

## Beberapa Peranan Sistem Retikuloendotelial

Oleh: Harjani

Bagian Ilmu Faal Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah mada, Yogyakarta

---

### ABSTRACT

Harjani — *Various roles of the reticuloendothelial system*

The reticuloendothelial system is the body's defence units, which are situated in every tissue's layer and tissue's folds of the body, and function as one functional unit.

Its cellular components have the capacity to move to approach foreign particles by the help of the circulation function or by active amoeboid movements within the tissue, to phagocytose those foreign particles. Some of these cellular components have the capacity to make humoral antibody. Its most important function is to maintain the uniqueness of self, which includes among others:

- destruction of foreign particles,
- destruction of senile cells of the body, and
- cancer surveillance.

*Key Words:* emperipolesis — bacterial infection — immediate and delayed hypersensitivity — Slow Reacting Substance of Anaphylaxis — blocking antibody

---

Kebanyakan buku kedokteran kurang gamblang mendefinisikan sistem retikuloendotelial, oleh karena itu akan dikutip gambaran-gambaran mengenai sistem ini menurut beberapa ahli dari beberapa buku.

Aschoff adalah orang yang mula-mula menamakan endotelium organ-organ seperti hati, kelenjar limfe dan limpa yang dikaruniai kemampuan fagositosis dan dapat memakan cat-cat, sebagai sistem retikuloendotelial; menurut dia, sistem ini mengandung 4 struktur:

1. fagosit-fagosit limpa dan darah,
2. sel-sel retikulum pulpa limpa, korteks kelenjar limfe, pulpa kelenjar limfe dan sel-sel retikulum jaringan limfatik lain,
3. histiosit jaringan pengikat, yang kemudian disebut makrofag jaringan,
4. retikuloendotelium dari sinusoid kelenjar limfe, sinusoid limpa, kapiler hati, sumsum tulang, korteks adrenal dan adenohipofisis.

Menurut Anthony & Kolthoff (1971), sistem retikuloendotelial ini jaringan pengikat retikular yang tersebar luas menyelubungi sinusoid-sinusoid darah di hati, limpa, sumsum tulang, dan juga yang menyelubungi saluran-saluran limfe di jaringan limfatik; sistem retikuloendotelial ini mengandung tiga macam sel:

1. sel-sel retikuloendotelial yang melapisi sinusoid darah di hati, limpa, sumsum tulang, kelenjar limfe, termasuk sel-sel Kupffer di hati dan sel-sel serupa di paru-paru dan sumsum tulang.
2. makrofag adalah sel-sel terbanyak, yang menempati jaringan pengikat, dan disebut histiosit atau *resting wandering cells* atau *clasmatoocytes*.
3. mikroglia yang menyokong pusat susunan saraf.

Sel-sel retikuloendotelial dapat melepaskan diri dari kerangkanya dan mengembara; pengembaraan ini tidak menggunakan darah. Mungkin dalam pengembaraannya ia menemukan benda-benda asing yang memerlukan fungsinya, maka ia mengadakan fagositosis terhadap benda-benda asing tersebut, dan setelah selesai tugasnya, ia kembali ke kerangkanya lagi. Sistem retikuloendotelial yang terdapat di kelenjar limfe berfungsi untuk menyingkirkan sel-sel badan yang telah tua, sel-sel cacat, sel-sel asing dan menghancurkan sel-sel kanker. Hal ini dimungkinkan karena aliran limfe menjadi sangat lambat sewaktu melalui kelenjar limfe yang strukturnya khas. Sistem retikuloendotelial di limpa juga berfungsi menghancurkan eritrosit-eritrosit yang telah tua.

Menurut Guyton (1971) sistem retikuloendotelial meliputi sel-sel jaringan yang menyelubungi saluran-saluran darah dan saluran-saluran limfe, yang berkemampuan fagositosis terhadap bakteri, virus dan benda-benda asing, dan berkemampuan membuat zat-zat imun terhadap mereka. Sistem retikuloendotelial meliputi sel-sel fagosit di sumsum tulang, limpa, hati dan kelenjar limfe. Sel-sel tersebut berhubungan erat satu sama lain, sehingga membentuk struktur retikular.

