

---

## PERKEMBANGAN IPTEK NUKLIR BIDANG KESEHATAN DI INDONESIA

A. Hanafiah Ws

Badan Tenaga Nuklir Nasional

### ABSTRAK

Penemuan sinar-x di akhir abad 19 (November-1895), menunjukkan bahwa teknologi nuklir bukanlah suatu hal yang baru bagi dunia kesehatan. Begitu pula halnya dengan perkembangan ilmu kedokteran nuklir di Indonesia. Unit kedokteran nuklir di Indonesia didirikan tidak lama setelah reaktor atom pertama dioperasikan di tahun 1965, dan bahkan hingga saat ini aktivitasnya telah memberikan kontribusi cukup signifikan di bidang kesehatan. Kegiatan iptek nuklir di bidang ini lebih diarahkan pada lingkup teknologi proses, analisis, rekayasa peralatan dan instrumentasi, serta pembuatan perangkat medik berupa sediaan radioisotop dan radiofarmaka. Dalam konteks ini, pengembangan iptek nuklir lebih dipacu untuk diselaraskan dengan kebutuhan pengguna, terutama berkaitan dengan efisiensi, kualitas dan proses produksinya, serta aplikasinya baik untuk tujuan diagnosis maupun terapi. Beberapa kegiatan pengembangan iptek nuklir dan aplikasinya yang terkait dengan aspek kesehatan hingga saat ini, terutama di bidang kedokteran nuklir, dipaparkan dalam makalah ini. Sarana dan prasarana yang tersedia, serta kemampuan ilmiah yang ada masih dapat dioptimalkan dan perlu terus dibina. Untuk membangun bangsa, penghasil teknologi, pengguna/ industri/dunia usaha dan pembuat kebijakan perlu bersinergi dan memiliki visi dan persepsi yang sama.

Kata kunci : kesehatan, kedokteran nuklir, radiofarmasi

### ABSTRACT

The invention of x-ray at the end of the 19<sup>th</sup> century (November, 1895) indicated that nuclear technology is not a new thing associated with health, as well as the development of nuclear medicine in Indonesia. The first Nuclear Medicine Unit in Indonesia was established soon after the first atomic reactor operated in 1965, and in fact, the use of nuclear technology has given significant contribution in this health sector. The nuclear science and technology activities in health tend to be directed for processing technologies, analysis, instrumentation engineering, and producing of medical support such as radioisotopes and radiopharmaceuticals. In this context, the development of nuclear science and technology in this field is mostly often associated with the demand driven, especially for efficiency, quality and its production and application of diagnosis and therapy. Past and recent development of nuclear technology and its application in health will be described in this paper. Existing facilities and infrastructure and scientific competencies of human resources could still be improved to gain the optimal condition. To strengthen national capacity building, the technologists, stakeholders/industries and policy makers should be synchronized in providing the same vision and perception.

Key words : health, nuclear medicine, radiopharmaceuticals

---

## PENDAHULUAN

Di tengah polemik pro dan kontra pembangunan PLTN di Indonesia, kita patut berbangga karena lebih dari 40 tahun yang lalu, tepatnya 20 Februari 1965, tidak jauh tertinggal dari kemajuan pengembangan iptek di negara lain, Indonesia telah secara resmi mengoperasikan reaktor nuklir TRIGA Mark II, reaktor pertama di Indonesia yang difungsikan sesuai namanya yaitu untuk *Training, Research, dan Isotope production*.

Kemajuan iptek berkembang demikian pesat, begitu juga di bidang aplikasi radioisotop. Beberapa produk radioisotop dari waktu ke waktu meningkat variasi jenis dan kuantitasnya. Selain Iodium-131 ( $^{131}\text{I}$ ), Fosfor-32 ( $^{32}\text{P}$ ), dan Teknesium-99m ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ), reaktor Bandung pada saat itu telah mampu menghasilkan berbagai produk radioisotop yang sering digunakan untuk keperluan penelitian dan pengembangan, serta aplikasinya a.l. di bidang pertanian, peternakan, hidrologi, industri, pendidikan, seperti Natrium-24 ( $^{24}\text{Na}$ ), Krom-51 ( $^{51}\text{Cr}$ ), Seng-65 ( $^{65}\text{Zn}$ ) dan Brom-82 ( $^{82}\text{Br}$ ) (1).

