

Teknik Imaging Dalam Kedokteran Nuklir

DR. Rochestri Sofyan

Pusat Pengkajian Teknologi Nuklir, Badan Tenaga Atom Nasional, Jakarta

PENDAHULUAN

Kedokteran nuklir yang pertama kali diperkenalkan tidak menggunakan teknik *imaging*, akan tetapi hanya menggunakan penentuan secara kuantitatif senyawa biokimia tertentu. Bidang ini mengalami kemajuan yang sangat pesat selama 25 tahun terakhir ini, berkat berbagai perkembangan sebagai berikut.

1. Ditemukannya teknik *radioimmunoassay (RIA)* oleh SA Berson dan RS Yalow yang memenangkan hadiah Nobel pada tahun 1977.
2. Kemajuan dalam instrumentasi nuklir untuk teknik *imaging*.
3. Ditemukannya radionuklida yang mempunyai sifat lebih menguntungkan seperti ^{99m}Tc , ^{125}I , serta radionuklida pemancar positron (^{11}C , ^{13}N , ^{15}O dan ^{18}F).

Teknik *imaging* dalam kedokteran nuklir adalah *imaging* yang menggunakan radionuklida atau lebih dikenal dengan *imaging*, nuklir (*nuclear imaging*). Pada teknik ini, suatu radionuklida pemancar sinar gamma/positron dikaitkan pada senyawa yang sesuai untuk sesuatu pemeriksaan tertentu, lalu diberikan kepada pasien. Selanjutnya, distribusi dari radiofarmaka tersebut dalam organ yang akan diperiksa diamati dengan menggunakan sebuah alat (detektor) radiasi yang diletakkan di luar tubuh.

Keuntungan dari *imaging* nuklir adalah *tracer*, dapat bertindak sebagai pemeriksa fisiologifungsional yang sanggup menggambarkan fungsi biokimiawi. Cara diagnosis lain seperti radiografi dan *ultrasound*, hanya memvisualisasi sifat-sifat statis dari jaringan misalnya densitasnya. Sepintas kelihatannya memang sama, namun ada perbedaan yang sangat nyata antara foto sinar X dan *imaging* nuklir. Pada radiografi, jaringan merupakan objek pasif pada waktu sinar X melalui tubuh, sehingga apa yang divisualisasi hanya merupakan seleksi dari berkas sinar X yang melewati jaringan. Gambar yang diperoleh tidak menggambarkan fungsi dari suatu organ. Jadi akan sama saja apakah organ tersebut masih hidup atau sudah mati. Pada *imaging* nuklir, adanya transpor biologi aktif dari radiofarmaka melalui organ dapat divisualisasi terhadap waktu. Perbedaannya dapat digambarkan sebagai sebuah alat foto dan cermin. Sebuah foto memperlihatkan gambaran fisik yang statis, sedangkan cermin dapat memperlihatkan perubahan bentuk fisik secara kontinu'.

PRINSIP KERJA

Suatu senyawa biomedis bertanda yang telah diketahui proses metabolismenya secara spesifik pada organ tubuh yang diselidiki, dimasukkan ke dalam tubuh pasien melalui penyuntikan, oral, atau pernafasan. Radiofarmaka bergabung dengan proses metabolisme tubuh, akhirnya terkumpul pada tempat tertentu. Kemudian suatu detektor *imaging* didekatkan pada tubuh pasien untuk menetapkan dari tempat mana dalam tubuh sinar itu dipancarkan, sehingga pola distribusinya pada tempat tersebut dapat diketahui secara tepat.²

