

BERKALA ILMU KEDOKTERAN (Journal of the Medical Sciences)

ISSN 0126 — 1312 CODEN: BIKEDW

Diterbitkan oleh Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada

Jilid XVIII

Mar 1986

Nomor 1

Aspek Dasar Penggunaan *CT Scan* dalam Kedokteran

Oleh: Suroyo

Bagian Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta



ABSTRACT

Suroyo — *The basic aspects of the usage of CT Scan in medicine*

CT scan is a reconstruction of tomographic slices of objects by a computer. The first application in the clinic was done in 1967 by the efforts of Godfrey Mounsfield in the Central Research Laboratory of EMI Ltd. in England.

Its superiority compared with conventional tomography lies in the high power of resolution and its ability to distinguish soft tissues with 0.5% of the emission difference of X-ray, while with the conventional tomography the emission difference must be more than 5%.

CT scan is very useful in both diagnostics and radiation therapy.

Key Words: CT scan — conventional tomography — resolution power — radiation therapy — X-ray

PENGANTAR

CT scan merupakan singkatan dari *Computed Tomography* atau *Computerized Tomography scan*. Juga ada singkatan lain *CTAT scan* dari *Computerized Transverse Axial Tomography*, *CAT* dari *Computer-Aided Tomography* atau *RT* dari *Reconstructive Tomography*.

Computed Tomography merupakan rekonstruksi oleh komputer bidang tomografik obyek atau irisan dan ini terjadi dari pengukuran-pengukuran absorpsi sinar X yang multipel sekitar obyek. Komputer di sini dipergunakan untuk mensintesis *image* dan unit sintesis dasar disebut unsur volume (Ambrose dalam Felson, 1977; General Electric, 1976).

Pada tahun 1917 Radon telah melakukan penelitian matematik yang berguna untuk teori rekonstruksi, sedang teknis praktis pertama dikemukakan oleh Bracewell pada tahun 1956, dan ia telah berhasil merekonstruksi peta dari emisi gelombang mikro dengan menggunakan seri "strip-sums" dalam berbagai arah. Penelitian mula-mula terhadap rekonstruksi *image* untuk aplikasi medik dilakukan secara terpisah oleh Oldendorf pada tahun 1961, Kuhl dan Edwards pada tahun 1963, dan Cormack pada tahun 1963. Peneliti lain dalam rekonstruksi *image* radiologik bisa disebut antara lain Tretiak dengan Bates dan Peters.

Perkembangan CT dalam penggunaan klinik yang pertama berhasil adalah usaha Godfrey Mounsfield di Central Research Laboratories EMI Ltd. di Inggris, pada tahun 1967. Bekerja sama dengan Departemen Kesehatan dan Sosial Inggris dan juga dengan Dr. James Ambrose, ahli radiologi konsultan, Mounsfield berhasil memeriksa tumor otak (General Electric, 1976).

Desain skala penuh dan pembuatan pesawat untuk *scan* kepala dimulai sejak bulan Agustus 1970 dan pesawat pertama dipasang di Rumah Sakit Atkinson Morley pada tahun 1971. Pesawat *scan* kepala yang pertama dipasang di Amerika di Rumah Sakit Mayo dan Massachusetts General Hospital dalam bulan Juni 1973, dan pesawat *scan* seluruh tubuh dipasang di Georgetown University Medical Center dalam bulan Februari 1974.

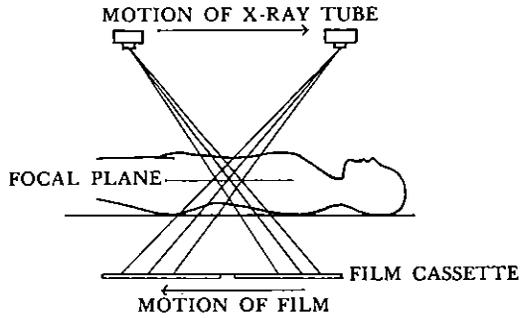
Atas penemuannya Mounsfield telah menerima MacRobert Award dalam bulan November 1972, dan sesudah itu bersama-sama dengan Oldendorf menerima lagi Lasker Award. Salah satu pernyataan dalam MacRobert Award ialah: CT merupakan penemuan yang tiada bandingannya sesudah penemuan sinar Röntgen pada tahun 1895.

