

ACADEMIC CURRICULUM DEVELOPMENT

BUKU AJAR

HORMON DAN SISTEM REPRODUKSI PADA TERNAK

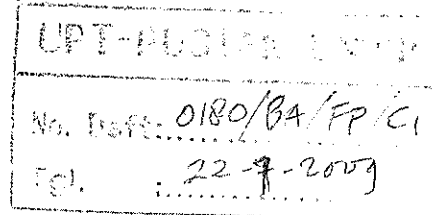


Oleh:

Bambang Sudarmoyo

Isroli

Siti Susanti



Program Studi Produksi Ternak
Fakultas Peternakan
Universitas Diponegoro
Semarang
2007

1. PENDAHULUAN

Fungsi faali tubuh ternak dikendalikan oleh hormon, sehingga untuk kepentingan manusia, hormon digunakan untuk melakukan bermacam-macam manipulasi produksi ternak, misalnya untuk merangsang pertumbuhan, menyerempakkan birahi, bahkan mengobati penyakit. Istilah 'hormon' (Yunani; *hormone*, merangsang dari *horme*; dorongan) sama artinya dengan 'tropin' (Yunani; *trepain*, membuat berubah); jadi thyrotropic hormon sama artinya dengan thyrotropin. Mirip 'tropin', tetapi berbeda artinya adalah 'trophin' (Yunani, *trephein*, memberi makan) misalnya *hypertrophy*, artinya berukuran besar dan *atrophy* tidak tumbuh.

Hormon berkaitan dengan kelenjar. Ada dua macam kelenjar, yaitu kelenjar eksokrin dan endokrin (Yunani; *exo*: di luar; *endo*: di dalam; *krinein*: membagi). Kelenjar eksokrin - umpamanya kelenjar hati, kelenjar pankreas, kelenjar air mata, dan kelenjar keringat, mengeluarkan sekretanya ke permukaan tubuh melalui saluran tertentu. Kelenjar endokrin mengeluarkan sekretanya tidak melalui saluran tertentu, tetapi langsung masuk peredaran darah dan limfe, lalu beredar ke seluruh tubuh. Ilmu yang mempelajari aktivitas kelenjar endokrin, termasuk hormon, disebut endokrinologi.

Kerja hormon yang utama adalah mempengaruhi metabolisme, baik anabolisme (pembentukan) atau katabolisme (penguraian) bahan kimia di sitoplasma. Hormon mengendalikan keseimbangan anabolisme dan katabolisme, sehingga terjadilah perubahan yang bersifat jangka panjang, misalnya pertumbuhan atau pendewasaan tubuh. Peranan semacam ini tidak dapat dilakukan oleh saraf, yang juga merupakan pengendali fungsi tubuh.

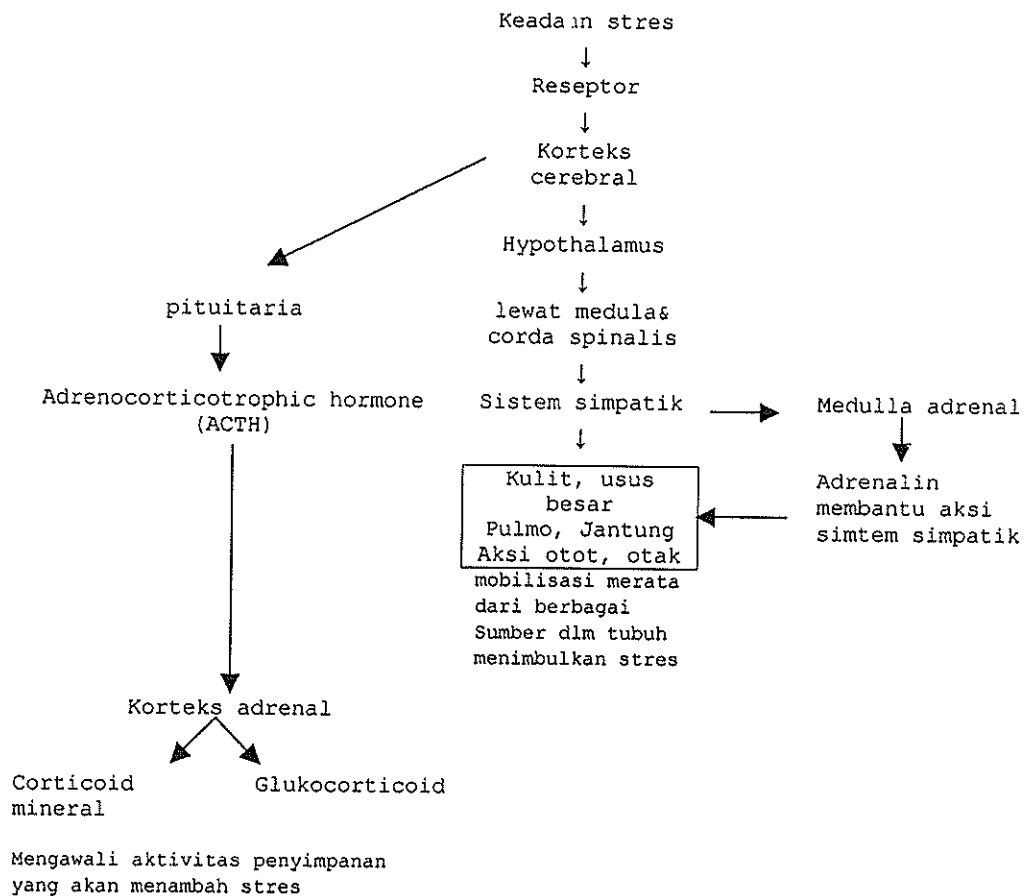
Sepanjang kehidupan ternak, selalu terjadi perubahan keseimbangan kerja berbagai macam hormon (disebut spektrum hormon), melalui mekanisme umpan balik negatif (menghambat). Spektrum hormon ini mempengaruhi berbagai proses dalam tubuh ternak. Jika ternak berada dalam suatu lingkungan (misalnya lingkungan panas atau dingin) dalam jangka waktu yang amat lama, dapat terjadi perubahan ukuran kelenjar tertentu yang memproduksi hormon yang berkaitan dengan kondisi lingkungan itu, sehingga terjadi suatu keseimbangan tubuh yang baru. Proses ini disebut adaptasi.

Umumnya hormon disintesis oleh kelenjar endokrin. Ada juga organ yang bukan kelenjar tetapi mensintesis hormon, misalnya alat pencernaan (pilorus lambung menghasilkan gastrin), adrenal (menghasilkan adrenalin dan noradrenalin) dan plasenta (menghasilkan laktogen). Sebaliknya ada juga organ atau jaringan yang struktur endokrin, tetapi fungsinya bukan kelenjar.

2. PENGENDALIAN FUNGSI TUBUH

Agar fungsi tubuh sebagai sistem kehidupan yang utuh berlangsung normal, diperlukan pengendalian terhadap berbagai sel, jaringan atau organ. Pengendalian ini dilakukan melalui syaraf dan hormon. Mekanisme syaraf bekerja jika diperlukan respon yang segera atau mendadak, tetapi masa kerjanya sebentar, rangsangannya dialirkan melalui sel-sel syaraf. Hormon bekerja jika diperlukan respon yang tidak segera, tetapi masa kerjanya relatif lama, dan hormon diedarkan ke seluruh tubuh melalui kabel tertentu pada penerima tertentu. Hormon lebih mirip radio yang mengalirkan sinyalnya melalui udara, dari pemancar yang akan diterima oleh radio penerima jika gelombangnya sama.

Karena hormon memerlukan waktu untuk beredar melalui endothelium kapiler, berdifusi melalui cairan jaringan, dan kadang-kadang masuk kedalam sel, maka respon hormon yang memerlukan waktu (tidak segera). Akan tetapi, pengaruh (masa kerja) hormon berlangsung lama, misalnya untuk mengatur metabolisme atau pertumbuhan sepanjang hidup.



Ilustrasi 2.1. Diagram mekanisme keseimbangan tubuh akibat situasi cekaman. (sumber: Marshall, PT and GM Hughes. 1980. h 291.

Dalam tubuh, mekanisme syaraf dan hormon bekerja sama. Ilustrasi 2.1 menunjukkan diagram respon tubuh terhadap cekaman (stress). Tampak, bahwa rangsang cekaman, melalui mekanisme syaraf, menimbulkan respon pada kulit, alat pencernaan, paru-paru dan jantung. Melalui mekanisme hormon, kelenjar hipofisis (pituitrin) akan menimbulkan respon berupa keluarnya mineralokortikoit dan glukokortikoit dari kelenjar adrenal.

Pada dasarnya kendali terhadap tubuh dilakukan secara kimiawi, baik oleh syaraf (melalui neurotransmitter), maupun oleh hormon. Perbedaannya adalah, bahwa pada syaraf, bahan kimianya dialirkan melalui sel-sel syaraf, sedang pada hormon aliran bahan kimianya tersebar keseluruh tubuh melalui peredaran darah dan limfe.

Sistem syaraf juga diperlukan baik untuk merangsang kelenjar agar mensintesis maupun untuk mengendalikan sintesis hormon. Pengendalian sintesis hormon ini dilakukan secara kimiawi.

Tubuh memiliki apa yang disebut 'chemical messenger' atau pembawa pesan kimiawi, yaitu bahan-bahan kimia yang dapat memengaruhi proses biologi. Ada 3 macam 'pembawa pesan kimiawi' yaitu neurotransmitter, hormon dan feromon (pheromone). Neurotransmitter adalah bahan kimia (misalnya asetilkholin, adrenalin, noradrenalin, serotonin) yang dikeluarkan dari ujung akson (yaitu ujung sel syaraf yang mengantarkan rangsangan dari tubuh sel syaraf ke luar), lalu berdifusi ke sinaps (titik dekat ujung akson dengan permukaan sel syaraf yang lain)

Feromon merupakan bahan kimia yang berbau yang diekskresi oleh kelenjar yang dapat terbang lewat urin atau langsung diuapkan ke udara. Bahan ini dapat menempel pada tanah atau tanaman atau benda lain, sehingga dapat dideteksi (diciium) oleh hewan lain dalam spesies yang sama, sehingga dapat menjadi tanda wilayah bagi setiap hewan, dan tanda seksual (berahi). Pada beberapa ternak terdapat kelenjar yang menghasilkan feromon, misalnya pada dasar tanduk (pada kambing), di infraorbital dan interdigital (pada domba)

Kriteria Hormon

Di dalam tubuh, ada berbagai macam bahan kimia pengatur fungsi tubuh, termasuk hormon. Ada beberapa syarat (kriteria) agar suatu bahan kimia dapat disebut hormon, yaitu:

1. merupakan bahan organik,
2. setiap jenis hormon disintesis oleh sel-sel tertentu (spesifik), bukan oleh sel-sel yang berbeda-beda,
3. bekerja terhadap jaringan sasaran di luar sel-sel yang mensintesis,
4. bekerja sekalipun dengan konsentrasi yang sedikit.

Mengenai sifat terakhir, sebagai teladan, agar susu dapat keluar dari kelenjar ambing, hanya diperlukan $1\mu\text{g}$ (10^{-6} gram) oksitosin. Hormon diukur dalam satuan μg (mikro gram, yaitu $10^{-3}\text{mg}=10^{-6}\text{g}$), yang disebut konsentrasi

fisiologis (physiological concentration). Untuk keperluan pengobatan atau percobaan, biasanya dipakai konsentrasi yang lebih banyak, yang disebut konsentrasi pengobatan (pharmacological concentration).

Hormon tidak dapat disimpan dalam tubuh. Jadi, jika ada kasus defisiensi hormon, penyembuhannya dilakukan dengan dosis sedikit tetapi terus menerus, bukan dosis banyak sekaligus.

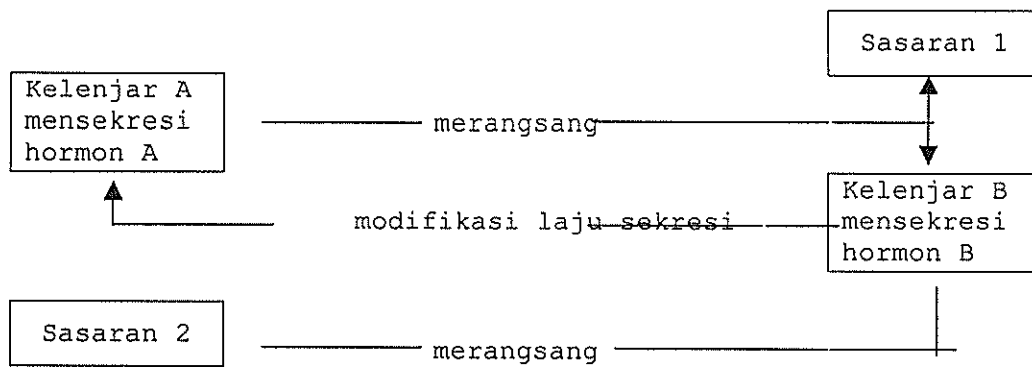
Ada bahan kimia tubuh yang tidak memenuhi kriteria hormon diatas, tetapi sifatnya mirip hormon, yang disebut **parahormon**. Glukosa misalnya, memang dikeluarkan oleh sel-sel tertentu (hati) tetapi tidak bekerja dalam konsentrasi kecil. Karbondioksida, berfungsi dalam sirkulasi dan pernafasan, tetapi bukan bahan organik. Parahormon yang lain adalah prostaglandin (mengatur perkembangan embrio), histamin (disekresi oleh sel yang luka), dan angiotensin (terbentuk di darah dan meningkatkan tekanan darah)

Ada istilah yang mirip dengan parahormon, yaitu **parathormon**, yaitu hormon protein yang berasal dari kelenjar paratiroid, yang berfungsi meningkatkan kadar kalsium darah dan menurunkan kadar fosfat darah.

Pola Kerja Hormon

Hormon merupakan bahan yang disintesis dalam tubuh, lalu dialirkan oleh cairan tubuh (darah dan limfe) ke seluruh tubuh dan mempengaruhi fungsi organ atau sel sasaran yang spesifik. Banyak hormon yang mempengaruhi pertumbuhan, tetapi estrogen hanya mempengaruhi pertumbuhan uterus bukan pial (jengger) ayam, androgen mempengaruhi pertumbuhan pial bukan ovaria, growth hormon mempengaruhi tubuh secara umum bukan uterus, pial atau ovaria. Ini menunjukkan, bahwa kerja hormon bersifat spesifik.

Pada dasarnya kerja hormon adalah menyesuaikan (modifikasi) aktifitas genetik organ atau sel sasarannya. Hormon bukanlah "penyebab" aktifitas, melainkan mempercepat atau meningkatkan efisiensi kerja organ atau sel sasaran. Agar hormon dapat mempengaruhi sasaran (sel, organ) yang spesifik, maka sasaran itu harus mampu menerima rangsangan, dalam bentuk reseptor yang memberi respon terhadap rangsangan yang dikeluarkan oleh hormon. Organ lain yang bukan sasaran hormon, tidak memberi respon meskipun mendapat rangsangan hormon dengan konsentrasi yang sama, karena organ ini tidak memiliki reseptor. Ilustrasi 2.2. menunjukkan pola kerja hormon. Suatu hormon dapat mempunyai dua sasaran.

