

# PERAN LEMAK COKLAT DALAM MEKANISME PRODUKSI PANAS PADA BAYI

Siti Arifah \*  
Kartinah \*\*

## Abstract

Thermoregulation system have two process heat production, they are shivering and non shivering thermogenesis. Non shivering thermogenesis more happens in newborn human especially to adapt of low temperatures. The prime role of this non shivering thermogenesis is Brown Adipose Tissue (brown fat). Brown fat contain many mitochondria that are able to use the fatty acids released by lipolysis for thermogenesis. Brown fat helping to raise body temperature. Brown fat serves to dispose of excess energy so that not all calories consumed will be stored.

Keyword : thermogenesis, brown fat, non shivering

---

\* Siti Arifah

Dosen Jurusan Keperawatan FIK UMS, Jl. Ahmad Yani Tromol Pos I Pabelan Kartasura

\*\* Kartinah

Dosen Jurusan Keperawatan FIK UMS, Jl. Ahmad Yani Tromol Pos I Pabelan Kartasura

---

## PENDAHULUAN

Thermoregulasi pada neonatus adalah suatu yang paling penting dan merupakan aspek menantang dalam perawatan neonatal. Seni mempertahankan suhu lingkungan tetap netral adalah yang paling mempengaruhi intervensi perawat dalam menangani bayi full term maupun pre term. Neonatus full term mempunyai kemampuan menggigil dengan terbatas untuk menghasilkan panas, sedangkan bayi preterm tidak sama sekali. Selain itu, bayi preterm juga mempunyai respon vasomotor tidak stabil sehingga tidak dapat berkonstriksi secara adekuat untuk memperlambat kehilangan panas, serta mempunyai simpanan lemak coklat terbatas, sehingga tidak dapat menghasilkan panas dengan adekuat melalui jalur metabolik.

Ada dua tipe termogenesis dalam mekanisme homeoterm yaitu, obligatori dan fakultatif. Termogenesis obligatori adalah proses produksi panas melalui metabolisme tubuh meliputi pengolahan, pencernaan dan memproses makanan, atau produksi panas yang dihasilkan melalui BMR (Himms-Hagen, 1989). Termogenesis fakultatif merupakan proses produksi panas tambahan dalam merespon paparan suhu dingin atau diet, yang dapat dengan cepat diaktifkan dan ditekan oleh sistem saraf selama terpapar dingin. Salah satu mekanisme penting

pada termogenesis fakultatif adalah jaringan lemak coklat atau lemak coklat. Jaringan lemak coklat termasuk dalam homeoterm nonshivering thermogenesis, dimana metabolisme panas dihasilkan tanpa adanya kontraksi cepat otot-otot yang disebut shivering (menggigil) (Argyropoulos et al, 2002). Produksi panas secara fakultatif lebih efektif untuk pertahanan neonatus dan penyesuaian diri terhadap dingin dalam homeoterm secara umum (Cannon, et al, 2004).

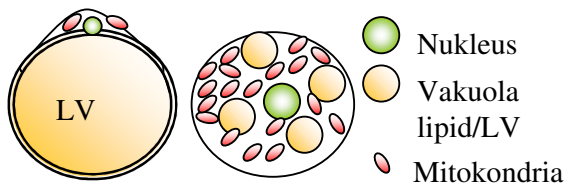
Selama tahun pertama kehidupan, peranan termogenesis shivering meningkat, sedangkan termogenesis non-shivering menurun.

## STRUKTUR JARINGAN LEMAK COKLAT

Jaringan lemak coklat mulai teridentifikasi pada bayi usia sekitar 26 minggu gestasi (Okken, 1995, page 5). Jaringan lemak coklat berbeda dari jaringan lemak putih secara umum dalam banyak hal, antara lain :

1. Sel lemak coklat mempunyai banyak vakuola lemak dan mengelilingi inti yang ada ditengah, sedangkan sel lemak putih hanya mempunyai satu vakuola lemak besar dan satu inti berbentuk perak terletak pada perimeter (Gambar 1) ( Davis, 1980; Oya, 1997 ).
2. Sel lemak coklat berisi glikogen dan banyak mengandung mitokondria dengan multipel cristae untuk menghasilkan bahan bakar dan

energi yang dibutuhkan guna produksi panas dengan cepat, sedangkan sel lemak putih tidak berisi glikogen dan mitokondria relatif sedikit (Davis, 1980, Astrup, 1986).



