

**DIAGNOSTIK RADIOLOGI :
MASA LALU, KINI DAN MASA
YANG AKAN DATANG**

Rd
f 28
P0-97/10
Huw
d



diucapkan pada peresmian penerimaan Jabatan Guru Besar
dalam mata pelajaran Radiologi
pada Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga
di Surabaya pada hari Rabu tanggal 6 Januari 1993

Oleh :

Benny Huwae

Kupersembahkan kepada yang tercinta :

*Ayah dan Ibu almarhum
Ayah dan Ibu mertua almarhum
Istriku Liliek
Anak-anakku Elly, Evy, Tommy, Esther dan Erwin.*





Foto sinar-X yang pertamakali dibuat oleh seorang ahli fisika Jerman, Wilhelm Conrad Röntgen, dari tangan istrinya pada tanggal 22 Desember 1895.

Yang terhormat,

Saudara Ketua dan Anggota Dewan Penyantun Universitas Airlangga,
Saudara Rektor dan Pembantu Rektor Universitas Airlangga,
Saudara-saudara Guru Besar,
Saudara-saudara Dekan dan Pembantu Dekan di Lingkungan Universitas
Airlangga,
Saudara-saudara Sivitas Akademika Universitas Airlangga,
Saudara-saudara para Undangan, serta Hadirin sekalian yang saya muliakan,

Selamat pagi dan selamat sejahtera.

Selamat Tahun Baru, dan bagi umat Kristiani saya ucapkan Selamat Natal.

Pada hari yang berbahagia ini perkenankanlah saya mengawali dengan memanjatkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, Maha Pengasih, dan Maha Penyayang, karena atas rahmat, bimbingan, dan kemurahanNya kita dapat berkumpul di sini dan saya dapat berdiri di hadapan hadirin untuk menyampaikan buah pikiran dan pendapat tentang :

Diagnostik Radiologi : Masa Lalu, Kini, Dan Masa Yang Akan Datang

Hadirin yang terhormat,

Pada tahun 1895 Wilhelm Conrad Röntgen, seorang ahli fisika Jerman, secara kebetulan menemukan suatu sinar gaib dalam suatu percobaan di laboratoriumnya. Oleh sebab belum mengetahui dengan jelas sifat-sifatnya, sinar itu dinamakannya sinar-X. Ternyata dikemudian hari, sinar-X amat besar artinya dalam memajukan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya ilmu kedokteran. Untuk menghormati penemuannya, oleh dunia ilmu pengetahuan sinar-X juga dinamakan sinar Röntgen. Pada dasarnya sinar-X ini akan timbul, bila antara dua elektroda yaitu anoda dan katoda diberikan aliran listrik dengan tegangan tinggi.

Setelah dipelajari dan diteliti secara cermat, diketahuilah sifat-sifat sinar Röntgen, yaitu :

1. Tidak dapat diindera oleh kelima panca indera kita.
2. Jalannya lurus.
3. Tidak dapat dipantulkan oleh cermin.
4. Menembus dan dapat merusak jaringan tubuh.

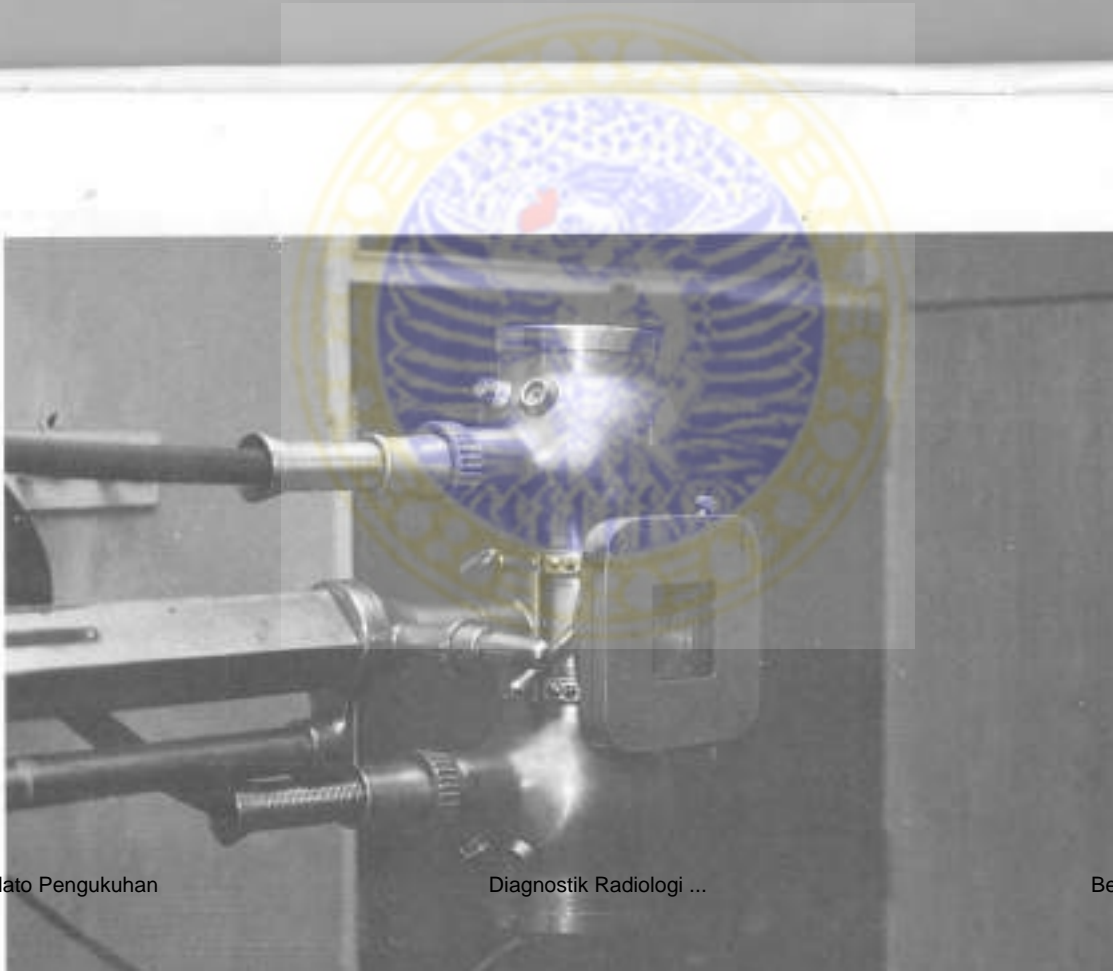
5. Dapat mengubah emulsi film.
6. Pengaruh di dalam tubuh bersifat kumulatif.