Berdirinya Balai Kedokteran Nuklir Rumah Sakit Hasan Sadikin yang dipimpin Prof. dr. Luhulima (alm), yang cikal bakalnya berdomisili di Pusat Reaktor Atom Bandung di awal tahun 70-an, semakin mendorong motivasi para peneliti mengembangkan produk radioisotop dan radiofarmaka untuk memenuhi kebutuhan penanganan pasien, baik sebagai alat diagnosis maupun terapi. Sediaan radiofarmasi bertanda  $^{131}\text{I}$  seperti  $\text{Na}^{131}\text{I}$ , Rosebengal- $^{131}\text{I}$ , RIHSA- $^{131}\text{I}$ , dan Hipuran- $^{131}\text{I}$  mengalami peningkatan sejalan dengan permintaan rumah sakit saat itu, dan bahkan sediaan Hipuran- $^{131}\text{I}$  hingga saat inipun masih banyak digunakan sebagai perangkat diagnostik ginjal di beberapa rumahsakit (2).

Reaktor TRIGA yang pada awalnya beroperasi pada daya 250 kilowatt, kemudian ditingkatkan menjadi 1000 kilowatt pada tahun 1971, dan menjadi 2000 kilowatt di tahun 2000. Pada tahun 1979 dengan kemampuan bangsa sendiri, Indonesia berhasil membangun reaktor Kartini Yogyakarta berdaya 100 kilowatt, diikuti kemudian dengan pembangunan reaktor berdaya 30.000 kilowatt (30 megawatt) pada tahun 1987 di kawasan Puspipstek Serpong (3).

Publikasi lembaga tenaga atom internasional-*International Atomic Energy Agency* (IAEA) telah menunjukkan perkembangan pesat mengenai pemanfaatan iptek nuklir, dan memaparkan bahwa iptek nuklir telah banyak memberikan kontribusi dalam pelbagai sektor kehidupan, baik di bidang energi maupun non energi.

Bangsa Indonesia dan para penelitiannya telah cukup lama berkecimpung di bidang ketenaganukliran, negara tetangga banyak yang pernah belajar di sini, dan kenyataan saat ini mereka lebih maju dari kita, haruskah kita statis dan tertinggal dari bangsa lain ?

Memang, berbicara tentang nuklir sekecil apapun, dan digunakan untuk apapun, masyarakat sering berpretensi negatif. Tidak dapat disalahkan, karena pada umumnya nuklir dikenal berawal dari kejadian tragis seperti dampak bom atom di Nagasaki dan Hiroshima, peristiwa Three Mile Island, Chernobyl, atau berita-berita kebocoran reaktor nuklir dan peristiwa lainnya. Anehnya, orang tidak terlalu mempermasalahkan jika x-ray (sinar Rontgen) yang mulai diperkenalkan di tahun 1895 adalah juga proses yang menghasilkan radiasi nuklir. Begitu juga dengan sinar kosmik di lingkungan, kandungan unsur radioaktif di areal pertambangan, pengolahan pupuk fosfat, atau bahan bangunan yang mengandung radon, atau bahkan di dalam tubuh kita sendiri yang secara alamiah ternyata mengandung unsur radioaktif Kalium-40 dan beberapa unsur radioaktif lainnya. Dalam tabel 1 berikut inipun, diterakan paparan radiasi per tahun yang diterima seseorang, baik yang kita sadari maupun yang kita terima dari lingkungan sekitar (4).