Sel lemak Putih    Sel lemak coklat

Gambar.1 Perbandingan sel lemak coklat dan sel lemak putih.

3. Jaringan lemak coklat berisi simpanan trigliserida konsentrasi tinggi.
4. Jaringan lemak coklat mempunyai banyak vaskularisasi dan penuh persarafan tidak bermielin dengan ujung saraf simpatis disetiap sel lemak (Davis, 1980 ; Kuroshima, 1995 ; Austgen, 2002). Ujung saraf simpatis akan mengeluarkan noradrenalin yang akan menstimulasi lipolisis dan aktivitas uncoupling protein.

### LETAK JARINGAN LEMAK COKLAT

Jaringan lemak coklat ditemukan pada bayi baru lahir, mamalia kecil dan mekanisme homeoterm untuk menyesuaikan diri terhadap lingkungan dingin. Termogenesis nonshivering lebih efisien dalam menyesuaikan diri ketika terpapar dingin dalam waktu lama, karena jaringan lemak coklat berkembang (Astrup, 1986). Jaringan lemak coklat berkembang dan mengalami regresi sesuai dengan tingkat stimulasi.

Saat lahir, seorang bayi keluar dari suatu hangat, menuju lingkungan dunia yang dingin, sehingga perlu untuk bayi beradaptasi terhadap pendinginan, peningkatan oksigenasi dan pemisahan dari plasenta dalam suatu pakaian efisien secara ekstrem (Gunn et al, 1995). Struktur dan fungsi jaringan lemak coklat dalam neonatus, lebih jauh menjelaskan kebutuhan suhu yang unik pada bayi baru lahir. Bayi baru lahir mempunyai area permukaan besar terhadap masa dibanding orang dewasa (0,066m<sup>2</sup>/ kg untuk 3 kg bayi dibanding 0,025 m<sup>2</sup>/kg untuk 70 kg dewasa), yang menyebabkan bayi baru lahir kehilangan panas lebih cepat ( Davis, 1980 ). Bayi baru lahir juga mempunyai sedikit lemak untuk melindungi, (16% berat badan dalam 3,5 kg bayi baru lahir dibanding

20-30% pada orang dewasa). Seorang bayi premature, lahir tanpa simpanan penuh jaringan lemak coklat yang menghambat produksi panas dalam lingkungan dingin, menyebabkan bayi beresiko (Davis, 1980). Secara khusus, jaringan lemak coklat berjumlah sekitar 2-5% berat badan neonatus (Astrup, 1986).

Jaringan lemak coklat terutama terdistribusi pada bayi baru lahir untuk menghasilkan produksi panas yang paling efisien untuk kebutuhan bayi. Pada bayi, lemak coklat diyakini banyak terdapat pada bagian midskapula, leher posterior, disekitar otot leher dan memanjang dibawah clavikula sampai aksila dan sekitar trakea, esofagus, interskapula dan arteri mamaria, aorta abdominal, ginjal dan kelenjar adrenal (Davis, 1980).

Analisis termografik menyimpulkan bahwa bahwa area interscapular, aksila dan tengkuk pada leher mempunyai suhu kulit lebih tinggi dari bagian lain dalam tubuh, sehingga mengindikasikan adanya termogenesis nonshivering dalam area ini (Oya, et al, 1997). Metabolisme produksi panas ini pada neonatus dimulai pada saat lahir dan puncaknya sekitar satu jam setelah itu (Oya eta l, 1997). Jaringan lemak coklat mengelilingi organ vital berfungsi untuk menghasilkan kebutuhan panas, yang bekerja secara optimal (suhu lebih rendah dari optimal menghasilkan kecepatan reaksi lebih rendah dan akumulasi produk sampah metabolik) dan mengelilingi arteri yang berfungsi untuk kehangatan darah sebelum disirkulasi melalui tubuh (Davis, 1980).

### FUNGSI JARINGAN LEMAK COKLAT

Struktur jaringan lemak coklat secara khusus disesuaikan dengan fungsinya. Banyaknya vakuola lemak meningkatkan “rongga sitoplasma terhadap lemak“, membuat penggunaan lemak lebih banyak efisien (Davis, 1980). Seperti yang tersebut diatas, glikogen dalam sel lemak coklat menghasilkan glukosa untuk sejumlah mitokondria, yang digunakan untuk menghasilkan energi terutama untuk produksi panas (Davis, 1980). Jaringan lemak coklat kaya vaskularisasi, sehingga memberikan dua manfaat :

1. Membawa nutrient seluler dan sampah metabolik ke tempat semestinya.
2. Menyebarkan panas yang dihasilkan dalam jaringan lemak coklat untuk istirahat tubuh (Davis, 1980). Suplai saraf tidak bermielin menghasilkan jalur untuk stimulasi jaringan lemak coklat (Davis, 1980).