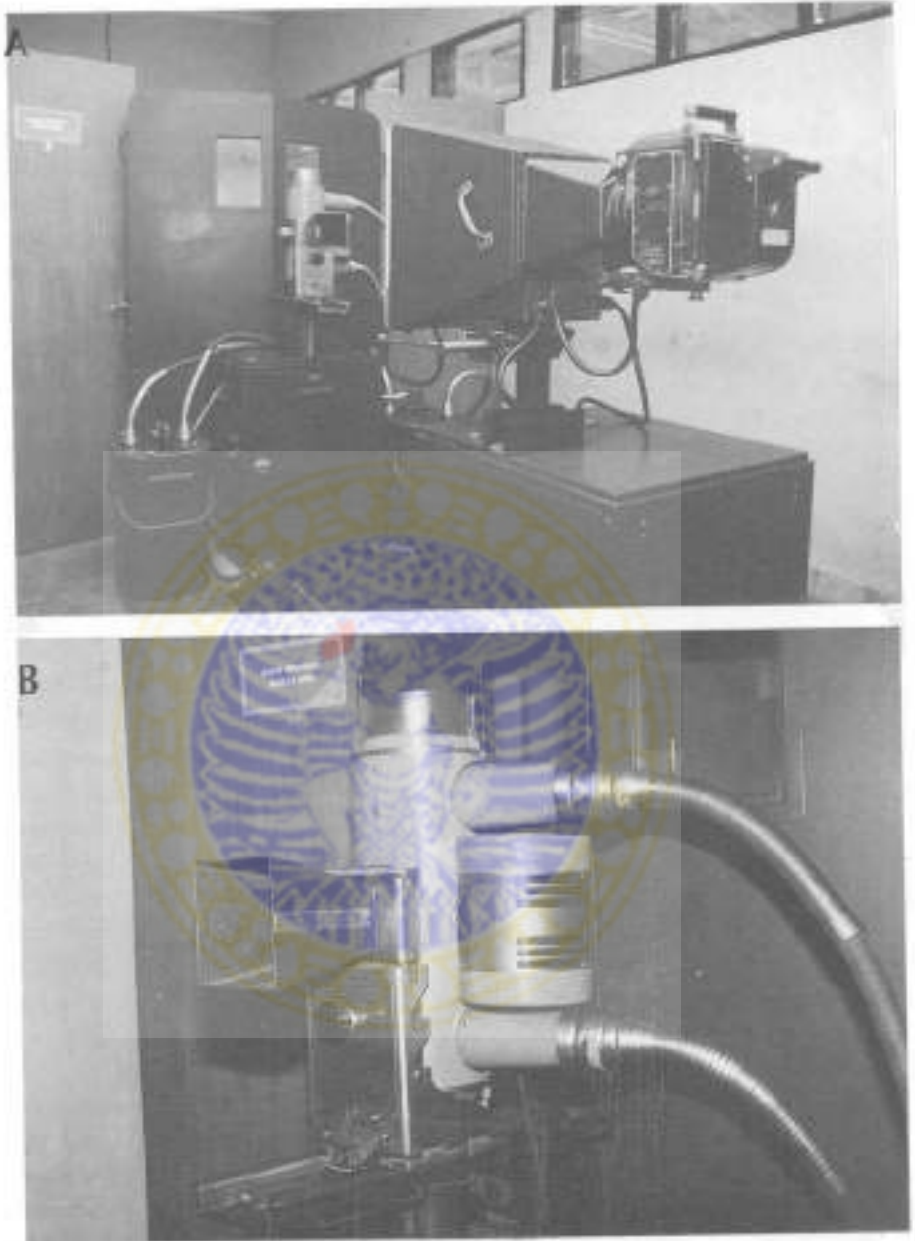
Sifat dapat menembus jaringan tubuh dan dapat mengubah emulsi film adalah sifat-sifat yang amat penting dalam menunjang ilmu kedokteran. Hal ini berkaitan dengan struktur dan organ dalam tubuh yang sulit dideteksi secara klinis, dengan memanfaatkan sinar-X dapat dibuat X-foto sehingga secara langsung atau tidak langsung organ-organ yang berada dalam tubuh dapat diperlihatkan pada film.

Dalam perkembangan selanjutnya para ahli ilmu kedokteran mencatat dan melaporkan segala sesuatu yang tampak pada film dan selanjutnya diperbandingkan dengan hasil pemeriksaan klinis dan patologi. Ilmu yang baru ini dinamakan DISKRIPITIF RONTGENOLOGI. Dengan adanya kemajuan dalam IPTEK dikembangkanlah pesawat-pesawat Röntgen yang lebih sempurna dan dapat menerima tegangan listrik yang lebih tinggi, arus listrik yang lebih besar, sehingga waktu yang diperlukan makin kecil. Dengan demikian faktor goyang dapat dihilangkan, dan banyak macam penyakit dapat dideteksi dengan sinar-X. Sejak itu pemeriksaan yang memanfaatkan sinar-X menjadi cabang ilmu kedokteran tersendiri yang dinamakan DIAGNOSTIK RONTGENOLOGI. Dengan berjalannya waktu, ditemukan pula benda-benda yang secara alamiah dapat dengan sendirinya memancarkan sinar, misalnya radium. Bahan atau benda seperti itu disebut bahan radioaktif. Dengan semakin majunya ilmu pengetahuan dan teknologi, ditemukan pula bahan-bahan yang pada hakekatnya tidak memancarkan sinar, tetapi melalui suatu proses, dapat dibuat memancarkan sinar. Bahan yang dibuat melalui suatu proses, sehingga dapat memancarkan sinar disebut isotop. Misalnya isotop jodium yaitu I^{131} dalam bidang dianostik mempunyai peran penting dalam pemeriksaan kelenjar gondok. Ilmu pengetahuan yang mencakup sinar Röntgen, sinar radioaktif, dan isotop dinamakan Radiologi.

Pengetahuan baru yang menggunakan gelombang suara dengan frekwensi yang amat tinggi untuk mendeteksi suatu penyakit, ialah Ultrasonografi. Untuk mengurangi prosedur diagnostik invasif, dikembangkan DSA yaitu Digital Substraksi Angiografi.

Dengan dimasukkannya pesawat pesawat diagnostik tanpa sinar-X dan tanpa isotop dalam bidang Radiologi, Diagnostik Radiologi diubah lagi namanya. Di negara-negara maju lebih dikenal sebagai Diagnostik Imaging.





Gambar 2. A, Contoh lain dari sebuah pesawat röntgen kuno merk Picker buatan tahun 1946.
B, Gambar jarak dekat dari tabung sinar-X dari pesawat yang sama.

ULTRASONOGRAFI (USG)

Perkembangan USG sebagai sarana diagnostik amat pesat, mulai sejak diperkenalkan oleh *Howry* dan *Bliss* pada tahun 1952 yang menggunakan *ultrasound* untuk mendeteksi kelainan hati dan ginjal. Pesawat USG yang semula bersifat *bistable* yaitu warna gambar yang hanya hitam dan putih, oleh *Kossoff* pada tahun 1972 disempurnakan menjadi *gray-scale*, sehingga gambar yang dihasilkan menunjukkan tingkat gradasi mulai hitam-pekat, kehitam-hitaman, abu-abu, dan seterusnya hingga menjadi putih bersih.

Sarana diagnostik ini bersifat non-invasif, tidak menimbulkan efek samping, dapat untuk memeriksa semua umur, bahkan bila perlu dapat dibawa ketempat tidur penderita yang sakit berat.

Gelombang suara yang dipakai berkisar antara 2,25-10 MHz; dengan intensitas antara 0,001-0,1 Watt/cm².

Pada garis besarnya pesawat USG terdiri dari generator pulsa, transduser, amplifier, dan tabung sinar katode.

Gelombang listrik yang dihasilkan oleh generator pulsa oleh transduser diubah menjadi gelombang suara dan diteruskan ke dalam tubuh penderita yang akan diperiksa. Tergantung pada kepadatan organ-organ dalam tubuh, terjadi perbedaan intensitas dari gelombang-gelombang suara yang dipantulkan kembali sebagai gema. Gema yang kembali melalui transduser diubah kembali menjadi gelombang listrik dan diteruskan ke tabung sinar katode melalui amplifier untuk diubah menjadi gambar. Sehingga diperoleh gambar mulai dari kulit, permukaan suatu organ, jaringan parenkim organ tubuh yang diperiksa, dan organ lain disekitarnya.

Kelainan lokal dalam suatu organ tubuh, perlu diperhatikan dan dibedakan antara kelainan yang kistik dan kelainan yang solid. Kedua bentuk kelainan ini adalah dasar dari diagnostik USG.

Dengan berkembangnya Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, berkembang pula peralatan USG dari alat yang paling sederhana dengan *Amplitude modulation (A-Scan)*, *Brightness modulation (B-Scan)*, *Time Motion mode (TM-mode)*, sampai *Ultrasonic Doppler Scan*, dan *Color Doppler USG*.

Setiap pesawat USG telah dilengkapi dengan transduser standard. Selain transduser standard dikenal pula beberapa macam transduser lain seperti : Transduser untuk Biopsi; Transduser untuk Pemeriksaan Intraoperatif; Transduser untuk Pemeriksaan Mata; Transduser untuk Pemeriksaan Rektum,

Prostat; Transduser untuk Pemeriksaan Buli-buli; Transduser Khusus untuk Pemeriksaan Bayi.