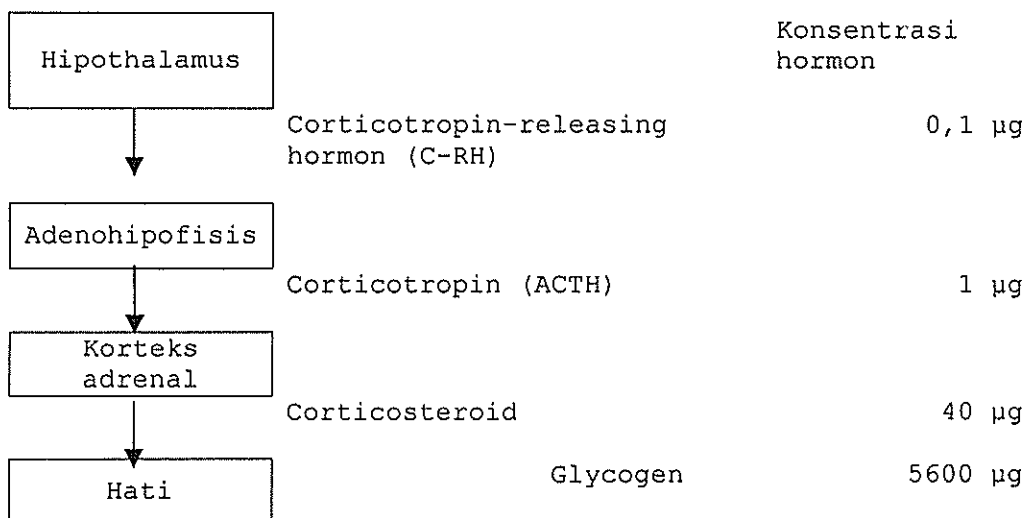


Ilustrasi 2.2. Pola kerja hormon (sumber; Nalbandov, A.N.1976.h 52)

Efek Cascade

Kendali terhadap fungsi metabolisme oleh sistem endokrin dapat menimbulkan "cascade", atau 'step-by-step amplification' (penguatan bertahap), sehingga dapat diperkirakan hasil akhir suatu proses dengan mempergunakan berbagai hormon.

Ilustrasi 2.3. menunjukkan, penggunaan hormon dapat menyebabkan deposisi glikogen. Hanya diperlukan sebanyak 0,1 µg hormon kortikotropin-releasing (C-RH) yang berasal dari hipotalamus agar dapat menghasilkan 5600 µg glikogen di hati, atau pembesaran sebanyak 56000 kali.



$$\mu\text{g} = 10^{-3} \text{ mg} = 10^{-6} \text{ g}$$

Ilustrasi 2.3. Teladan efek penguatan biologis
 Sumber: Schmidt-nielsen, Knut. 1994. Animal Physiology

Mekanisme kerja Hormon

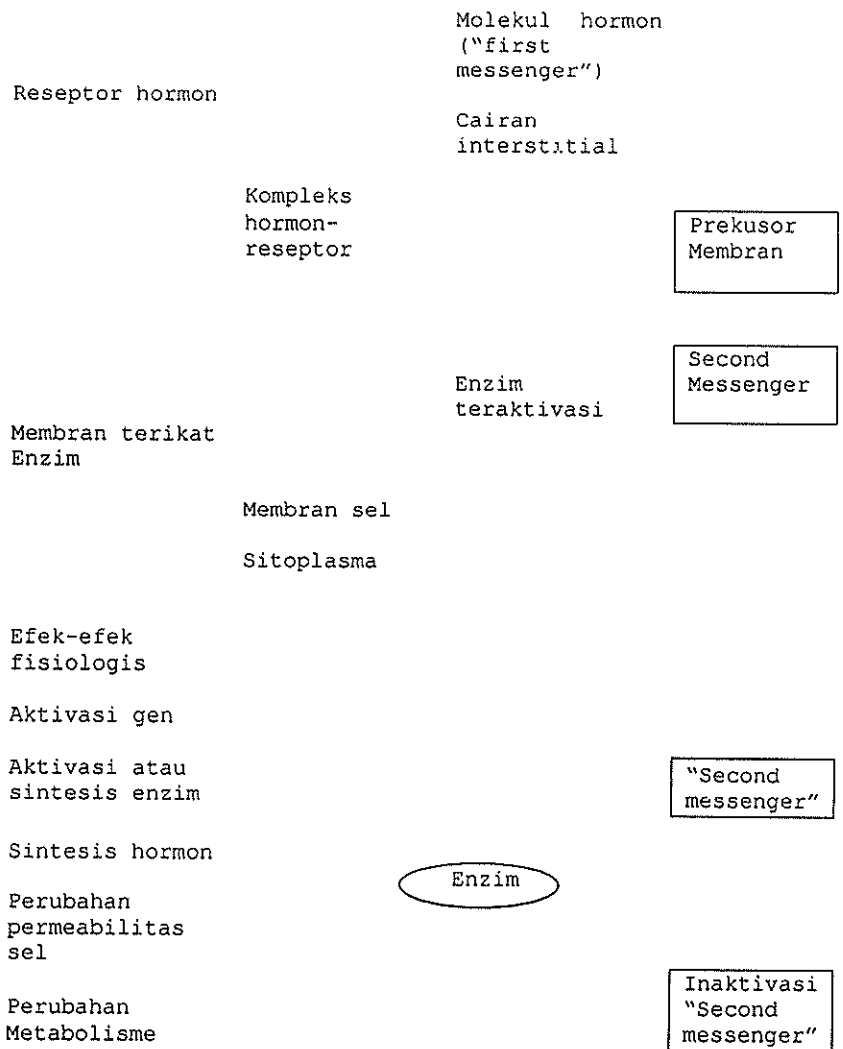
Karena konsentrasi hormon dalam darah hanya sedikit, maka harus ada mekanisme agar hormon itu dapat memberi rangsangan secara efektif. Sehubungan dengan mekanisme kerjanya, ada dua macam hormon, yaitu:

1. hormon katekolamina dan peptide, yang tidak dapat langsung memasuki sel sasaran, melainkan harus melalui mekanisme AMP siklik
2. hormon steroid dan tiroid, karena lipofilik (larut lemak), maka dapat langsung masuk sel sasaran.

Mekanisme AMP Siklik

Mekanisme ini hanya bekerja terhadap hormon katekolamina (epinefrin dan norepinefrin) dan peptida. Pada membran sel atau di dalam sel, terdapat reseptor hormon, yang bersifat spesifik, dalam arti setiap hormon, baik katekolamina maupun peptida, mempunyai reseptor sendiri-sendiri. Molekul setiap hormon hanya dapat terikat pada reseptor sel-sel tertentu yang memiliki afinitas terhadap hormon itu. Sebagai teladan, sebenarnya gastrin (dari pilorus lambung) beredar keseluruh tubuh, tetapi hanya sel-sel parietal lambung yang memberikan reaksi terhadap gastrin untuk mengeksresi HCl. Sel-sel lambung itu (disebut sel organ sasaran) memiliki reseptor molekul gastrin, sedang sel-sel lain dari lambung tidak memiliki semacam itu. Reseptor pada sel interstitial testes, hanya berinteraksi dengan LH, yang menghasilkan (mensintesis) testosteron.

Di membran sel sasaran, molekul hormon berinteraksi dengan reseptor, sehingga terbentuk ikatan hormon-reseptor. Ikatan hormon-reseptor akan mengaktifkan enzim yang terikat pada membran (membrane-bound enzyme); enzim aktif ini mengubah ATP menjadi cAMP (cyclic adenosine monophosphate) dan P_i (inorganic pyrophosphate). Semua proses ini terjadi di membran sel. cAMP merupakan suatu tipe khusus nukleotida. Nukleotida adalah unit penyusun DNA dan RNA, termasuk bentuk nonsiklik adenosine mono-phosphate.



Ilustrasi 2.4. diagram kerja hormon di dalam sel melalui 'first messenger' dan 'second messenger' (Sumber: Weller, Harry and Ronald Wiley. 1985. h 306).

Enzim aktif hasil rangsangan ikatan hormon-reseptor nantinya menjadi 'second messenger' memasuki sitoplasma; di sini ia akan mempengaruhi berbagai efek faali, misalnya mengaktifkan (memunculkan pengaruh) gen, merangsang sintesis enzim atau mengaktifkan enzim, mensintesis hormon, mengubah permeabilitas sel, dan mengubah laju metabolisme. Setelah selesai bekerja, 'second messenger' akan menjadi tidak aktif lagi.

Karena peran mengaktifkan semua efek faali itu mula-mula diawali oleh hormon, maka hormon disebut 'first messenger', dan karena peran hormon ini dilanjutkan oleh ikatan hormon-reseptor, maka ikatan hormon-reseptor disebut 'second messenger'. Penjelasannya lihatlah Ilustrasi 2.4.

Ilustrasi 2.4. dilanjutkan dengan Ilustrasi 2.5. yang menunjukkan diagram biosintesis dan inaktivasi cAMP. Hormon mengaktifkan enzim yang terikat pada membran (membrane-bound enzyme). Enzim membran ini mengubah ATP menjadi cAMP dan P_{Pi}. Setelah itu, cAMP di inaktifkan oleh enzim menjadi noncyclic AMP. Nantinya anorganik (inorganic pyrophosphate).

Ilustrasi 2.5. Biosintesis cAMP.

Sumber : Weller, Harry and Ronald Wiley. 1985. h 305

Mekanisme Kerja Hormon Steroid

Semua hormon tiroid dan teroid (suatu bentuk lipida atau lemak) merupakan derivate (berasal dari) kolesterol, sehingga bersifat lipofilik (larut lemak); akibatnya dapat langsung memasuki membran sel sasaran. Selain itu molekul hormon steroid relatif kecil ukurannya.

Pada Ilustrasi 2.6. tampak molekul hormon di cairan antar sel, memasuki membran sel. Di sitoplasma sel, setiap reseptor hormon akan mengikat dua molekul hormon, sehingga terbentuk ikatan hormon-resptor. Ikatan hormon-reseptor ini

akan masuk nucleus (inti sel), melalui pori nucleus, di nucleus akan terikat pada suatu situs (tempat tertentu) di kromosom. Gen kromosom, di mana ikatan hormon-reseptor itu berada, akan aktif dan berubah menjadi mRNA ('messenger ribonucleic acid' suatu transkripsi gen DNA).

Selanjutnya, molekul mRNA meninggalkan nukleus keluar menuju sitoplasma dan mengalami translasi (yaitu suatu mekanisme genetik, berupa sintesis polipeptida atau protein sesuai dengan kode yang ada di molekul mRNA, 'messenger ribonucleic acid') di ribosom; mRNA menjadi enzim. enzim ini akan menimbulkan berbagai efek faali (misalnya, merangsang sintesis enzim atau mengaktifkan enzim, mensintesis hormon, mengubah permeabilitas sel, mengatur laju metabolisme dan sebagainya) dalam sel itu.

Metode Penelitian Hormon

Pada awalnya pengetahuan tentang fungsi hormon, diperoleh berdasar pengamatan terhadap efek hiperfungsi (sekresi hormon berlebihan) atau hipofungsi (kekurangan sekresi hormon) kelenjar tertentu. Dalam beberapa kasus, hiperfungsi dapat dikenal karena kelenjar yang aktifitasnya berlebihan menjadi hipertrofi (membesar), meskipun mungkin juga hipertrofi disebabkan oleh hipofungsi. Atrofi atau involusi (ukurannya mengecil), selalu terjadi karena hipofungsi. Dengan membandingkan penampilan hewan yang normal, hiperfungsi dan hipofungsi dapat diketahui efek suatu hormon.

Ilustrasi 2.6. Mekanisme kerja steroid
Sumber : Weller, Harry and Ronald Wiley. 1985. h 336

Hipofungsi akut dapat juga terjadi karena ablasi (ablation, yaitu pengambilan kelenjar), sedang hiperfungsi dapat terjadi karena pemberian sejumlah besar dosis hormone dari luar tubuh. Hormone ini diperoleh dari kelenjar hewan yang sengaja diambil, lalu dilarutkan dalam cairan tertentu sehingga diperoleh faktor aktifnya.

Tetapi, dengan metode di atas sulit didapatkan hasil yang konsisten, valid dan akurat, karena ada hormon sejenis yang dihasilkan oleh beberapa kelenjar, atau ada kelenjar yang menghasilkan beberapa macam hormon (oleh sel yang berbeda dalam kelenjar itu). Laju sekresi setiap hormon juga tidak sama, ada hormon yang sekresinya bersifat periodik (ada periode yang sekresinya banyak, ada periode yang sekresinya sedikit), sel atau organ sasarannya sulit dideteksi, dan ada interaksi antara beberapa macam hormon. Oleh karena itu, hasil penelitian dengan metode efek hiperfungsi atau hipofungsi selalu berbias.

Sekarang, penelitian endokrinologi dilakukan dengan metode perunut radioaktif ('radioactive tracers') dan metode

imunologi. Perunut radioaktif memungkinkan identifikasi hormon dan mendeteksi jumlahnya dalam skala microgram, dapat mengikuti perjalanan molekul hormon dalam tubuh, dapat mengenal proses pembentukan hormon, dan proses perubahan struktur kimianya.

Hasil nyata teknik perunutan, misalnya adalah informasi tentang perubahan siklus sistem reproduksi betina, serta lokasi dan asal reseptor protein dalam sel sasaran yang mengikat pembawa pesan hormon ('hormone messengers') yang dibawa aliran darah.

Metode imunologi dapat membentuk antibody, sehingga protein tertentu dapat "mengenal" protein tertentu pula. Dengan metode ini dapat diketahui, hormon apa mengikat molekul apa.

Untuk mendapatkan hanya beberapa milligram hormon, perlu ekstraksi terhadap kira-kira 50 kg kelenjar, yang berasal dari ribuan hewan. Ini bukan hanya karena kelenjarnya kecil, tetapi utamanya karena kelenjar itu belum tentu menyimpan hormon yang dihasilkannya (kecuali tiroid) pada saat dilakukan ekstraksi. Kesulitan pengadaan hormone ini diatasi dengan membuat hormon tiruan.

3. KELENJAR DAN SIFAT KIMIA HORMON

Hormon berkaitan erat dengan kelenjar (glandula). kelenjar tersusun atas jaringan epitel, berukuran kecil, tersebar di beberapa bagian tubuh dan mengsekresi bahan kimia. ada dua macam kelenjar, yaitu eksokrin dan endokrin. Kelenjar eksokrin, misalnya kelenjar hati, kelenjar pankreas, kelenjar air mata, kelenjar liur dan kelenjar keringat, yang mengeluarkan sekresinya melalui saluran (duktus) ke permukaan luar (kulit) atau permukaan dalam tubuh (alat pencernaan).

Kelenjar endokrin tidak mempunyai saluran tertentu, sekretanya ditampung dalam cairan jaringan kelenjar, lalu diserap oleh pembuluh limfe atau pembuluh darah, kemudian beredar keseluruh tubuh. Itulah sebabnya, kelenjar endokrin disebut juga kelenjar sekresi internal (glands of internal secretion).

Kelenjar endokrin yang ada dalam tubuh vertebrata adalah hipofisis (pituitrin), tiroid, paratiroid, adrenal, pancreas, ovaria, dan testes. Ilustrasi 3.1. menunjukkan letak kelenjar endokrin sapi betina. Pada sapi jantan, ovaria digantikan fungsinya oleh testes. Kelenjar yang sama juga ada pada vertebrata lain.