Menurut Keele & Neil (1971) sistem retikuloendotelial adalah sel-sel fagosit tertentu yang terdapat pada jaringan yang menyelubungi saluran darah pada pulpa limpa, hati dan sumsum tulang, juga fagosit-fagosit tertentu yang terdapat pada jaringan yang menyelubungi saluran limfe di jaringan-jaringan limfatik, dan fagosit-fagosit yang terdapat pada jaringan subkutan dan submukosa.

Fungsi sistem ini adalah:

1. menghancurkan sel-sel darah yang telah tua, membuat dan melepaskan bilirubin ke sirkulasi;
2. memakan bakteri, melipatgandakan diri kalau ada infeksi, jadi bertanggung jawab dalam mempertahankan badan melawan infeksi;
3. memakan dan memproses antigen dan merangsang sel-sel plasma untuk membuat antibodi.

Seluruh sistem retikuloendotelial bekerja sebagai satu unit fungsional, sehingga kalau ada salah satu organ sistem ini dikeluarkan dari badan, akan terjadi hipertrofi kompensasi organ-organ yang masih ada.

Menurut Weiss (1972) sistem retikuloendotelial adalah suatu sistem yang bersifat menyerap dan fagositik, yang meliputi: monosit sumsum tulang, promonosit sumsum tulang, darah, limfe, ruang-ruang serosa, jaringan pengikat, semua sistem yang digunakan untuk lalu lintas makrofag tetap menjadi makrofag pengembara.

Sistem retikuloendotelial adalah sistem yang selalu siap siaga berproliferasi cepat dan berketetapan dalam waktu lama, apabila badan memasukkan jasad-jasad infeksi atau antigen; ia merupakan peserta dalam reaksi imunologis yang nonspesifik maupun yang spesifik, dan merupakan penggerak reaksi imunologis.

Sumsum tulang sebagai organ sistem retikuloendotelial bersifat hematologis dan imunologis. Ia melepaskan bentuk awal makrofag dan limfosit-limfosit yang nantinya akan membentuk populasi-populasi limfosit B dan limfosit T di jaringan-jaringan limfatik seperti limpa, timus, kelenjar limfe dan jaringan limfatik semacamnya. Sumsum tulang juga membuat antibodi.

Sebelum limfosit-limfosit yang akan membentuk populasi limfosit B menempati tempatnya yang tetap di jaringan-jaringan limfatik, ia singgah dulu ke organ yang diduga analog dengan bursa Fabricius burung, walaupun organ ini belum jelas yang mana pada manusia. Limfosit-limfosit B merupakan 10–20% populasi limfosit kelenjar limfe, 20–35% populasi limfosit limpa dan merupakan 5% limfosit yang mengalir di saluran limfe utama (*ductus thoracicus*), dan tidak terdapat di timus. Populasi limfosit B dibentuk dari limfosit yang telah diselubungi antibodi yang dilepaskan oleh sumsum tulang dan pernah singgah dan dipengaruhi oleh organ analog bursa Fabricius burung, kemudian dikenal sebagai centrum germinativum atau pulpa-pulpa putih yang bermunculan di tepi-tepi *periarteriolar lymphatic sheath* dan zona marginal limpa dan di organ-organ limfatik lain. Limfosit-limfosit ini merupakan bentuk awal sel-sel plasma.