Dalam aplikasinya pesawat USG dengan *A-Scan* terutama dipergunakan untuk mengukur jarak jaringan yang diperiksa, misalnya untuk *echo-encephalography*. Pesawat ini dapat juga dipergunakan untuk pemeriksaan mata, dan untuk mendeteksi ada-tidaknya cairan pleura.

Metode USG dengan *B-Mode* dipergunakan untuk pemeriksaan kelenjar tiroid, payudara, hati, empedu, pankreas, ginjal, organ-organ kandungan, dan berbagai macam tumor.

Metode *TM-Mode* dipakai untuk memeriksa organ-organ yang bergerak, misalnya jantung. Terutama untuk memeriksa pergerakan katub jantung.

Doppler Scan dipergunakan untuk menentukan kecepatan dan arah aliran darah. Pesawat ini juga dipergunakan untuk menentukan denyut jantung janin.



Gambar 3. Pada alat ultrasonografi, kristal *piezoelectric* mengubah pulsa listrik menjadi gelombang ultrasonik yang masuk ke dalam tubuh. Ekho dari gelombang ultrasonik tersebut akan memantul kembali dari dalam tubuh dan diubah lagi menjadi signal elektrik. Melalui sebuah komputer signal elektrik diproses menjadi sebuah gambar.



Gambar 4. Contoh gambar janin dalam kandungan yang dihasilkan oleh alat ultrasonografi.

TOMOGRAFI KOMPUTER

Sejak ditemukannya sinar-X, dan diciptakannya pelbagai pesawat Röntgen, pesawat Tomografi Komputer, yang lebih dikenal dengan nama *CT scan*, merupakan pesawat Röntgen yang paling canggih sampai saat ini.

Prinsip-prinsip dari CT scan dikemukakan oleh Hounsfield pada tahun 1968. Sinar-X yang tipis membuat suatu irisan yang merupakan scanning dari bagian tubuh penderita. Intensitas dari sinar-X yang keluar dari tubuh penderita diterima oleh suatu detektor yang seterusnya diolah oleh sistem komputer dan oleh sistem komputer pula diadakan rekonstruksi yang terlihat sebagai gambar *image*. Dari tahun ketahun terjadi perbaikan dan penyempurnaan, sehingga terjadi beberapa generasi dari pesawat CT scan. Generasi pertama merupakan pesawat dengan sistem scanning linear dengan memakai hanya satu detektor. Generasi kedua lebih maju setingkat, dengan mempergunakan beberapa detektor, dan telah mulai dengan langkah-langkah rotasi yang dikombinasikan dengan linear.

Generasi ketiga memanfaatkan suatu "fan beam X-ray" dan mempergunakan sekitar 500 detektor.

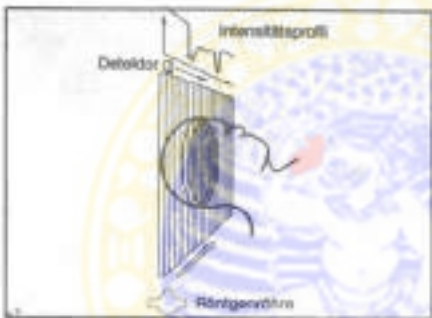
Generasi keempat mempergunakan sekitar 1000 detektor. Bila pada generasi pertama sampai ketiga tabung sinar-X dan detektor bergerak/berputar bersama-sama pada generasi keempat hanya tabung sinar-X yang berputar dan detektor tetap pada tempatnya.

Dengan adanya berbagai macam generasi ini, tidak berarti bahwa pesawat CT yang baru adalah generasi keempat. Ada yang berpendapat bahwa lebih praktis

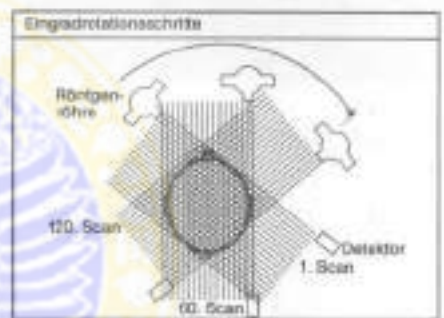
dan lebih efisien generasi ketiga, sehingga pesawat-pesawat yang baru lebih banyak dari model generasi ketiga.

Yang jelas dengan adanya generasi-generasi yang baru, maka waktu scanning akan diperpendek. Waktu scanning yang dipergunakan pada generasi pertama adalah beberapa menit untuk satu irisan, pada generasi kedua sebesar sekitar satu menit, dan pada generasi ketiga dan keempat hanya 2-3 detik untuk satu irisan. Keuntungan dari CT scanner dengan waktu scanning yang pendek adalah dapat dipergunakannya pesawat tersebut untuk scanning daerah abdomen, paru, dan pada penderita yang gelisah, serta pada anak.

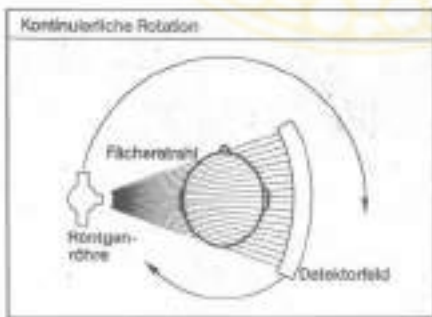
GENERASI CT SCAN



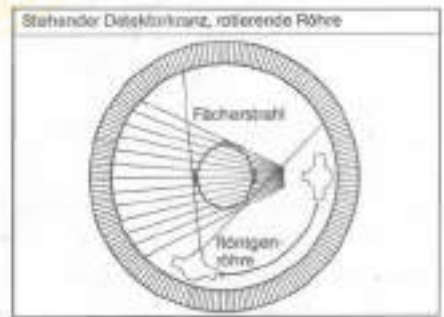
Generasi I
"Linear scan".