Ilustrasi 3.1. Letak kelenjar endokrin pada sapi betina

Pada umumnya, kelenjar mensintesis hormon. Ada juga kelenjar yang mensintesis hormone dan bahan kimia lain

(misalnya enzim). Sebaliknya, hormone juga dapat disintesis oleh organ bukan kelenjar, misalnya hipotalamus, lambung dan ginjal.

Ada beberapa organ atau jaringan, yang strukturnya mirip endokrin, misalnya bagian pilorus lambung mengekskresi hormon gastrin yang oleh darah diedarkan, sampai ke bagian fundus lambung; fundus lambung ini akan mensekresi HCl.

Ginjal juga mensekresi beberapa hormon, misalnya untuk mengubah vitamin D inaktif yang terbentuk di kulit, dengan bantuan sinar ultraviolet menjadi hormon aktif yang mengatur metabolisme kalsium dan fosfor. Ginjal juga menghasilkan renin (meningkatkan tekanan darah) dan eritropoietin (hematopoietin) yang merangsang produksi sel darah merah dalam sumsum tulang.

Yang unik adalah pankreas, karena merupakan kelenjar eksokrin (mengeluarkan getah pankreas) sekaligus kelenjar endokrin (mengeluarkan insulin).

Karena suatu hal, kelenjar dapat lebih aktif daripada normal yang disebut hiperfungsi, sedang kelenjar yang kurang aktif disebut hipofungsi.

Hipotalamus

Dalam hipotalamus terdapat sel-sel neurosekretori, yang mensekresi neurohormon, berupa peptida sehingga sekreta itu disebut juga neuropeptida. Ujung akson sel-sel neurosekretori ini berada di rongga suatu organ di neurohipofisis yang disebut organ neurohemal dan dipermukaan kapiler darah. Granula (butir-butir) neurohormon yang dihasilkan di sel neurosekretori akan memasuki organ neurohemal, atau langsung memasuki aliran darah dari ujung akson yang ada di permukaan kapiler darah.

Neurohormon hipotalamus yang tertampung di organ neurohemal neurohipofisis tidak langsung diedarkan ke seluruh tubuh, melainkan memerlukan rangsangan dulu. Setelah ada rangsangan, barulah neurohormon ini keluar (disekresi) oleh neurohipofisis, lalu merembes memasuki aliran darah. Daftar neurohormon ada pada Table 4.1., sedang Ilustrasi 3.2. menunjukkan mekanisme sekresi dari hipotalamus ke organ neurohemal.

Hipotalamus memang penting untuk mengatur endokrin. Terdapat jalinan syaraf yang luas ke hipotalamus dari bagian lain otak. Pengaturan ini dipengaruhi oleh faktor emosi dan lingkungan. Sebagian besar system endokrin dikendalikan oleh syaraf, yang bekerja melalui hipotalamus.

Kelenjar hipofisis

Hipofisis atau pituitrin terdiri atas 3 bagian (lobus) yaitu bagian anterior, tengah (intermediate) dan posterior. Karena peranannya dalam mengatur aktifitas kelenjar yang lain maka hipofisis disebut **the master gland**.

Bagian interior. Disebut juga adenohipofisis, terdiri atas berbagai sel yang menghasilkan macam-macam hormon

polipeptida dan glikoprotein. Pengeluaran hormon ini ke aliran darah diatur oleh hipotalamus.

Tidak ada syaraf yang menghubungkan adenohipofisis dengan bagian otak yang lain, kecuali syaraf yang menghubungkan dengan serabut vasomotor pembuluh darah, tetapi adenohipofisis dirangsang oleh neurohormon dari hipotalamus. Neurohormon ini, setelah keluar dari hipotalamus, melalui darah (lewat pembuluh darah vena porta) akan sampai ke adenohipofisis.

Ilustrasi 3.2. Diagram sekresi neurohormon oleh sel neurosekretori ke organ neurohemal neurohipofisis. (sumber: Weller, Harry and Ronald Wiley. 1985. h 309)

Sasaran hormon adenohipofisis adalah kelenjar yang lain, yaitu merangsang pertumbuhan kelenjarnya atau merangsang sekresi kelenjar itu. Karena itu, hormone adenohipofisis disebut hormon tropik (tropic hormone) (Yunani, trope; mempengaruhi), misalnya thyrotropic hormone (atau thyrotropin atau thyroid-stimulating hormone, TSH), adrenocorticotropic hormone (ACTH) atau adrenocorticotropin dan gonadotropin.

Bagian Intermedia. Bagian ini tidak ada pada burung dan ikan paus. Mensekresi polipeptida MSH (melanosit-stimulating hormone) yang merupakan polipeptida, yang fungsinya antara lain adalah merangsang sintesis melanin pada kulit dan perubahan warna kulit katak.

Bagian Posterior. Disebut juga neurohipofisis. Sebenarnya bukan kelenjar melainkan merupakan organ neurohemal, yang hanya menerima dan menyimpan neurohormon yang dihasilkan oleh hipotalamus lalu mengeluarkan ke aliran darah.

Jadi, neurohipofisis mensekresi (tetapi tidak mensintesis) hormone perangsang (releasing Hormones) dan hormone penghambat (inhibiting hormones) serta ADH (vasopresin) dan oksitosin.

Kelenjar Tiroid

Terletak di dekat esophagus dan trachea. Terdiri atas dua lobus, masing-masing terdiri atas banyak alveoli, menghasilkan koloid yang berisi hormon tiroid. Kelenjar ini mengeluarkan hormon karena rangsangan hormon triotropin-releasing (T-RH) dari adenohipofisis.

Sekresinya adalah tiroksin (T_4), triiodotironin (T_3) dan kalsitonin. Karena hormon tiroid tinggi kadar jodiumnya, maka kelenjar tiroid selalu menyerap jodium yang ada dalam tubuh dan menyimpannya untuk memproduksi hormon. Oleh karena itu, pakan harus cukup jodium; jika kurang jodium dalam pakan dapat terjadi gondok (goiter).

Kelenjar Paratiroid

Terletak disebelah dorsal (atas) tiroid, terdiri atas empat kelenjar. Tidak dikendalikan oleh hormon tropik, tetapi oleh kadar kalsium darah. Mensekresi PTH (parathormon) yang mengatur metabolisme kalsium dan fosfat.

Kelenjar Pankreas

Disebut juga kelenjar eksoendokrin, karena menghasilkan enzim pencernaan dan hormon. Sintesis hormon dilakukan oleh sel-sel yang disebut Pulau-pulau Langerhans (Islets of Langerhans), yang tersebar pada jaringan kelenjar sekretori pankreas. Ada 2 tipe Pulau-pulau Langerhans yaitu alfa dan beta.

Kelenjar ini mensekresi 10. enzim pencernaan, yaitu protease (tripsin, khemotripsin, karboksipeptidase), amylase dan lipase (steapsin); 2). Hormon glukogen (oleh sel-sel alfa) dan 3). Hormon insulin (oleh sel-sel beta).

Kelenjar Adrenal

Terletak diatas setiap ginjal (ren), terdiri atas 2 bagian, yang secara embriologis asal usulnya berbeda. Bagian dalam, adrenal medulla, berasal dari jaringan saraf dikendalikan oleh syaraf simpatis. Bagian luar adrenal, korteks adrenal berasal dari sel-sel mesodermal. Pada beberapa vertebrata, bagian korteks adrenal ini tetap terpisah dengan medulla adrenal.

Adrenal medulla. Mensekresi noradrenalin (norepinefrin) dan adrenalin (epinefrin).

Adrenal Korteks. Karena asal usulnya sama, maka sel-sel korteks adrenal serta sel-sel ovaria dan testes, keduanya mensintesis steroida, yaitu glukokortikoid (misalnya, kortisol dan kortikosteron) dan mineralokortikoid (misalnya, aldosteron dan deoksikortikosteron).

Sekresi kortisol dan kortikosteron dari korteks adrenal, diatur oleh adenohipofisis dengan mengeluarkan ACTH (hormon adrenokortikotropik) yang merupakan polipeptida yang terdiri atas 39 asam amino. Biasanya ACTH disekresi jika tubuh menghadapi cekaman (stress). Keluarnya ACTH dari adenohipofisis, dikendalikan melalui mekanisme umpan balik negatif, karena hormon glukokortikoid yang dikeluarkan berlaku sebagai penghambat sekresi ACTH.

Ginjal

Bukan kelenjar. Ia mensekresi enzim rennin (untuk mengubah protein darah menjadi angiotensin, yang dapat meningkatkan tekanan darah) dan hormone eritropoietin (atau hematopoietin) yang merangsang produksi sel darah merah dalam sumsum tulang.

Lambung

juga bukan kelenjar. Bagian pylorus hewan berlambung tunggal mensekresi gastrin.

Kelenjar Reproduksi

Kelenjar reproduksi terdiri atas ovaria dan testes. Plasenta dapat dianggap termasuk kelenjar reproduksi juga.

Sifat Kimia Hormon

Secara fisika, ada hormon yang larut dalam lemak dan ada pula yang larut dalam air. Hormon larut air juga dapat dibagi dua, yaitu yang terdiri atas peptida dan protein serta derivat tirosin. Berdasar struktur kimianya, ada tiga macam hormon yaitu steroid, peptida dan protein serta derivat tirosin. Protein dan peptida terdiri atas asam-asam amino. Lihatlah table 3.1. struktur kimia hormon amat berkaitan dengan pengaruh hormon itu terhadap sel atau organ sasaran.

Hormon Steroid. Semua hormon steroid (suatu bentuk lipida) merupakan biosintesis derivat kolesterol, yang dasar strukturnya terdiri atas tiga buah cincin enam-karbon dan satu cincin lima-karbon. Perubahan sedikit saja terhadap struktur dasar ini dapat menimbulkan perubahan efek yang cukup besar. Misalnya, hormon seksual estradiol dan testosteron, struktur kimianya hanya berbeda sedikit, tetapi efeknya amat berbeda.

Lipida mudah memasuki bagian dalam sel, karena kurangnya relatif kecil dan membran sel terdiri atas fosfolipida, sehingga molekul hormon lipida dapat larut.

Yang termasuk golongan ini adalah hormone androgen, estrogen, progesterone dan kortikosteroida (kortison dan

adosteron). Hormone steroid disekresi oleh korteks adrenal, testes, ovaria dan plasenta. Sel-selorgan itu mensekresi steroid seksual (yaitu androgen, estrogen dan progesterone).

Hormon Peptida dan Protein. Hormon dari adenohipofisis semuanya peptida, terdiri dari 3 sampai 14 asam amino. Hormon dari hipotalamus juga peptida, misalnya thyrotropin releasing hormone (TSH), yaitu hormone yang menyebabkan keluarnya hormone tirotropin, hanya terdiri atas 3 asam amino, growth hormone-releasing hormone (GH-RH) terdiri atas 10 asam amino dan growth hormone-releasing inhibiting hormone (GH-RIH) terdiri atas 14 asam amino.

Hormone yang terdiri atas protein yang besar, tersusun atas beberapa ratus asam amino. Human growth hormone misalnya, berisi 191 asam amino, dengan bobot molekul kira-kira 22.000. Beberapa lagi berupa glikoprotein, karena berisi komponen karbohidrat dan rantai peptida.

Tabel 3.1. Sifat fisika hormon vertebrata

Sifat fisika	Contoh
Larut lemak	Testosteron Estrogen Progesteron Kortikostteroid
Larut air	
Peptida dan hormon	Hormon hipotalamus (3-14 asam amino)
Peptida	Angiotensin (8 asam amino) Somatostatin (14 asam amino) Gastrin (17 asam amino) Sekretin (27 asam amino) Glukagon (29 asam amino) Kalsitonin (32 asam amino) Insulin (51 asam amino) Parathormon (84 asam amino)
Protein yang lebih besar	Growth hormon Prolaktin Luteinizing hormon Follicle-stimulating hormon Tirotropik hormon
Hormon derivat tirosin	Noradrenalin
Katekolamin	Adrenalin Tiroksin
Hormon tiroid	Triiodotironin

Sumber: Schimidt-Nielsen, knut. 1994.

Hormon derivat tirosin. Dua hormon katekolamin, yaitu epinefrin dan norepinefrin, hanya berbeda dalam grup metilnya (-CH₃), ada pada penefrin dan tidak ada pada norepinefrin. Formasi katekolamin, diawali dengan asam amino tirosin dan beberapa tahap kemudian terbentuklah epinefrin dan norepinefrin.

Asam amino tirosin merupakan bahan untuk sintesis hormon tiroid, yaitu triiodotironin dan tiroksin. Hormon-hormon ini bukan katekolamin, tetapi terbentuk dari tirosin dengan kondensasi dua buah cincin enam karbon, yang setelah iodisasi menjadi hormon yang aktif.

4. HORMON HIPOTALAMUS DAN HIPOFISIS

Berdasar fungsinya terhadap tubuh, ada 5 kategori hormon yaitu;

1. merangsang atau menghambat sintesis hormon lain,
2. mempengaruhi pencernaan, laju metabolisme basal (yaitu kecepatan produksi panas tubuh dengan mempergunakan cadangan energi) termasuk metabolisme protein, lemak, karbohidrat, bahan organik lain, air dan mineral,
3. mempengaruhi osmoregulasi dan ekskresi serta metabolisme air dan garam,
4. mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tubuh,
5. mempengaruhi perkembangan seksual dan fungsi reproduksi, termasuk tingkah laku seksual.

Pada Tabel 4.1. disajikan beberapa contoh hormon berdasar fungsi utamanya.

Tabel 4.1. contoh hormon berdasar fungsi utamanya.

No	Fungsi utama	Contoh hormon	Asal
1.	Merangsang atau menghambat sintesis hormon lain	T-RH	hipotalamus
2.	Mempengaruhi pencernaan dan metabolisme	Tiroksin Parathormon Sekretin Gastrin Insulin Adrenalkortikoid	Tiroid Paratiroid Mukosa duodenum Pilorus lambung Pulau Langerhans Medula adrenal
3.	Mempengaruhi osmoregulasi sekresi dan metabolisme serta garam	ADH Prolaktin Aldosteron	Neurohipofisa Adenohipofisa Korteks adrenal
4.	Mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan bentuk	Growth hormone MSH Tiroksin	Adenohipofisa Hipofisis tengah Tiroid
5.	Mempengaruhi organ dan fungsi reproduksi	FSH Estrogen Progesteron Testosteron	Adenohipofisis Ovaria/plasenta Korpus luteum Testes

Pada vertebrata, banyak hormon yang sama atau identik dan ada juga yang fungsinya spesifik. Contohnya adalah prolaktin, yang pada mamalia merangsang sekresi susu, pada merpati merangsang pembentukan "milk crop", sedang pada ikan berfungsi menjaga permeabilitas osmosis pada insang.

Tabel 4.2. menyajikan kelenjar atau lokasi sekresinya dan (contoh) hormon yang disekresikan.