Timus sebagai organ sistem retikuloendotelial adalah organ epitelial yang sangat banyak diinfiltrasi oleh limfosit. Timus mengadakan *turn over* limfosit dengan cepat sekali, sehingga 95% limfosit-limfosit timus telah mati dalam beberapa hari saja. Timus melepaskan limfosit-limfosit yang umurnya mencapai beberapa bulan sampai beberapa tahun, limfosit macam ini yang disebut limfosit T yang dulunya berasal dari sumsum tulang. Limfosit T mengandung antigen permukaan yang disebut antigen teta. Limfosit T ini kemudian juga mengembara dan menetap di jaringan limfatik lain, misalnya pada tikus: limfosit T merupakan 75–80% populasi limfosit kelenjar limfe, 30–50% populasi limfosit limpa, 80–90% limfosit yang mengalir di limfe saluran limfe utama, dan hampir tidak ada yang menempati sumsum tulang. Limfosit T tergantung pada timus. Di limpa, limfosit T menempati *periarteriolar lymphatic sheath* dan di kelenjar limfe ia menempati *deep perinodular cortical zones*. Limfosit T merupakan antibodi selular dan menghasilkan antibodi yang disebut *lymphokines*. Diduga timus menghasilkan faktor humoral yang merangsang perkembangan limfosit T di kelenjar limfe dan limpa. Limpa dan kelenjar limfe adalah kerangka retikular yang dibentuk untuk memerangkap sel-sel imunologis aktif yang dilepaskan oleh sumsum tulang dan timus melalui darah dan limfe, di mana terjadi interaksi antara sel-sel imunologis aktif tersebut dengan antigen, sehingga di limpa dan di kelenjar limfe tersebut terjadi pembentukan antibodi selular maupun antibodi humoral. Jadi limpa terutama menangani benda-benda asing yang terdapat di dalam darah, dan kelenjar limfe terutama menangani benda-benda asing yang terdapat di dalam limfe.

Darah dan limfe mengalir di jaringan-jaringan imunologis, mengangkut antigen dan antibodi dan memberi kesempatan keduanya saling mempengaruhi;

selain itu juga memberi kesempatan interaksi antara antigen dengan sel-sel imunologis dan interaksi sel-sel imunologis satu sama lain (antara lain interdigitasi dan emperipolesis — penyusun). Darah dan limfe mencurahkan sel-sel yang berasal dari sumsum tulang dan timus ke limpa dan kelenjar limfe, dan mencurahkan sel-sel yang berasal dari sumsum tulang ke timus.

Jaringan limfatik seperti limpa, kelenjar limfe dan sumsum tulang, dengan hubungan vaskular dan kerangka retikularnya, merupakan tempat produksi antibodi yang efisien. Tetapi sel-sel, yang berkemampuan membuat antibodi, adalah sel-sel motil yang beredar ke seluruh tubuh, yang kalau di mana saja mereka menemukan benda asing, mereka mulai terlihat dalam aksi imunologis dan mulai memproduksi antibodi.

Menurut Brobeck *et al.* (1973) yang menangani dan bertanggung jawab terhadap reaksi imunologis adalah jaringan limfe-retikular.

Menurut Greep & Weiss (1973) jaringan pengikat retikular adalah jaringan bentuk khusus jaringan pengikat di mana sel-selnya mempunyai sifat khusus yang berbeda dengan sifat sel jaringan pengikat biasa, yaitu sel-sel tersebut bersifat dapat mengadakan fagositosis. Jaringan pengikat yang dimaksudkan adalah jaringan pengikat retikular penguat pada sumsum tulang, timus, limpa, kelenjar limfe, tonsil, adenoid dan jaringan limfatik lain. Sel-selnya membentuk serabut-serabut bercabang-cabang dan beranastomosis satu sama lain, sehingga terwujud jaringan retikular. Yang termasuk sel-sel jaringan pengikat retikular adalah:

- fibroblas
- sel adiposis
- sel mast (granulosit basofil disebut *wandering mast cell* oleh Vander *et al.* (1975))
- makrofag tetap dan makrofag pengembara atau monosit
- granulosit eosinofil
- limfosit
- sel plasma.

Sistem retikuloendotelial di sumsum tulang merupakan sumber monosit, limfosit B dan limfosit T, menghasilkan antibodi, meng-inaktifkan toksin dan berkemampuan fagositosis.

Sistem retikuloendotelial di limpa merupakan saringan yang cermat, yang dapat memilih yang tidak berguna bagi badan, yang asing dan yang berbahaya bagi badan. Limpa adalah tempat terjadinya perubahan limfosit menjadi sel-sel plasma, dan tempat pembuatan antibodi.