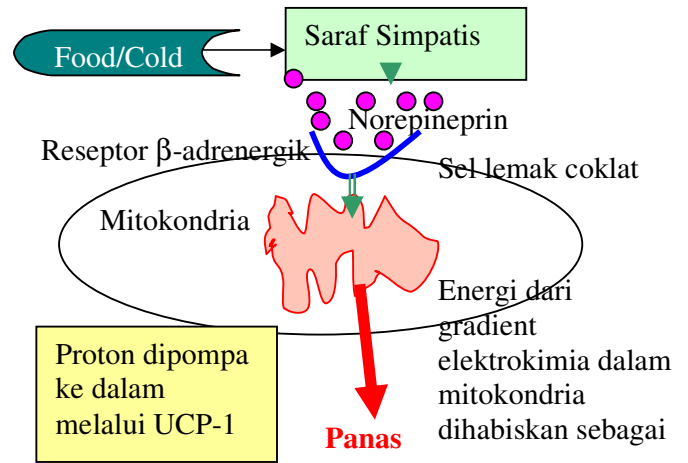
Fungsi lemak coklat antara lain :

1. Aktivasi sistem :

Termogenesis nonshivering dalam jaringan lemak coklat diaktivasi melalui sistem saraf simpatis melalui salah satu dari dua jalan : melalui dingin atau melalui makanan (Astrup, 1986). Ketika otak terangsang dingin, saraf-saraf simpatis diaktifkan, sehingga ujung saraf yang mengelilingi jaringan lemak coklat melepaskan norepinefrin, yang mengikat ke dan mengaktivasi reseptor beta adrenergik pada membran sel lemak coklat (Sell, 2004). Pengikatan norepinefrin oleh reseptor menyebabkan timbulnya sinyal transduksi cascade, yang menyebabkan cAMP mengaktifkan protein kinase A, dan akhirnya menstimulasi lipolisis dan aktivitas UCP-1 dalam membran dalam mitokondria (Sell, 2004).

2. Uncoupling Protein 1 (UCP 1/ thermogenin) dan perannya dalam termogenesis nonshivering.

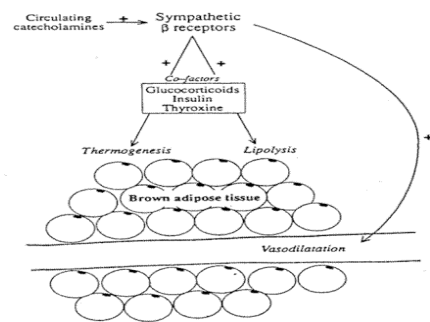
Secara umum, pernafasan seluler, “oksidasi substrat-substrat bahan bakar pada mitokondria menghasilkan produksi ATP melalui fosforilasi oksidatif” (Argyropoulos 2002). Sebaliknya, tujuan pernafasan dalam jaringan lemak coklat adalah tidak menghasilkan energi dalam bentuk ATP, tetapi lebih dalam bentuk panas. Dengan demikian, sel lemak coklat membutuhkan jalur alternatif pada fosporilasi oksidatif. Dalam fosforilasi oksidatif khas, proton menurunkan gradien elektrokimia dan masuk matrik mitokondria melalui ATP synthase, sampai gradien habis. Pada jaringan lemak coklat, UCP 1 menyediakan bypass bagi ATP synthase (kecepatan enzim dalam produksi panas terbatas), dan dengan demikian energi pada gradien elektrokimia tidak digunakan untuk sintesis ATP, tetapi oksidasi lemak lebih banyak dilepaskan sebagai panas (gambar 2) (Argiropoulos et al, 2002). Mitokondria dalam jaringan lemak coklat dapat menghabiskan “ hampir 90% energi respirasi sebagai termogenesis dengan cara ini” (Ricquier, 2002). Tanpa UCP 1, termogenesis nonshivering tidak dapat terjadi dengan baik.