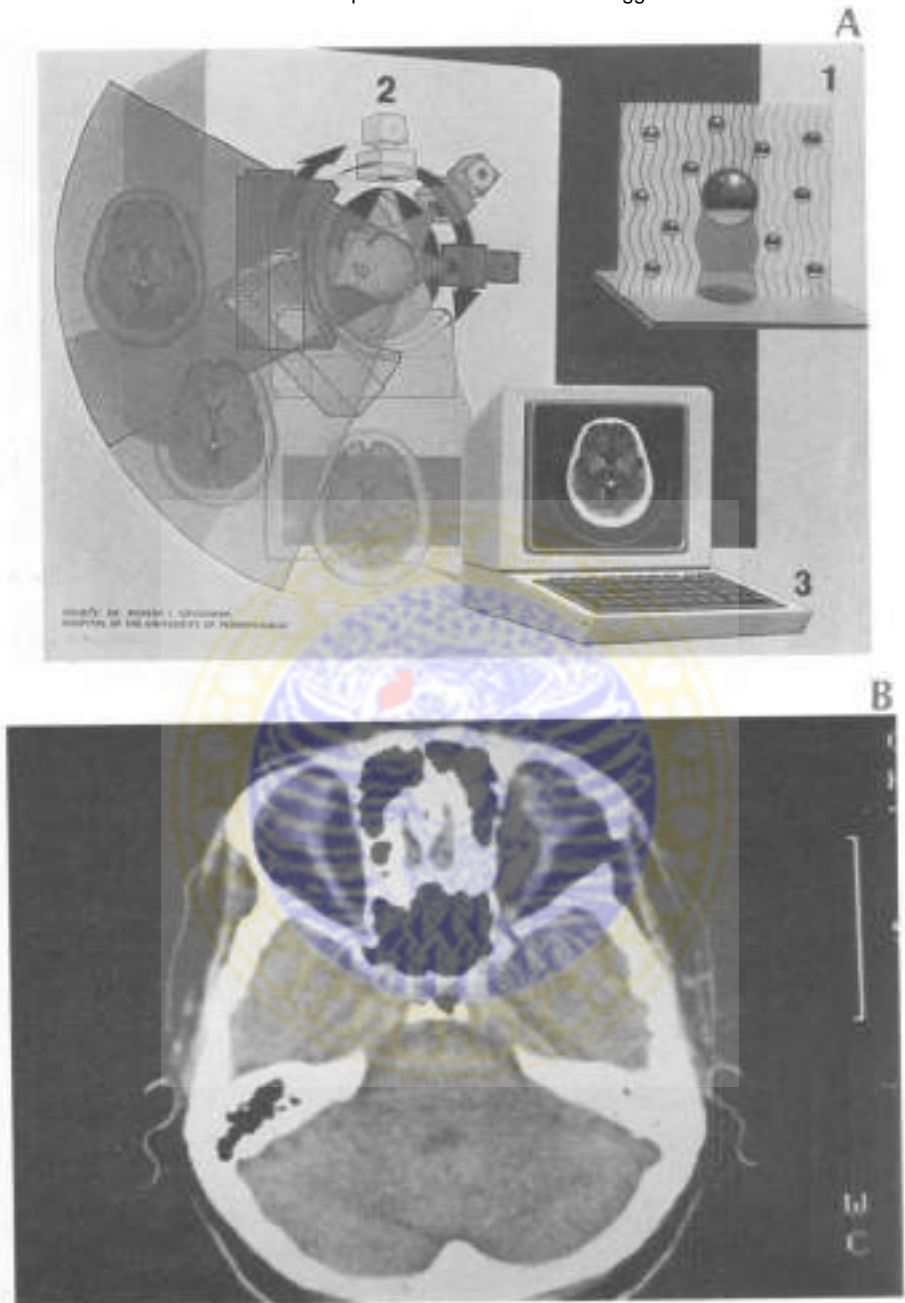
Generasi II
Rotasi dan translasi.



Generasi III
Rotasi kontinu.



Generasi IV
Tabung sinar-X berputar, detektor tetap ditempat.



Gambar 5. A. Dengan sinar-X yang berbentuk kipas sebuah alat CT scan menghasilkan gambar penampang kepala yang dihasilkan oleh alat CT scan. B., Contoh gambar penampang kepala yang dihasilkan oleh alat CT scan.



Gambar 6 A, Seorang operator sedang mengoperasikan CT scan melalui panel pengontrol sambil memperhatikan keadaan penderita yang sedang diperiksa. B, Penderita diperiksa dalam posisi berbaring.



Gambar 7. Gambar 3 dimensi dari tulang belakang yang remuk akibat kecelakaan lalu-lintas. Gambar ini merupakan hasil rekonstruksi dari 63 gambar potongan CT scan.

Dengan adanya tomografi komputer, banyak cara-cara pemeriksaan radiologi yang sebelumnya sering dikerjakan, waktu ini telah ditinggalkan. Terutama pemeriksaan diagnostik invasif, seperti pneumoensefalografi, ventrikulografi, dan berbagai macam pemeriksaan arteriografi tertentu, tidak pernah dikerjakan lagi. Waktu ini tomografi komputer masih terus dikembangkan sehingga mempunyai kemampuan yang jauh lebih besar dari generasi-generasi sebelumnya.

Hadirin yang saya muliakan,

Kemajuan IPTEK dalam bidang Radiologi pada akhir-akhir ini melaju dengan pesatnya. Diperkirakan pada dekade yang akan datang pelayanan dalam bidang "Imaging Diagnostik" akan memanfaatkan pesawat-pesawat dengan teknologi baru dan canggih, namun demikian belum bisa menggantikan CT scan secara keseluruhan.

Pesawat-pesawat Imaging Diagnostik yang dalam jangka waktu sepuluh tahun mendatang ini akan berintegrasi kedalam bidang Radiologi adalah :

1. Magnetic Resonance Imaging (MRI)
2. Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT).
3. Positron Emission Tomography (PET).
4. Picture Archiving and Communication Systems (PACS).

MRI waktu ini telah banyak dipergunakan pada pusat-pusat pelayanan dan pendidikan, sedangkan PET belum banyak dikenal dan waktu ini hanya dipergunakan dalam bidang penelitian.

SPECT telah mulai dipergunakan di kota-kota besar di Indonesia, dengan berbagai hambatan, baik yang berkenaan dengan teknologi canggih. Perangkat kerasnya maupun pengadaan isotopnya.

PACS diwaktu akan datang akan merupakan tempat penyimpanan film yang amat praktis dan untuk mengadakan konsultasi yang amat cepat, yang dihitung dalam detik saja, baik antar kota di Indonesia misalnya, maupun konsultasi ke luar negeri.

MAGNETIC RESONANCE IMAGING (MRI)

Prinsip dari MRI adalah pembentukan suatu gambar/image yang direkonstruksi dengan memanfaatkan sifat magnetik dari nukleus inti bahan-bahan kimia penting yang berada dalam tubuh, terutama proton hidrogen.

Bila hidrogen ditempatkan dalam suatu medan magnet yang kuat, maka intinya akan mengadakan resonansi dengan osilasi medan magnet yang amat spesifik pada radiofrekwensi yang berkisar beberapa megahertz. Pada resonansi yang spesifik itu, bila dimasukkan radiofrekwensi, akan terjadi gangguan dari putaran inti hidrogen. Inti yang berputar tersebut bukan isotop radioaktif dan bukan sinar pengion. Pada hakekatnya signal-signal yang memancar dari resonansi nuklir/inti magnetik tidak memiliki energi yang besar, bahkan jutaan kali lebih kecil dari sinar-X atau sinar gamma. Keadaan demikian membuat MRI aman

dan tidak menimbulkan kelainan biologik. Prinsip dari MRI ini pertama dikemukakan oleh Bloch dan Purcell pada tahun 1946.

Dasar dari gambar MRI adalah inti hidrogen yaitu proton yang banyak dikandung dalam tubuh. Jaringan tubuh yang tidak mengandung protein atau sedikit sekali mengandung lemak, tidak dapat membentuk gambar. Bagian-bagian tubuh yang padat, seperti tulang kompakta, dan bagian-bagian tubuh yang mengandung gas, seperti usus-usus, hanya sedikit sekali memiliki kandungan proton hidrogen, sehingga sinyalnya pun tidak banyak dapat dimanfaatkan dalam rekonstruksi gambar MRI.

Penjelasan tersebut di atas adalah dasar tatalaksana "Diagnostic Imaging" dalam menentukan pemakaian MRI atau sinar-X dalam upaya mendeteksi suatu penyakit.

Untuk lebih jelasnya dikemukakan tiga dasar :

1. Pergunakanlah sinar-X : Bila suatu penyakit menunjukkan adanya perubahan/kelainan pada tulang atau organ-organ yang mengandung banyak udara.
2. Manfaatkanlah MRI : Bila suatu penyakit menunjukkan adanya perubahan/kelainan pada jaringan lunak (soft tissue).
3. Bila suatu penyakit menunjukkan adanya perubahan dari jaringan lemak (fatty tissue), MRI atau CT mempunyai nilai diagnostik yang sama.

MRI amat sensitif untuk mendeteksi akan adanya proses patologik pada jaringan lunak oleh sebab konsentrasi proton pada jaringan lunak normal/sehat, berbeda dengan konsentrasi proton pada jaringan lunak yang sakit.

Ringkasan cara pemeriksaan dengan MRI :

- Penderita dimasukkan ke dalam medan magnet.
- Dipancarkan gelombang radio.
- Gelombang radio dihentikan.
- Penderita memancarkan signal, yang diterima sistem komputer untuk :
- Rekonstruksi gambar/image.