Menurut Dorland (1974) sistem retikuloendotelial meliputi jaringan-jaringan yang mengandung kedua sel-sel retikular maupun sel-sel endotelium. Ia penting dalam melayani mekanisme pertahanan badan, karena sel-sel yang menyusunnya berkemampuan tinggi dalam mengadakan fagositosis dan dapat mengambil partikel-partikel dari larutan koloidal; ia juga disebut sistem makrofag. Ia meliputi: makrofag, sel-sel Kupffer, sel-sel retikular, sel-sel yang menyelubungi sinus-sinus hipofisis dan sinus-sinus kelenjar adrenal, monosit, mungkin juga mikroglia.

Menurut Sodeman & Sodeman (1974) adanya sistem retikuloendotelial adalah samar-samar, sebab:

1. sel-sel yang merupakan komponennya terletak dalam jaringan-jaringan yang terletak tersebar luas di dalam badan,
2. jaringan sistem ini terletak di dalam jaringan-jaringan yang berbeda,
3. bentuk dan fungsinya berubah sehingga membingungkan.

Sistem retikuloendotelial meliputi makrofag-makrofag jaringan yang menyelubungi sinusoid berbagai organ, mikroglia, sel-sel retikular jaringan limfatik, histiosit, sel-sel khas seperti sel Kupffer di hati, limpa dan sumsum tulang.

Fungsi sistem retikuloendotelial:

1. menangani respons imun, yaitu pembentukan antibodi selular maupun humoral,
2. fagositosis bakteri dan berbagai partikel asing,
3. pembentukan sel darah,
4. filtrasi darah dan cairan ekstra-sel, menyingkirkan sel-sel badan yang telah senil, sel-sel badan yang telah cacat dan sel-sel badan yang telah diselubungi oleh antibodi,
5. hemopoiesis dan penambahan area sel induk.

Peranan vital sistem retikuloendotelial adalah melayani dipertahankannya keenceran normal darah, membersihkan darah dari partikel-partikel toksis atau infeksi seperti bakteri, emboli mikro, fibrin dan hasil-hasil koagulasi lain, kompleks antigen-antibodi dan lipid-lipid tertentu secara singkat dikatakan bahwa fungsinya adalah fagositosis.

Organ sistem retikuloendotelial pada manusia meliputi:

1. kelenjar limfe: mengandung sel-sel retikuloendotelial dan sel-sel plasma, aliran darahnya mencapai 1% dari pengeluaran jantung semenit; berfungsi memfiltrasi cairan ekstra-sel dan membuat antibodi.
2. Limpa: mengandung sel-sel retikuloendotelial, limfosit dan sel-sel plasma; jumlah aliran darahnya mencapai 3-4% pengeluaran jantung semenit; fungsinya adalah memfiltrasi darah dan membuat antibodi.
3. hati: mengandung sel-sel retikuloendotelial dan hepatosit; aliran darahnya mencapai 20-35% dari pengeluaran jantung semenit; fungsinya adalah memfiltrasi darah.
4. sumsum tulang: mengandung sel-sel retikuloendotelial, sel-sel awal darah dan sel-sel lemak; aliran darahnya mencapai 5% dari pengeluaran jantung semenit; fungsinya adalah pembentukan sel-sel darah.

Menurut Selkurt (1976) sistem retikuloendotelial meliputi sel-sel fagositik yang terikat maupun yang motil, yang terutama berkedudukan di hati, limpa, kelenjar limfe, paru-paru dan tractus digestivus.

Kalau gambaran-gambaran yang mengenai sistem retikuloendotelial yang tersebut di atas dijumlahkan, maka sistem retikuloendotelial meliputi sel-sel:

- makrofag termasuk monosit, fibroblas dan histiosit,
- sel mast dan granulosit basofil
- granulosit eosinofil
- limfosit dan sel plasma
- sel Kupffer dan semacamnya yang terdapat di paru-paru dan sumsum tulang,
- mikroglia,

yang semuanya adalah sel-sel yang dapat bergerak di dalam maupun di luar sistem sirkulasi, dan dapat juga beristirahat di jaringan-jaringan yang tersebar luas, yang sesungguhnya kesemuanya merupakan satu kesatuan fungsional, yaitu jaringan-jaringan:

- jaringan pengikat yang menggantung berbagai organ badan: peritoneum, pleura, mesenterium, atau jaringan-jaringan retikular yang mengisi ruang-ruang serosa,
- jaringan pengikat yang mengikat unit-unit fungsional sesuatu organ, misalnya antara lain pengikat alveolus satu sama lain, pengikat nefron satu sama lain,
- jaringan limforetikular dan retikuloendotelial pada sumsum tulang, hati, limpa, timus, dan kelenjar limfe,
- jaringan pengikat yang menyokong susunan saraf,
- limfe dan darah;

yang secara singkat fungsinya adalah bertanggung jawab dalam mekanisme pertahanan badan yang bertujuan mempertahankan 'ketunggalan' diri sendiri.