Tabel 4.2. contoh kelenjar dan hormon yang disekresi

Kelenjar	Contoh hormon
Hipotalamus	Mensintesis releasing dan inhibiting hormones, misalnya thyrotropin RH (T-RH), corticotrophin RH (C-RH), growth hormone Ih (GH-RH) dan lain-lain. Hormon-hormon ini ditampung di neurohipofisis atau langsung masuk system sirkulasi
Adenohipofisis	Mensintesis thyroid stimulating hormone (TSH), adrenocorticotropin hormone (ACTH), growth hormone (GH) dan gonadotropic hormones (FSH, LH, ICTH).
Neurohipofisis	Sekresinya dipengaruhi oleh releasing dan inhibiting hormones hipotalamus
Hipofisis tengah	
Tiroid	Vasopressin, oxytocin
Paratiroid	
Pankreas	MSH
Adrenal medula	Thyroxine dan tri-iodothyronine,
Adrenal korteks	calcitonin
Alat pencernaan	Parathormon
Ovaria	Insuline, glukagon
Testes	Adrenaline, noradrenaline
Plasenta	Cortisol, corticosterone, aldosterone
	Gastrin
	Estrogen, progesterone
	Testosterone
	Progesterone, estrogen

Kendali Otak Terhadap Fungsi Endokrin

Ada interaksi kuat antara endokrin dengan sistem syaraf pusat. Hormon mempengaruhi fungsi sistem syaraf pusat dan sebaliknya, fungsi sistem syaraf pusat (utamanya hipotalamus), mempengaruhi syistem endokrin. Misalnya, seekor domba betina tidak mau menerima (dipacak oleh) pajantan, kecuali jika ia sedang dalam masa berahi. Sebenarnya domba betina, melalui indera (syaraf) mata, sudah menerima rangsangan (melihat tingkah laku berahi) dari pejantan, baik betina itu berahi atau tidak. Jika betina itu sedang berahi, ia akan memberikan respon. Jadi sinyal yang sama dari jantan menghasilkan respon yang amat berbeda dari betina, tergantung hormon gonadotropin yang aktif dalam domba betina itu.

Bagian Otak

Otak depan mamalia terdiri atas dua bagian serebrum (cerebrum); pada bagian dalam serebrum terdapat thalamus (thalamus), yang merupakan pusat asosiasi, di mana aliran masukan (inflow) sensori dan keluaran (outflow) motorik masuk dan keluar dari otak, diatur dan diintegrasikan ke dalam korteks serebri. Di bagian dorsal otak belakang terdapat serebelum (cerebellum)

Selain itu ada hipotalamus yang merupakan bagian dari otak depan, terletak di atas hipofisis (pituitrin) dan di bawah thalamus. Hipotalamus berisi banyak nuklei yang berkaitan dengan neurosekresi dan beberapa fungsi otonom. Di bawah otak, ada hipofisis, yang terdiri atas bagian posterior (neurohipofisis), tengah (intermediate) dan anterior (adenohipofisis). Perhatikanlah Ilustrasi 4.1.

Ilustrasi 4.1. kompleks hipotalamus hipofisis
Sumber; Marshall, PT and GM Huges. 1980. h 279.

Sistem Kendali Hipotalamus

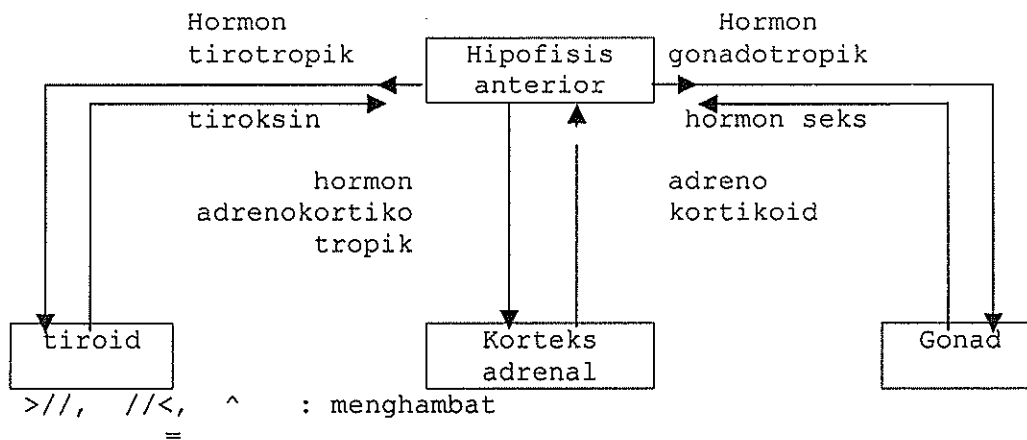
Hipotalamus merupakan pusat kendali suhu tubuh (panas maupun dingin), serta rasa lapar dan haus (masuknya makanan dan minuman). Rangsangan listrik pada pusat haus hipotalamus, atau injeksi sedikit larutan garam hipertonik, dapat menyebabkan hewan minum lebih banyak.

Selain itu, hipotalamus juga mensintesis beberapa hormon yang dapat merangsang (stimulating) atau menghambat (inhibiting) sekresi hormon dari kelenjar lain. Hormon hipotalamus juga disebut hypophysiotropic hormones, karena mengatur sekresi hipofisis (khususnya adenohipofisis).

Mekanisme Umpan Balik

Selain mengendalikan, fungsi hipotalamus juga dikendalikan melalui apa yang disebut mekanisme umpan balik (feed back mechanism). Ilustrasi 4.1. menunjukkan mekanisme umpan balik negatif, yang mencegah hiperfungsi (aktivitas berlebihan) adenohipofisis dan kelenjar sasarannya. Semakin besar rangsangan hipofisis terhadap organ sasarannya, semakin besar pula hambatan yang dilakukan oleh hormon. Pada Ilustrasi itu, hormon tirotropik, gonadotropik dan adrenokortikotropik merupakan perangsang, sedang hormon tiroksin, seksual dan adrenokortikoid merupakan penghambat.

Semakin kuat hipofisis merangsang tiroid, semakin besar pula hambatan oleh tiroid terhadap hipofisis.



Ilustrasi 4.1. mekanisme umpan balik negatif.

Sumber: Weller, Harry and Ronald Wiley. 1985. h 315

Hormon hipotalamus

Sel-sel neurosekretori hipotalamus mensintesis neurohormon, yang lalu disekresi memasuki neurohipofisis.

Ada neurohormon yang merangsang (stimulating) atau menghambat (inhibiting) keluarnya hormon dari kelenjar endokrin yang lain. Hormon yang merangsang keluarnya hormon lain disebut 'releasing hormone' (hormon pembebas), sedang hormon yang menghambat keluarnya hormon lain disebut 'inhibiting hormone' (hormon penghambat), misalnya tiotropin-releasing hormone (T-RH), yang merangsang sekresi tiotropin, growth hormone-releasing hormone (GH-RH), yang merangsang sekresi growth hormone dan growth hormone-inhibiting hormone (GH-IH), yang menghambat sekresi growth hormone. Daftar neurohormon ada pada tabel 4.1.

Thyrotropin-releasing hormone (T-RH).

Hormon hipotalamus yang merangsang sekresi TSH dari adenohipofisis. TSH akan merangsang kelenjar tiroid.

Corticotrophin-releasing hormone (C-RH)

Neurohormon dari hipotalamus yang merangsang ACTH dari adenohipofisis. ACTH akan merangsang kelenjar korteks adrenal.

Somatotropin-releasing hormone (S-RH).

Hormon ini merangsang sekresi hormon somatotropin (growth hormone) dari adenohipofisis.

Somastostatin.

Disebut juga growth hormone-inhibiting hormone (GH-IH), merupakan hormon hipotalamus yang menghambat sekresi somatotropin dari adenohipofisis. Selain hipotalamus, tampaknya somastostatin juga disintesis oleh sel-sel delta di pankreas, yang berfungsi menghambat sekresi hormon glukagon dari sel-sel alfa, dan hormon insulin dari sel-sel beta. Hormon ini juga disekresi antara lain di bagian distal rectum, yang berfungsi menghambat sekresi hormon yang mengatur fungsi alat pencernaan.

Gonadotropin-releasing hormone (Gn-RH).

Neuropeptida hipotalamus yang merangsang sekresi LH dan FSH adenohipofisis.

Tabel. 4.1. Contoh neurohormon hipotalamus dan hormone sasarannya.

Nama	Singkatan	Sasaran hormon yang dikeluarkan	Kerja terhadap sel sasaran
Thyrotropin RH	T-RH	TSH	Merangsang
Corticotrophin RH	C-RH	ACTH	Merangsang
Somatotropin Rh	S-RH	STH	Merangsang
Growth hormone RH	GH-RH, GRH	GH	Merangsang
Somatostatin (growth hormone IH)	GH-IH	STH	Merangsang
Melanocyte-stimulating hormone RH	MSH-RH, MRH	MSH	Merangsang
Melanocyte-stimulating hormone IH	MSH-IH	MSH	Merangsang
Melanocyte-stimulating hormone RH	GN-RH	Gonadotropin (FSH dan LH)	Merangsang
Melanocyte-stimulating hormone IH	L-RH	Gonadotropin (FSH dan LH)	Merangsang
Gonadotropin RH			Merangsang

Catatan:

RH: releasing hormone

IH : inhibiting hormone

Sumber: Weller, Harry and Ronald Wiley. 1985. h 316.

Hormon adenohipofisis

Hormon adenohipofisis, adalah growth hormone, thyroid-stimulating hormone, adrenocorticotropin (ACTH) dan gonadotropic hormones (FSH, LH, ICSH dan LH).

Growth Hormone (GH). Disebut juga somatotropin, atau somatotropic hormone (STH). Ada pada semua vertebrata,

bersifat spesifik bagi setiap spesies, pada manusia disebut human growth hormone (HGH).

Disekresi dari adenohipofisis karena rangsangan S-RH (somatotropin releasing hormone) hipotalamus, sasarannya adalah sel-sel tubuh yang bukan kelenjar.

Sekresinya dikendalikan oleh somatotropin releasing factor (SRF) yang diseekresi oleh hipotalamus (dekat pusat rasa lapar dan makan). Kekurangan unsure makanan dalam darah, juga dapat meningkatkan produksi SRF. GH diseekresi sepanjang hidup; jika pertumbuhan sudah berhenti (dewasa tubuh), hormone ini merangsang sintesis protein di seluruh tubuh.

Pada hewan yang sudah dewasa (tidak tumbuh), GH masih tetap ada, sekalipun sedikit. Pertumbuhan tulang berhenti, karena jaringan tulang tidak responsive lagi terhadap GH, mungkin karena rongga epifise tulang panjang sudah tertutup.

Efek hormon ini mungkin melalui dua mekanisme:

1. Dengan merangsang transpor asam amino dari cairan tubuh ke sel-sel tubuh guna diubah menjadi protein,
2. Dengan mengaktifkan gen khusus di sel, yang memberi instruksi untuk melakukan sintesis.

STH juga bekerja melalui pankreas, yang dapat menyebabkan meningkatnya kadar gula darah, mungkin dengan menghambat kerja sel-sel Pulau-pulau Langerhans, sehingga produksi insulin naik.

Jika pada hewan muda produksi GH berlebihan, menyebabkan ukuran semua bagian tubuh menjadi besar (gigantisme), jika GH berlebihan setelah dewasa, mak ukuran kaki, tangan menjadi besar (akromegali). Akromegali juga dapat terjadi jika dilakukan injeksi GH pada hewan normal dalam jangka waktu yang cukup lama.

Pada hewan muda, jika hipofisis anterior diambil, maka pertumbuhan hewan terhambat dan bobot badannya berkurang. Injeksi hormon akan mengembalikan pertumbuhannya.

Tampaknya tidak berpengaruh pada fetus. Fetus tikus, kelinci dan babi yang diambil hipofisisnya, tetap tumbuh normal. Pengambilan hipofisis yang ada pada induk, juga kecil atau tidak ada efeknya terhadap fetus, karena dalam keadaan normal GH induk juga tidak dapat memasuki fetus (lewat plasenta).

Fungsi hormon pertumbuhan adalah seperti berikut.

1. Mempengaruhi metabolisme (sintesis) asam amino (berarti meningkatkan retensi nitrogen dalam tubuh). Ini tampak jelas pada hewan muda, yang massa ototnya yang sedang tumbuh memerlukan sintesis protein.
2. Diduga, mempengaruhi metabolisme karbohidrat.
3. Mengurangi cadangan lemak tubuh. Injeksi gh meningkatkan kadar asam lemak bebas dalam darah; diduga karena bebasnya asam lemak dari jaringan lemak tubuh.
4. Meningkatkan konversi karbon dari asam lemak menjadi karbon yang berkaitan dengan protein.
5. Jika hewan muda yang masih tumbuh diberi gh, terjadi peningkatan kadar protein dan air pada karkas, sedang proporsi lemaknya menurun. Karkasnya menjadi mirip dengan karkas hewan muda.
6. Secara tidak langsung merangsang sekresi somatomedin.

7. Pada hewan laktasi, mempengaruhi sekresi susu dan meningkatkan ketersediaan asam amino, lemak dan gula bagi sel-sel kelenjar ambing (berasal dari darah) untuk sintesis susu.

Thyroid-stimulating hormone (TSH). Disebut juga thyrotropic hormone atau thyrotropin. Merupakan hormon protein, merangsang pertumbuhan kelenjar tiroid dan sekresi hormonnnya.

Sekresi TSH diatur oleh thyrotropin releasing factor (TRF) dari hipotalamus, sedang sekresi TRF ini dikendalikan oleh kadar tiroksin darah; jika kadarnya rendah, maka sekresi TSH bertambah dan sebaliknya jika tiroksin darah tinggi maka sekresi TSH berkurang. Disekresi selama hidup, utamanya pada saat pertumbuhan tubuh masih cepat.

Adrenocorticotropin. Disebut juga adrenocorticotrophic hormone (ACTH). Merupakan polipeptida dari adenohipofisis yang merangsang korteks adrenal. Sekresi ACTH diatur oleh corticotrophin releasing factor dari hipotalamus, sedang sekresi corticotrophin releasing factor ini dikendalikan oleh kadar steroid darah dan oleh rangsangan syaraf di hipotalamus jika terjadi cekaman, misalnya kedinginan, kepanasan, sakit, takut, terkejut atau infeksi.

ACTH amat vital pada periode awal sintesis hormon steroid adrenal. Mungkin, bersama STH mengendalikan sekresi pancreas.

Hipofisektomia menyebabkan zona retikularis dan zona fasikularis (yang menghasilkan hormon glukokortikoid) mengalami degenerasi, tetapi tidak berpengaruh terhadap zona glomerulosa (yang menghasilkan hormon mineralokortikoid).

Gonadotropic hormones. Terdiri atas berbagai hormon yang merangsang perkembangan dan fungsi testes dan ovaria. Hormon-hormon ini saling berinteraksi.

Follicle stimulating hormone (FSH). Follicle stimulating hormone disintesis oleh adenohipofisis, berfungsi pada awal gametogenesis (pembentukan sel spermatozoa atau sel telur) di epitel germinal, baik jantan maupun betina. Jadi, hormon ini terdapat pada jantan dan betina, sekalipun namanya hanya berkaitan dengan betina ('folikel').

Fungsi FSH adalah:

1. Pada betina, merangsang perkembangan folikel ovaria; folikel akan mensekresi estrogen,
2. Pada jantan, merangsang perkembangan epitel germinal testis dan spermatogenesis dari tubuli seminiferi.

Pada ayam, FSH bertanggung jawab atas perkembangan ukuran oviduk, pelebaran tulang pubik dan perluasan ventrikel, mobilisasi depot lemak untuk pembentukan kuning telur dan kalsium untuk pembentukan kerabang dan bulu betina. Sekresi albumen telur dipengaruhi oleh hormon androgen.