TOMOGRAFI KONVENSIONAL

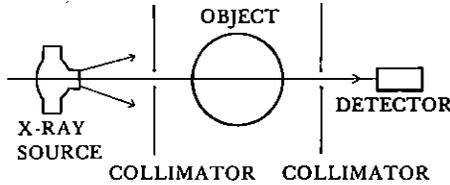
Tomografi ialah cara pembuatan foto sinar X terhadap irisan badan. Dasar pembuatan foto ini ialah dengan menggunakan lapisan yang ingin dilihat jelas bagaimana sumbu putar sumber sinar dan film masing-masing berjalan berlawanan arah. Cara ini makin dianggap penting, karena memungkinkan melihat jelas adanya suatu kelainan tubuh, besarnya dan perluasan lesi dalam tubuh. Seperti diketahui, foto X merupakan foto proyeksi tubuh, dan jika ada superposisi, maka organ di muka atau di belakang tulang tidak dapat dilihat.

Sesuai dengan cara gerakan sumber sinar tomografi dapat dibedakan: linier, sirkuler dan trans-axial. Di Jepang ternyata tomografi trans-axial telah lama dikenal dan digunakan dalam klinik sejak tahun 1946, disebut rotatografi, mendahului negara-negara lain (Takahashi dalam Takahashi *et al.*, 1983).

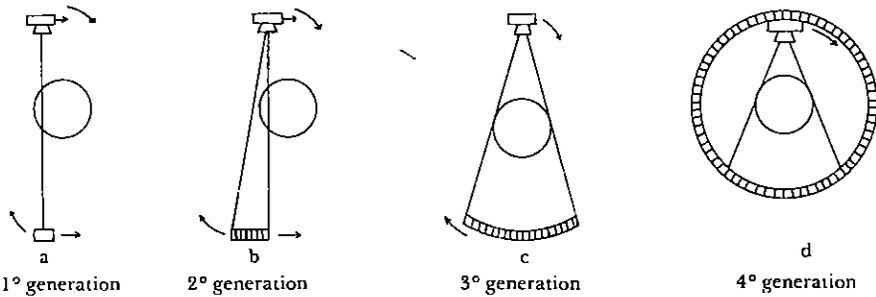
Hasil foto tomogram ternyata belum dapat memberikan gambaran yang jelas disebabkan masih ada pengaruh lapisan di muka dan belakang lapisan yang jadi obyek foto, dan daya resolusi yang masih rendah. Dengan dilengkapinya pesawat Röntgen ini dengan komputer, maka daya resolusi dapat dinaikkan, dan hasil foto dapat sangat jelas. Tomografi konvensional hanya bisa membedakan jaringan lunak satu sama yang lain, jika ada perbedaan transmisi sinar lebih dari 5%, sedang dengan CT bisa membedakan jaringan lunak pada beda transmisi 0,5% (General Electric, 1976).



GAMBAR 1. — *Conventional tomography* (General Electric, 1976).



GAMBAR 2. — *Production of collimated X-ray beam* (General Electric, 1976).



GAMBAR 3. — *CT Scan* (General Electric, 1976).

DASAR CT IMAGING

Dipakai berkas sinar X yang telah melewati kolimator. Sesudah menembus organ, sinar dideteksi oleh sistem detektor elektronik sesudah melalui kolimator (General Electric, 1976; Iinuma dalam Takahashi *et al.*, 1983; Ter Pogossian dalam Felson, 1977). Sumber sinar dan detektor bekerja secara simultan dan de-

ngan arah yang sama akan dapat menghasilkan irisan melintang; dari satu *scan* diperoleh profil proyeksi dari intensitas distribusi dimensi satu. Kemudian berkas sinar dan detektor diputar mengelilingi obyek dan profil proyeksi kedua dapat diperoleh. Prosedur ini diulangi sampai menempuh sudut 180°, dan dengan demikian diperoleh data profil dari bermacam-macam arah. Perbedaan pokok antara tomografi konvensional dan CT ialah pada yang konvensional sinar X transmisi mengenai film, sedang pada CT mengenai detektor dan pengumpulan data serta rekonstruksi *image* dilakukan oleh komputer.

