

WIDYA BIOLOGI

PERAN HORMON TIROID DALAM PROSES METABOLISME

I Nyoman Arsana

Program Studi Biologi, Fakultas Teknologi Informasi dan Sains Universitas Hindu
Indonesia

Email: arsanacita@gmail.com

ABSTRAK

Hormon tiroid diproduksi di kelenjar tiroid. Hormon tiroid meningkatkan laju metabolisme basal dengan berbagai cara diantaranya; dengan meningkatkan laju konsumsi oksigen, meningkatkan aktivitas enzim yang akan mendegradasi karbohidrat, meningkatkan jumlah dan ukuran mitokondria, meningkatkan aktivitas enzim Na-K ATPase yang akan meningkatkan transport aktif ion natrium dan kalium melalui membran sel. Peningkatan aktivitas kelenjar tiroid yang diimbangi dengan peningkatan jumlah makanan yang dimakan akan meningkatkan pembentukan ATP serta energi yang dilepaskan sebagai panas sehingga akan meningkatkan temperatur tubuh.

Kata Kunci: Hormon tiroksin; metabolisme; Adenosine triphosphate (ATP)

ABSTRACT

Thyroid hormones are produced in the thyroid gland. Thyroid hormones increase the basal metabolic rate in various ways including; by increasing the rate of oxygen consumption, increasing the activity of enzymes that will degrade carbohydrates, increasing the number and size of mitochondria, increasing the activity of Na-K ATPase enzymes that will increase the active transport of sodium and potassium ions through cell membranes. Increased thyroid gland activity balanced with an increase in the amount of food eaten will increase the formation of ATP and energy released as heat so that it will increase body temperature.

Keywords: thyroxine hormone; metabolism; Adenosine triphosphate (ATP)

PENDAHULUAN

Salah satu cara hewan endoterm dalam mempertahankan suhu tubuhnya agar selalu ada dalam keadaan stabil adalah dengan mengatur laju produksi panas. Panas tersebut dihasilkan melalui proses metabolisme bahan makanan baik yang berasal dari karbohidrat, lemak, maupun protein. Setelah melalui serangkaian proses metabolisme aerobik maka bahan

tersebut akhirnya diubah menjadi energi dalam bentuk ATP dan sebagian sebagai panas yang berperan dalam proses termoregulasi.

Pada hewan endoterm, produksi panas berkaitan dengan jumlah makanan yang dimakan dan aktivitas kelenjar tiroid. Semakin banyak makanan yang dapat dimakannya maka semakin besar produksi panas yang dihasilkan.

WIDYA BIOLOGI

Sementara itu hormon tiroksin yang disekresikan oleh kelenjar tiroid akan memicu aktivitas metabolisme sehingga meningkatkan produksi panas.

Apabila hewan terpapar pada lingkungan panas, maka hewan akan mengurangi jumlah makanan yang dimakannya dan aktivitas kelenjar tiroid juga menurun. Keadaan ini akan mengakibatkan penurunan produksi panas secara signifikan. Namun demikian, aklimatisasi pada lingkungan tersebut akan mengembalikan keadaan dimana jumlah makanan yang dimakan meningkat dan sekresi kelenjar tiroid juga meningkat sehingga pada gilirannya produksi panas juga meningkat kembali. Sedangkan apabila terpapar pada lingkungan dingin maka jumlah makanan yang dimakan akan meningkat dan aktivitas kelenjar tiroid juga meningkat sehingga pada gilirannya produksi panas akan meningkat.

Hormon yang dihasilkan oleh kelenjar tiroid mempunyai peran yang besar dalam produksi panas dengan cara meningkatkan laju konsumsi oksigen yang akan digunakan dalam proses metabolisme secara aerobik sehingga panas yang dihasilkan meningkat pula. Tulisan ini akan membahas peranan

hormon kelenjar tiroid dalam proses metabolisme untuk menghasilkan panas.