FSH dan LH bekerja merangsang sekresi estrogen (dari folikel) dan merangsang lepasnya folikel yang sudah matang. Juga menyebabkan "luteinisasi" (Latin: menjadi kuning),

yaitu pembentukan korpus luteum. FSH bersama prolaktin berfungsi memelihara korpus luteum (yang mensekresi progesteron).

Hipofisektomia menyebabkan testis atropi, sehingga hormon gonadotropic tidak keluar yang dapat menyebabkan steril.

Lutinizing hormone (LH). Hormon neuropeptida adenohipofisis ini, bersama FSH merangsang sekresi estrogen dan merangsang lepasnya folikel yang sudah matang (ovulasi).

Fungsi utama LH adalah:

1. Menyempurnakan gametogenesis, baik pada jantan maupun betina,
2. Pada betina, bersama fsh merangsang pematangan folikel, sehingga terjadilah ovulasi dan mempertahankan korpus luteum,
3. Pada jantan, merangsang produksi testosteron dari sel-sel interstitial.

Ovulasi terjadi mungkin karena LH menyebabkan enzim tertentu melepaskan ikatan sel dinding folikel dan karena akumulasi cairan folikel menyebabkan tekanan dari dalam meningkat, sehingga dinding menipis.

Ilustrasi 4.2. Kadar Hormon Ovaria Manusia

Sumber: Weller, Harry and Ronald Wiley. 1985. h 360.

Antara 12 sampai 24 jam sebelum ovulasi, konsentrasi FSH dan LH melimpah ("FSH and LH surge"), kurvanya memuncak lalu melandai. Setelah itu, konsentrasinya turun lagi

menjadi normal. Melimpahnya FSH dan LH memerlukan hormon hipotalamus, yaitu gonadotropin-releasing hormone (GnRH).

Pada puncak konsentrasi terjadilah ovulasi. Pengaruh FSH terhadap ovulasi lebih kecil daripada pengaruh LH. Setelah korpus Luteum hilang, konsentrasi FSH dan LH menjadi normal lagi.

Secara normal, konsentrasi FSH dan LH adalah rendah, karena ada hambatan terhadap umpan balik negatif hormon ovaria. Melimpahnya gonadotropin ini (utamanya LH) berkaitan dengan naiknya sekresi estrogen folikel. Terbukti, ovariectomia menyebabkan tidak adanya limpahan FSH dan LH. Ilustrasi 4.2. menunjukkan pengaruh FSH, estrogen, LH dan progesteron terhadap siklus haid wanita.

Rendah atau tingginya konsentrasi hormon yang sama di darah, dapat menimbulkan efek yang berbeda (bahkan berlawanan) pada organ sasaran. Sebagai teladan, rendahnya kadar estrogen sudah cukup untuk menghambat sekresi gonadotropin hipofisis. Lihatlah ilustrasi 4.3. Tetapi, kadar estrogen yang lebih tinggi justru merangsang hypothalamic-releasing hormone untuk mensekresi gonadotropin yang mempengaruhi hipofisis.

Ilustrasi 4.3. Umpan balik negatif terhadap adenohipofisis dan hipotalamus

Sumber : Weller, Harry and Ronald Wiley. 1985. h 361.

Berbeda dengan estrogen, progesteron tidak menimbulkan efek yang berbeda jika konsentrasinya berbeda. Progesteron selalu menghambat sekresi hipotalamus dan hipofisis. Umpan

balik negatif ini menjelaskan mengapa kadar estrogen yang tinggi pada fase 'postluteal' tidak dapat mempertahankan tingginya kadar FSH dan Lh. Lihatlah Ilustrasi 4.4.

Interstitial-cell-stimulating hormone (ICSH). Gonadotropin adenohipofisis yang dapat merangsang sekresi androgen oleh sel-sel leyding di testes, identik dengan LH.

Prolactin. Disebut juga laktogen, luteotropin, galaktin atau mamotropin. Disekresi secara kontinu oleh adenohipofisis; dihambat oleh prolactin inhibiting factor (PIF) dari hipotalamus. Strukturnya mirip growth hormone; keduanya mempunyai 191 asam amino yang 161 molekulnya sama, sehingga efeknya hampir sama.

Fungsi prolaktin adalah seperti berikut.

1. Merangsang pertumbuhan kelenjar ambing
2. Merangsang dimulainya laktogenesis (sintesis susu) dalam kelenjar ambing.
3. Memelihara proses laktasi (galactopoeisis). Ternyata, jika tidak ada prolaktin, tidak ada sekresi susu.
4. Merangsang aktivitas enzim (dari sel epitel kelenjar ambing, yang mengaktifkan sel untuk mengubah darah menjadi susu). Sehingga merangsang sekresi susu.
5. Merangsang dan memelihara sifat mencari sarang dan mengeram pada induk unggas.
6. Merangsang epitel kelenjar 'crop' pada merpati, untuk menghasilkan 'crop milk'.

Karena pengaruh estrogen, sejak akhir masa bunting terjadi kenaikan sekresi prolaktin. Setelah melahirkan, keluarnya oksitosin merangsang sekresi prolaktin; prolaktin diedarkan darah akan merangsang sel epitel ambing untuk mensekresi susu.

Inhibin. Hormon adenohipofisis yang menghambat sekresi FSH (pada jantan dan betina) tanpa mempengaruhi sekresi LH. Juga dapat diisolasi dari cairan folikel ovaria dan tubuli seminiferi testes, khususnya di sel-sel sertoli. Mungkin merupakan glikoprotein.

Ilustrasi 4.4. Mekanisme sekresi GnRh
Sumber : Weller, Harry and Ronald Wiley. 1985. h 362.

Hormon neurohipofisis

Neurohipofisis mensekresi oxytoci dan antidiuretic hormone.

Oxytocin. Merupakan neuropeptida (oktapeptida), disekresi oleh sel-sel neurosekretori hipotalamus, ditampun dalam organ neurohemal di neurohipofisis atau langsung ke pembuluh darahnya.

Sekresinya dirangsang karena melebarnya serviks uterus, menurunnya kadar progesteron darah, serta rangsangan syaraf waktu melahirkan dan penyusuan (suckling).

Hormon ini bekerja terhadap otot polos, utamanya uterus menjelang melahirkan. Pada awal hamil, konsentrasi hormon ini rendah, tetapi lalu meningkat dan maksimum pada akhir masa hamil. Setelah melahirkan, terjadilah kontraksi uterus yang menyebabkan pembuluh darah di dinding uterus menyempit, sehingga mencegah pendarahan pasca lahir.

Selain itu, hormon ini menjadi mediator keluarnya susu dari ambing waktu disusu. Pada saat puting dihisap (disusu), rangsang pada syaraf sensori menuju otak yang merangsang neurosekretori untuk mensekresi oksitosin. Beberapa detik kemudian, oksitosin masuk pembuluh darah,

lalu sampai ke sel-sel di sistem pembuluh kelenjar ambing. Gejala ini disebut refleks neuroendokrin.

Fungsi oksitosin adalah :

1. Pada hewan laktasi, penting dalam keluarnya (sekresi) susu,
2. Pada ayam, merangsang otot uterus untuk kontraksi yang menyebabkan oviposisi dan untuk mengeluarkan telur.

Vasopressin. Pada mamalia identik dengan ADH (antidiuretic hormone), merupakan oktapeptida (berisi 8 asam amino). Sekresinya dirangsang oleh turunnya tekanan darah, volume darah dan tekanan osmotik yang dideteksi oleh osmoreseptor di hipotalamus.

Bekerja terhadap otot polos, khususnya uterus menjelang melahirkan, dan keluarnya susu dari ambing. Juga menatur reabsorpsi (penyerapan kembali) air dalam ginjal yang mempengaruhi pembentukan urin. Jika diinjeksikan dalam jumlah banyak, menyebabkan konstiksi (penyempitan) pembuluh darah arteriol, sehingga tekanan darah naik.

Hormon hipofisis intermedia

Hipofisis intermedia mensintesis dan mensekresi Melanocyte stimulating hormone.

Melanocyte stimulating hormone (MSH). Hormon polipeptida yang mengubah warna ikan dan amfibia tertentu; mungkin juga berperan untuk merangsang sintesis melanin pada kulit manusia. Melanin adalah pigmen hewan yang berwarna mulai dari hampir hitam, coklat sampai kuning, tergantung konsentrasinya; terdapat di kulit, rambut dan iris mata. Melanin dihasilkan oleh sel melanosit di epidermis. Mungkin juga mempengaruhi sintesis melanin pada kulit manusia.

5. HORMON TIROID, PARATIROID, PANCREAS, ADRENAL DAN ALAT PENCERNAAN

Hormon kelenjar tiroid

Kelenjar ini mensintesis dan mensekresi thyroxine, tri-iodothyronine dan calsitonin.

Thyroxine dan tri-iodothyronine. Thyroxine (tetraiodo-thyronine atau T_4) dan tri-iodothyronine (T_3), strukturnya mirip; setiap molekul T_4 mempunyai 4 atom yodium, sedang T_3 mempunyai 3 atom yodium. T_4 diubah menjadi T_3 di hati dan ginjal. hanya sepertiga T_3 yang beredar di darah, yang berasal dari tiroid, yang lain berasal dari konversi T_4 . disini berperan asam amino tirosin (tyrosine). Tyrosine merupakan 'precursor' (asal usul) hormon dari adrenal medula dan tiroid.

Sekresi dari kelenjar tiroid dirangsang oleh kadar hormon tiroksin yang sudah ada dalam darah dan oleh mekanisme umpan balik yang melibatkan hipotalamus. Hormon ini disekresi selama hidup, utamanya pada saat tubuh masih tumbuh cepat, saat dewasa kelamin dan saat tercekam (stress) karena dingin dan lapar.

Yodium ransum diserap oleh usus dalam bentuk ion I^- , yang lalu beredar dalam darah, lalu diserap folikel tiroid. Sel-sel folikel akan mengikat I^- dengan protein tiroglobulin (T_{gb}) yang dihasilkan oleh folikel. Tiroglobulin adalah protein kelenjar tiroid dan merupakan precursor asam amino yang diyodisasi, termasuk tiroksin dan tri-iodotironin.

Kemudian ikatan I^- dan T_{gb} , dari darah memasuki lumina (rongga) folikel. Di lumina, terbentuk koloid yang berisi protein, asam amino, termasuk hormon tiroid dan yodium anorganik. Koloid ini tidak keluar dari folikel. Selanjutnya tiroglobulin dicerna dalam folikel, yodiumnya keluar sebagai molekul yang bebas. Hormonnya diserap oleh dinding folikel, lalu masuk kapiler darah dan beredar ke seluruh tubuh. di darah, karena tidak larut air, maka T_4 dan T_3 terikat dengan protein plasma.

Mekanisme kerja T_4 mirip dengan T_3 . Efek T_4 terhadap metabolisme terjadi kira-kira 48 jam setelah rangsangan dan berlangsung selama beberapa minggu, sedang T_3 bekerja 2 jam kemudian selama kira-kira 2 minggu.

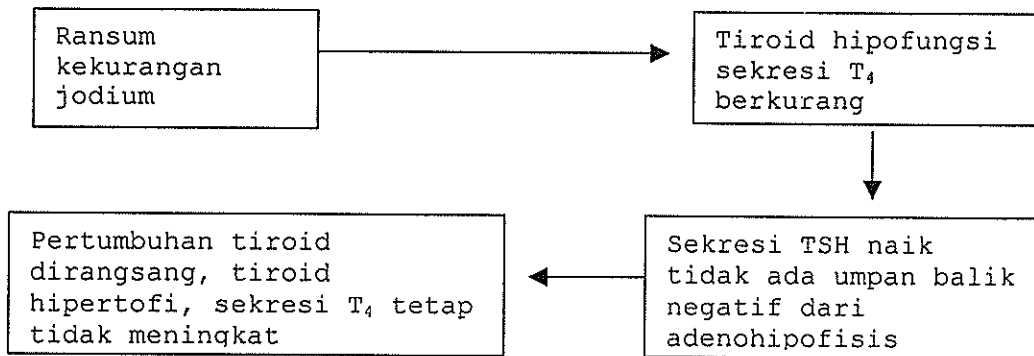
T_4 dan T_3 mempengaruhi BMR (basal metabolic rate, yaitu laju produksi energi tubuh dalam keadaan istirahat, puasa dan hanya memakai energi cadangan) dengan merangsang penguraian glukosa menjadi energi dan ATP. Ini terjadi karena hormon ini merangsang enzim yang aktif dalam proses fosforilasi oksidatif.

Kelebihan T_4 menyebabkan 'exophthalmic goiter' dan kenaikan BMR. Penderita 'goiter' jika menelan akan tampak gerakan menelannya di leher, karena kelenjar tiroidnya menonjol; penderita 'exophthalmos' bola matanya tampak menonjol, Karena ada timbunan lemak di belakang bola mata. Jika kelebihan T_4 berlangsung lama dapat menimbulkan

gangguan fungsi jantung. Ilustrasi 5.1. menunjukkan mekanisme hipertrofi tiroid.

Fetus yang kekurangan T_4 mengalami kretinisme, yaitu tubuh kecil (cebol), mental terganggu dan gangguan seksual. Jika kekurangan terjadi saat dewasa misalnya karena ransum kekurangan jodium, menyebabkan 'goiter' dan laju metabolisme menurun.

Pada amfibi, tiroksin penting untuk metamorfosis, misalnya dari larva menjadi bentuk dewasa. Pada katak dan kodok, metamorfosis dimulai dengan munculnya kaki belakang dan hilangnya insang eksternal, diikuti dengan pertumbuhan kaki depan dan hilangnya ekor. Pada akhir proses metamorfosis, 'precil' berubah menjadi katak kecil yang bernafas dengan paru-paru.



Ilustrasi 5.1. Tahap pembentukan goiter

Sumber : Weller, Harry and Ronald Wiley. 1985. h 324

Jika kelenjar tiroid kurang aktif (hipotiroid), maka timbul gejala nafsu makan turun, konsentrasi gula darah berkurang, cadangan glikogen hati berkurang, retensi nitrogen berkurang dan cadangan lemak mungkin bertambah. Tiroidektomia (tiroidnya diambil) menyebabkan gangguan metabolisme, perkembangan dan pertumbuhan, serta menurunkan sekresi susu. Jika tiroidektomia dilakukan terhadap 'precil', maka metamorfosisnya tidak sempurna, dalam arti tidak terbentuk katak dewasa. Jika 'precil' itu diberi kelenjar tiroid atau disuntikkan hormon tiroid, maka metamorfosisnya berlangsung normal kembali.

Sebaliknya, jika aktivitas kelenjar tiroid berlebihan (hipertiroid), maka gejalanya adalah laju metabolisme bertambah, beberapa jaringan tubuh terurai dan bobot badan turun.

Fungsi tiroksin adalah seperti berikut .

1. Merangsang metabolisme oksidatif; kadar tiroid yang tinggi menyebabkan naiknya laju metabolisme, jika kadarnya turun menyebabkan laju metabolisme menurun, lalu dapat diikuti dengan gejala defisiensi yang lain.
2. Meningkatkan produksi energi dan konsumsi oksigen di semua jaringan tubuh.
3. Meningkatkan nafsu makan, denyut jantung, aliran darah ke ambing dan lju sekresi susu.

