang erat dengan pengaturan atau pembentukan kalori, seperti: thyroxin (T4), triiodothyronine (T3), Growth hormone (GH) dan glucocorticoid.

Thyroid hormones

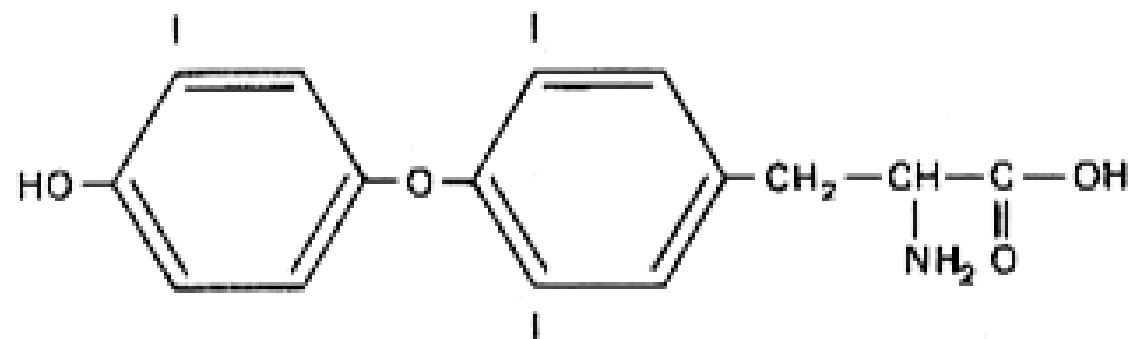
- Thyroidectomy menurunkan produksi panas, dan pemberian kasein yang diyodinisasi meningkatkan produksi panas pada domba dan sapi
- Injeksi thyroxine pada sapi FH yang diaklimatisasi pada temperatur termonetral (18°C) dan pada temperatur panas (32°C)
- Efek kalorigenik dengan dosis tunggal T4 mempunyai efek yang over pada 3-4 hari setelah injeksi pada 18°C dan 5-6 hari pada 32°C

Thyroid Hormone

- **Thyroid hormones** are basically a "double" tyrosine with the critical incorporation of 3 or 4 iodine atoms.
 - Thyroid hormone is produced by the thyroid gland and is lipid soluble
- Thyroid hormones are produced by modification of a tyrosine residue contained in thyroglobulin, post-translationally modified to bind iodine, then proteolytically cleaved and released as T4 and T3. T3 and T4 then bind to thyroxin binding globulin for transport in the blood



3, 5, 3', 5' - Tetraiodothyronine (thyroxine, T₄)



3, 5, 3'-Triiodothyronine (T₃)

Adrenal hormones

- Hormon dari korteks adrenal berperan dalam pemeliharaan kecepatan metabolisme yang normal pada mamalia kecil dalam laboratorium dan pada sebagian hewan ungulata
- Contoh: Kenaikan produksi panas diketahui setelah 3-4 jam periode latent pada temperatur 18°C dan 2-3 jam pada 35 °C. Waktu efektif secara biological dari dosis tunggal hidrocortisone berakhir pada 3 jam pada 18°C dan 5 jam pada 35°C
- Infusi intravena NE pada sapi berpengaruh tidak nyata pada produksi panas, sedangkan Epineprin meningkatkan produksi panas secara nyata

Growth hormone

- Peranan GH pada kalorigenik dikembangkan pada mamalia kecil di laboratorium
- Contoh: Sapi yang diaklimatisasi pada thermonetral (18°C) dan pada temperatur panas (38°C) diinjeksi dengan GH dan produksi panasnya diukur. Produksi panas meningkat 30-40% pada 18°C dan 50-60% pada 38°C . Periode latent lebih lama pada 18°C (10-24 jam) dibandingkan pada 38°C (4-10 jam) dan waktu efektif biologinya sekitar 40 jam (18°C) dan 50 jam (38°C)
- Kesimpulan: hormon kalorigenik mempunyai periode latent yang lebih pendek dan waktu efektif biologinya lebih panjang pada sapi yang diaklimatisasi pada temperatur thermonetral

- **Keseimbangan panas (heat balance)**

Keseimbangan panas adalah panas yang diproduksi sama dengan panas yang hilang (heat production = heat loss)

- **Toleransi panas (heat tolerance)**

Yaitu ketahanan hewan terhadap keadaan panas sekitarnya. Gambaran tinggi rendahnya toleransi panas seekor ternak dapat diketahui dari beberapa aspek dari reaksi tubuhnya, misal perubahan temperatur tubuh, frekuensi pernafasan, fertilitas dan jumlah produksi.

- **Temperatur rektal**

Index untuk mendapatkan temperatur tubuh yang paling mudah pada ternak yaitu dengan memasukkan termometer ke dalam rectum

- **Sweating (berkeringat)**

Ada 2 macam kelenjar keringat:

- Eccrine glands, disuplai oleh serabut-serabut cholinergic yang terdapat dalam saraf simpatik
- Apocrine gland, merupakan perkembangan dari folikel-folikel rambut

- Pengaturan panas dengan berkeringat ditimbulkan dengan jalan:

- Reflek, karena adanya stimulasi dari reseptor panas pada kulit
- Adanya kenaikan temperature hypothalamus

- Pada anjing berkeringat kurang dipentingkan, tapi dengan panting lebih diutamakan. Pada sapi maksimal evaporasi lewat permukaan kulit sekitar 150 g/m²/jam pada temperatur luar 40°C. Sedangkan evaporasi lewat pernafasan jumlahnya hanya sekitar 1/3 nya pada kondisi yang sama. Pada domba berkeringat kurang penting dibanding sapi dalam pembuangan panas tubuh.

Shivering (menggigil)

- Biasanya terjadi bila keadaan lingkungan yang dingin datang mendadak, menggigil merupakan kontribusi utama untuk mempercepat produksi panas. Menggigil merupakan fungsi tak sadar dari tubuh, dengan adanya tremor otot dengan frekuensi sekitar 10x/detik.
- Respon fisiologis terhadap keadaan dingin pada dasarnya adalah untuk mencegah turunnya temperatur tubuh, ditempuh melalui:
 - Pengurangan panas yang hilang (reduction of heat loss). Ini dilakukan dengan memperkecil permukaan tubuh (menekuk tubuh, curled-up), meningkatkan penimbunan lemak subkutan, meningkatkan pembentukan bulu.
 - Peningkatan produksi panas. Ini dilakukan dengan menggigil (shivering) dan juga non shivering thermogenesis. Non shivering thermogenesis berkaitan dengan aktivitas epineprin, norepineprin, thyroxine dan adrenocortical.