PEMBAHASAN

Hormon tiroid diproduksi di kelenjar tiroid. Kelenjar tiroid terletak pada leher bagian depan, tepat di bawah kartilago krikoid, disamping kiri dan kanan trachea. Kelenjar ini terdiri atas dua lobus yaitu lobus kiri dan kanan yang dihubungkan oleh jaringan isthmus. Tiroid tersusun dari banyak folikel. Setiap folikel dikelilingi oleh satu lapisan sel epitel kuboid yang mengelilingi sebuah rongga yang disebut koloid sebagai tempat sintesis hormon-hormon tiroid. Diantara folikel terdapat sel parafolikuler yang berukuran lebih kecil (Ganong, 2003).

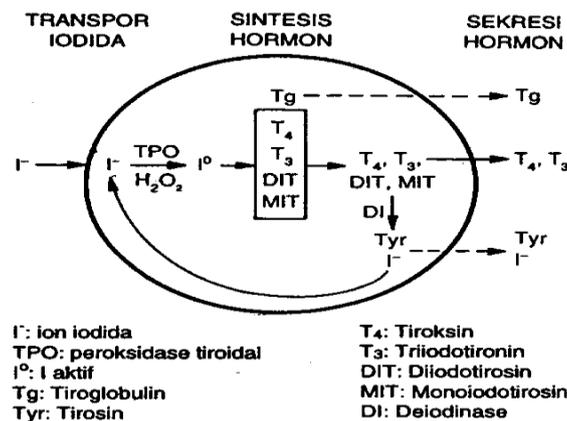
Sel-sel tiroid adalah sel-sel kelenjar khas yang menyekresi protein besar atau glikoprotein yang disebut tiroglobulin. Setiap molekul tiroglobulin mengandung 140 molekul asam amino tirosin yang merupakan substrat utama yang akan berikatan dengan yodium untuk membentuk hormon tiroid. Hormon-hormon yang dihasilkan oleh kelenjar tiroid diantaranya adalah tiroksin atau tetraiodotiroin (T₄), triiodotironin (T₃) yang dihasilkan oleh sel-sel epitel

WIDYA BIOLOGI

folikel, dan sedikit *kalsitonin* yang diproduksi oleh sel parafolikuler (Guyton, 1996).

Iodium dalam bentuk ion iodium (iodide) yang diperoleh dari makanan atau minuman memasuki sel folikel tiroid dengan cara transport aktif kemudian memindahkannya ke dalam koloid. Proses ini dikenal dengan pompa iodide (*trapping of iodide*). Sementara itu folikel juga membentuk tiroglobulin yang mengandung asam amino tirosin serta dikeluarkan dari sel folikel menuju koloid. Di dalam koloid iodide mengalami oksidasi oleh hidrogen peroksida (H_2O_2) dan dikatalisis oleh enzim peroksidase, kemudian dengan cepat melekat ke sebuah tirosin di dalam molekul tiroglobulin dengan bantuan enzim iodinase. Pelekatan sebuah molekul iodium ke tirosin menghasilkan moniodotirosin (MIT). Pelekatan dua

molekul iodium ke tirosin menghasilkan diiodotirosin (DIT). Proses selanjutnya adalah penggabungan (*coupling*) antara molekul-molekul tirosin beriodium untuk membentuk hormone tiroid. Penggabungan dua DIT menghasilkan tetraiodotironin (T_4 atau tiroksin). Penggabungan satu MIT dan satu DIT menghasilkan triiodotironin (T_3). Penggabungan tidak terjadi antara dua molekul MIT. Langkah berikutnya adalah proteolisis tiroglobulin sehingga terjadi pelepasan iodotirosin (MIT dan DIT) dan iodotironin (T_3 maupun T_4). Iodotirosin dapat mengalami deiodinasi sehingga dihasilkan iodida yang dapat digunakan kembali. Hormon tersebut (T_4 atau T_3) disekresikan dari kelenjar tiroid untuk dikirim ke organ target (Anwar, 2005). Proses tersebut digambarkan pada Gambar 1.