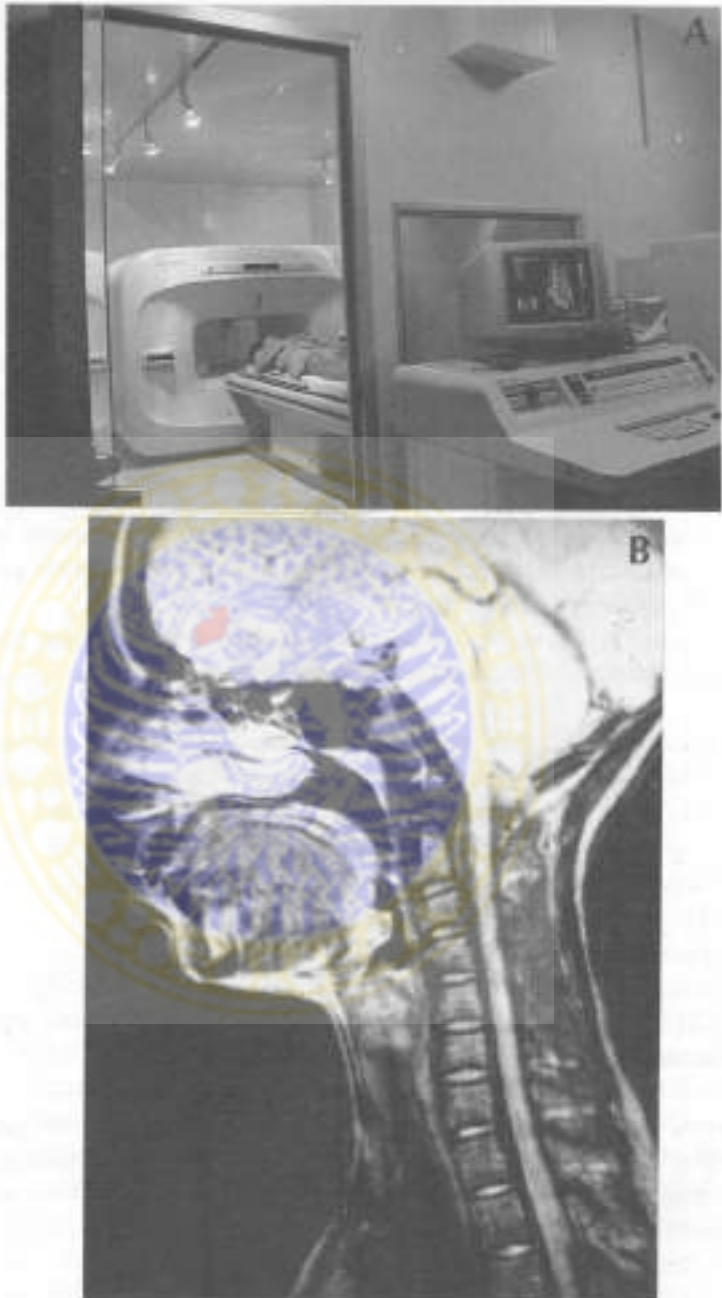
Frekwensi proton yang berada dalam medan magnet dan diberikan radio frekwensi dapat dihitung dengan rumus dari Larmor adalah apa yang dinamakan "Frekwensi Presesi" : $\omega_0 = \gamma B_0$

ω_0 = Frekwensi Presesi (Hz atau MHz)

B_0 = Kekuatan medan magnet (Tesla = T)

1 Tesla = 10.000 Gauss.

γ = Ratio Giromagnetik. Proton : 42.5 MHz/T.



Gambar 8. A, MRI suatu pesawat pengindera mutakhir yang menggunakan medan magnet berkekuatan besar. Gambar yang dihasilkannya mempunyai detail yang lebih baik dari peralatan yang lain, tanpa bahaya radiasi bagi penderitanya. B, Gambar MRI yang menunjukkan otak dan sumsum tulang belakang dengan sangat jelas.

Indikasi untuk pemeriksaan dengan MRI, CT, atau Radiografi konvensional :

1. Otak.

a. Tumor otak.

CT scan dengan kontras mempunyai nilai diagnostik yang sama dengan MRI tanpa kontras. Atas dasar ini perlu dipikirkan lebih jauh pada penderita dengan tumor otak, tetapi mempunyai resiko tinggi terhadap bahan kontras. Khusus untuk akustik neurinoma dan mikro-adenoma hipofisis, MRI dengan kontras mempunyai nilai diagnostik yang paling tinggi.

b. AVM (Arterio Venous Malformation).

MRI merupakan pemeriksaan non-invasif yang paling baik untuk mendeteksi akan adanya arteriovenous malformasi. Walaupun demikian arteriografi masih tetap diperlukan sebelum dilakukan operasi.

c. Penyakit-penyakit demielinasi (Demyelinating diseases).

Untuk penyakit ini MRI paling sensitif. CT scan sulit sekali untuk mendeteksi penyakit ini.

d. CVA (Cerebro Vascular Accident).

Duabelas sampai empat puluh delapan jam pertama sebaiknya dilakukan pemeriksaan dengan CT scan. Untuk ini CT cukup tinggi nilai diagnostiknya. Tetapi bila CVA telah berlangsung lebih dari 48 jam, dan kemungkinan telah terjadi apa yang disebut "red cerebral infarction" adakalanya pada CT scan tidak tampak oleh sebab terjadi gambaran yang isodens dengan jaringan otak. Tetapi dengan MRI akan tampak dengan jelas.

e. Neoplasma lain seperti tumor batang otak, seyogianya dilakukan pemeriksaan dengan MRI, karena CT nilai diagnostiknya rendah sekali.

2. Kepala dan leher.

Tumor pada daerah kepala dan leher, MRI amat bermanfaat untuk melihat struktur anatomisnya dan penjalaran keorgan-organ disekitarnya. CT scan kurang sensitif.

3. Tulang belakang.

a. Tumor pada daerah tulang belakang, seyogianya dilakukan pemeriksaan dengan MRI saja. Dalam hal ini CT scan atau myelografi kurang sensitif serta sulit untuk mendeteksi secara keseluruhan.

b. Syringomyelia.

MRI paling sensitif. Kiranya sampai sekarang belum ada pemeriksaan lain yang dapat menandingi MRI untuk mendeteksi akan adanya syringomyelia.

c. Diskus daerah leher dan punggung.

Pemeriksaan dengan MRI mempunyai nilai diagnostik yang sama dengan CT myelografi.

- d. Diskus daerah bokong.
Untuk daerah lumbal, pemeriksaan dengan MRI lebih baik daripada CT myelografi.
- e. Infeksi.
MRI amat sensitif. Adanya *focal infection* telah dapat dideteksi dengan MRI, tetapi biasanya tidak/belum tampak dengan lain cara pemeriksaan.
4. Kardiovaskuler,
 - a. Untuk mendeteksi adanya kelainan pada dinding dan rongga jantung, MRI lebih baik dari lain pemeriksaan.
 - b. Kardiomiopati.
Pemeriksaan dengan MRI mempunyai nilai diagnostik yang sama dengan SPECT.
 - c. Kelainan katub,
MRI lebih baik dari lain diagnostik imaging.
 - d. Massa intrakardia dan perikardia.
MRI amat sensitif dan lebih menestukan dari lain cara pemeriksaan.
 - e. KBD (Kelainan Bawaan Jantung).
Baik kardiografi, MRI, maupun kateterisasi mempunyai nilai diagnostik yang sama.
 - f. *Aneurisma aorta*.
MRI amat sensitif dan jelas non-invasif. Walaupun demikian perlu dilakukan angiografi preoperatif.
5. Thorax,
 - a. MRI paling sensitif untuk kelainan daerah mediastinum.
 - b. Daerah hilus, MRI lebih informatif dari cara lain pemeriksaan diagnostik imaging.
 - c. Paru.
CT scan lebih baik dan lebih informatif.
6. Hepar,
Tumor hepar dapat dilakukan pemeriksaan dengan MRI atau dengan kontras CT. Keduanya mempunyai nilai diagnostik yang sama.
7. Ginjal.
Tumor ginjal lebih baik dan lebih informatif bila dilakukan pemeriksaan dengan kontras CT.
8. Kelenjar Adrenalis.
Tumor kelenjar adrenalis, pemeriksaan dengan MRI mempunyai nilai diagnostik sama dengan kontras CT.

