

KEDOKTERAN NUKLIR DAN APLIKASI TEKNIK NUKLIR DALAM KEDOKTERAN



ID0000055

Kunto Wiharto

Pusat Standardisasi dan Penelitian Keselamatan Radiasi - BATAN

ABSTRAK

KEDOKTERAN NUKLIR DAN APLIKASI TEKNIK NUKLIR DALAM KEDOKTERAN.

Pemanfaatan teknik nuklir dalam bidang kedokteran mempunyai lingkup yang luas, tidak terbatas pada kedokteran nuklir dan radiologi saja melainkan juga meliputi penentuan kandungan mineral tubuh dengan teknik pengaktifan neutron serta teknik fluoresensi sinar-X baik secara *in vitro* maupun *in vivo*, pemakaian radioisotop sebagai perunut dalam farmakologi dan biokimia, dll. Dalam makalah ini diuraikan tentang perunut ideal dalam kedokteran nuklir, pencitraan fungsional dan pencitraan morfologik, aspek klinik dan proteksi radiasi dalam kedokteran nuklir. Teknik nuklir menawarkan kemudahan dan kemungkinan yang luas baik bagi dunia pelayanan maupun penelitian dalam kedokteran. Pengembangan metoda diagnostik maupun terapeutik dengan menggunakan antibodi monoklonal yang ditandai dengan radioisotop tak pelak lagi akan sangat besar peranannya dalam penanggulangan penyakit di masa depan.

ABSTRACT

NUCLEAR MEDICINE AND APPLICATION OF NUCLEAR TECHNIQUES IN MEDICINE. The use of nuclear techniques in medicine covers not only nuclear medicine and radiology in strict sense but also determination of body mineral content by neutron activation analysis and X-ray fluorescence technique either *in vitro* or *in vivo*, application of radioisotopes as tracers in pharmacology and biochemistry, etc. This paper describes the ideal tracer in nuclear medicine, functional and morphological imaging, clinical aspect and radiation protection in nuclear medicine. Nuclear technique offers facilities and chances related to research activities and services in medicine. The development of diagnostic as well as therapeutic methods using monoclonal antibodies labeled with radioisotope will undoubtedly play an important role in the disease control.

PENDAHULUAN

Penggunaan isotop radioaktif dalam biologi dan kedokteran telah dimulai sejak tahun 1901 oleh HENRI DANLOS yang menggunakan isotop radium untuk pengobatan penyakit tuberculosis pada kulit. Kemudian pada tahun 1920-an HEVESY dkk. mempelajari distribusi dan metabolisme radioisotop alamiah (timah hitam, bismuth, dan thorium) pada tanaman dan hewan. Selanjutnya BLUMGART dan WEISS (1927) meneliti kecepatan sirkulasi darah pada orang normal dan pasien penyakit jantung dengan menggunakan gas radon yang dilarutkan dalam larutan garam fisiologik [1,2].

Pemanfaatan isotop radioaktif sebagai perunut dalam ilmu kedokteran berkembang pesat setelah FREDERIC JOLIOT dan IRENE JOLIOT-CURIE (1934) menemukan radioaktivitas buatan P-32. Beberapa tokoh lain yang berjasa dapat disebutkan disini adalah [1,3]:

- CASSEN (1949) yang berhasil memetakan kelenjar gondok dengan menggunakan radioisotop I-131.

- HAL ANGER penemu kamera gamma pada tahun 1957.
- YALLOW dan BERSON yang mendapat hadiah Nobel untuk teknik RIA (Radio-immunoassay) yang mereka temukan pada tahun 1960.
- PERRIER dan SEGRE menemukan Technetium-99m pada tahun 1961.