DETEKTOR

Detektor yang dipakai dalam CT terdiri atas dua bagian pokok:

1. Skintilator
2. *Photomultiplier* dengan fotokatode.

Skintilator mengabsorpsi photon sinar X dan memancarkannya sebagai cahaya lemah. Cahaya lemah ini akan diubah menjadi fotoelektron oleh fotokade dan fotoelektron akan mengalami multiplikasi dalam *photomultiplier* dan diubah menjadi pulsa arus (Linuma dalam Takahashi *et al.*, 1983). Jadi ringkasnya, sinar X transmisi yang datang di detektor akan diubah menjadi pulsa listrik yang sudah mengalami amplifikasi dan dapat dicacah.

Pada umumnya skintilator yang digunakan ialah NAI (Tl), CaF₂, BGO (Bi₄Ge₃O₁₂), atau kamar ionisasi yang diisi dengan gas Xenon yang bertekanan tinggi. Xenon mempunyai nomor atom tinggi yang dapat mengabsorpsi jumlah besar sinar X, dan sekarang banyak dipakai sebagai multidetektor karena kamar ionisasinya cukup kecil volumenya (Takahashi dalam Takahashi *et al.*, 1983).

FUNGSI DASAR CT UNIT

Sejalan dengan perkembangan dan kemajuan teknologi, maka CT dibagi menjadi CT generasi I, II, III dan IV. Pembagian ini didasarkan terutama pada bentuk sumber sinar dan jumlah detektor. Generasi I dan II sudah tidak dibuat lagi, dan yang sekarang ada CT generasi III dan IV.

CT generasi I: sumber X kecil, satu detektor.

CT generasi II: berkas sinar X agak lebar, detektor ada beberapa.

CT generasi III: berkas lebar (kipas), detektor lebih banyak.

CT generasi IV: detektor tersusun sebagai lingkaran, berkas sinar X lebar, yang berputar hanya berkas sinar X.

Dengan makin lebarnya berkas sinar dan banyaknya detektor, maka pembuatan *scan* dapat lebih cepat, kurang dari 5 detik. Ini sangat menguntungkan bagi penderita karena beban radiasi jadi kecil. Fungsi dasar Unit CT menurut Imasato (dalam Takahashi *et al.*, 1983) terdiri atas:

1. *scanning* pasien dari berbagai arah dengan sinar X dan mengumpulkan data proyeksi.
2. rekonstruksi *image* irisan lintang.
3. memajang *image* pada monitor.

DOSIS RADIASI PADA KULIT

Telah lama diketahui, bahwa sinar X termasuk sinar yang menyebabkan ionisasi dalam sel-sel hidup, dan efek ini dapat mempengaruhi kehidupan sel-sel. Pengaruh ini umumnya dikatakan sebagai pengaruh yang dapat merusak sel-sel tersebut. Tergantung pada besar kecilnya dosis, maka sel-sel dapat mati atau pulih kembali setelah mengadakan perbaikan.

Makin besar kVp, makin besar mA dan lama penyinaran akan dapat memberi beban radiasi pada daerah terkena sinar lebih besar. Umumnya pada CT scan kVp dan mA ataupun waktu *expose* lebih besar, oleh karena itu beban radiasi pada CT scan umumnya lebih besar juga. CT menggunakan sampai 150 kVp dan arus sampai 600 mA (Imasato dalam Takahashi *et al.*, 1983). Penggunaan terhadap wanita hamil perlu dengan lebih hati-hati.

Pengukuran radiasi dilakukan dengan *Thermoluminescent Dosimeter* (LTD) dan *exposure* dikenakan pada phantom. Dosis permukaan maximum pada kepala berkisar antara 5 mGy tiap *scan*, dan pada tubuh antara 65 mGy—9 mGy (Koga dalam Takahashi *et al.*, 1983).

Usaha untuk mengurangi beban radiasi ini antara lain tambahan filtrasi, sistem kolimasi, dan penutupan bagian tubuh yang lain. CT makin banyak dilakukan baik dalam bidang diagnostik maupun dalam membuat rencana terapi, karena dapat menunjukkan dengan lebih tepat keadaan lesi dalam tubuh, dan dianggap tidak invasif dibanding dengan pemeriksaan angiografi atau pneumoensefalografi.

ARTIFAK

Artifak dapat dikatakan sebagai kelainan pada foto yang tidak mempunyai arti diagnostik, dan ini dapat terjadi karena kerja unit pesawat atau karena gerak pasien, mungkin juga karena film atau proses film. Untuk itu harus hati-hati waktu membaca foto dan perlu disingkirkan dulu kemungkinan artifak ini.