Calsitonin. Disekresi oleh sel-sel C kelenjar tiroid. Tingginya konsentrasi Ca^{++} darah, merangsang sintesis dan sekresi kalsitonin; sedang konsentrasi yang rendah akan menghambat. Merupakan polipeptida dengan 32 asam amino.

Kalsitonin menurunkan konsentrasi kalsium darah dengan cara menghambat keluarnya mineral Ca^{++} dari tulang. Ini berarti antagonis dengan fungsi parathormon (dari paratiroid)

Kekurangan atau kelebihan hormon ini mengganggu metabolisme Ca yang akan mempengaruhi syaraf, tulang, otot, darah dan sebagainya.

Hormon kelenjar paratiroid

Kelenjar ini mensekresi parathormon.

Parathormone (PTH). Hormon protein, disekresi oleh paratiroid yang terletak bagian posterior lobus lateral tiroid. Kelenjar ini tidak dikendalikan oleh hormon tropik. Rendahnya konsentrasi Ca^{++} darah, akan merangsang sintesis dan sekresi parathormon dan sebaliknya.

Parathormon mempengaruhi metabolisme kalsium dan fosfor, merangsang aktifitas sel tulang untuk merusak matriks tulang, yang menyebabkan garam kalsium masuk aliran darah.

Hormon ini juga meningkatkan penyerapan kalsium di usus dan reabsorbsinya di ginjal, tetapi menurunkan fosfat darah dengan meningkatkan eksresinya lewat urin. Ada hubungan terbalik antara kadar kalsium darah dan fosfat darah.

Variasi konsentrasi Ca^{++} memang harus sempit; dan ini hanya dapat dikendalikan oleh hormon. Beberapa fungsi tubuh memang dipengaruhi oleh Ca^{++} , antara lain karena keluarnya Ca^{++} intrasel dari serabut otot akan merangsang mekanisme kontraksi otot, difusi Ca^{++} ke dalam sel kelenjar merangsang sekresi kelenjar endokrin maupun eksokrin. Ca^{++} juga penting dalam pembekuan darah, mengendalikan camp (sebagai 'second messenger') dan mengatur permeabilitas sel terhadap beberapa molekul. Garam kalsium penting dalam pertumbuhan dan pembentukan kembali (remodeling) tulang dan menjadi unsur penting dalam susu dan sekresi usus, cairan serebrospinal, limfe, plasma darah dan cairan interstitial. Pada kondisi abnormal, deposit kalsium di dinding arteri, dapat meningkatkan tekanan darah karena elastisitas pembuluh darah berkurang. Jika Ca^{++} darah meningkat mendadak, menyebabkan jantung kontraksi yang akan mengganggu denyutnya

Hipofungsi parathormon menimbulkan gangguan kronis, berupa hipereksitabilitas (amat peka), hipoglikemia (gula darah rendah) dan menyebabkan gangguan otot. Otot dapat kejang, karena ada gangguan keseimbangan cairan tubuh. Pada kondisi akut (jarang, kecuali jika kelenjar tiroid dan paratiroidnya diambil total), kekejangan menjadi 'convulsions'. Dapat mati, karena otot larink (laryngeal) kejang, yang menghentikan pernafasan.

Penyakit kronis karena hipofungsi paratiroid dapat diatasi dengan memberikan kalsium pada pakan atau minum,

serta vitamin D dosis tinggi untuk membantu penyerapan kalsium.

Hiperfungsi paratiroid jarang terjadi; biasanya timbul karena tumor. Disini, kalsium tulang keluar dari tulang, sehingga tulang menjadi lebih berpori dan rapuh, kalsium darah meningkat (hiperkalsemia). Beberapa mineral akan masuk organ yang lunak dan dinding pembuluh darah, sehingga menjadi mengeras. Di ginjal, garam kalsium tersaring dari darah dan keluar lalu mengendap di ginjal dan ureter. Juga dapat mengganggu otot dan syaraf, tubuh lemah dan mental depresi, mual dan muntah, sindrom ini disebut 'calcium intoxication'.

Hewan yang cukup kadar parathormon atau cukup pakannya, jarang memperlihatkan gejala kelumpuhan. Pemberian vitamin D pada hewan yang kelenjar paratiroidnya diambil, dapat menjaga laktasi.

Fungsi parathormon adalah:

1. Mengatur metabolisme kalsium dan fosfor,
2. Pada awal laktasi, ada penurunan kalsium dan fosfor darah oleh kelenjar ambing,
Jika terjadi kelebihan sekresi parathormon, maka
 1. Kalsium plasma darah meningkat; kalsium ini utamanya diambil dari tulang
 2. Naiknya eksresi kalsium dari ginjal; karena kalsium tulang berkurang secara berlebihan, terjadilah dekalsifikasi tulang.

Pembentukan vitamin D. dengan bantuan sinar ultraviolet sinar matahari yang diserap permukaan kulit, untuk steroid, yaitu kolesterol diubah menjadi kholkalsiferol (cholecalciferol, atau vitamin D₃). Vitamin D₃ ini di hati lalu di ginjal diubah menjadi hormon ginjal, yaitu 1,25-dihydroxycholecalciferol (1,25-DHC). Jaringan sasaran hormon ini adalah mukosa usus untuk membantu absorpsi kalsium makanan. Lihatlah Ilustrasi 5.2. berikut.

Ilustrasi 5.2. Diagram pembentukan vitamin D
Sumber : Weller, Harry and Ronald Wiley. 1985. h 328.

Vitamin D₃ banyak terdapat di minyak hati ikan, susu dan telur. Vitamin ini penting untuk menjaga kadar kalsium darah dengan membantu penyerapan kalsium di usus.

Pada anak-anak, kekurangan vitamin D menyebabkan riketsia, yang ditandai dengan melaformasi (perubahan bentuk) kepala, tulang dada dan kaki. Pada dewasa, menyebabkan osteomalasia. Penyakit ini disebabkan kurangnya suplai kalsium darah untuk proses kalsifikasi matriks tulang yang baru yang terjadi sewaktu hewan masih tumbuh, remodeling atau perbaikan (reparasi) tulang.

Hormon kelenjar pankreas

Kelenjar ini menghasilkan insulin dan glukagon. Pankreas dikendalikan oleh STH dan ACTH, serta kadar gula darah. Jika gula darah naik kadarnya, sekresi insulin meningkat dan sekresi glukagon dihambat dan sebaliknya

Insulin. Disekresi oleh sel beta Pulau Langerhans di pankreas, sekresinya dirangsang oleh naiknya kadar gula darah.

Jika konsentrasi glukosa darah di atas normal (misalnya setelah mencerna karbohidrat), insulin disekresi, pembentukan glikogen dipacu dan glukosa darah turun lagi. Jadi, keluarnya insulin merupakan system umpan balik negatif. Insulin menghambat hidrolisis glikogen di hati dan otot.

Umumnya, turunnya kadar gula darah karena insulin, diakibatkan oleh meningkatnya sintesis glikogen dan meningkatnya penggunaan glukosa oleh sel. Insulin juga merangsang sintesis lemak dan protein, sehingga kadar gula darah yang turun.

Kegagalan sekresi insulin menyebabkan diabetes militus.

Fungsi hormon insulin adalah sebagai berikut.

1. Meningkatkan mobilisasi asam amino dan glukosa darah ke otot (pembentukan dan deposisi glikogen di otot dan hati dari glukosa darah)
2. Menurunkan kadar gula darah
3. Merangsang pertumbuhan dengan meningkatkan sintesis rna dan protein pada beberapa jaringan, termasuk otot dan tulang
4. Pada saat bunting dan laktasi, insulin merangsang pertumbuhan sel kelenjar ambing
5. Berperan dalam sintesis susu.

Glukagon. Disekresi oleh sel alfa Pulau Langerhans di pankreas. Fungsinya berlawanan dengan insulin, yaitu meningkatkan kadar gula darah, dengan merangsang pemecahan glikogen menjadi glukosa di hati dan otot. Ia juga meningkatkan pemecahan lemak.

Fungsi glukagon adalah:

1. menghambat sekresi hormon pertumbuhan dari hipofisis,
2. menghambat sekresi insulin,
3. menurunkan laju penyerapan nutrien dari alat pencernaan,

4. menaikkan kadar gula darah, dengan mengaktifkan enzim intrasel hati (melalui siklus AMP) yang mengubah cadangan glikogen menjadi glukosa darah.

Diabetes. Kekurangan insulin menyebabkan diabetes militus, yaitu tingginya kadar glukosa darah, sehingga dikeluarkan melalui urin. Absennya insulin, mempengaruhi metabolisme intermedier dan jika tidak diberi injeksi insulin, menyebabkan 'diabetes tipe pertama' yang mematikan.

Pada diabetes tipe kedua, yang disebut 'mature-onset diabetes', produksi insulin cukup, tetapi ada defisiensi reseptor insulin pada sel-sel yang seharusnya responsive terhadap insulin. Pada tipe ini produksi insulinnya normal atau lebih, tetapi respon terhadap insulin yang tidak ada.

Jika glukosa darah amat rendah kadarnya, hormon glukagon dikeluarkan. Glukagon menyebabkan mobilisasi glukosa dari hati dan meningkatnya konsentrasi glukosa darah. Efek glukagon berlawanan dengan efek insulin. Jadi, tingkat glukosa darah yang normal, diatur oleh 2 hormon yang saling berlawanan (antagonis), yang satu menghambat dan yang lain merangsang, masing-masing memiliki mekanisme umpan balik negatif sendiri-sendiri.

Ilustrasi 5.3. respon endokrin akibat glukosa darah naik.

Sumber : Weller, Harry and Ronald Wiley. 1985. h 330.

Insulin amat penting bagi tubuh, dan merupakan satu-satunya hormon yang berfungsi menurunkan kadar gula darah; hormon yang berfungsi menaikkan kadar gula darah, adalah glukagon, somatotropin, tiroksin, epinefrin dan hormon korteks adrenal.

Fungsi insulin untuk mengubah glukosa darah terjadi melalui dua proses. Yang pertama adalah dengan merangsang konversi glukosa menjadi glikogen di hati, dan kedua mempermudah penggunaan glukosa oleh sebagian besar sel tubuh (kecuali sel-sel syaraf). Efek yang kedua ini diikuti dengan naiknya permeabilitas membran sel terhadap glukosa, sehingga memungkinkan terjadinya reaksi oksidatif.

Di hati, insulin juga membantu mempertahankan protein dan menghambat penguraiannya menjadi karbohidrat dan lemak. Ini bertentangan dengan efek STH dan hormon adrenal, yang menaikkan glukosa darah melalui glukoneogenesis (pembentukan glukosa tubuh dari sumber nonkarbohidrat, khususnya protein). Di lain pihak, karena fungsi mempertahankan protein ini, insulin perlu sekali untuk tumbuh normalnya hewan muda. Di sini, insulin bersinergi dengan STH.

Ilustrasi 5.4. Respon endokrin akibat glukosa darah turun.

Sumber : Weller, Harry and Ronald Wiley. 1985. h 331.

Efek insulin terhadap lemak sel adalah menghambat penguraian lemak tubuh menjadi lipida darah, sehingga menurunkan kadar lipida darah. Sebaliknya, glukagon merangsang mobilisasi lemak tubuh.

Ilustrasi 5.3. dan 5.4. masing-masing menunjukkan respon endokrin terhadap naiknya glukosa darah dan respon endokrin terhadap turunnya glukosa darah.

Hormon kelenjar adrenal

Adrenal merupakan kelenjar yang amat vital bagi tubuh. Adrenal memiliki 2 kelenjar; bagian dalam, yaitu medulla dan bagian luar, yaitu korteks. Bagian korteks terdiri atas 3 lapisan, yaitu bagian luar (zona glomerulosa), bagian tengah (zona fascicularis), dan bagian dalam (zona retikularis).

Korteks menghasilkan kira-kira 30 komponen yang berbeda, semuanya steroid. Dari 30 komponen ini, hanya separuh yang bekerja seperti hormon, sisanya merupakan metabolit intermedier atau komponen nonaktif.

Secara umum, hormon adrenal korteks disebut adrenokortikoid, yaitu mineralokortikoid (mempengaruhi metabolisme glukosa, dari zona fascicularis dan zona retikularis), serta androgen (dari zona retikularis). Glukokortikoid, misalnya kortisol, kortison dan kortikosteron.

Medulla menghasilkan epinefrin dan norepinefrin. Dapat dikatakan, peran medulla relatif kurang penting daripada korteks, karena fungsi medulla mirip dengan fungsi system syaraf (mengsekresi hormon jika stres). Satu pengecualian, yaitu kemampuan medulla untuk mengsekresi hormon epinefrin.

Epinefrin. Epinefrin atau adrenalin, merupakan neurotransmitter (yaitu bahan kimia yang dikeluarkan dari ujung akson, menuju celah sinaps (synaptic cleft), yang dapat merangsang (meng-eksitasi) atau menghambat sel syaraf berikutnya. Neurotransmitter lain misalnya asetilkolin, dopamine dan serotonin.

Ada serabut simpatis yang menuju kelenjar medulla adrenal; serabut syaraf ini dapat mengaktifkan medulla adrenal dan merangsang keluarnya hormon. Ini terjadi jika hewan mengalami cekaman (stres). Sekresi epinefrin dan norepinefrin juga dikendalikan oleh mekanisme umpan balik; konsentrasi hormon yang rendah, akan merangsang sintesis dan sebaliknya.

Kerja epinefrin utama adalah melebarkan pembuluh darah dibagian tertentu tubuh, misalnya otot skelet dan meningkatkan aliran darah dari jantung. Selain itu, juga menaikkan kadar gula darah dengan merangsang (melalui siklus AMP) pemecahan glikogen menjadi glukosa dengan bantuan enzim, baik di jaringan hati maupun otot. Hormon glukagon melakukan fungsi ini hanya di hati.

Epinefrin dan glukagon, kedua-duanya merangsang konversi cadangan lemak di jaringan adipose menjadi asam lemak, gliserol dan lipida dalam darah. Fungsi ini merupakan

bagian dari reaksi alarm (peringatan) terhadap cekaman (stress), yang disebut respon "fright, fight atau flight", karena sumber energi dapat segera disediakan. Peranan hormon medulla adrenal terhadap ancaman dari luar ini sama dengan peranan system syaraf simpatis.

Ilustrasi 5.5. menunjukkan proses perubahan glikogen hati menjadi glukosa dalam hati karena induksi adrenalin, kemudian glukosa masuk ke aliran darah. Adrenalin berinteraksi dengan reseptor yang ada pada membran sel, yang mengaktifkan adenilat siklase. Adenilat siklase akan mengubah ATP menjadi camp (sebagai 'second messenger'). Ilustrasi ini menunjukkan pembentukan glukosa darah yang cepat oleh norepinefrin atau adrenalin.

Epinefrin menyebabkan:

1. Percepatan denyut jantung dan kenaikan tekanan darah,
2. Kenaikan gula darah melalui konversi glikogen menjadi glukosa,
3. Vasodilatasi (pelebaran pembuluh darah, khususnya arteriol, karena ototnya mengalami relaksasi) dan kenaikan aliran darah di otot jantung, paru-paru dan otot skelet.
4. Vasokonstriksi (penyempitan pembuluh darah, khususnya arteriol, karena ototnya mengalami kontraksi) dan menurunnya aliran darah di otot polos, alat pencernaan dan kulit.