Aplikasi teknik nuklir dalam bidang kedokteran di Indonesia telah dimulai sejak akhir tahun enam puluhan, setelah reaktor atom Indonesia yang pertama mulai beroperasi di Bandung. Beberapa tenaga ahli Indonesia dibantu oleh ahli dari luar negeri mulai merintis pendirian suatu unit kedokteran nuklir di Pusat Reaktor Atom Bandung (kini bernama Pusat Penelitian Teknik Nuklir), salah satu Pusat Penelitian di lingkungan Badan Tenaga Atom Nasional. Unit ini merupakan cikal bakal Unit Kedokteran Nuklir RSU Hasan Sadikin/ Fakultas Kedokteran Universitas Padjadjaran [4]. Dewasa ini di Indonesia terdapat 15 Rumah Sakit (3 di antaranya di luar Jawa) yang dilengkapi dengan unit Kedokteran Nuklir.

KEDOKTERAN NUKLIR

Ilmu Kedokteran Nuklir adalah cabang ilmu kedokteran yang menggunakan sumber radiasi terbuka berasal dari inti radionuklida buatan untuk mempelajari perubahan fisiologik dan biokimia sehingga dapat digunakan untuk tujuan diagnostik, terapi, dan penelitian (World Health Organization) [5].

Pada kegiatan kedokteran nuklir untuk keperluan diagnostik, radioisotop dapat dimasukkan ke dalam tubuh pasien secara inhalasi melalui jalan pernafasan, atau melalui mulut, ataupun melalui injeksi (studi in vivo). Di samping itu dapat pula radioisotop hanya direaksikan dengan bahan biologik (darah, urine, cairan serebrospinal, dsb.) yang diambil dari tubuh pasien (studi in vitro).

Pada studi in vivo, setelah dimasukkan ke dalam tubuh maka nasib radioisotop selanjutnya di dalam tubuh dapat diperiksa dengan :

1. Membuat citra (gambar) organ atau bagian tubuh yang mengakumulasi radioisotop tersebut dengan peralatan kamera gamma atau kamera positron (imaging technique).
2. Menghitung aktivitas yang terdapat pada organ atau bagian tubuh yang mengakumulasi radioisotop dengan menempatkan detektor radiasi gamma di atas organ atau bagian tubuh yang diperiksa (external counting technique).
3. Menghitung aktivitas radioisotop yang terdapat dalam contoh bahan biologik yang diambil dari tubuh pasien dengan menggunakan pencacah gamma (gamma counters) berbentuk sumur (sample counting technique).

Informasi yang diperoleh dengan teknik pencitraan tersebut di samping berupa gambar (citra) organ atau bagian tubuh atau bahkan seluruh tubuh (whole body imaging), juga dapat berupa kurva-kurva atau angka-angka. Sedangkan studi in vivo dengan teknik "external counting" atau "sample counting" hanya dapat memberikan informasi berupa kurva atau angka. Informasi tersebut mencerminkan fungsi organ atau bagian tubuh yang diperiksa.

Studi in vivo dapat bersifat statik atau dinamik. Statik artinya memberikan informasi pada suatu saat tertentu saja, sedang studi

dinamik memberikan informasi berupa perubahan keadaan pada organ atau bagian tubuh selama kurun waktu tertentu. Studi dinamik mengukur kinerja (performance) suatu organ atau suatu sistem tubuh menurut fungsi waktu. Variabel yang diukur dapat berupa jumlah dan distribusi perunut radioaktif (variable kuantitatif). Dengan bantuan komputer, dari variabel tersebut dapat diperoleh informasi lain seperti laju pengurangan kuantitas perunut, retensi perunut dalam organ, pola gerak organ (misalnya cardiac wall motion), dsb.

Pada studi in vitro, dari tubuh pasien diambil sejumlah tertentu bahan biologik (misalnya 1 ml darah). Contoh bahan biologik tersebut direaksikan dengan suatu zat yang telah ditandai dengan radioisotop. Pemeriksaan ini biasanya digunakan untuk mengetahui kandungan zat tertentu dalam tubuh misalnya hormon insulin atau tiroksin, obat jantung (digitalis), dsb. Teknik RIA (Radio-immunoassay) ini menggunakan alat pencacah gamma berbentuk sumur untuk mencacah radioaktivitas, demikian juga pemeriksaan lain yang termasuk studi in vitro seperti misalnya uji proliferasi limfosit, uji sitotoksik dan sitolitik, dsb.