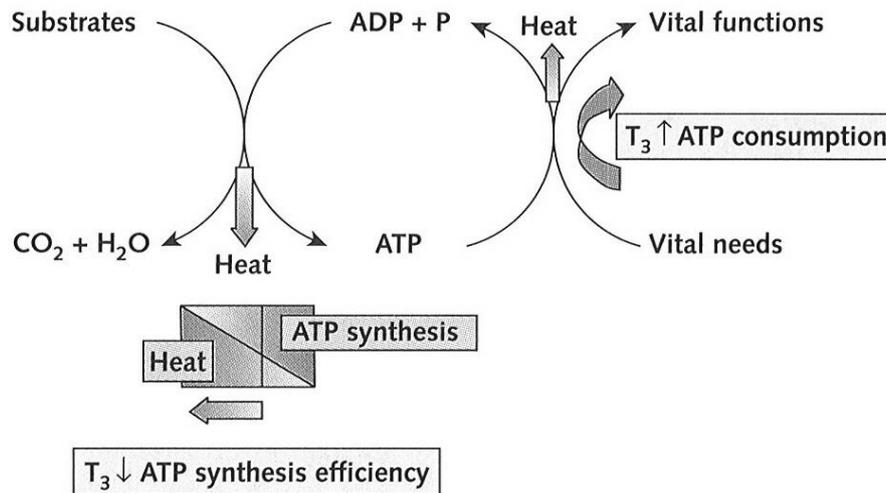
WIDYA BIOLOGI

Gambar 1. Proses sintesis hormon tiroid (Anwar, 2005)

Hormon tiroid meningkatkan laju metabolisme basal dengan berbagai cara diantaranya; dengan meningkatkan laju konsumsi oksigen hampir pada semua jaringan yang metabolismenya aktif kecuali pada jaringan otak orang dewasa, testis, uterus, limfonodus, limpa, dan hipofisis anterior (Ganong, 2003), meningkatkan aktivitas enzim yang akan mendegradasi karbohidrat seperti α -gliserofosfat dehidrogenase serta enzim yang terlibat dalam rantai respirasi, meningkatkan jumlah dan ukuran mitokondria sehingga meningkatkan kemampuannya dalam membentuk ATP, meningkatkan aktivitas enzim Na-K ATPase yang akan meningkatkan transport aktif ion natrium dan kalium melalui membran sel sehingga akan mempertahankan *gradient* Na^+/K^+ pada membran sel (Guyton, 1996).

Disamping itu, peningkatan aktivitas kelenjar tiroid yang diimbangi dengan peningkatan jumlah makanan yang dimakan akan meningkatkan pembentukan ATP serta energi yang dilepaskan sebagai panas yang akan meningkatkan temperatur tubuh. Ada dua mekanisme untuk meningkatkan produksi panas akibat peningkatan aktivitas hormon tiroid yaitu; meningkatkan konsumsi ATP dan melakukan efisiensi termodinamika selama sintesis ATP. ATP dikonsumsi untuk berbagai macam proses biologi. Selama konsumsi ATP, sebagian energi akan dilepaskan sebagai panas. Dengan demikian maka semakin banyak ATP yang dikonsumsi maka semakin banyak pula yang dilepaskan sebagai panas, tetapi lebih rendah dari panas yang dilepaskan selama sintesis ATP. Sintesis ATP diatur sedemikian rupa sehingga panas dihasilkan dapat digunakan untuk kepentingan termoregulasi. Mekanisme ini digambarkan pada gambar 2.