Ilustrasi 5.5. proses pembentukan glukosa di hati

Sumber: Schmidt-Nielsen, Knut. 1994. h

Norepinephrin. Norepinefrin (noradrenalin) juga merupakan neurotransmitter pada sinaps syaraf adrenal. Efek norepinefrin mirip epinefrin. Epinefrin lebih berpotensi terhadap denyut jantung, sedang norepinefrin lebih berpotensi terhadap vasokonstriksi beberapa organ. Kedua hormon ini bekerja melalui reseptor yang disebut 'alfa reseptor' (lebih responsive terhadap norepinefrin), dan 'beta reseptor' (lebih responsive terhadap epinefrin). Banyak organ yang memiliki kedua reseptor itu; setiap reseptor memberi respon terhadap kedua hormon, tetapi tingkat sensitifnya berbeda.

Norepinefrin menyempitkan pembuluh darah pada bagian tubuh tertentu, misalnya usus, juga merangsang perubahan glikogen hati menjadi glukosa.

Mineralocorticoids. Mineralocorticoids, misalnya kortisol, kortikosteron dan aldosteron; aldosteron adalah mineralokortikoid yang paling kuat efeknya. Disintesis di bagian luar korteks adrenal (yaitu zona glomerulosa).

Disekresi sepanjang hidup. Sekresi mineralokortikoid dirangsang oleh ACTH hipofisis. Sekresi aldosteron juga dirangsang oleh angiotensin yang disekresi oleh ginjal dan hati (karena rendahnya kadar Na^+ darah), dan paru-paru (karena turunnya volume darah yang beredar).

Mineralocorticoids mengatur kadar ion-ion Na^+ dan K^+ . kadar ion-ion Na^+ dan K^+ yang terlalu bervariasi akan fatal. Hormon ini juga meningkatkan konsentrasi Na^+ di cairan ekstra sel (termasuk plasma darah) dan menekan konsentrasi K^+ .

Target utama hormon ini adalah ginjal. Di sini, hormon adrekoritikoid merangsang penyerapan kembali (reabsorpsi) Na^+ dari filtrat darah dan merangsang keluarnya (eksresi) ion K^+ .

Ilustrasi 5.4. Diagram umpan balik pengendalian sodium dan air melalui hormon dan syaraf.
Sumber : Weller, Harry and Ronald Wiley. 1985. h 513.

Aldosterone. Merupakan mineralokortikoid yang mempertahankan tingkat ion Na^+ tubuh dengan cara menghambat keluarnya dari ginjal.

Glukocorticoid. Merupakan steroid. Disintesis di bagian tengah korteks adrenal (zona fascicularis), yang meningkatkan kadar glukosa darah. Fungsi ini identik dengan growth hormone dari hipotalamus dan tiroksin, yang merangsang glukoneogenesis (konversi protein menjadi karbohidrat) dan menimbulkan efek anti-inflamatori. Glukokortikoid utama adalah kortisol.

Bagian dalam korteks adrenal (zona retikularis), juga menghasilkan hormon glukokortikoid, tetapi kekuatannya lebih rendah dan juga mengsekresi androgen.

Cortisol. Glukocorticoid utama dari kelenjar adrenal manusia.

Cortisone. Glukocorticoid mirip yang kortisol. Dalam pengobatan dipakai untuk menyembuhkan bengkak.

Corticosterone. Merupakan Glukocorticoid dan mineralokortikoid; meningkatkan kadar gula darah dan mengatur keseimbangan ion-ion mineral.

Androgen. Menyebabkan perkembangan alat seksual sekunder. Disekresi dari kelenjar adrenal (dari zona retikularis) jantan maupun betina (meskipun dalam jumlah yang amat sedikit).

Glukokortikoid dan kesehatan. Glukokortikoid mempengaruhi konsentrasi glukosa darah. Yang menarik adalah efek yang kontradiksi. Kortisol merangsang perubahan glukosa darah menjadi glikogen hati, sehingga menurunkan kadar gula darah, tetapi kortisol bersama growth hormone merangsang glukoneogenesis (pembentukan glukosa dari protein), yang meningkatkan glukosa darah. Bagaimana mekanisme antagonis ini masih belum diketahui. Yang jelas, upaya mempertahankan sumber energi lebih mendapat prioritas daripada upaya menjaga jaringan tubuh.

Kelebihan glukokortikoid dapat mengganggu, misalnya hiperglikemia yang menginduksi diabetes mellitus dan kerusakan permanen sel pankreas penghasil insulin. Gejalanya antara lain, adalah kelemahan otot, pembentukan kolagen di jaringan ikat, serta kurangnya daya tahan tubuh terhadap infeksi, karena ada penurunan jumlah sel darah putih.

Hiperfungsi dan hipofungsi korteks adrenal. Jika zona fascicularis hiperaktif, mungkin terjadi hiperfungsi sekunder adenohipofisis dan sekresi yang berlebihan, glukokortikoid, androgen atau keduanya. Glukokortikoid bertanggung jawab terhadap hiperglikemia (glukosa darah tinggi) dan glikosuria (ada gula dalam urin), perubahan jumlah sel darah putih darah, dan lemahnya proses penyembuhan. Juga menyebabkan psikosis, kelemahan otot, wajah bengkak, akumulasi lemak leher dan bahu.

Kelebihan androgen menyebabkan wanita menjadi lebih bersifat lelaki, misalnya dada menipis, bulu wajah melebat, otot kekar dan suara lebih berat, klitoris membesar juga timbul jerawat.

Hipersekresi mineralokortikoid menyebabkan ion Na darah meningkat dan ion K menurun, karena reabsorpsi dan ekskresi di ginjal menjadi abnormal. Terjadi kelemahan otot, imsonia, serta gangguan syaraf dan otot. Retensi sodium menyebabkan retensi air tubuh, volume darah bertambah, hipertensi dan pusing.

Hipofungsi adrekorikoid menimbulkan hambatan umpan balik negatif terhadap sekresi ACTH, sehingga konsentrasi ACTH darah meningkat dan terjadi hipoglikemia (glukosa darah tinggi).

Ginjal

Bukan kelenjar. Ia mengsekresi

1. Enzim rennin, berfungsi mengubah protein darah menjadi angiotensin, yang dapat meningkatkan tekanan darah,
2. Hormon eritropoietin.

Erythropoietin. Disebut juga hematopoeitin, hormon yang disintesis di ginjal yang merangsang produksi sel darah merah di sumsum tulang. Umumnya hormon ini disintesis jika terjadi anemia (darah kekurangan sel darah merah) atau kekurangan oksigen.

Alat pencernaan.

Alat pencernaan mengsekresi hormon kolesistokinin, sekretin dan gastrin.

Ilustrasi 5.5. menunjukkan letak kelenjar alat pencernaan dan organ sasarannya.

Ilustrasi 5.5. Letak kelenjar alat pencernaan dan sasarannya.

Sumber : Weller, Harry and Ronald Wiley. 1985. h 180.

Cholecystokinin. Hormon dari sel mukosa usus yang merangsang sekresi getah pankreas dan kontraksi empedu agar mengeluarkan empedu.

Secretin. Dihasilkan di mukosa duodenum, merangsang sintesis dan keluarnya getah pankreas. Juga menghambat lambung dan sekresi HCl lambung.

Gastrin. Hormon yang disekresi di bagian epitel pilorus lambung yang merangsang sekresi HCl dari fundus lambung.

Esterogastrone. Disekresi di mukosa duodenum. Efeknya antagonis dengan gastrin.

6. KELENJAR REPRODUKSI

Kelenjar reproduksi terdiri atas ovaria dan testes; plasenta dapat dianggap termasuk kelenjar reproduksi juga. Kelenjar-kelenjar ini berkaitan dengan gonadotropin, yaitu hormon yang berpengaruh terhadap perkembangan gonad (alat seksual primer, yaitu ovaria dan testes) seperti FSH, LH, ICSH, LTH, estrogen dan lain-lain.

Kelenjar reproduksi dan kelenjar lain yang berkaitan fungsinya dengan reproduksi (yaitu adenohipofisis yang mensintesis gonadotropin), penting untuk koordinasi aktivitas reproduksi berikut.

1. Perkembangan dan pematangan telur dan sperma, yang juga berarti menghasilkan hormon gonadotropin karena folikel mengsekresi estrogen.
2. Perkembangan alat (organ) reproduksi primer dan sekunder.
3. Persiapan jantan dan betina dan sinkronisasi kejadian-kejadian yang berkaitan dengan perkawinan (fertilisasi).
4. Pada mamalia, persiapan organ genitalia untuk bunting sampai melahirkan.
5. Persiapan bagi hewan muda. Pada mamalia untuk mengsekresi susu dan pada vertebrata lain untuk membuat sarang.

Hormon-hormon dari kelenjar reproduksi antara lain adalah androgen, testosteron, estrogen, progesteron dan sebagainya.

Androgen. Androgen (Yunani; *andros*: pria, *genes*: lahir). Disintesis oleh.

1. Sel interstitial testes (sel-sel Leydig, yang berada diantara tubuli seminiferi),
2. Zona reticularis korteks adrenal jantan mau pun betina.

Androgen yang dihasilkan oleh sel-sel Leydig, yang utama adalah testosteron. Testosteron amat kuat (potensial) efeknya, merupakan steroid dengan 19 atom karbon. Hormon ini melakukan mekanisme umpan balik negatif (menghambat) sekresi FSH dan LH.

Sel-sel sertoli (di tubuli seminiferi), mensintesis protein reseptor yang mengikat androgen yang masuk tubuli seminiferi, sehingga androgen di sini menjadi tinggi konsentrasinya. Konsentrasi ini penting untuk menyempurnakan pematangan spermatozoa. Androgen juga merangsang sintesis protein dan pertumbuhan tubuh secara umum.

FSH dari adenohipofisis merangsang tubuli seminiferi testes, untuk melakukan spermatogenesis, sedang pematangan spermatozoa dirangsang oleh LH. Pembentukan spermatozoa ini juga memerlukan androgen.

Androgen, selain bekerja untuk perkembangan spermatozoa, juga beredar ke seluruh tubuh, yang mempengaruhi organ seksual sekunder, yaitu duktus sperma, kelenjar seksual aksesori dan organ seks eksternal. Hormon ini juga mempengaruhi karakter jantan sekunder, misalnya keadaan otot, ukuran tubuh, suara berat, kelenjar ambing rudimenter (menyusut) dan sifat rambut. Androgen juga bertanggung jawab atas agresifitas dan pertahanan wilayah.

Testes dan adrenal jantan prapuber, tampaknya mengsekresi testosteron, meskipun sedikit. Testosteron ini berinteraksi dengan GH yang merangsang pertumbuhan. Setelah masa puber, pemberian dosis tinggi testosteron justru menghambat efek GH terhadap epifise kartilago.

Fungsi androgen adalah sebagai berikut.

1. Merangsang pertumbuhan hewan muda, khususnya jantan sehingga jantan lebih besar daripada betina; ini mungkin karena pertumbuhan otot dan tulang jantan yang lebih cepat. Jantan juga lebih baik pertambahan bobot badan dan efisiensi pakannya, termasuk pada hewan kastrasi. Kastrasi pada betina menghambat pertumbuhan dan merangsang perlemakan pada sapi, domba dan kambing.
2. Meningkatkan retensi nitrogen jaringan, yang berarti lebih banyak protein yang disintesis dan digunakan atau lebih sedikit protein yang dikatabolis.

Testosteron. Suatu androgen pada pria. Disintesis di sel interstitial testes (dari sinilah asal istilah testosteron). Pada fetus merangsang pertumbuhan organ seksual. Pada puber merangsang pertumbuhan alat seksual sekunder dan dorongan seks.

Estrogen. Estrogen (Yunani; *oistros*: berahi), merupakan steroid dengan 18 karbon; yang paling penting adalah estradiol. Disintesis oleh sel atau jaringan berikut.

1. Sel-sel folikel de Graaf di ovaria yang sedang tumbuh. Pada beberapa spesies juga disintesis di sel interstitial ovarium. Pertumbuhan folikel de Graaf ini dirangsang oleh FSH.
2. Korpus luteum yang merupakan kelenjar sementara. Setelah ovulasi, LH merangsang pembentukan dan mempertahankan korpus luteum.
3. Pada betina bunting, oleh jaringan khorion (chorion) plasenta. Pada manusia, hormon plasenta disebut human chorionic gonadotropin (HCG).
4. Korteks adrenal fetus. Pada akhir masa bunting, hipotalamus fetus mengsekresi corticotropin-releasing hormone (CRH), yang merangsang adenohipofisis fetus untuk mengsekresi ACTH. ACTH akan merangsang sekresi glukokortikoid korteks adrenal. Plasentanya mengubah glukokortikoid ini menjadi estrogen, yang merangsang PGF (salah satu bentuk hormon prostaglandin, terdiri atas 20 karbon asam lemak jenuh). PGF akan merangsang kontraksi uterus dan mungkin juga sistem endokrin induk untuk mengsekresi oksitosin yang merangsang jaringan miometrial uterus.

Sekresi hormon ini meningkat sejak awal puber; itulah sebabnya gadis berhenti tumbuh sesaat setelah haid (estrogen disekresi).

Fungsi estrogen utamanya adalah perkembangan tanda seksual sekunder pada betina dan menjadi umpan balik positif sehingga sekresi LH dari hipofisis meningkat. Pada betina yang belum dewasa, estrogen merangsang pertumbuhan tubuh secara umum, sekalipun tidak sekuat androgen pada jantan. Untuk sementara, dapat meningkatkan bobot badan karena beberapa jaringan menahan (retensi) air.

Pada betina, estrogen juga merangsang kalsifikasi (penyimpanan atau deposisi garam kalsium, utamanya di bagian matriks jaringan tulang yang baru terbentuk) dan pendewasaan tulang yang lebih potensial daripada androgen pada jantan. Karena itu, pada betina tulang lebih cepat berhenti. Pengaruh kalsifikasi penting bagi burung betina, karena jaringan tulang secara periodik terakumulasi di rongga tulang sehingga makin padat. Ini merupakan cadangan kalsium yang berguna untuk membuat dinding telur.

Defisiensi hormon ini, pada hewan muda menyebabkan kedewasaan kelamin terhambat, sedang pada dewasa menyebabkan mandul.

Fungsi hormon ini adalah seperti berikut.

1. Merangsang penyusutan dan penutupan epifise kartilago tulang panjang, jadi menghambat pertumbuhan.
2. Mempengaruhi munculnya berahi (estrus) pada betina.
3. Meningkatkan gerakan uterus, oviduk dan infundibulum pada saat berahi, agar spermatozoa dan sel telur mudah fertilisasi.
4. Melebarkan (dilatasi) serviks uterus.
5. Sintesis dan sekresi mucus serviks uterus.
6. Merangsang pertumbuhan saluran kelenjar ambing.
7. Merangsang perkembangan sifat seksual sekunder.

Setelah ovulasi, estrogen menurun produksinya. Bekas tumbuhnya folikel menjadi korpus luteum. Korpus luteum mensintesis progesteron.

Estradiol. Estrogen utama pada wanita.