Radioisotop yang dimasukkan ke dalam tubuh pasien pada studi in vivo dan bisa disebut radiofarmaka itu pada umumnya terdiri dari dua komponen yaitu isotop radioaktifnya sendiri dan senyawa pembawanya. Radiasi yang dipancarkan oleh radioisotop itulah yang membuat suatu radiofarmaka dapat dideteksi dan diketahui lokasinya, sedang senyawa pembawa menentukan tempat akumulasi radiofarmaka tersebut. Untuk keperluan diagnostik, radiofarmaka yang ideal adalah yang radiasinya mudah dideteksi dengan kualitas citra yang baik dan aman dari segi proteksi radiasi serta dari segi toksisitasnya, yaitu bila [2] :

1. Bertanda radioisotop pemancar radiasi foton murni dengan energi berkisar antara 100-400 keV dan mempunyai waktu paro pendek.
2. Stabil dalam bentuk senyawanya.
3. Mempunyai distribusi in vivo yang optimum, kontras antara organ yang diperiksa dengan bagian tubuh di

sekitarnya dapat diperoleh dalam waktu yang tidak terlalu lama.

4. Memenuhi persyaratan farmasetikal pada umumnya (steril, apyrogen, non-toksik, dsb.).

Bila untuk keperluan diagnostik, radioisotop digunakan dalam dosis kecil (perunut) maka pada pemakaian untuk keperluan radioterapi metabolik, radioisotop sengaja diberikan dalam dosis besar. Dipilih radioisotop pemancar radiasi partikel dengan energi cukup besar dengan tujuan melenyapkan atau menghancurkan sasaran yang kebanyakan berupa sel-sel ganas (kanker). Radioisotop pemancar campuran partikel dan foton mempunyai keuntungan tersendiri karena foton yang dipancarkan memungkinkan penentuan parameter yang perlu diketahui pada radioterapi seperti misalnya laju pengambilan perunut (uptake rate) oleh organ yang diobati.

PENCITRAAN KEDOKTERAN NUKLIR [4]

Berbeda dengan pencitraan (imaging) dengan pesawat CT-Scan, USG maupun MRI dalam radiologi yang sifatnya morfologik (morphological imaging) karena lebih didasarkan pada perubahan atau perbedaan karakter fisik anatomik yang menimbulkan perubahan atau perbedaan transmisi radiasi atau sinyal radiofrekuensi ataupun gelombang suara yang melalui organ atau bagian tubuh yang diperiksa, maka pencitraan dengan menggunakan kamera gamma atau kamera positron pada kedokteran nuklir bersifat fungsional (functional imaging) karena didasarkan pada perubahan biokimiawi-fisiologik yang menimbulkan pola emisi radiasi yang mencerminkan fungsi organ atau bagian tubuh yang diperiksa.

Pada kedokteran nuklir diagnostik, radiasi pengion yang digunakan pada umumnya adalah radiasi gamma yang berasal dari inti atom, meskipun kadang-kadang digunakan pula radiasi-X yang berasal dari kulit atom (misalnya dari thalium-201).

APLIKASI KLINIS [6]

Dewasa ini peranan kedokteran nuklir cukup besar dalam menunjang diagnosis penyakit-penyakit secara tepat, cepat dan

seringkali lebih dini. Hampir semua cabang ilmu kedokteran dapat memanfaatkan peranan kedokteran nuklir. Dalam praktek, kedokteran nuklir biasa digunakan untuk menunjang diagnosis penyakit-penyakit antara lain :

- tumor.
- hiper atau hipofungsi kelenjar yang memproduksi hormon (kelenjar gondok, pankreas, anak ginjal, dsb.).
- kelainan penyediaan atau aliran darah ke suatu alat tubuh (otot jantung, paru-paru, ginjal, dsb.).
- kelainan fungsi motorik alat tubuh (transit makanan dalam lambung, refluks urine, dsb.).

TABEL 1. Pencitraan Kedokteran Nuklir dan Pencitraan Radiologik dengan Menggunakan Radiasi Pengion.