WIDYA BIOLOGI

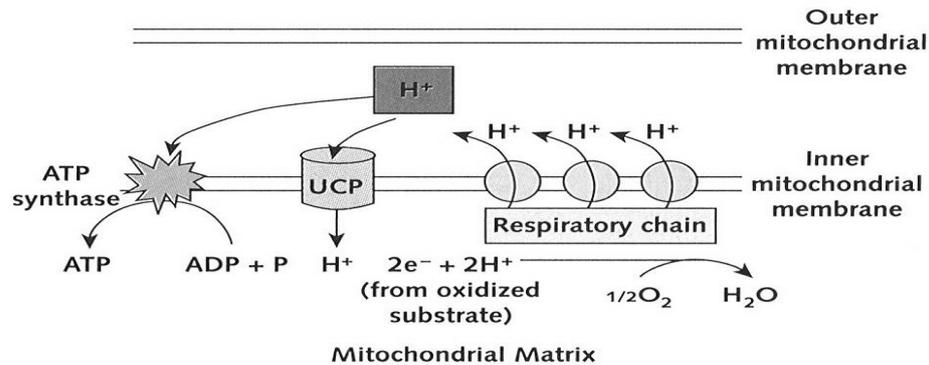


Gambar 2. Transpormasi energi dalam sistim biologi (silva, 2003)

Efisiensi termodinamika selama sintesis ATP melibatkan suatu protein unik yang dikenal sebagai thermogenin atau *uncoupling protein* (UCP). Protein tersebut (UCP) terdapat secara melimpah dalam jaringan adipose coklat. UCP berfungsi untuk memompa proton kembali memasuki matrik mitokondria. Sebagaimana diketahui bahwa selama oksidasi fosforilasi untuk membentuk ATP, proton mengalir ke luar matrik mitokondria menuju ruang antar membran melalui ATP synthase. Sedangkan untuk meningkatkan produksi panas maka proton kemudian dipompa memasuki matrik mitokondria melalui

UCP. Melalui proses ini, energi yang terjadi tidak digunakan untuk membentuk ATP tetapi berupa panas yang akan meningkatkan temperatur tubuh dan akan berperan dalam proses termoregulasi. Sedangkan jika proton memasuki matrik mitokondria melalui ATP synthase selama oksidasi fosforilasi maka energi yang terjadi digunakan untuk membentuk ATP dari *Adenosine diphosphate* (ADP). Hormon tiroid akan meningkatkan aktivasi UCP tetapi mekanismenya masih belum jelas (Silva, 2003). Mekanisme ini digambarkan pada gambar 3.

WIDYA BIOLOGI



Gambar. 3. Proses pembentukan panas melalui efisiensi termodinamika selama sintesis ATP (Silva, 2003).

ATP merupakan energi yang diperlukan untuk melakukan berbagai aktivitas biologi. Sumber utama energi tersebut berasal dari karbohidrat dan lemak, sedangkan protein hanya memasok 5-10 % energi (Blomstrand & Saltin, 1999). Semua jenis karbohidrat yang dikonsumsi oleh manusia baik itu jenis karbohidrat kompleks (nasi, kentang, roti, singkong dsb) ataupun juga karbohidrat sederhana (glukosa, sukrosa, fruktosa) akan dikonversi menjadi glukosa di dalam tubuh. Glukosa yang terbentuk kemudian dapat tersimpan sebagai cadangan energi dalam bentuk glikogen di dalam hati dan otot atau tersimpan di dalam aliran darah sebagai glukosa darah atau dapat juga dibawa ke dalam sel-sel tubuh yang membutuhkan. Glukosa yang berasal dari glukosa darah ataupun dari glikogen otot akan mengalami proses glikolisis

dalam sitoplasma dan menghasilkan asam piruvat juga ATP. Di dalam proses ini, sebanyak dua buah molekul ATP dapat dihasilkan apabila sumber glukosa berasal dari glukosa darah dan sebanyak tiga buah molekul ATP dapat dihasilkan apabila glukosa berasal dari glikogen otot. Setelah melalui proses glikolisis, asam piruvat yang dihasilkan kemudian akan diubah menjadi Asetil-KoA di dalam mitokondria. Asetil-KoA kemudian akan masuk ke dalam siklus asam-sitrat untuk kemudian diubah menjadi karbon dioksida (CO_2), ATP, NADH dan FADH. Proses berikutnya adalah reaksi oksidasi fosforilasi. Dalam proses ini, molekul NADH dan juga FADH yang dihasilkan dalam siklus asam sitrat akan diubah menjadi molekul ATP dan H_2O . Dari satu molekul NADH akan dapat dihasilkan tiga buah molekul