9. Pelvis.

Untuk *screening* tumor daerah pelvis, baik laki-laki maupun wanita : CT Scan.

Untuk *staging* : MRI.

10. Buli-buli.

Tumor, untuk diagnostik, pemeriksaan yang paling informatif dengan nilai diagnostik yang tinggi adalah *cystogram* atau IVP.

Untuk *staging*, MRI ekuivalen dengan CT scan.

11. Muskuloskeletal.

a. Sendi, pemeriksaan dengan MRI ekuivalen dengan artrografi, ekuivalen juga dengan artroskopi. Ketiga cara pemeriksaan ini mempunyai nilai diagnostik yang sama. Tetapi MRI tidak invasif seperti kedua cara pemeriksaan yang lain.

b. Liang sumsum tulang.
MRI paling sensitif.

c. Tumor jaringan lunak.
MRI paling sensitif.

SINGLE PHOTON EMISSION COMPUTED TOMOGRAPHY (SPECT)

Waktu ini ada 2 type SPECT yaitu :

1. Stasionair.
2. Rotating.

Yang banyak dipakai pada pelbagai Laboratorium Kedokteran Nuklir adalah type kedua yaitu *Rotating SPECT*.

Prinsip gambar/image yang dihasilkan adalah signal gamma photon yang diterima oleh detektor, selanjutnya diteruskan kesistem komputer untuk diproses, dan direkonstruksi sebagai gambar/image.

Sebagai isotop yang lazim dipakai adalah : I^{131} ; Tc^{99m} ; Tl^{201}

Aplikasi SPECT dalam Diagnostik Imaging :

1. Daerah kepala.

Untuk mendeteksi :

- Adanya perdarahan otak.
- Adanya penyakit Alzheimer.
- Kemungkinan adanya kelainan anatomik penyebab schizophrenia.
- Penyebab migrain.
- Epilepsi.
- Metastasis.

Isotop yang dipakai : I^{131} ; Tc^{99m}

2. Daerah thorax.

a. Jantung.

SPECT sangat informatif untuk mendeteksi dan membedakan adanya *ischaemia* atau infark pada otot jantung.

Isotop yang dipakai : Thallium (Tl^{201}).

b. Untuk mendeteksi kemungkinan adanya tumor, abses, fraktur; terutama untuk survei mencari metastasis, *focal infection*, ataupun penyakit-penyakit degeneratif.

Isotop yang dipakai : Te^{99m}

3. Abdomen.

a. Hepar.

Untuk deteksi mass dalam hepar, nilai diagnostik SPECT sama dengan CT.

Isotop : Te^{99m}

b. Limpa.

Penting untuk mendeteksi kemungkinan adanya ruptur oleh sebab trauma. Juga untuk mendeteksi kemungkinan adanya tumor limpa.

Isotop : Te^{99m}

c. Ginjal.

Dalam hal ini peran SPECT dapat dimanfaatkan untuk melakukan limfoskintigrafi. Juga untuk mendeteksi akan adanya tumor maupun abses.

Isotop : Te^{99m}

4. Daerah pelvis.

Terutama untuk mendeteksi kemungkinan adanya : Lesi pada tulang.

Misal :

- Nekrosis avaskular,
- *Stress fracture*,
- Spondylolisthesis,
- Ruda paksa pada sacrum.

Isotop : Te^{99m}



Gambar 9. Penderita yang sedang diperiksa dengan alat SPECT (*single photon emission computed tomography*). Berbeda dengan PET yang biasanya membutuhkan suatu *cycloiron*, SPECT dapat beroperasi menggunakan radioisotop yang biasanya lebih mudah didapatkan, sehingga pengoperasian alat ini lebih murah.



Gambar 10. Seluruh tubuh tergambar dalam *bone scan* yang dibuat dengan SPECT. Penderita diinjeksi dengan suatu bahan fosfat yang telah "dilabel" dengan zat radioaktif tingkat rendah (*technitium-99m*). Fosfat akan masuk ke dalam tulang.

POSITRON EMISSION TOMOGRAPHY (PET)

Prinsip dari PET sama dengan pesawat computed tomography imaging, lain tetapi yang digunakan adalah isotop yang mempunyai *half-life* yang amat pendek (hanya beberapa menit), dan mengeluarkan positron. Yang biasa dipergunakan adalah isotop oksigen, nitrogen, dan karbon. Oleh sebab *half-life* yang amat pendek ini, sistem PET perlu memiliki CYCLOTRON sendiri yang dapat membuat langsung isotop-isotopnya untuk segera dimanfaatkan. Karena itu sistem PET amat mahal dan sangat kompleks. Sampai waktu ini tidak lebih dari 30 negara yang mengoperasikan PET. Itupun masih dalam taraf untuk kepentingan penelitian, dengan harapan kemungkinan diwaktu yang akan datang negara kita juga akan memiliki PET.

Garis-garis besar aplikasi dari PET adalah sebagai berikut :

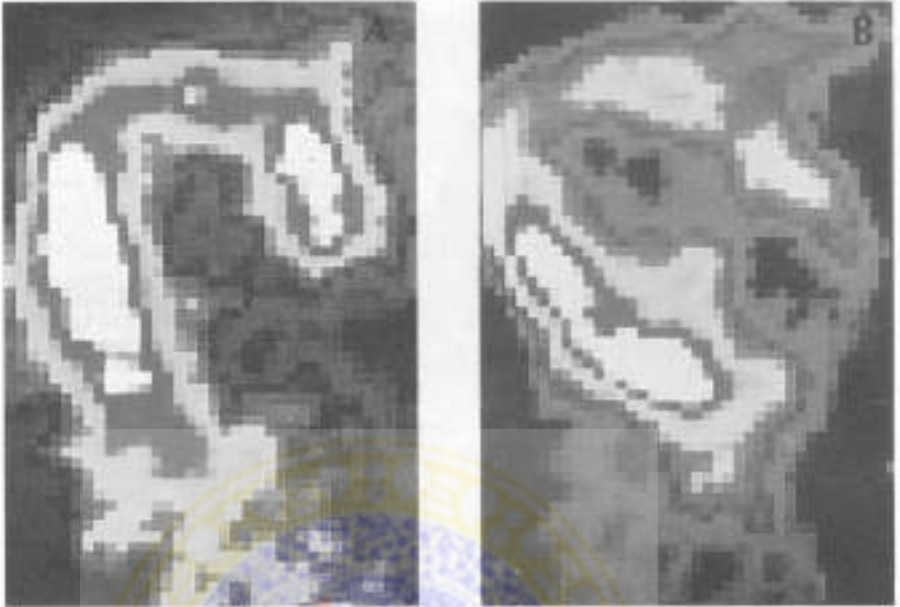
1. Neurologi
 - a. Sebagai tambahan pemeriksaan pada kasus-kasus yang meragukan,
 - b. Evaluasi *ischemia* dan *stroke*.
 - c. Evaluasi *epilepsi fokal* : Penentuan "epileptogenic focus" untuk dilakukan pembedahan.
 - d. Evaluasi kelainan degeneratif atau keadaan *depressi*.
2. Jantung
 - a. Evaluasi *ischemia* atau infark.
3. Onkologi
 - a. *Tumor staging*.
 - b. Pemantauan pengobatan tumor.



Gambar 11. Seorang penderita di dalam sebuah PET scanner (*positron emission tomography*) dengan memegang erat. Genggaman yang erat ini merupakan simulasi suatu latihan fisik atau *stress test*. Alat ini akan mengukur kadar radio-isotop di dalam jantung untuk menentukan apakah otot jantungnya mendapatkan suplai darah yang normal.