	Kedokteran Nuklir	Radiologi
Sumber radiasi	Zat radioaktif sumber terbuka	Zat radioaktif sumber tertutup atau pesawat pembangkit radiasi.
	Di dalam tubuh pasien	Di luar tubuh pasien
Pembentukan citra	Emisi radiasi	Transmisi radiasi
	Perbedaan akumulasi radiofarmaka karena proses biokimiawi fisiologik	Perbedaan penetrasi radiasi karena perbedaan karakteristik fisik-anatomik
Informasi	Terutama fungsional	Terutama morfologik

Sedang pada radioterapi metabolik digunakan radioisotop :

- I-131 untuk terapi kanker dan hiperfungsi kelenjar gondok.
- P-32 untuk terapi keganasan pada sel-sel darah merah.
- Sm-153 EDTMP untuk terapi paliatif penyebaran tumor ganas pada tulang.

PENGGUNAAN ANTIBODI MONOKLONAL DALAM KEDOKTERAN NUKLIR [7,8,9,10]

Dalam Kedokteran Nuklir, antibodi monoklonal digunakan baik pada studi in vitro (untuk deteksi petanda tumor) maupun pada studi in vivo (imunositografi) bahkan dewasa ini sedang dikembangkan untuk radio-

imunoterapi. Semua teknik ini menggunakan prinsip imunologi, antibodi tumor akan berikatan secara spesifik dengan tumor yang berfungsi sebagai antigen.

Ide pencarian sasaran tumor oleh antibodi sebenarnya telah dikemukakan sejak tahun 1945. Namun pada saat itu pengetahuan mengenai metode imunologi belum semaju sekarang. Pada saat itu orang menggunakan antibodi poliklonal maka kereaktifannya terhadap jaringan tumor juga kurang spesifik. Namun dengan penemuan teknik hibridoma untuk pembuatan antibodi monoklonal oleh KOHLER dan MILSTEIN maka dewasa ini antibodi poliklonal praktis digantikan oleh antibodi monoklonal. Antibodi monoklonal yang dibuat dengan menggabungkan sel limfosit-B dengan sel myeloma dalam media polietilen glikol (PEG) membentuk sel hibridoma; antibodi monoklonal kemudian dapat diisolasi dari kultur jaringan atau cairan "monce ascites" dari hibridoma yang telah diseleksi. Untuk keperluan studi in vitro, studi in vivo maupun radioimunoterapi maka antibodi monoklonal perlu ditandai dengan isotop radioaktif.

Suatu inovasi dalam terapi radiasi tumor dewasa ini adalah penggunaan berkas neutron untuk menyinari jaringan tumor yang banyak mengandung boron (unsur yang sangat efektif menangkap neutron). Melalui reaksi $B-10(n,\alpha)Li-7$ dihasilkan radiasi alpha yang akan diserap seluruhnya oleh jaringan tumor. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk membawa boron secara selektif pada jaringan tumor adalah dengan menggabungkan boron dengan antibodi monoklonal yang bereaksi spesifik dengan antigen tumor.

PEMANFAATAN TEKNIK NUKLIR DI LUAR KEDOKTERAN NUKLIR [11,10] :

Di luar kedokteran nuklir dan radiologi yang menggunakan radiasi pengion (pemeriksaan Sinar-X konvensional, CT-Scan dan radioterapi dengan sinar-X maupun radiasi gamma) maka teknik nuklir masih memberikan sumbangan yang cukup besar dalam kedokteran, yaitu misalnya :

1. **Teknik pengaktifan neutron**, untuk menentukan kandungan mineral tubuh,

terutama untuk unsur-unsur yang hanya terdapat dalam jumlah yang sangat kecil di dalam tubuh (Oligo-elemen : Co, Cr, F, Fe, I, Mn, Se, Si, Sn, V, Zn, dsb). Kelebihan teknik ini adalah kepekaannya yang sangat tinggi dan sifatnya yang tidak merusak. Pada teknik in-vitro, bahan biologik yang hendak diperiksa ditembak dengan neutron hingga menjadi radioaktif. Berdasarkan hasil pencacahan radioaktivitas contoh bahan biologik yang diperiksa yang kemudian dibandingkan dengan radioaktivitas standar maka dapat ditentukan kandungan unsur dalam bahan tersebut. Disamping teknik in-vitro, telah dikembangkan teknik pengaktifan neutron secara in-vivo untuk analisis kandungan kadmium dalam hati dan ginjal.