Kebanyakan teknik *imaging* menggunakan sinar atau radiasi yang intensitasnya dapat diukur sebagai fluks radiasi total. Aktivitas radionuklida yang digunakan sangat kecil dan karena mempunyai sifat kimia yang sama dengan isotopnya yang tidak aktif, maka secara faal hampir tidak berpengaruh terhadap keadaan normal. Radionuklida yang diserap oleh organ tubuh akan memancarkan foton sinar gamma ke segala arah. Foton yang datang ditangkap oleh lempengan kristal NaI (detektor sintilasi) melalui lubang-lubang pada kolimator. Dalam sintilator kristal, setiap foton sinar gamma dapat menghasilkan kilatan cahaya yang lemah. Sebuah tabung *photomultiplier* atau tabung pengganda foto kemudian mengubah sintilasi tersebut menjadi pulsa elektronik yang selanjutnya diintegrasikan menjadi pulsa-pulsa tegangan. Tingginya pulsa sebanding dengan energi gamma yang datang, dan akan sebanding dengan aktivitas radionuklida yang masuk ke detektor. Komputer dapat digunakan untuk merekam dan mengolah pulsa sehingga dapat dihasilkan gambar yang informatif yang menunjukkan distribusi radionuklida dalam organ. Gambar yang diperoleh merupakan gambaran secara fungsional dalam *framework* anatomi. Bila berfungsi normal, distribusi radiofarmaka menunjukkan pola tertentu yang karakteristik, sedangkan pada bagian yang mempunyai fungsi patologis, distribusinya tidak normal^{2,3}. Dalam hal ini, gambar yang diperoleh tidak hanya memperlihatkan struktur, akan tetapi fungsi fisiologis. Karena terkumpulnya suatu senyawa di tempat tertentu disebabkan oleh adanya ikatan afinitas fisiologis. Pola distribusi pada layar antara lain dapat menunjukkan lokasi tumor, bagian pada organ tubuh seperti otak dan paru-paru yang tidak

menerima aliran darah, serta fungsi pemompaan jantung.

SEJARAH PERKEMBANGAN

Imaging radioisotop dimulai sebagai *imaging* dari distribusi Iodium aktif pada kelenjar tiroid, secara *in vivo* titik demi titik. Alat pertama yang diperkenalkan pada dekade tahun 1950 adalah penatah rektilinear yang menggunakan detektor padat berupa kristal Nal yang dilekatkan pada tabung *photomultiplier*. Detektor yang dilengkapi dengan kolimator digerakkan secara manual pada bagian yang diamati. Pulsa elektronik yang keluar dari detektor amplitudonya dapat menggerakkan pena pencatat yang memberikan pukulan pada kertas; sehingga pada kertas diperoleh gambar tataan dari distribusi isotop pada organ tubuh yang diperiksa.

Pada tahun 1959 tercipta suatu alat serupa dengan detektor yang besar yang dapat mengamati organ secara keseluruhan dalam waktu yang bersamaan, tanpa harus digerakkan secara manual. Detektor tetap berupa kristal sintilasi yang peka terhadap sinar gamma, hanya saja kristalnya berdiameter besar ($\gg 50$ cm), yang dilekatkan pada sejumlah 20 — 75 *photomultiplier*. Kolimatornya berlubang banyak dan pola ruang gambar diatur secara elektronik sehingga detektor tidak perlu digerakkan. Gambar-gambar dapat dibuat secara berurutan terhadap waktu, serta posisi relatif terhadap tubuh dapat diubah-ubah, sehingga dengan bantuan komputer yang dihubungkan dengan alat tersebut, dapat diperoleh gambar-gambar pola ruang dan pola waktu dari radionuklida di dalam suatu organ yang aktif. Jadi gambar yang diperoleh merupakan fungsi dinamik dari suatu organ yang aktif, seperti jantung dengan aliran darahnya dan otak dengan aliran glukosanya. Instrumen semacam ini dinamakan Kamera Anger sesuai dengan nama penemunya Hal Anger. Akhir-akhir ini Kamera Anger lebih dikenal dengan nama Kamera Gamma.

Pada pertengahan tahun 1970-an, instrumen semacam ini dikembangkan lagi dengan teknik tiga dimensi. Dengan mengubah konfigurasi detektor serta meningkatkan daya komputasi secara elektronik, dapat dibuat gambar tiga dimensi dari distribusi radionuklida dalam tubuh. Teknik seperti ini dikenal dengan teknik *computed tomography*. Karena isotop yang dipakai merupakan pemancar gamma tunggal, kemudian diberi nama *single photon computed tomography* atau lazim^g disingkat *SPECT*^d.