Tabel I Paparan radiasi personal per tahun

Sumber	Dosis Radiasi	
	mR/thn	mSv/thn
<b>Alami</b>		
Radiasi <i>Cosmic</i>	40-160	0.4-1.6
Radiasi Internal	28	0.28
Terrestrial (earth)	0-120	0-1.2
<b>Buatan</b>		
X-ray (medical)	70	0.70
Occupational	50	0.50
Jatuhan (Fallout)	4	0.04
Miscellaneous i.e. TV,smoke detector	2	0.02
Nuklir	< 5	< 0.05

---

Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) sebagai lembaga yang mempunyai kompetensi di bidang teknologi nuklir di Indonesia, di samping selama ini menguasai sisi teknologi, juga telah banyak menghasilkan produk berupa barang dan jasa (3) seperti berbagai sediaan radiofarmasi dan radioisotop, benih unggul di bidang pertanian, peralatan diagnostik, jasa uji tak rusak (*non destructive testing*) dlsb., bahkan ada diantaranya yang sudah memasuki tahap pengembangan ke arah industri dalam bentuk prototipe yang mempunyai prospek komersial. Dalam konteks ini, pengembangan iptek nuklir lebih dipacu untuk diselaraskan dengan kebutuhan *stakeholder/user*, terutama yang berkaitan dengan efisiensi, kualitas dan proses produksinya.

Produk iptek nuklir di bidang pertanian dan pengawetan pangan telah banyak dikenal dan dimanfaatkan masyarakat, bahkan energi nuklir di bidang elektrifikasi-pun sudah dicanangkan pemerintah melalui Peraturan Presiden No. 5 tahun 2006 dan Undang Undang RI No. 17 tahun 2007 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional Tahun 2005-2025 (5).

Produk-produk iptek di samping harus bermanfaat bagi masyarakat luas, juga harus diupayakan untuk dapat mengalir dan diaplikasikan ke industri nasional sesuai dengan tarikan kebutuhan.

## **IPTEK NUKLIR BIDANG KESEHATAN**

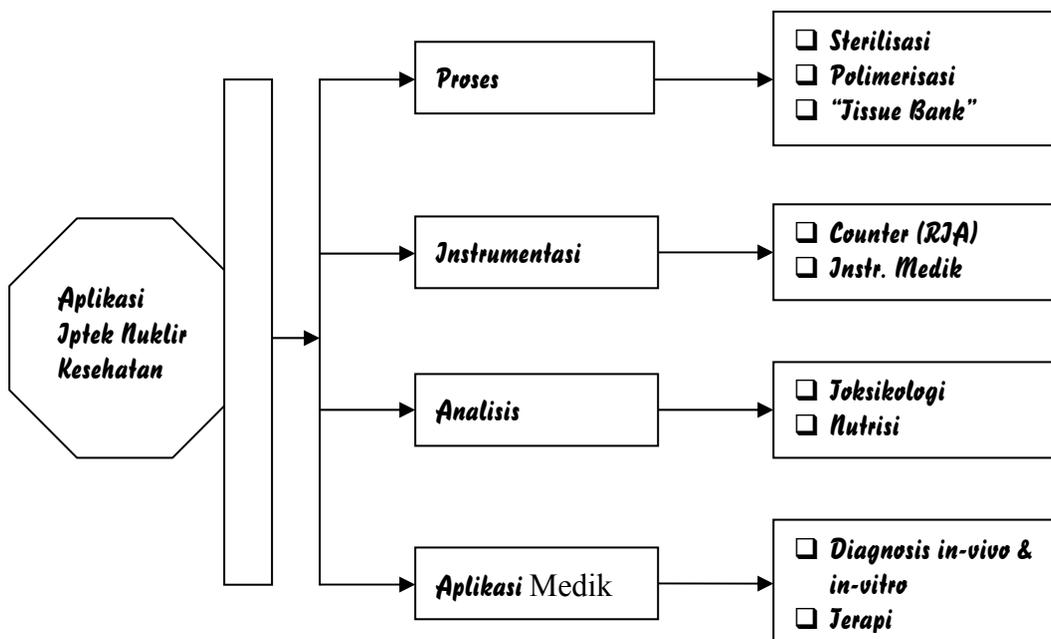
Di akhir abad 20, perkembangan ilmu dan teknologi seolah berpacu dengan berjalannya waktu. Berbagai cabang keilmuan bahkan ranting baru disiplin ilmu bermunculan. Di abad ini pula lahir dan berkembang pesat ilmu dan teknologi yang terkait dengan ketenaga-nukliran, termasuk diantaranya dalam disiplin ilmu dan teknologi bidang kesehatan disertai dengan berbagai ilmu dan teknologi pendukungnya seperti fisika dan kimia inti, mikroelektronika dan peralatan deteksi, sistem informatika/komputasi, biologi, farmasi, serta tentunya ilmu biomedik di bidang kedokteran. Contoh yang menonjol saat ini adalah berdirinya fasilitas-fasilitas baru kedokteran nuklir di beberapa Negara seperti di Australia, Cina, India, Inggris, Jepang, Korea, bahkan di Negara tetangga seperti Filipina, Malaysia, Singapura, Thailand dan