Gambaran artifak yang sering dijumpai (Sakuma & Ishigaki dalam Takahashi *et al.*, 1983) sebagai berikut:

1. seperti tulang *herring* bentuk pita; terjadi karena sudut putar 180° atau kurang, *overlapping* tulang yang tebal.
2. ruang gelap Mounsfield; *overlapping* tulang dasar kepala.
3. artifak radial; terjadi karena sinar X dan detektor tidak dalam satu garis atau karena beda koefisien absorpsi jaringan tinggi seperti koefisien absorpsi tulang.
4. artifak garis konsentrik; disebabkan oleh kurang stabilnya tabung sinar X dan detektor.
5. karena gerakan pasien. Gambar jadi kabur. Untuk mengatasinya waktu *exposure* diperpendek, difiksasi dan pasien diberi obat penenang.
6. fenomena volume parsial; terjadi karena deviasi *image* dari konstruksi nomor CT aktual.

PERSIAPAN PASIEN

Untuk mendapat foto yang baik, maka untuk foto perut khususnya perlu pasien dipersiapkan dengan baik, sedang untuk foto lain tidak perlu. Pasien dianjurkan untuk diet residu rendah sehari sebelumnya dan pantang makan pada hari pemeriksaan. Hal ini sama seperti dikerjakan pada waktu foto BNO atau IVP.

Sebelum dilakukan pemeriksaan, sebaiknya pasien diberi penjelasan seperlunya perihal prosedur foto dan hal-hal yang perlu diperhatikan, agar foto berhasil baik, mengingat pengambilan foto *scan* memerlukan waktu agak lama dan posisi yang tetap.

Menghadapi anak yang nakal dan banyak gerak, perlu diberi obat penenang, dan jika tidak berhasil, kadang-kadang diberikan anastesi umum. Ini juga perlu diberikan kepada orang tua yang karena kesakitan banyak bergerak.

Untuk mengatasi gerak peristaltik yang dapat mengganggu dapat diberikan suntikan Buscopan intramuskuler, atau dengan glucagon yang menurut Moss *et al.* (1978) memberi hasil baik (Sakuma & Ishigaki dalam Takahashi *et al.*, 1983).

BAHAN KONTRAS DAN EFEKNYA

Bahan kontras ialah bahan yang diberikan kepada pasien, baik secara oral atau suntikan dengan maksud untuk meninggikan kontras jaringan atau sistem dalam tubuh.

Bahan ini umumnya mengandung unsur Iodium, dan oleh karena itu perlu ditanya ada atau tidaknya alergi pasien terhadap I. Tidak perlu disangsikan kegunaan persediaan obat-obat anti-alergi dan persediaan zat asam untuk kasus-kasus alergi atau syok.

Bahan kontras akan mengalami akumulasi pada lesi dan menyebabkan kenaikan kontras lesi itu terhadap jaringan sekitar; hal ini dapat dilihat pada *scan* otak. Cara dan derajat kenaikan kontras tergantung pada *barrier* darah otak, aliran darah, densitas pembuluh darah dan atau fungsi ginjal (Sakuma & Ishigaki dalam Takahashi *et al.*, 1983). Kenaikan kontras sering dapat dilihat pada macam-macam tumor otak, malformasi arteriovenosa, aneurisma dan tahap tertentu infark. Waktu kenaikan kontras rata-rata 10–15 menit, kurang dari 5 menit dianggap cepat, dan 30 menit ke atas dianggap sangat lambat.

Penyuntikan dapat dikerjakan secara bolus atau *drip infusion*, tergantung pada macam kelainan yang ingin dilihat; untuk CT dinamik dikerjakan bolus, sedang untuk kiste hati dan ginjal dengan *drip infusion*.

IMAGE LESI

Sebagaimana dimaklumi lesi dapat ditemukan di dalam tubuh dalam berbagai organ: otak, paru, hati, ginjal dan lain-lain. Selain itu jaringan yang membentuk lesi juga bermacam-macam; jaringan padat, longgar atau cairan. Dalam hal jaringan lesi sama dengan jaringan sekitarnya, maka akan sukar dilihat pada CT, dan untuk ini seperti telah diterangkan di muka, perlu diberi kontras.