Gambar 12. Kerja sebuah alat PET scanner. Otak menerima zat gula yang berisotop yang memancarkan positron. Positron akan bertumbukan dengan elektron dan memancarkan dua sinar gamma 1. Sinar gamma ini menumbuk kristal-kristal pada detektor 2 yang mengelilingi kepala penderita (atau bagian tubuh yang lain) dan menyebabkan kristal-kristal itu berpendar (mengeluarkan sinar). Komputer mencatat setiap pancaran sinar yang terjadi dan mengubahnya menjadi sebuah gambar.



Gambar 13. A. Hasil PET scan : jantung dengan warna merah dan putih yang menunjukkan suplai darah yang normal. B. Setelah dilakukan simulasi suatu latihan fisik, tampak berkurangnya suplai darah dibagian atas (dinding ventrikel) dengan menghilangkan warna merah dan putih.

PICTURE ARCHIVING and COMMUNICATION SYSTEM (PACS)

Sejak ditemukannya sinar-X, segala pemeriksaan radiologik dan penyimpanan hasil-hasil pemeriksaannya, didasarkan pada pemakaian film.

Dengan kemajuan-kemajuan yang pesat dalam teknologi komputer dan kemajuan-kemajuan dalam bidang teknologi deteksi dengan sinar-X, waktu ini segala pekerjaan, arsip-arsip dokumen medik yang berbentuk gambar/image dapat dilakukan secara elektronik.

Pada hakekatnya semua pemeriksaan-pemeriksaan digital (CT, MRI, dan sebagainya) dapat disimpan secara elektronik. Walaupun demikian, hal ini jarang dilakukan. Hasil-hasil pemeriksaan radiologik yang dihasilkan secara digital masih disimpan sebagai arsip dalam film. Ada beberapa alasan yang dikemukakan, antara lain :

- Sistem *electronic display* untuk mendeteksi suatu penyakit baru dilakukan belum lama berselang.
- Tradisi yang menyimpan film sebagai arsip telah dilakukan bertahun-tahun dan telah mengakar sehingga sulit diubah.
- Perlu adanya tenaga tertentu yang trampil dalam pengoperasian peralatan elektronik, jadi perlu adanya biaya tambahan.
- Harga dari peralatan seperti PACS yang masih cukup mahal.

Kemampuan dan kegunaan PACS :

- Merubah gambar radiografi konvensional menjadi gambaran digital.
- Dapat mentransfer gambar radiologi dari satu kota ke kota lain, bahkan ke luar negeri, hanya dalam waktu beberapa detik kemampuan ini dapat dimanfaatkan untuk konsultasi.
- Dapat menyimpan gambar-gambar radiologik sebagai arsip.
- Semua gambar/image dapat didisplay kembali, baik untuk keperluan diagnostik primair maupun untuk review.
- Untuk keperluan penelitian.

Secara singkat PACS dapat membantu secara efektif dan efisien dalam bidang Pendidikan-Pelayanan-Penelitian.

Dengan kehadiran pesawat-pesawat dengan teknologi tinggi menuntut pemahaman dan ketrampilan yang tinggi pula. Teknologi tinggi adalah mahal; menjadikan biaya pelayanan yang mahal.

Kehadiran teknologi tinggi sulit untuk ditolak. Yang perlu dilakukan adalah koordinasi dan bukan duplikasi, karena dengan duplikasi akan lebih mahal, dan tidak produktif.

Demikianlah uraian saya tentang perkembangan yang pesat Diagnostik Radiologi dari sejak ditemukannya sinar-X sampai sekarang dan perkiraan di masa yang akan datang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Hadirin yang saya muliakan,

Saya telah mengawali uraian saya dengan memanjatkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa; berkenankan saya mengakhirinya dengan sekali lagi memanjatkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan bimbinganNya kepada kita semua.

Kepada Pemerintah Republik Indonesia saya ucapkan terima kasih atas kepercayaan yang diberikan kepada saya untuk memangku jabatan sebagai Guru Besar pada Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga.

Kepada saudara Rektor Universitas Airlangga Prof. dr. Soedarso Djojonegoro, Senat Guru Besar Universitas Airlangga, Dekan Fakultas Kedokteran Prof. dr. R. Soemarto, dan mantan Dekan Fakultas Kedokteran Prof. dr. IGN Gde Ranuh, saya ucapkan terima kasih atas persetujuan dan pengusulan saya sebagai Guru Besar.

Kepada Prof. dr. Asmino saya sampaikan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya atas penerimaan saya di Bagian Radiologi, memberi dorongan dan kesempatan kepada saya untuk mengembangkan pengetahuan dan pengabdian saya di Bagian Radiologi. Sampai sekarangpun beliau tidak pernah berhenti dalam upaya untuk memajukan pendidikan, pelayanan, dan penelitian dalam bidang Radiologi. Jasa-jasa beliau tidak akan dapat kami lupakan.

Kepada Prof. dr. Karjadi Wirjoatmodjo, Direktur RSUD Dr. Soetomo saya sampaikan ucapan terima kasih atas segala bantuan dan kerja samanya yang baik dalam upaya meningkatkan pendidikan, pelayanan, dan penelitian, yang efektif, efisien, dan manusiawi.

Kepada Prof. dr. R.K. Tamin Radjamin, Prof. dr. Pangeran Siregar, Prof. Dr. dr. Askandar Tjokroprawiro, Prof. dr. Haroen Atmodiriono, yang tidak henti-hentinya membantu serta mendorong saya dalam meniti karier, saya ucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya.

Pada kesempatan yang berbahagia ini saya ingin pula menyampaikan rasa terima kasih saya yang setulus-tulusnya kepada segenap guru saya yang telah mendidik dan membimbing saya mulai dari Sekolah Dasar, SMP, SMA, sampai Fakultas Kedokteran. Tanpa pendidikan dan bimbingan beliau-beliau kiranya saya tidak

akan dapat mencapai jenjang seperti sekarang ini.

Pada kesempatan ini ingin juga saya sampaikan rasa terima kasih saya kepada pendidik dan pembimbing di luar negeri antara lain Prof. Weissleder dari DKD. Wiesbaden Jerman dan Dokter Adapont dari MMC. Manila Filipina.

Kepada Prof. dr. H. Moch. Soebagyo Singgih, dr, Rustiadji, Ir. Mahyaranto, saudara Jansen Hutapea, beserta segenap staf, karyawan dan peserta PPDS I Laboratorium UPF Radiologi yang tidak bisa saya sebutkan namanya satu-persatu, saya sampaikan terima kasih atas kerjasama yang baik selama ini. Pengertian yang baik diantara kita akan mempersatukan kita demi kelancaran dalam melaksanakan tugas pengabdian kita dalam pendidikan, pelayanan, dan penelitian.

Pada saat-saat yang berbahagia ini ingin pula saya mengucapkan terima kasih, serta mengenang kasih sayang ayah dan ibu yang telah meninggal dalam usia lanjut. Semoga apa yang telah saya capai sesuai dengan cita-cita dan harapan beliau.

Kepada istri dan anak-anak yang tercinta, saya sampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala kesabaran, pengertian, dan rasa kasih sayang yang diberikan kepada saya, sehingga kita dapat hidup bersama dengan rukun, damai, dan sejahtera; hendaknya demikianlah untuk seterusnya.

Kepada seluruh anggota panitia pengukuhan yang telah meluangkan waktu, dengan jerih payah membantu dalam penyelenggaraan upacara pengukuhan ini, saya ucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya.

Akhir kata kepada hadirin sekalian yang telah meluangkan waktu yang sangat berharga, untuk menghadiri upacara ini, saya sampaikan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya.

Semoga Tuhan selalu memberkati dan membimbing kita dalam melaksanakan tugas dan pekerjaan sehari-hari.

Amin.