Mempertahankan ketunggalan diri meliputi semua mekanisme yang bertujuan:

- menghancurkan semua benda asing yang berasal dari luar badan, hidup atau mati, meliputi bakteri, debu, eritrosit asing dan jaringan transplan-tasi serta alergen,
- menyingkirkan sel-sel badan terutama sel-sel darah yang telah uzur,
- menghancurkan sel-sel badan yang telah mengalami mutasi spontan maupun oleh virus atau oleh kemikalia, yang kemudian mekanisme ini disebut mekanisme 'pengawasan terhadap perkembangan ganas', atau 'pengawasan perkembangan kangker',
- sehingga dengan demikian juga meliputi pembuatan sel-sel darah,

Peranan sistem retikuloendotelial dalam menanggulangi adanya invasi mikrob ke dalam badan:

1. Yang mula-mula terlihat dalam peristiwa invasi mikrob ke dalam badan adalah beberapa dari sel-sel sistem retikuloendotelial. Invasi mikrob mengakibatkan pecahnya sel-sel mast, granulosit basofil dan trombosit, sehingga terbebaslah histamin.

Terbebasnya histamin memulai respons inflamasi, yaitu mengakibatkan vasodilatasi setempat, sehingga memberi kesempatan granulosit neutrofil mendekati tempat inflamasi atau mikroba, dan mengadakan fagositosis. Granulosit neutrofil disebut *body's first line defence against bacterial infections*, dan dia adalah satu-satunya fagosit yang tidak termasuk dalam sistem retikuloendotelial.

Dalam respons inflamasi, monosit segera mengikuti jejak aktivitas granulosit neutrofil, segera meninggalkan sistem sirkulasi dan berubah menjadi makrofag, mendekati daerah inflamasi dan mengadakan fagositosis. Monosit disebut *body's second line defence against bacterial infections*, walaupun peranan monosit ini jauh lebih penting daripada peranan granulosit neutrofil (Ganong, 1977), atau malahan mungkin monosit atau makrofag yang patut disebut *body's first line defence against bacterial infections* pada jaringan.

2. Sementara mikroba sedang ditangani oleh makrofag-makrofag, maka dapat terjadi proses pembentukan sel-sel *memory*, yaitu sel-sel yang mengadakan memori terhadap adanya sel-sel yang asing, untuk kemudian dipersiapkan antibodi yang khas untuknya.

Benda asing dapat dikenal sebagai 'bukan diri sendiri' sebab setiap sel mempunyai antigen permukaan. Sel-sel badan sendiri, walaupun juga mempunyai antigen permukaan, tidak dikenal sebagai yang asing, karena mereka telah di-kode-kan dan di-memori-kan sebagai 'diri sendiri' dan tidak dihancurkan oleh sistem retikuloendotelial.

Sel-sel badan yang telah tua, sel-sel kanker yang sesungguhnya juga sel badan yang telah mengalami mutasi oleh virus atau kemikalia (Mitchison 1973), dihancurkan oleh sistem retikuloendotelial, karena antigen permukaannya telah menjadi berbeda dengan yang telah di-memori-kan sewaktu kehidupan embrional.

Sel-sel memori adalah sel-sel yang pertama-tama mampu mengadakan proliferasi dan menghasilkan antibodi secara besar-besaran.

Adanya antigen berlebih-lebihan di dalam badan dapat mengakibatkan terjadinya paralisis imunologis atau toleransi terhadap antigen. Diduga paralisis imunologis secara alamiah dihindari dengan cara mengikat atau memerangkap dengan cepat sejumlah besar antigen tersebut, kemudian memperkenalkannya kepada sel-sel kompeten membuat antibodi secara sedikit demi sedikit.