2. **Pengukuran kerapatan tulang dengan teknik "Photon absorptiometry"**. Pengukuran ini dilakukan dengan menyinari tulang dengan radiasi gamma. Berdasarkan banyaknya radiasi gamma yang terserap oleh tulang yang diperiksa. Teknik pemeriksaan semacam ini membantu dalam mendiagnosis osteoporosis, yaitu : suatu penyakit yang sering menyerang wanita setelah mati haid dan menyebabkan tulang menjadi keropos sehingga mudah patah.
3. **Dalam farmakologi**, studi farmakokinetika untuk memperoleh informasi tentang absorpsi, distribusi dan eliminasi obat dapat dilakukan dengan menandai obat yang hendak dipelajari dengan C-14 atau H-3. Beberapa saat setelah obat bertanda radioaktif itu dimasukkan ke dalam tubuh sukarelawan pada penelitian itu, maka dilakukan pengukuran radioaktivitasnya dalam beberapa cairan tubuh seperti misalnya darah, cairan empedu, urine dsb.

SEGI PROTEKSI RADIASI PADA APLIKASI TEKNIK NUKLIR DALAM KEDOKTERAN [13]

A. Proteksi radiasi untuk pasien

Dosis radiasi yang diterima oleh pasien termasuk dalam penerimaan dosis untuk keperluan medik (medical exposure). Pengendalian penyinaran medik hanya menerapkan azas pembenaran (justification) dan azas optimasi, artinya suatu prosedur

kedokteran yang melibatkan radiasi hanya layak dilakukan jika memang ada indikasi medik yang kuat dan tidak ada cara lain yang dapat memberikan informasi medik yang dikehendaki. Optimasi dilakukan mulai sejak perancangan peralatan dan prosedur kerja. Perlengkapan lainnya misalnya film terus menerus ditingkatkan kualitasnya sehingga dengan dosis yang makin kecil dapat diperoleh citra dengan kualitas yang sama atau bahkan lebih baik.

B. Proteksi radiasi untuk petugas

Pada kedokteran nuklir, petugas dapat memperoleh penyinaran luar selama preparasi radiofarmaka, penyuntikan radiofarmaka dan pembuatan citra. Di samping itu petugas dapat memperoleh kontaminasi internal melalui inhalasi atau penelanan yang tidak sengaja ataupun tertusuk jarum suntik yang telah berisi zat radioaktif. Bahaya radiasi eksternal dapat diperkecil dengan menerapkan prinsip waktu, jarak dan pelindung radiasi. Bekerja pada jarak sejauh mungkin dalam waktu yang sependek mungkin. Pelindung radiasi yang dapat digunakan berupa kontainer dari timah hitam untuk menyimpan radioisotop, perisai tabung suntik dari timah hitam dan apron. Sedang kontaminasi internal dapat dikendalikan dengan memperkecil kontaminasi pada permukaan tempat kerja dan ruangan kerja, sedangkan potensi kontaminasi ke pekerja radiasi dapat dipantau dengan melakukan tes usap (smear test) pada permukaan tempat kerja dan pengukuran radioaktivitas contoh udara ruang kerja. Pekerja sendiri harus mengenakan pakaian kerja yang sesuai untuk bekerja dengan zat radioaktif sumber terbuka yaitu sarung tangan karet, jas laboratorium sewaktu melakukan preparasi dan menyuntikkan zat radioaktif.