Prostaglandin. Prostaglandin (asam lemak tak jenuh, terdiri atas 20 atom karbon) mungkin juga merupakan 'second messenger'. Terdapat di cairan seminalis, disekresi oleh berbagai jaringan, termasuk kelenjar prostat. Efeknya mirip efek hormon terhadap otot polos, metabolisme lemak dan fungsi reproduksi tertentu.

Mekanisme kerja prostaglandin belum diketahui dengan pasti. Prostaglandin mampu menginduksi kontraksi uterus. Karena prostaglandin ada di sperma, maka ini berarti ia berfungsi dalam transportasi spermatozoa di uterus setelah koitus.

Prostaglandin terdapat di berbagai jaringan dan efeknya terhadap berbagai jaringan berbeda-beda. Secara medis, prostaglandin dapat dipakai untuk menginduksi aborsi yang relatif aman, dapat menurunkan tekanan darah dan menaikkan denyut jantung. Karena dapat menyebabkan regresi korpus luteum, maka ia dapat menjadi alat kontrasepsi jangka

panjang. IUD (intra uterine device) untuk keluarga berencana, dapat mencegah konsepsi karena ia menginduksi keluarnya prostaglandin di uterus).

Human chorionic gonadotropin (HCG). Jika sekresi hipofisis induk terhambat, jaringan khorion plasenta mensekresi gonadotropin, untuk mempertahankan korpus luteum. Pada manusia, produksi HCG meningkat 1 minggu setelah masa haid berhenti, lalu turun lagi dan hilang hari ke 19 masa hamil; lalu korpus luteum hilang juga.

Jika korpus luteum hilang, maka plasenta mensekresi estrogen dan progesteron untuk mempertahankan kebuntingan. Pada akhir masa bunting, hormon plasenta hilang, lalu terjadilah partus.

Uji kehamilan. Uji kehamilan dilakukan berdasar adanya HCG dalam darah kira-kira hari ke-9 setelah konsepsi, yang keluar bersama urin. Jika urin yang mengandung HCG diinjeksikan pada hewan percobaan (kelinci, tikus atau katak betina), akan menginduksi ovulasi beberapa jam atau beberapa hari kemudian.

Prosedur ini sudah diperbaiki, dengan teknik imunokemistri (immunochemistry) yang dapat menghasilkan reaksi antogen-antibodi. Urin wanita hamil dicampur dengan serum yang berisi antibody terhadap HCG. Hasilnya tampak hanya dalam beberapa menit.

Progesterone. Hormon korpus luteum (pada fase luteal) dan plasenta yang mempersiapkan uterus untuk bunting (Inggris: 'gestation', dari Latin, *gestates*, *gerere*: membawa, yang merupakan asal kata progesteron) dan mempertahankan kebuntingan serta mempersiapkan kelenjar ambing untuk laktasi.

Progestin. Hormon sintesis yang efeknya mirip progesteron.

Haid. Uterus terdiri atas 3 lapis jaringan. Bagian paling luar, jaringan ikat, ditutupi oleh epitel. Lapisan tengah, jaringan otot polos, disebut myometrium dan lapisan paling dalam disebut endometrium. Endometrium merupakan jaringan yang kurang kompak, secara teratur (siklis) berubah menjadi masa kelenjar, bentuknya mirip spons, yang siap untuk menerima kehamilan. Perubahan ini dirangsang oleh estrogen dari folikel ovaria, lalu estrogen dari korpus luteum dan progesteron (setelah pertengahan siklus berahi). Endometrium akan dipenuhi pembuluh darah, arteri, kelenjarnya mensekresi glikoprotein, gula dan asam amino.

Siklus ovaria (siklus berahi) wanita dianggap mulai sejak hari pertama keluarnya haid. Haid diawali dengan konstriksi (penyempitan) pembuluh darah arteri, sehingga aliran darah ke endometrium terputus. Kurangnya aliran darah ini (ischemia) menyebabkan matinya jaringan (nekrosis). Massa sel endometrium akan lepas, lalu masuk ke lumen uterus.

Setelah konstriksi arteri (pembuluh darah keluar dari jantung) selesai, lalu arteriol (arteri kecil, nantinya

menuju pembuluh kapiler) berdilatasi (membesar), sehingga terjadi pendarahan karena dinding pembuluh arteriol masih tipis. Darah ini, bercampur dengan sel-sel rusak pembentuk haid atau menses (Latin; mensis: bulan).

Lima atau 6 hari kemudian haid selesai, kira-kira dua per tiga endometrium hilang, lalu terjadi pembentukan endometrium baru dari lapisan jaringan basal. Pemulihan ini berkaitan dengan tumbuhnya folikel ovaria dan naiknya kadar estrogen darah. Siklus haid ini hanya terjadi pada primata.

Kontrasepsi . sampai sekarang, kontrasepsi baru diterapkan pada wanita dengan hormon sintesis. Pil kontrasepsi berisi estrogen sintesis, atau progestin (progesteron sintesis) atau campuran keduanya. Pil estrogen ditelan setiap hari selama 2 minggu, lalu progestin ditelan beberapa hari kemudian (kecuali jika kedua hormon dijadikan satu), lalu berhenti (tidak menelan pil). Masa berhenti ini menghentikan pertumbuhan endometrium, sehingga haid terjadi. Hambatan konsepsi terjadi karena hormon sintesis, meniru kerja hormon internal., akan menghambat sekresi FSH dan LH, sehingga pematangan folikel dan ovulasinya juga terhambat. Karena tidak ada ovulasi, maka kehamilan juga tidak mungkin terjadi.

7. KENDALI HORMON TERHADAP PROSES PRODUKSI TERNAK

Ada banyak hormon yang mempengaruhi proses produksi ternak, baik pertumbuhan (saat pralahir, pasca lahir, muda dan dewasa), produksi susu dan produksi telur.

Pertumbuhan.

Pertumbuhan dipengaruhi oleh faktor genetik, pakan dan nutrisi, serta lingkungan. Penampilan faktor genetik amat dipengaruhi oleh hormon. Semua hormon langsung atau tidak langsung mengatur aktifitas metabolisme, sehingga sebageian besar hormon mempengaruhi proses pertumbuhan.

Pertumbuhan merupakan keseimbangan antara pembentukan dan penguraian protoplasma, yaitu proses anabolik dan katabolik. Pada awal kehidupan, anabolik lebih dominan, bahan dari lingkungan dengan cepat diubah menjadi bahan tubuh.

Table 7.1. memperlihatkan beberapa hormon yang mempengaruhi pertumbuhan hewan (yaitu growth hormone, tiroid, androgen, estrogen, insulin dan glukokortikoid).

Table. 7.1. Hormon-hormon yang mempengaruhi pertumbuhan jaringan:

	Protein	Karbohidrat	Lemak	Lain-lain
Growth hormone	Naik	Naik	Turun	Tulang:
Tiroksin	Naik	Turun	Turun	turun
Insulin	Naik	Turun	Naik	
Parathormon				Tulang: Naik
Glukokortikoid	Turun	Naik	?	CA ²⁺ :
Mineralokortikoid	Naik	?	?	Naik
Hormon seksual	Naik	?	?	PO ₄ ²⁻ :
				turun
				K ⁺ : turun

Keterangan

Naik : sintesis atau retensi

Turun : pemecahan atau hilang

Sumber: Heath, Everett and Segun Olusanya. 1988. h 125.

Produksi susu

Proses produksi susu atau laktasi dipengaruhi oleh hormon growth hormone, prolaktin, oksitosin, tiroksin, paratiroid, adrenal, insulin, dan laktogen plasenta. Laktasi terdiri atas proses mamogenesis (pembesaran ambing), laktogenesis (sintesis susu di dalam ambing), galaktopoiesis

(pemeliharaan sekresi susu) dan keluarnya ('letdown') susu dari ambing. Semua proses di atas memerlukan kerja hormon.

Estrogen plasenta dan progesterone bertanggung jawab atas perkembangan cabang-cabang system duktus yang menuju puting dan atas pembentukan alveoli. Alveoli ini kecil, diujung duktus, di mana susu disekresi. Hormon prolaktin yang efeknya mirip growth hormone, mempengaruhi laktogenesis dan galaktopoeisis.

Ilustrasi 7.1. Diagram hormon yang mempengaruhi perkembangan ambing dan laktasi.

Sumber : Weller, Harry and Ronald Wiley. 1985. h 371.

Komposisi susu berbeda-beda menurut spesiesnya. Komponen utamanya adalah air, lemak, kalsium dan garam lain, gula misalnya laktosa, serta protein dan antibodi. Setiap hormon yang terlibat dalam metabolisme, pertumbuhan dan perkembangan organ seksual.

Ilustrasi 7.2. Pengaruh hormon terhadap pertumbuhan ambing.

Keluarnya susu dari ambing, disebut "galactobolic effect" atau "galactogogic effect". Di sini, oksitosin berperan. Hormon ini dapat juga diberikan dari luar agar terjadi "letdown" air susu, jika anak sapi sulit menyusui. Sasaran oksitosin adalah sel-sel yang ada diujung alveoli system duktus ambing. Sel-sel ini disebut sel-sel miopitel, karena memberi respon terhadap oksitosin dengan cara kontraksi yang mirip otot (musclelike contraction), sehingga susu keluar dari alveoli dan memasuki duktus.

Ilustrasi 7.3. Pengaruh hormon terhadap laktasi

Ilustrasi 7.1. merupakan diagram berbagai hormon yang mempengaruhi perkembangan ambing dan laktasi. Tampak, hampir semua kelenjar terlibat dalam proses mamogenesis dan laktogenesis.

Ilustrasi 7.2. menunjukkan pengaruh hormon terhadap pertumbuhan ambing. Hipofisis mensekresi hormon gonadotropin, yang merangsang ovaria untuk memulai siklus berahi. Mula-mula FSH menyebabkan folikel tumbuh; lalu estrogen disekresi yang akan merangsang pertumbuhan sistem duktus di ambing.

Seterusnya, ovum akan matang, lalu LH dikeluarkan dari hipofisis, menyebabkan ovulasi dan pembentukan korpus luteum. Jika hewannya bunting, fungsi korpus luteum berlangsung terus dan sekresi progesterone berlanjut.

Progesteron mempersiapkan uterus untuk menerima telur yang difertilisasi dan menjaga pertumbuhan fetus di uterus.

Pada beberapa spesies, plasenta mensekresi hormon luteotropik, yang berfungsi menjaga korpus luteum. Plasenta juga memproduksi estrogen, progesteron dan laktogen yang mempersiapkan kelenjar ambing untuk laktasi.

Ilustrasi 7.3 menunjukkan pengaruh hormon terhadap laktasi, yang dirangsang oleh progesteron dan estrogen semasa bunting. Pada akhir kebuntingan, ada sekresi estrogen dari plasenta yang merangsang prolaktin. Prolaktin ini merangsang sekresi molekul susu oleh sel epitel ambing.

Cepatnya sekresi estrogen pada masa akhir bunting juga mempengaruhi turun cepat; sekresi prolaktin dijaga dengan rangsangan fisik waktu merah. Jaringan plasenta beberapa spesies, mensekresi prolaktin, yang berpengaruh terhadap pertumbuhan kelenjar ambing dan memulai laktasi.

Produksi telur

Ada beberapa hormon yang berpengaruh terhadap unggas jantan maupun betina, antara lain FSH dan LH, paratiroid, tiroid, oksitosin, prolaktin dan adrenal. Selain itu, ada interaksi antara sistem syaraf dengan system endokrin. Ini tampak pada peranan sinar (alam atau buatan), yang mempengaruhi hipotalamus; hipotalamus akan mempengaruhi hipofisis yang akan mensekresi hormon gonadotropin. Gonadotropin akan mempengaruhi alat reproduksi primer dan sekunder, yaitu ovaria, testes, termasuk alat reproduksi dan pial baik jantan maupun betina. Lihatlah ilustrasi 7.4.

Ilustrasi 7.4. pengaruh hormon terhadap unggas betina dan jantan

DAFTAR PUSTAKA

Craig, James V. 1981. Domestic Animal Behavior. Prentice-Hall, Inc.

Heath, Everett and Segun Olusanya. 1988. Anatomy and Physiology of Tropikal Livestock. ELBS, Longman.

Marshall, PT and G.M. Huges. 1980. Physiology of Mammals and Other Vertebrates. 2-nd editon. Cambridge University Press.

Nalbandov. 1976. Reproductive Physiology of Mammals 3-rd edition. W.H. Freeman and Company, San Fransisco.

Schmidt-Nielsen, Knut. 1994. Animal Physiology. Adaption and environment. 4-th edition. Cambridge University Press.

Turner, C. Donell and Joseph T. Bagnara. 1971. General Endocrinology. WB Saunders Company.

Weller, Harry and Ronald Wiley. 1985. Basic Human Physiion. 2-nd edition. Prindle, Weber and Schmit.

DAFTAR PERTANYAAN

1. Apa saja kriteria hormon? Sebutkan beberapa bahan kimia tubuh yang tidak memenuhi kriteria itu dan kriteria mana yang dilanggar!
2. Sebut kelenjar tubuh dan hormon yang disekresinya.
3. Bagaimana mekanisme sekresi hormon dari hypothalamus? Diskusikan peranan neuropeptida terhadap tubuh.
4. Sebut klasifikasi hormon berdasar kelarutannya dalam air atau lemak.
5. Apa yang dimaksud dengan 'first messenger'? Jelaskan sintesis, mekanisme kerja dan inaktivasi cAMP sebagai 'second messenger'. Mekanisme cAMP bekerja untuk hormon yang mana?
6. Bagaimana mekanisme masuknya molekul hormon steroid ke dalam sel? Mengapa hormon steroida mudah masuk sel? Mengapa hanya sel sasaran saja yang memberi respon terhadap hormon tertentu?
7. Apa yang dimaksud dengan prostaglandin? Apakah termasuk hormon dan mengapa?
8. Jelaskan efek perangsang tumbuh hormon sth.
9. Jelaskan peran hormon dalam mengatur kadar glukosa darah melalui interaksi antara gh dan insulin. Mengapa pengaturan ini penting.
10. Jelaskan kendali positif dan negatif sekresi adenohipofisis.
11. Mengapa kecukupan jodium dalam ransum penting bagi fungsi tiroid? Apa 2 bentuk penting hormon tiroid? Mana yang banyak terdapat dalam darah dan mana yang lebih potensial?
12. Apakah yang disebut dengan tiroglobulin dan koloid?
13. Fungsi normal tubuh mana yang diatur oleh tiroid?
14. Organ apa yang penting dalam konversi vitamin d menjadi hormon yang aktif? Apa kerja hormon itu?
15. Dengan cara apa insulin mempengaruhi metabolisme glukosa dan gula darah? Mengapa hormon ini penting bagi pertumbuhan waktu masih muda?
16. Bagaimana mekanisme alarm bahaya yang menyebabkan sekresi medulla adrenal? Jelaskan kerja penting kelenjar ini yang tidak dapat ditiru oleh system syaraf.
17. Ada 3 kategori hormon adrenokortikal dan dimana diproduksinya? Apa fungsi umum hormon-hormon ini?
18. Jelaskan peran system endokrin terhadap siklus berahi
19. Apa pengaruh estrogen dan progesterone terhadap pertumbuhan umum tubuh, khususnya tulang, baik pada jantan maupun betina?
20. Hormon apa yang berperan dalam pertumbuhan, pertumbuhan ambing, laktasi dan produksi telur? Bagaimana mekanismenya?