Gambar. 2 Jalur termogenesis nonshivering

**RESPON VASKULER DAN METABOLIK PADA JARINGAN LEMAK COKLAT**

Stimulasi saraf simpatis yang mensuplai BAT mengakibatkan vasodilatasi tanpa respon vasokonstriksi seperti pada lemak putih (Dalziel, 1989). Vasodilatasi ini dimediasi oleh beta-adrenoreseptor. Vasodilatasi dalam BAT, juga dipromosi oleh substansi lain seperti glukagon, suatu respon yang tidak dipengaruhi oleh blokade beta-reseptor. Stimulasi simpatis pada lemak coklat, menyebabkan peningkatan lipolisis dimana hampir semua asam lemak secara langsung dioksidasi dalam mitokondria untuk menghasilkan sejumlah besar panas akibat adanya uncoupling protein (gambar3 ).



Gambar. 3 Efek vaskuler dan metabolik akibat stimulasi reseptor simpatis pada jaringan lemak coklat.

Stimulasi simpatis menyebabkan peningkatan pelepasan hormon *thyroksin* oleh kelenjar tiroid, yang juga menginduksi termogenesis. Hormon tiroid menimbulkan efek berupa peningkatan metabolisme diseluruh tubuh termasuk dalam lipolisis lemak coklat. Insulin dan glukokortikoid juga dilaporkan meningkatkan respon termogenesis BAT. Triiodotiroksin (T3) juga memfasilitasi kerja norepinefrin dan menstimulasi ekspresi beta-adrenergik reseptor. Norepinefrin akan menstimulasi aktivitas enzim yang berperan dalam reseptor beta-adrenergik, untuk menstimulasi respon uncoupling protein 1.

### KESIMPULAN

Neonatus baru lahir sangat rentan terhadap stress dingin, karena perpindahan dari lingkungan rahim yang hangat ke dunia yang dingin. Stress dingin pada neonatus direspon dengan cara yang berbeda dari orang dewasa, yaitu dengan termogenesis fakultatif non-shivering. Termogenesis non-shivering pada bayi diperankan

oleh adanya jaringan lemak coklat dalam tubuh bayi. Lemak coklat terdiri atas sel-sel lemak yang mengandung banyak vakuola lemak dan mitokondria, serta mengandung banyak serat saraf simpatis.

Dingin merupakan salah satu stressor yang memicu aktivitas saraf simpatis. Saraf simpatis yang terangsang akan menyebabkan pelepasan norepinephrin pada ujung sarafnya dipermukaan sel lemak coklat. Norepinephrin akan ditangkap oleh beta-adrenergik reseptor dipermukaan sel lemak coklat sehingga terjadi aktivasi protein kinase dan menstimulasi aktivitas uncoupling protein 1 (zat termogenin) di membran mitokondria sel lemak coklat. Uncoupling protein 1 menyebabkan asam lemak dalam sel lemak dioksidasi menjadi panas yang kemudian dialirkan keseluruh tubuh melalui pembuluh darah, sehingga tubuh bayi menjadi hangat. Stimulasi simpatis pada pembuluh darah lemak coklat menyebabkan vasodilatasi pembuluh darah sehingga panas lebih cepat dihantarkan keseluruh tubuh. Sel lemak coklat hanya ada pada bayi dan jumlahnya menurun sesuai perkembangan usia.

### Daftar Pustaka

- Argyropoulos, G., and M. Harper. 2002. *Molecular Biology of Thermoregulation: Uncoupling proteins and thermoregulation*. J. Appl. Physiol. 92: 2187-2198
- Astrup, A. 1986. *Thermogenesis in human brown adipose tissue and skeletal muscle induced by sympathomimetic stimulation*. Acta Endocrinologica 112(278): 1-32.
- Cannon B., and J. Nedergaard. 2004. *Brown adipose tissue: function and physiological significance*. Physiol. Rev. 84(1): 277-359.
- Dalziel, K. 1989. *The nervous system and adipose tissue*. *Clinic in Dermatology*. October-December 1989, Volume 7, Number 4, pages 62-77
- Davis, V. 1980. *The structure and function of brown adipose tissue in the neonate*. JOGN Nurs. 9(6): 368-72.
- Gunn, T.R. 1995. *Perinatal thermogenesis*. Early Human Development 42(3): 169-183.
- Himms-Hagen, J. 1984. *Nonshivering thermogenesis*. Brain Res. Bull . 12(2): 151-60.