Alat terbaru adalah yang menggunakan radionuklida pemancar positron, dikenal dengan nama *positron emission tomography* (*PET*). Pengoperasiannya harus ditunjang oleh adanya siklotron di dekat fasilitas kerja, serta staf yang mempunyai kemampuan tinggi untuk pengoperasian alat dan penanganan produksi radiofarmaka dari radionuklida pemancar positron seperti ¹⁵O, ¹¹C, dan ¹³N yang umur paruhnya pendek, masing-masing 2, 20 dan 10 menit⁵. Positron yang dipancarkan dalam perjalanannya di dalam medium, bergabung dengan elektron melalui reaksi anihilasi, membentuk dua paket sinar gamma dengan energi masing-masing 511 keV. Sinar gamma yang terbentuk pada peristiwa ini arahnya berlawanan satu dengan yang lain. Oleh sebab itu, pada *PET* digunakan sepasang detektor kristal

Nal (Tl) yang berhadap-hadapan⁶. Sejauh ini basil yang paling berharga yang diperoleh dengan *PET* adalah gambaran metabolisme serta konsumsi oksigen dalam otak dan jantung. Sukses yang lebih besar diperoleh pada penelitian faal tubuh dan bidang mikrobiologi, karena atom C, O dan N merupakan komponen utama berbagai senyawa organik.

PENGUNAAN DALAM KEDOKTERAN NUKLIR

Kemajuan di bidang *imaging* nuklir tidak lepas dari kemajuan di bidang radiofarmasi dan bioteknologi akhir-akhir ini. Dengan ditemukannya sistem generator ^{99m}Tc dan produksi radionuklida lain seperti ¹²⁵I, ⁶⁷Ga, ²⁰¹Tl, ¹²³I, berbagai gas radioaktif umur pendek, radio nuklida pemancar positron, termasuk telah dapat diproduksinya berbagai radiofarmaka yang dapat dikaitkan dengan proses metabolisme organ-organ tertentu; terbuka luas kemungkinan untuk dapat menatah berbagai organ serta mempelajari fungsi biokimianya. Dengan *imaging* nuklir telah dapat dilakukan studi aliran darah pada otak, jantung dan paru-paru; fungsi ginjal; kelainan seperti tumor dan abses pada hati; aliran udara di kedua lobus paru-paru; aliran cairan kelenjar empedu; fungsi kelenjar gondok; dan perkembangan penyakit kanker dengan meneliti sidik tulangnya. Keberhasilan di bidang bioteknologi dalam memproduksi antibodi klon tunggal (*monoclonal antibodies*), sangat membantu baik dalam diagnosis maupun terapi. Kini telah dapat diproduksi antibodi Mon tunggal terhadap berbagai tumor ganas. Antibodi ditandai dengan ¹²³I kemudian disuntikkan pada penderita yang mengidap tumor, antibodi akan menuju ke tempat-tempat sel tumor untuk mengikatkan diri pada antigen. Karena antibodi tadi membawa pemancar gamma, maka gambaran yang terdeteksi oleh kamera gamma sekaligus menunjukkan lokasi tumor dan penyebarannya. Jika tujuannya untuk terapi, dapat digunakan radionuklida radionuklida pemancar alfa yang jarak tempuhnya pendek; sehingga pengumpulan antibodi pada sel-sel kanker memberi kesempatan terapi penyinaran. Sistem terapi penyinaran seperti ini sangat baik, karena penyinaran dapat berlangsung pada sel tumor tanpa menyinari bagian tubuh lain.

KEPUSTAKAAN

1. Ganatra R and Nofal M. Promoting Nuclear Medicine in Developing Countries. Bulletin IAEA, 1986; 28(2): 5.
2. Kuhl DE. Principles of Radionuclides Emission Imaging, Pergamon Press 1982.
3. Gerard Van Herk. Nuclear imaging : Advances and Trends, Bulletin IAEA, 1986; 28(2) : 20.
4. Sorenson JA and Phelps ME. Physics in Nuclear Medicine, Florida: Grune & Stratton Inc, 1987; 424.
5. West B. Short Lived Radioactive Gases for Clinical Use. London: Butterworth & Co, 1975; 17.
6. Chandra R. Introductory Physics of Nuclear Medicine, 3rd ed, Philadelphia: Lea & Febiger, 1987; 197.