Vietnam yang melengkapi dirinya dengan peralatan canggih seperti Positron Emission Tomography (PET) (9,10,11).

Tidak hanya di Indonesia, kegiatan iptek nuklir di bidang kesehatan lebih diarahkan pada lingkup teknologi proses, analisis, rekayasa peralatan dan instrumentasi, serta pembuatan perangkat medik berupa sediaan radioisotop dan radiofarmaka, terutama terkait dengan substitusi produk impor untuk mengurangi ketergantungan dari negara lain, serta aplikasinya di bidang medik (11).

Di Indonesia, beberapa peralatan seperti *renograf*, *thyroid uptake*, dan perangkat medik seperti radioisotop dan radiofarmaka telah banyak dimanfaatkan di beberapa rumah-sakit (3,12,16).

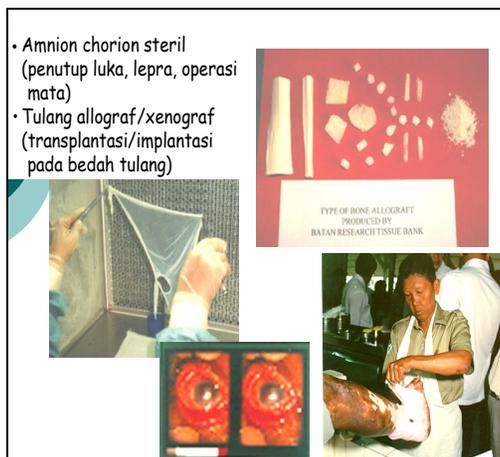
Pada gambar 1 berikut ini, ditampilkan skema lingkup aplikasi iptek Nuklir di bidang kesehatan:



Gambar 1. Lingkup pemanfaatan iptek nuklir bidang kesehatan (12)

## Teknologi Proses

Kegiatan teknologi proses di bidang kesehatan lebih difokuskan pada pemanfaatan sumber radiasi tertutup (*sealed source*). Pada dosis tertentu, radiasi dapat digunakan untuk mensterilkan peralatan medik seperti alat suntik, alat bedah, dan beberapa jenis obat, serta pengawetan obat-obat tradisional/ jamu yang cenderung tidak dapat bertahan lama dalam penyimpanan. Begitu juga, radiasi dapat dimanfaatkan dalam proses polimerisasi dan penghilangan zat-zat allergen seperti halnya pada penyiapan karet/lateks untuk alat kontrasepsi dan alat kesehatan lainnya. Di sisi lain, radiasi juga sering dimanfaatkan dalam proses pengawetan jaringan biologis (*amnion*) yang banyak digunakan untuk percepatan penyembuhan luka serta pembuatan *allograf* dan *xenograf*, seperti ditampilkan pada Gambar 2 (3,6).



penggunaan jaringan amnion-chorion steril



penggunaan lateks iradiasi untuk alat kontrasepsi

Gambar 2. Contoh hasil teknologi proses radiasi di bidang kesehatan

Perkembangan di bidang "bank jaringan" di Indonesia, walaupun dihadapkan pada berbagai kendala, namun diperkirakan akan mempunyai prospek yang cukup baik. Beberapa rumah sakit seperti RS dr.Sutomo- Surabaya, RS Djamil-Padang, RS Sitanala-Tangerang, RS Mata Cicendo-Bandung, RSCM-Jakarta, berperan sangat aktif