WIDYA BIOLOGI

ATP dan dari satu buah molekul FADH akan dapat menghasilkan dua molekul ATP. Proses oksidasi karbohidrat secara total akan menghasilkan 38 buah molekul ATP dan juga akan menghasilkan karbon dioksida (CO₂) serta air (H₂O) (Hernawati, -)

Lemak sebagai sumber energi, tersimpan dalam jaringan adipose atau di dalam sel-sel otot dalam bentuk trigliserida. Melalui proses yang dinamakan lipolisis, trigliserida akan dikonversi menjadi asam lemak (*fatty acid*) dan gliserol. Pada proses ini, untuk setiap satu molekul trigliserida akan terbentuk tiga molekul asam lemak dan satu molekul gliserol. Molekul tersebut kemudian akan mengalami jalur metabolisme yang berbeda di dalam tubuh. Gliserol akan masuk ke dalam siklus metabolisme untuk diubah menjadi glukosa atau juga asam piruvat. Sedangkan asam lemak akan dipecah menjadi unit-unit kecil melalui proses yang dinamakan β -oksidasi untuk kemudian menghasilkan energi (ATP) di dalam mitokondria. Pada proses ini, asam lemak yang pada umumnya berbentuk rantai panjang yang terdiri dari ± 16 atom karbon akan dipecah menjadi unit-unit kecil yang terdiri dari dua atom karbon.

Tiap unit tersebut kemudian dapat mengikat kepada satu molekul KoA untuk membentuk asetil-KoA. Molekul asetil-KoA kemudian akan masuk ke dalam siklus asam sitrat dan diproses untuk menghasilkan energi (ATP) (Herawati,-)

Metabolisme asam amino protein dimulai dengan membebaskan gugus amino melalui proses transaminase, deaminase, atau dekarboksilasi. Pada reaksi transaminase terjadi pemindahan gugus amino ke asam amino lainnya. Sekitar 12 asam amino yang mengalami transaminasi dalam proses degradasinya, beberapa asam amino lain mengalami proses deaminasi dan dekarboksilasi. Setelah pembebasan gugus amino melalui reaksi transaminasi, deaminasi, dan dekarboksilasi, kerangka karbon 20 asam amino penyusun protein mengalami degradasi lebih lanjut melalui lintas yang berbeda-beda menuju siklus asam sitrat. Semua molekul hasil pemecahan asam amino memasuki siklus asam sitrat dan dioksidasi sempurna menjadi CO₂ dan H₂O dengan oksigen sebagai akseptor elektron terakhir sampai menghasilkan energi dalam bentuk ATP (Toha, 2005).

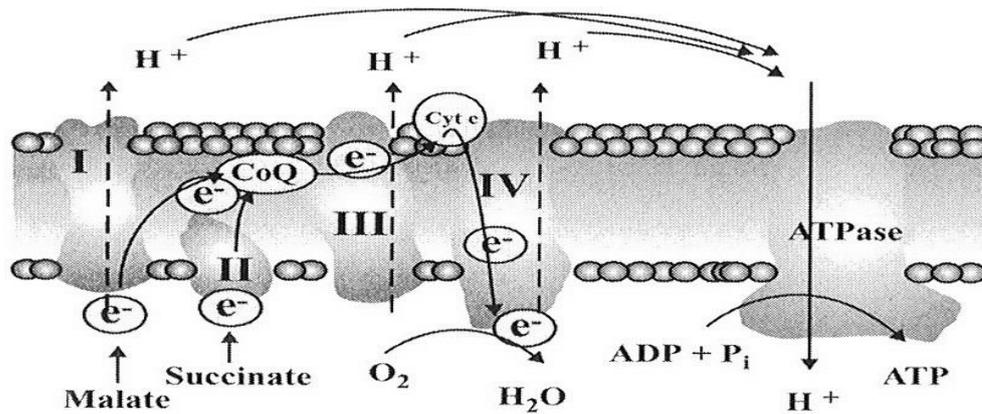
Setelah siklus asam sitrat, langkah berikutnya adalah oksidasi