C. Masalah limbah radioaktif

Limbah radioaktif untuk pasien diagnostik berupa ekskreta pasien dan sisa radiofarmaka yang terdapat dalam jarum dan tabung suntik. Untuk ekskreta pasien disediakan WC khusus radioaktif di unit kedokteran nuklir. Umur paro biologik radioisotop dalam tubuh pasien pada umumnya

pendek (dibawah satu jam). Sehingga sewaktu pulang praktis radioaktivitas yang terdapat dalam tubuh pasien telah menjadi sangat rendah sehingga tidak membuat masalah proteksi radiasi. Kecuali untuk pasien terapi yang mendapat radioisotop dosis besar sehingga harus diisolasi di ruang kedap radiasi di rumah sakit selama beberapa hari maka semua pasien diagnosis kedokteran nuklir tidak perlu menginap di rumah sakit karena alasan proteksi radiasi.

Perlu pula diketahui bahwa dewasa ini radioisotop yang digunakan di kedokteran nuklir termasuk golongan berumur paro pendek sehingga dengan prinsip penyimpanan dan peluruhan limbah tersebut dapat dikelola dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. GRIGG ERN : The Beginings of Nuclear Medicine in Golden's Diagnostic Radiology, Gottschalk and Potchen (Eds), Baltimore, William and Wilkins, 1976.
2. KOWALSKY,P.J., and PERRY,J.R.,: Radiopharmaceuticals in Nuclear Medicine Practice, Appleton and Lange, California, 1987.
3. LOKEN,M.K.: A History of Clinical Nuclear Medicine, Nuclear Medicine Annual 1985, Freeman and Weissman HS (Eds), New York, Raven Press, 1-22, 1985.
4. MASJHUR,J.S. : Ilmu Kedokteran Nuklir dalam Perspektif Perkembangan Ilmu dan Teknologi Kedokteran, Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar dalam Ilmu Kedokteran Nuklir, Fakultas Kedokteran Universitas Padjadjaran, Bandung 7 Oktober 1995.
5. WORLD HEALTH ORGANIZATION : The Medical Uses of Ionizing Radiation and Radio-Isotop, WHO Technical Series No.492, 1972.
6. ALAZRAKI,N.P., MISHKIN.F.S., Fundamental of Nuclear Medicine, 2nd ed, The Society of Nuclear Medicine Inc. New York, 1988.
7. KEENAN,A.M., HERBERT,J.C. and LARSON, S.M.,: Monoclonal Antibodies in Nuclear Medicine, J. Nucl. Med. 26 : 531 -537, 1985.

8. KOHLER, G., MILSTEIN, C.: Continuous Cultures of Fused Cells Secreting Antibody of Predefined Specificity, *Nature* 256, 495 - 497, 1975.
 9. TAMAT, S.R.: Sintesis Konjugat Boron Antibodi Monoklonal untuk Neutron Capture Therapy, *Temu Ilmiah Dua Tahunan PKBNI, Yogyakarta* 16-17 November 1989.
 10. WIHARTO, K. dan SUATMADJI, A.: Imunosintigrafi untuk diagnosis Penyakit Kanker, *Medika* 20, 36-40, 1994.
 11. FISHER, C. (ed): *Les Radioelement et leur utilisations*, collection CEA, Eyroll, Paris, 1977.
 12. MAZIERE, B.: *Analyse par Radioactivation Methodes et Applications Biomedicales*, B.I.S.T., CEA 220, 61-77, 1976.
 13. ANONIM: Implementation of Principles of As Low As Reasonably Achievable (ALARA) for Medical and Dental Personnel, *Nationa Council on Radiation Protection and Measurement*, Bethesda, 1990.
2. Terapi dengan isotop radioaktif yang telah dilakukan adalah :
 - I-131 untuk kanker dan hiperfungsi tiroid.
 - P-32 untuk keganasan sel darah merah.
 - Sm-153 EDTMP untuk terapi paliatif anak sebar kanker pada tulang.
 - I-131 MIBG untuk tumor ganas kelenjar anak ginjal (Phaeochromocytoma).
 - Sr-90 dan Y-90 untuk arthritis yang membandel dan progresif.

Dwi Cahyo Dahono - Univ. Udayana :

Dalam studi in vivo (injeksi dalam tubuh) maka radiasi dari sinar gamma ataupun sinar-X akan menimbulkan pengaruh negatif. Seberapa jauh pengaruh negatif tersebut terhadap fungsi organ tubuh manusia ?