---

dalam kegiatan ini, dan bahkan telah mengaplikasikannya a.l. di bidang ortopedi, kesehatan gigi, *post operative*, luka bakar, lepra, rekonstruksi vagina dan implantasi mata. Di samping itu, BATAN bekerjasama dengan International Atomic Energy Agency berkemampuan untuk menyelenggarakan pelatihan bagi operator dan pengguna *allograft/amnion graft*, ataupun memberikan konsultasi berkaitan dengan *raw materials*, produk akhir, dan tentu saja masalah proses iradiasinya (13).

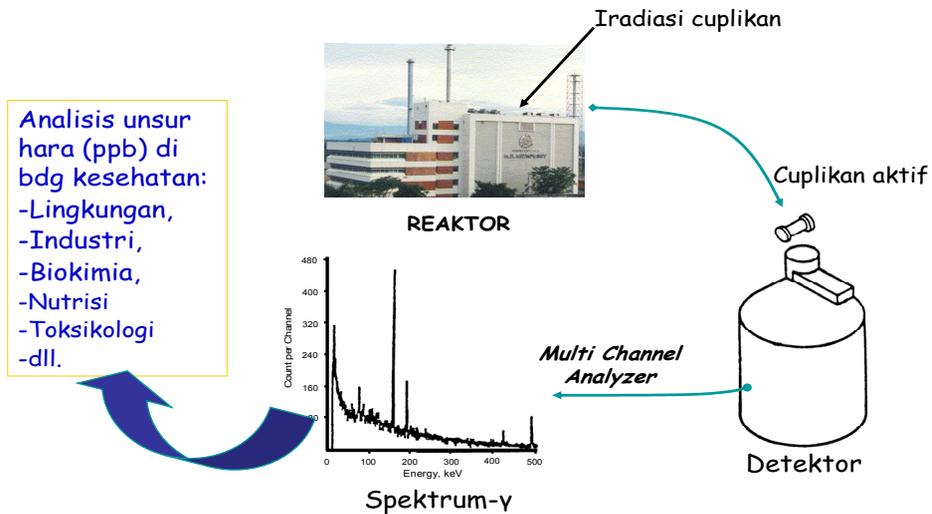
### **Rekayasa Peralatan dan Instrumentasi**

Beberapa peralatan seperti *renograf*, *x-ray*, *thyroid uptake*, peralatan *brachytherapy* dan *Radioimmuno Assay (RIA) counter* telah dikembangkan di Indonesia sebagai peralatan penunjang dalam proses diagnosis dan terapi kelainan anatomis dan fungsi beberapa organ tubuh. Renograf, telah dimanfaatkan di beberapa rumahsakit, seperti RS Gatot Subroto-Jakarta, RS Bethesda-Yogyakarta dan RSUD-Garut sebagai peralatan uji fungsi ginjal, sedangkan *thyroid uptake* dimanfaatkan untuk deteksi fungsi kelenjar tiroid<sup>(3)</sup>. Di sisi lain, penetapan kadar hormon ataupun kandungan komponen endogen yang jumlahnya sangat kecil terutama di bidang imunologi, hematologi dan endokrinologi dapat dideteksi dengan peralatan *RIA counter* setelah melalui proses reaksi dengan mekanisme ikatan antigen-antibodi (7).

### **Analisis**

Analisis Pengaktifan Neutron (*Neutron Activation Analysis, NAA*) merupakan metode yang sangat sensitif dan akurat untuk mendeteksi unsur-unsur hara secara kualitatif dan kuantitatif hingga orde nanogram bahkan pikogram. Metode ini sering digunakan di bidang kesehatan yang terkait dengan permasalahan lingkungan, ilmu gizi/nutrisi dan toksikologi/forensik (7). Pada beberapa tahun terakhir para peneliti BATAN banyak bermitra kerja dengan Kementerian Lingkungan Hidup, Bapedalda dan Depkes, serta melakukan uji banding dan saling bertukar informasi dengan beberapa Negara yang tergabung dalam *Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA)* (14).