Unit CT mempunyai kelebihan dibandingkan dengan radiogram, karena daya resolusi yang tinggi. CT mampu mendekati jaringan dengan perbedaan koefisien atenuasi linier 0,5%, sedang radiogram hanya mampu pada beda sekitar 5%. Sesuai dengan daya absorpsi tiap-tiap jaringan dikenal pada CT istilah angka-angka CT.

$$\text{Rumus: angka CT} = \frac{K(u \text{ jaringan} - u \text{ air})}{u \text{ air}}$$

K : konstante pembesaran

u : koefisien atenuasi linier (General Electric, 1976)

K = 500 (EMI)

K = 1000 (Mounsfield).

Angka CT untuk macam-macam jaringan menurut EMI (Electro Musical Industries) (Inuma dalam Takahashi *et al.*, 1983):

— udara	— 500
— lemak	— 50
— air	0
— darah	+ 6
— <i>white matter</i>	+ 12
— <i>gray matter</i>	+ 18
— jendal darah	+ 20 — 30
— Ca tulang	+ 30 — 500.

Sesuai dengan koefisien atenuasi linier, maka lesi terhadap jaringan sekitar bisa bersifat: hipo-, iso- atau hiperdens. Untuk yang isodens diperlukan kontras; bisa terjadi kenaikan kontras lesi tersebut atau jaringan sekitar (normal) yang naik kontrasnya, misalnya pada hepar dengan kiste. Cepat atau lambatnya kenaikan kontras bisa memberi arti diagnostik yang penting juga.

Bentuk lesi bisa macam-macam:

1. sirkuler; misalnya pada kiste, abses. Pada glioblastoma, astrocytoma *grade* II atau abses bisa memberikan gambar cincin sesudah kenaikan kontras.
2. bentuk lensa; misalnya pada hematoma extradural, pada umumnya bentuk semiluner pada hematoma subdural, abses subfrenik.
3. ireguler pada hematoma di otak karena trauma, tumor atau infark.
4. bentuk jari; pada edema otak dengan tumor di dekatnya yang tumbuh cepat.

PENGGUNAAN CT DALAM KEDOKTERAN

Dari uraian di atas telah dapat ditunjukkan, betapa besar peranan CT dalam bidang diagnostik dan terapi. Karena pada terapi radiasi ketepatan letak, besar dan perluasan suatu lesi mutlak diperlukan, maka CT dapat menolong banyak. Baik pada *planning* terapi, radiasi duranto, maupun sesudah terapi, perlu diikuti dengan pemeriksaan CT. Ukuran lapangan radiasi selalu perlu disesuaikan dengan pengecilan tumor, sebab selain untuk efektivitas sinar, juga untuk mengurangi efek sinar pada jaringan sehat di sekitarnya.

Keistimewaan CT yang dapat dibanggakan ialah daya resolusi yang tinggi, tapi sebaliknya masih juga ada kekurangannya dalam hal beban radiasi yang masih tinggi di samping kemungkinan terdapatnya artifak yang cukup banyak. Diharapkan dengan kemajuan teknologi, beban radiasi dapat lebih diperkecil dan kemungkinan artifak bisa ditekan serendah-rendahnya.

Penggunaan CT pertama-tama untuk memeriksa kelainan di otak, kemudian berkembang bisa untuk pemeriksaan seluruh bagian tubuh. CT bisa digunakan sebagai pendeteksi kelainan anatomik, juga untuk pemeriksaan dinamik suatu sistem.

Sejajar dengan CT, cara pemeriksaan lain yang dapat dikemukakan: skintigrafi isotopik, ultrasonografi dan angiografi. Keempat cara pemeriksaan ini termasuk canggih dan masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangannya. Untuk itu jika keempat cara pemeriksaan ini dapat dilaksanakan dengan baik, akan dapat menentukan diagnosis lebih pasti atau dengan perkataan lain keempat cara pemeriksaan harus saling mengisi atau bekerja sama secara komplementer.

Akhirnya dapat disimpulkan bahwa alat canggih itu memang perlu untuk kepentingan diagnostik dan selanjutnya demi menolong jiwa pasien, tetapi di pihak lain pesawat canggihpun akan tidak bermanfaat tanpa pengetahuan dan ketrampilan yang memadai pada orang yang berada di belakang alat.

KEPUSTAKAAN

Felson, Benjamin 1977 *Computerised Cranial Tomography*. Grune & Stratton, New York.

General Electric 1976 *Introduction to Computed Tomography*.

Takahashi, S., Sakuma, S., & Kaneko, M. (eds) 1983 *Illustrated Computer Tomography*. Springer Verlag, Berlin.