Kunto Wiharto :

Pada radasi partikel (alfa, beta, dsb.) maka praktis semua energi yang dibawa oleh radiasi akan dilepaskan pada jaringan (absorbed fraction ~ 100%) sehingga efek biologiknya lebih parah pada dosis yang sama dengan radiasi foton (gamma atau X) karena pada radiasi foton ini sebagian kecil saja dari energinya yang terdeposit pada jaringan yang disinari. Pengaruh negatif tetap ada tapi yang penting dalam hal ini adalah "cost benefit ratio" nya dan "justification" nya. Penggunaan radiasi pada kedokteran harus dan hanya dilakukan bila tidak ada cara lain yang memberikan informasi medik yang diinginkan dan manfaatnya harus lebih besar dari risikonya. Perlu diingat bahwa tidak ada teknologi yang tanpa dampak negatif.

Rochestri Sofyan - PPTN :

Bagi RS yang tidak memiliki Kamera SPECT atau PET akan tetapi memiliki alat MNR, apakah mungkin melakukan studi "functional" dengan cara mengamati hasil imaging dengan NMR terhadap fungsi waktu ?

Kunto Wiharto :

Meskipun NMR imaging atau MRI (Magnetic Resonance Imaging) bisa dilakukan secara dinamik namun informasinya masih akan lebih dominan bersifat morfologik karena dasar pencitraannya tetap perubahan pola karakteristik fisik (intensitas sinyal Radio

DISKUSI

Abbas Ras - PAIR :

1. Tolong diceritakan tanggapan masyarakat mengenai aplikasi teknik nuklir dalam kedokteran yang antara lain dari peningkatan jumlah pasien dari tahun ke tahun ?
2. Kira-kira jenis terapi nuklir apa yang banyak diterapkan pada masyarakat yang dalam hal ini relatif murah dan aman ?

Kunto Wiharto :

1. Tanggapan masyarakat cukup baik karena dari tahun ke tahun jumlah pasien pemeriksaan Kedokteran Nuklir makin bertambah. Namun data yang akurat seperti misalnya survei belum pernah dilakukan. Rasanya walaupun ada yang menolak tidak banyak jumlahnya karena sebenarnya dosis radiasi yang diberikan pada pemeriksaan Kedokteran Nuklir lebih kecil bahkan dengan pemeriksaan radiologi yang paling umum dilakukan (rontgen foto thorax).

Frekuensi). Jadi mungkin dapat disebut "Dynamic Morphological Imaging" seperti halnya teknik penentuan waktu pengosongan lambung secara radiologik dengan "radio-opaque marker" dimana dimasukkan suatu marker radio-opaque per oral ke dalam lambung pasien, kemudian dilakukan pengambilan foto lambung secara periodik misalnya setiap 10 menit hingga 2 jam.

Mulyono Hasyim - PSPKR :

1. Apakah I-131 terdistribusi ke seluruh organ ?
2. Apakah setiap isotop mempunyai sifat karakteristik terhadap masing-masing organ ?
3. Bagaimana prospek masa depan kedokteran nuklir di Indonesia ?

Kunto Wiharto :

1. Dalam bentuk ionik, I-131 terdistribusi ke seluruh tubuh, hanya saja di kelenjar gondok isotop itu terakumulasi untuk dibentuk menjadi hormon kelenjar gondok. Di tempat relatif hanya "numbang lewat" saja. Walaupun ada aktivitasnya hanya bertahan tidak lama seperti pada selaput lendir, saluran pencernaan (lambung), mulut, dan kandung kencing.
2. Setiap isotop mempunyai distribusi yang karakteristik pada tubuh yang tergantung pada beberapa hal misalnya :
 - bentuk kimianya : I-131 pergi ke kelenjar gondok, I-131 hippuran pergi ke ginjal.
 - letaknya pada tabel periodik Mendeleev
 - Golongan alkali (Cs, K, Na, dsb.) pergi ke jaringan lunak seluruh tubuh.
 - Golongan alkali tanah (Ca, Sr, Ba, Ra, dsb.) pergi ke tulang.
3. Masa depan kedokteran nuklir di Indonesia rasanya akan cerah karena :
 - Dari fakta banyaknya RS yang mempunyai unit kedokteran nuklir selalu bertambah.
 - Akan segera diputihkan sekitar 20 orang Dokter Spesialis Kedokteran Nuklir pada Kongres Nasional Perhimpunan Kedokteran dan Biologi Nuklir akhir September 1996 yang akan datang di RSK Dharmas, dan ditindak lanjuti

dengan Rencana Pendidikan Spesialis Kedokteran Nuklir di Indonesia.