### ANALISIS AKTIVASI NEUTRON (AAN)



Gambar 3. Proses/mekanisme kerja metode analisis aktivasi neutron (12)

### Aplikasi Medik (Kedokteran Nuklir)

Di samping bidang radiologi dimana iptek nuklir telah lama diaplikasikan, ilmu kedokteran nuklir yang perkembangannya di Indonesia dirintis oleh Prof.dr.Luhulima seperti telah disebutkan sebelumnya, juga menggunakan sumber radiasi. Bidang ini lebih banyak menggunakan sumber radiasi terbuka (*unsealed source*) yang berasal dari disintegrasi inti radioisotop buatan yang pada umumnya diberikan secara *in-vivo*, sehingga dapat digunakan untuk tujuan diagnosis, mempelajari perubahan fisiologi dan biokimia, terapi, dan bahkan penelitian dan pengembangan di bidang ilmu kedokteran lainnya (8).

Studi *in-vivo* di bidang kedokteran nuklir dapat memberikan informasi yang bersifat pencitraan (*imaging*) ataupun non-pencitraan, baik dinamik, serial maupun statik. Studi *in-vivo* dinamik akan mengukur kinerja suatu sistem atau organ tubuh secara kualitatif ataupun kuantitatif, morfologikal maupun fungsional, sedangkan studi *in-vitro*, dalam hal ini RIA (*Radio Immuno Assay*) dan IRMA (*Immuno Radiometric*

Assay), mampu memberikan informasi akurat kandungan komponen endogen tubuh, khususnya di bidang hematologi, imunologi dan endokrinologi seperti a.l. pada penentuan kadar hormon kelenjar tiroid, pertumbuhan dan reproduksi (2, 7).

Dalam kegiatan rutinnnya, kedokteran nuklir juga tidak terlepas dari penggunaan peralatan kamera gamma/SPECT (*Single Photon Emission Tomography*) sebagai instrumen utama uji klinis dibantu dengan berbagai radiofarmaka sesuai keperluan, dan bahkan pada beberapa tahun terakhir ini kedokteran nuklir mulai menggunakan beberapa radioisotop generasi berikutnya seperti Samarium-153, Disprosium-165, Holmium-166, Lutetium-177, Rhenium-186 dan Rhenium-188 untuk tujuan paliatif (2, 7). Disamping itu, instrumen PET (*Positron Emission Tomography*) yang keberadaannya mulai populer di beberapa negara, termasuk yang sedang disiapkan beberapa rumahsakit di Indonesia saat ini, banyak menggunakan radiofarmaka bertanda radioisotop produk siklotron berwaktu paruh sangat pendek, seperti Karbon-11, Oksigen-15, dan Fluor-18 (9).

Berdirinya fasilitas/unit kedokteran nuklir baru di beberapa rumahsakit swasta, di samping beberapa rumahsakit pemerintah, menunjukkan bahwa perkembangan aplikasi iptek nuklir di bidang kesehatan mengalami peningkatan.

Tabel 2 berikut menunjukkan beberapa rumah sakit di Indonesia yang saat ini memiliki fasilitas dan menyelenggarakan aktivitas diagnostik maupun terapi di bidang kedokteran nuklir (16).