KEPUSTAKAAN

1. Asmino : Pemeriksaan Radiologi Dasar dan Perkembangannya. Dikemukakan pada penataran peziawat RSUD Dr. Sutomo, Surabaya, 1984.
2. Berquist, Th. H. : MRI of the Muskuloskeletal system. Raven Press - New York.
3. Bradley, W.G.; Bydder, G. : MRI Atlas of the Brain. Raven Press - New York.
4. Bydder, G. dan kawan-kawan : Contrast Media in MRI. International Workshop - Berlin. Febr. 1-3, 1990. Medicom.
5. Enzmann D.R. dan kawan-kawan : Magnetic Resonance of the Spine. The C.V. Mosby Company. St. Louis Baltimore Philadelphia Toronto 1990.
6. Friedman, A.C. dan kawan-kawan : Clinical Pelvic Imaging. CT, USG, and MRI. Mosby company. St. Louis. Baltimore. Philadelphia. Toronto.
7. Grossman, C.B. MRI and CT of the Head and Spine. Williams and Wilkins-Baltimore.
8. Keat, D.M.; Smith, M.A. : MRI. Principles and Applications Williams and Wilkins. Baltimore.
9. Lange, S. dan kawan-kawan : Cerebral and Spinal computerized Tomography. Schering.
10. Morrison E.K.; Edeiken J. : The Hand and Wrist in Systemic Disease. The Williams and Wilkins Company/Baltimore.
11. Schild, H.H. : MRI Made Easy. Schering A.G. Berlin/Bergkamen 1990.
12. Sochurek H.; Miller P. : Medicine's New Vision. National Geographic. Vol. 171, No. 1 January 1987. p. 2-41.
13. Straub, W.H. : Manual of Diagnostic Imaging. Little, Brown and Company. Boston/Toronto/London.
14. Suyono Hadi : Ultrasonografi Abdomen. Penerbit Alumni/1985/Bandung, Kotak Pos 272.



RIWAYAT HIDUP

- Nama : Prof. dr. Benny Huwae
NIP/KARPEG : 130287017/B.191628
Tempat dan tanggal lahir : Salatiga, 12 Juni 1938
Agama : Kristen
Kawin/tidak kawin : Kawin
Istri : dr. Liliek Sunarti
Anak : Christina Elizabeth
Evi Martha Elveira
Thomas Christian Erwin
Esther Diana
- Alamat Sekarang : Jalan Dharmawangsa Selatan 5 Surabaya
- Pendidikan :
15-4-1967 : Lulus dokter di Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga.
1-7-1972 : Mendapat Brevet Radiologi.
- Riwayat Pekerjaan :
1-12-1966 : Mulai bekerja di Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga dan diangkat menjadi Pegawai Bulanan dengan Pangkat Asisten Ahli (golongan F/II) di Bagian Radiologi.
1-1-1968 : Inpassing PGPS 1968 Pangkat berubah menjadi Penata Muda Tingkat I/Asisten Ahli (golongan III/B) dmp. Radiologi.
1-11-1968 : Diangkat menjadi Pegawai Negeri.
1-10-1972 : Naik pangkat menjadi Penata/Lektor Muda (golongan III/C) dmp. Radiologi.
1-4-1975 : Naik pangkat menjadi Penata Tingkat I (golongan III/D) dmp. Radiologi.

- 1-4-1977 : Inpassing PGPNS 1977 perubahan gaji Pegawai Negeri Sipil.
- 1-4-1977 : Naik pangkat menjadi Pembina/Lektor (golongan IV/a) dmp. Radiologi.
- 1-10-1979 : Naik pangkat menjadi Pembina tingkat I (golongan IV/b) Lektor Kepala dmp. Radiologi.
- 1-10-1984 : Diangkat menjadi Kepala Laboratorium Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga.
- 1-4-1985 : Naik pangkat menjadi Pembina Utama Muda/Lektor Kepala (golongan IV/c) dmp. Radiologi.
- 1-7-1992 : Diangkat menjadi Guru Besar Madya dmp. Radiologi.

KARYA ILMIAH

a. Author

1. Tumor dan lain-lain keadaan/penyakit yang bisa diobati dengan radiasi.
2. Congenital Heart disease.
3. Illitis terminalis.
4. Tumor Ginjal.
5. Charcot Joint.
6. Gastritis.
7. Carcinoid tumor dari usus halus.
8. Lymphografi pada cervix Ca.
9. Angiography.
10. Limfografi pada tumor ganas.
11. Angiografi pada Juvenile Nasopharyngeal Angiofibroma (JNA) dan Angiofibroma (AF).
12. Lymphangiography in two patient with chyluria.
13. Trauma capitis ditinjau dari segi Radiologi.
14. The value of Lymphography in malignant disease.
15. Arteriografi pada abses otak.
16. Sindroma proceccus styloideus.
17. Whole body Computerized Tomography.
18. Dimer X ventriculography.
19. Infertilitas sekunder pada lelaki dengan spina bifida.
20. Peran Radiodiagnostik dalam diagnosis Limfoma dan penentuan penyakitnya.
21. Peran Radiologi dalam menunjang penilaian tumbuh kembang anak.
22. Orbital tumor's : CT Diagnosis.
23. Prediksi tinggi dewasa anak Indonesia atas dasar usia tulang.

24. Tumor ganas tulang.
25. Peranan CT Scan untuk Pasien-pasien dengan Trauma Capitis.
26. Optimalisasi penggunaan sarana radiologi untuk menunjang pemerataan di bidang kesehatan.
27. Perkembangan terakhir pelayanan radiologi.

b. Co Author

1. Pemeriksaan Rontgenologis untuk membantu diagnosis Gastritis chronica.
2. Nephrocalcinosis ditinjau dari segi radiologi.
3. Beberapa aspek dari segi diagnostik mediastinal mass.
4. Gambaran radiologi tulang-tulang leher pada penderita dengan nyeri tengkuk.
5. Nephrocalcinosis, laporan kasus.
6. Suatu kasus penyakit micro invasive carcinoma dari cervix uteri.
7. Pengukuran hepar orang normal dewasa muda dengan Ultrasonography di Rumah Sakit Dr. Soetomo.
8. IVP dengan non ionik kontras media pada penderita yang alergik, takit jantung dan asthma.
9. Plain foto dan CT Scan pada kelainan sella dan sekitarnya.

KURSUS/LATIHAN

1. Mengikuti kursus dasar statistik dan Methodologi Penelitian yang diadakan pada tanggal 5-10-1971 sampai dengan 16-11-1971.
2. Memperdalam Radiologi Khususnya Angiography, termasuk Arteriography, Limfography, dan phlebography selama 3 bulan di Jerman Barat di Deutsche Klinik fur Diagnostic Wiesbaden.
3. Mengikuti penataran lanjut tenaga peneliti pendidikan Pasca Sarjana/Doktor di Universitas Airlangga 15-17 September 1980.
4. Mengikuti pendidikan CT Scan di Berlin Jerman tahun 1980.
5. Mengikuti pendidikan MRI di Philipina tahun 1991.

TANDA JASA/PENGHARGAAN

1. Mendapat Penghargaan dari Gubernur Jatim sebagai Tim Gigantisme tanggal 22 Agustus 1988.
2. Mendapat Penghargaan dari Direktur RSUD. Dr. Soetomo/Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga sebagai Tim Medik Gigantisme tanggal 17 Oktober 1988.

3. Mendapatkan Penghargaan dari Direktur RSUD, Dr. Soetomo/Dekan Fakultas Kedokteran Universitas sebagai Tim Medik Transplantasi Ginjal tanggal 17 Oktober 1988.
4. Mendapatkan penghargaan dari Direktur RSUD, Dr. Soetomo/Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga sebagai Tim Bedah Jantung tanggal 17 Oktober 1988.
5. Mendapat Penghargaan dari DEPKES RI tentang Peningkatan Ketrampilan Petugas Pemeliharaan dan Perbaikan Peralatan Rumah Sakit tanggal 22 Januari 1990.

Surabaya, 6 Januari 1993.