Antigen juga disebut imunogen, karena ia merangsang pembuatan zat imun. Yang memerangkap secara besar-besaran imunogen untuk kemudian memperkenalkan sedikit demi sedikit kepada sel berkompetensi membuat antibodi adalah makrofag; sel-sel berkompeten membuat antibodi adalah limfosit B; makrofag memerangkap antigen dan merubah antigen dan menyimpannya; kemudian secara sedikit demi sedikit makrofag memperkenalkan antigen tersebut kepada limfosit B, mungkin dengan cara yang terlihat sebagai fenomena emperipolesis.

Selain daripada itu, limfosit T yang mempunyai reseptor pada membrannya juga ikut mengikat antigen secara besar-besaran, memegangnya

terus sampai diperkenalkan kepada limfosit B sedikit demi sedikit, mungkin caranya adalah dengan mengadakan interdigitasi dengan limfosit B. Setelah limfosit B mengadakan memori terhadap imunogen, ia akan membentuk kelompok sel-sel plasma awal yang sewaktu-waktu akan membuat antibodi khas untuk imunogen yang telah dikenalnya tadi, mula-mula sedikit; tetapi kalau nanti ada pendedahan imunogen yang dikenalnya tadi untuk berikutnya, maka akan disintesis antibodi secara besar-besaran, dan sel-sel memori tadi menjadi sel-sel plasma yang matur.

Interaksi antara makrofag, dengan limfosit B dan limfosit T dengan limfosit B terjadi pada pulpa putih atau centrum germinativum di tepi-tepi *periarteriolar lymphatic sheath* limpa dan korteks kelenjar limfe.

Pendedahan kedua kalinya imunogen yang telah dikenal mengakibatkan perkembangan pulpa putih atau centrum germinativum di pulpa merah limpa dan medulla kelenjar limfe.

3. Setelah itu badan siap siaga menghancurkan mikroba yang telah dikenalnya. Antibodi dapat mengikat antigen karena keduanya mempunyai struktur komplementer.

Pengikatan antibodi terhadap antigen mengaktifkan sistem komplemen. Penyelubungan atau pengikatan antibodi terhadap antigen bersama mikrobnnya disebut opsonisasi, dan mikroba yang telah di-opsonisasi menjadi lebih sedap untuk di-fagositosis oleh makrofag.

Aktifnya sistem komplemen menggalakkan respons inflamasi, dan berarti lebih menggiatkan makrofag-makrofag untuk ber-fagositosis; yang terlibat dalam fagositosis ini adalah makrofag, monosit dan limfosit. Limfosit T beraksi mendekati antigen atau mikroba, mungkin dia menghancurkan secara langsung, tetapi dia juga melepaskan zat sitotoksik dan sitolitik yang disebut *lymphokines*.

Penghancuran sel-sel badan yang telah uzur sesungguhnya termasuk dalam mekanisme homeostasis yang ditangani oleh sistem imun badan (Weiss, 1972; Brobeck *et al.*, 1973; Sodeman & Sodeman, 1974), tepatnya adalah limpa, yaitu organ sistem retikuloendotelial yang terbesar.

Penghancuran eritrosit tua: Limpa berkemampuan memerangkap sel-sel darah, kemudian memilihkan arah berbagai sel darah yang diperangkap tersebut, apakah untuk:

1. di-*reservoir*-kan disimpan beberapa waktu, kalau telah diperlukan oleh sirkulasi umum, dilepaskan lagi. Limpa sebagai *reservoir* darah.
2. di-deferensiasi-kan, misalnya antara lain limfosit B didiferensiasikan menjadi sel-sel plasma untuk menghasilkan antibodi.
3. di-destruksi, misalnya eritrosit tua.

Anatomis, aliran darah limpa adalah aliran darah terbuka, tetapi fisiologis adalah aliran tertutup; ini mengakibatkan terjadinya:

1. *skimming* plasma dan sel-sel yang berkompeten membuat antibodi ( $I_g$ ) dan sel-sel yang mengandung antigen, ke arah pulpa putih, dan

2. darah yang kaya eritrosit, pergi ke arah pulpa merah; sehingga terjadilah:
  - a) produksi  $I_g$  di pulpa putih
  - b) penyimpanan eritrosit sebagai *reservoir*
  - c) destruksi eritrosit di pulpa merah.