- Sudah mulai diminati oleh RS swasta (RS MMC telah mulai diikuti dengan permohonan bantuan peralatan Kamera Gamma dari suatu RS swasta di Bandung).

Sri Wahyuni - PPKTN :

Dalam makalah Bapak, disebutkan pada halaman 3 bahwa penggunaan radioisotop P-32 untuk terapi keganasan pada sel-sel darah merah. Dari makalah dan penelitian yang dilakukan di Jepang diketahui bahwa P-32 akan terendap di tulang (+80%) dan waktu paruh biologi sangat besar dibanding waktu paruh fisik sehingga P-32 tidak layak digunakan untuk diagnosa. Apakah tidak sebaiknya P-32 digunakan untuk terapi kanker tulang. Bagaimana pendapat Bapak ?

Kunto Wiharto :

P-32 memang dapat digunakan untuk terapi metastasis kanker pada tulang namun risiko efek stokastik yang terlalu besar karena P-32 adalah bahan dasar pembuatan DNA, RNA, dsb. sehingga menimbulkan kanker pada banyak jaringan lain (kanker sekunder) misal leukemia, dsb. Masih terdapat radioisotop lain yang dapat digunakan untuk terapi tumor tulang dengan risiko stokastik yang lebih kecil seperti misalnya Sm-153 EDTMP yang hanya terendap dalam tulang saja.

Ermi Juita - PSPKR :

1. Pada halaman 2 makalah Bapak point 2 dan 3 terdapat perhitungan aktivitas yang terdapat pada organ dst. Apakah maksudnya dan apakah sebelum dimasukkan ke dalam tubuh, aktivitas isotop tersebut belum diketahui ?
2. Apakah perbedaan penggunaan isotop untuk terapi dan diagnostik ?

Kunto Wiharto :

1. Sebelum masuk tubuh, aktivitas diukur dengan "dose calibrator". Pada organ aktivitas bisa dihitung dengan detektor radiasi gamma sehingga bisa kita peroleh informasi yang berupa :
 - uptake rate (pada pemeriksaan statik).
 - kurva retensi radioisotop (pada pemeriksaan dinamik), dsb.

2. Pada diagnostik digunakan :
 - dosis rendah (μCi - beberapa mCi).
 - sedapat mungkin "pure gamma emitter".
3. Pada terapi :
 - dosis besar (ratusan mCi).
 - partikel emitting radionuclide.

Tri Retno DL. - PPKTN :

Menurut penjelasan Bapak, dewasa ini di Indonesia telah terdapat 15 RS yang dilengkapi dengan unit Kedokteran Nuklir, dalam hal ini alat Kamera Gamma. Namun kenyataan manfaat dan aplikasi alat tersebut masih sedikit. Juga masih sedikit penelitian tentang diagnosa ataupun terapi penyakit dengan alat tersebut. Bagaimana hal ini terjadi, mohon penjelasan Bapak selaku seorang dokter dan peneliti.

Kunto Wiharto :

Pemanfaatan Kamera Gamma tergantung RS dimana ditempatkan :

- Yang tergolong banyak (>10 pasien/hari) :
RSHS, RSCM, RSPP, RSGS.
- Yang tergolong cukup (6-10 pasien/hari) :
RSJHK, RS Soetomo.
- Sedang (3-5 pasien/hari) : RSF, RS Sardjito,
RSPAD, RS Syaiful Anwar.
- Kurang (<3 pasien/hari) : RS Djamil, RS
Adam Malik, RS Karyadi, RS MMC.