WIDYA BIOLOGI

fosforilasi. Proses reaksi oksidasi fosforilasi melibatkan sejumlah kompleks enzim. Kompleks enzim I dikenal dengan *reduced nicotinamide adenine dinucleotide* (NADH) dehydrogenase yang mentransfer elektron dari NADH dalam matrik mitokondria menuju coenzim-Q melalui coenzim riboflavin yaitu *flavine mononucleotide* (FMN). Coenzim-Q juga menerima elektron dari kompleks enzim II melewati coenzim riboflavin yakni *reduced flavine adenine dinucleotide* (FADH). Kompleks enzim II terdiri dari tiga jenis enzim, yang semuanya mengandung FAD sebagai gugus prostetikanya, yaitu; *succinate dehydrogenase* yang mentransfer elektron berasal dari siklus asam sitrat, *glycerol-3 phosphate dehydrogenase* mentransfer elektron yang berasal dari *glycerol phosphate shuttle*, dan *fatty acyl-CoA dehydrogenase* mentransfer elektron dari tahap pertama dalam β -oksidasi asam lemak. Dari coenzim Q elektron ditransfer menuju kompleks enzim III

(*cytochrome c reductase*). Kompleks enzim III terdiri dari dua komponen protein yakni *cytochrome b* dan *c1*. Dari kompleks III elektron diteruskan menuju *cytochrome c* untuk selanjutnya menuju kompleks IV (*cytochrome oxidase*). Kompleks IV terdiri dari dua komponen protein yakni *cytochrome a* dan *a3*. Dari kompleks IV elektron direaksikan dengan O_2 untuk membentuk air. Kompleks I, III, dan IV memompa proton ke dalam ruang antar membran sehingga terjadi *gradient* muatan listrik antar membran. Adanya *gradient* ini memungkinkan proton mengalir kembali menuju matrik mitokondria melalui ATP synthase complex (kompleks V) dan perubahan energi dari proses ini digunakan untuk membentuk ATP dari *Adenosine diphosphate* (ADP). Dalam kompleks IV, elektron akan bereaksi dengan oksigen untuk membentuk air (Pelley, 2007). Skema rangkaian proses tersebut digambarkan dalam Gambar 4.

WIDYA BIOLOGI



Gambar 4. Oksidasi fosforilasi untuk membentuk ATP

SIMPULAN

Hormon tiroid mempunyai efek meningkatkan laju metabolisme basal dengan berbagai cara. Disamping itu, peningkatan aktivitas kelenjar tiroid yang diimbangi dengan peningkatan jumlah makanan yang dimakan akan meningkatkan pembentukan ATP serta energi yang dilepaskan sebagai panas yang akan meningkatkan temperatur tubuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, R. 2005. Fungsi dan Kelainan Kelenjar Tiroid. Available from : http://pustaka.unpad.ac.id/wp-content/uploads/2010/05/fungsi_dan_kelainan_kelenjar.pdf . accses: 3-4-2012
- Blomstrand, E. dan B. Saltin, 1999. Effect of Muscle Glycogen on Glucose, Lactate and Amino Acid

Metabolism During Exercise and Recovery in Human Subjects. *Journal of Physiology* 154(1): 293-302.

Ganong, 2003. *Fisiologi kedokteran*. Edisi 20. ECG. Penerbit Buku Kedokteran. Jakarta.

Guyton, 1996. *Fisiologi Manusia dan Mekanisme Penyakit*. edisi revisi. ECG. Penerbit Buku Kedokteran. Jakarta.

Hernawati. -. Produksi Asam Laktat Pada Exercise Anaerobik dan Anaerobik. Available from: http://file.upi.edu/Direktori/FPMIPA/JUR._PEND._BIOLOGI/197003311997022-HERNAWATI/FILE_2.pdf akses: 7 april 2012

Silva, J.E. 2003. The Thermogenic of Thyroid Hormone and Its Clinical Implications. *Annals of Internal Medicine* 139 (3): 205-213

Toha, A.H. 2005. *Biokimia: Metabolisme Biomolekul*. Penerbit Alfabeta.