Darah mengalir dengan dua cara melalui limpa:

1. aliran darah yang kecepatannya sama dengan kecepatan aliran darah organ lain, dialami oleh darah dengan eritrosit normal,
2. aliran darah yang sangat lambat, yaitu di zona marginal, batang-batang limpa dan di sinusoid limpa, di mana eritrosit-eritrosit tua dipengaruhi dan dihancurkan.

Aliran darah di zona marginal, batang-batang limpa dan di pulpa merah (sinusoid limpa) dapat menjadi sangat lambat, karena:

1. adanya kerangka retikular yang simpang-siur melintasi aliran darah dan memberikan aliran pusaran,
2. adanya makrofag-makrofag yang berjubel-jubel menambah rintangan aliran darah dan menambah baiknya saringan atau memperkecil lubang saringan.

Sangat lambatnya aliran darah mengakibatkan tertimbunnya metabolit yang bersifat asam, dan mengakibatkan eritrosit menjadi kurang diskoid, sehingga menjadi lebih fragil.

Selain daripada itu:

1. fagosit-fagosit mensekresi enzim hidrolitik yang bersifat asam,
2. kadar oksigen, kadar glukose dalam zona marginal adalah lebih rendah daripada kadar-kadarnya di darah sirkulasi umum, sehingga pH darah di zona marginal sangat rendah;

sehingga keadaan-keadaan tersebut di atas (suasana sangat asam):

1. menggalakkan perubahan monosit menjadi makrofag yang siap siaga untuk memakan eritrosit-eritrosit yang telah fragil tersebut, dan
2. keadaan asam tersebut destruktif terhadap eritrosit-eritrosit yang memang telah sangat atau makin sangat fragil tersebut.

Eritrosit-eritrosit uzur dapat lolos dari sistem retikuloendotelial lain, tetapi pasti dihancurkan oleh limpa, sedang eritrosit-eritrosit normal akan lolos dari penghancuran limpa.

Dulu kala, imun berarti tahan terhadap penyakit-penyakit infeksi. Tetapi kini terbukti bahwa respons imun tidak selalu menguntungkan badan, malahan sebaliknya dapat mengakibatkan efek yang merugikan badan. Pertahanan terhadap invasi mikroba menjadi efektif kalau elemen-elemen selular sistem imun berkembang dengan normal —tepat cukup—; tetapi kalau sistem imun ini menjadi hiperaktif, dapat terjadi hal yang tidak diharapkan seperti hipersensitivitas dan kalau sistem imun ini hipoaktif, dapat terjadi mudah sakit yang berulang-ulang.

Reaksi hipersensitif terhadap kerusakan jaringan dibagi menjadi empat kategori:

1. Reaksi hipersensitif segera (*immediate hypersensitivity*), diperantarai oleh sistem imun humoral. Pada prinsipnya, di sini terjadi kesalahan, yaitu, pertama-tama, imunogen yang masuk badan merangsang sintesis atau mengakibatkan terjadinya sintesis  $I_k E$ , kemudian setelah terjadi pengikatan  $I_k E$  terhadap imunogen, ikatan ini mengikat sel-sel mast dan sel-sel granulosit basofil, dan mengakibatkan agregasi trombosit, sehingga terbebaslah vasodilator-vasodilator histamin, serotonin, *Slow Reacting Substance of Anaphylaxis* (SRS-A), *kallikrein*, *bradykinines* heparin, enzim lisosomal dan *prostaglandins*; sehingga mengakibatkan timbulnya gejala-gejala alergi kalau ringan, dan gejala anafilaksi kalau berat.
2. Reaksi hipersensitif lambat (*delayed hypersensitivity*), merupakan manifestasi imunitas selular yang normal, yang diperantarai oleh limfosit T; limfosit T bergerak mendekati antigen, mengikatnya dan melepaskan zat yang bersifat sitolisis dan sitotoksik, yaitu *lymphokines*.
3. Penyakit imun kompleks sebagai akibat perlekatan kompleks antigen – antibodi yang terlarut plasma dan beredar dalam sirkulasi, pada dinding saluran darah atau pada glomerulus ginjal. Ini disebut penyakit autoimun oleh Vander (1975).
4. Kelainan autoalergi yang mungkin terjadi sebagai konsekuensi reaksi imunologis terhadap komponen-komponen jaringan badan sendiri.

Autoimun dan autoalergi adalah kelainan fungsi sistem imun, di mana ada tendensi penghancuran terhadap sel-sel badan sendiri, yang pada prinsipnya ada kegagalan dalam pengenalan terhadap diri sendiri. Diduga sebabnya adalah: badan terdedah kepada antigen yang mirip sekali dengan antigen badan sendiri, sehingga antibodi yang terbentuk terkeliru menghancurkan sel badan yang mirip sekali dengan antigen tersebut (ini hanya salah satu dugaan).

Pengawasan terhadap perkembangan kanker ditangani oleh limfosit T. Diduga timbulnya kanker klinis adalah karena ada kesalahan: sel-sel kanker tidak hanya menjadikan limfosit T reaktif, tetapi juga merangsang limfosit B menjadi reaktif dan membentuk antibodi. Setelah sel kanker diikat antibodi, tidak mengaktifkan sistem komplemen, sehingga sel-sel kanker yang telah terikat antibodi tersebut tidak dihancurkan; peristiwa ini disebut *blocking antibody* atau *immune enhancement*.

Dari pembicaraan di atas, mungkin ada faedahnya:

1. diet protein tinggi untuk menanggulangi infeksi — pengadaan bahan untuk membuat antibodi.
2. diet protein rendah untuk menekan perkembangan kanker, — meniadakan kemungkinan pembuatan antibodi yang dapat mengakibatkan terjadinya *blocking antibody*.

## KESIMPULAN

Sistem retikuloendotelial adalah seperti halnya unit-unit pasukan keamanan badan, yang:

- menjaga setiap lapisan badan, bagian-bagian badan dan celah-celah badan,
- pasukannya ada yang tetap di markas, ada yang meronda,
- kalau pasukan peronda dalam perondaannya menemukan *intruders*, *intruders* tersebut dapat ditangani di tempat dia ditemukan, dapat juga dibawa ke markas atau pos terdekat untuk ditangani lebih lanjut, untuk dibuatkan antibodi atau bahan penolaknya yang tepat sesuai.

## KEPUSTAKAAN

- Anthony, C. P., & Kolthoff, N. J. 1971 *Textbook of Anatomy and Physiology*, 8th ed. C. V. Mosby Company, St. Louis.
- Brobeck, J. R., et al. 1973 *Best & Taylor's Physiological Basis of Medical Practice*, 9th ed., 2nd Asian ed. Igaku Shoin, Tokyo.
- Dorland's Illustrated Medical Dictionary* 1974 25th ed. W. B. Saunders, Philadelphia.
- Greep, Roy O., & Weiss, Leon 1973 *Histology*, 3th ed. McGraw-Hill Book Company, A. Blakiston Publication, New York.
- Guyton, A. C. 1971 *Basic Human Physiology, Normal Function and Mechanisms of Diseases*, 1st Asian ed. Igaku Shoin Ltd., Tokyo.
- Keele, C. A., & Neil, E. 1971 *Samson Wright's Applied Physiology*, 12th ed. English Language Book Society, Oxford University Press, London.
- Roitt, Ivan 1973 *Essays in Fundamental Immunology*, vol. 1. Blackwell Scientific Publications, London.
- Selkurt, E. E. 1976 *Physiology*, 4th ed. Little Brown and Company, Boston.
- Sodeman, W. A., Jr., & Sodeman, W. A. 1974 *Pathologic Physiology, Mechanisms of Disease*, 5th ed. Igaku Shoin Ltd., Tokyo.
- Vander, A. J., et al. 1975 *Human Physiology, The mechanisms of Body Function*, 2nd ed. Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd., New Delhi.
- Weiss, Leon, 1972 *The Cells and Tissues of the Immune System; Structure, Function, Interaction*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliff, N. J.
-