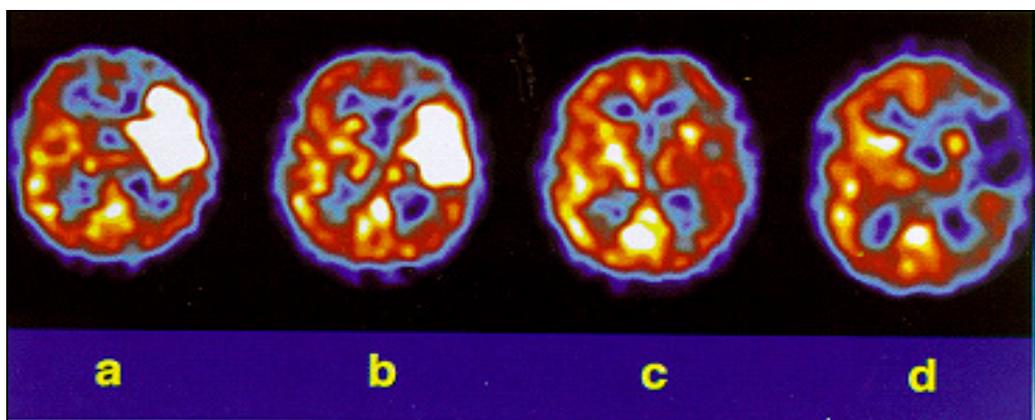
Tabel 2. Unit/Bagian kedokteran nuklir di Indonesia tahun 2008

Kota	Rumah sakit	Aktivitas
Jakarta	Cipto Mangunkusumo Pertamina Gatot Subroto Kanker Dharmais Jantung Harapan Kita MMC Gading Pluit	In-vivo, terapi In-vivo, in-vitro, terapi In-vivo, in-vitro, terapi In-vivo, terapi In-vivo, kardiologi In-vivo PET/CT-Cyclotron
Bandung	Hasan Sadikin	In-vivo, in-vitro, terapi
Yogyakarta	Sardjito	In-vivo, terapi
Semarang	Kariadi	In-vivo, terapi
Surabaya	Sutomo	In-vivo
Padang	M. Djamil	In-vivo, terapi

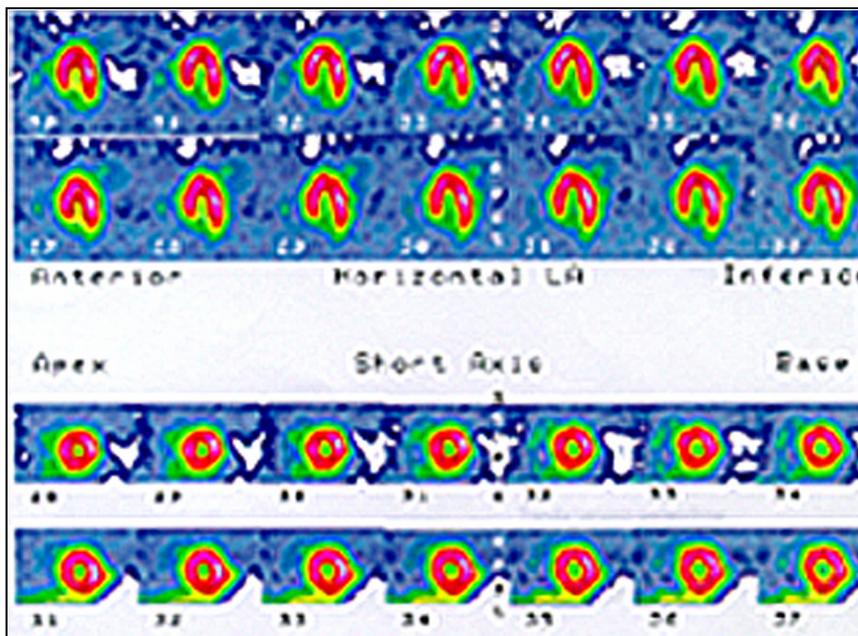
Di sisi lain, perubahan pola hidup masyarakat terutama di kota-kota besar dapat dikatakan identik dengan perubahan pola penyakit. Dalam beberapa dekade terakhir, angka kebolehjadian penyakit serebro-kardiovaskular seperti penyakit jantung koroner dan stroke semakin meningkat. Begitu juga dengan penyakit infeksi, kanker dan beberapa penyakit lainnya.

Perubahan paradigma dalam penelusuran penyakit yang pada mulanya menganut konsep *organ oriented* ke *molecular oriented* yang berfokus pada proses metabolisme, imunologi dan *receptor study*, akan membuka prospek cerah bagi perkembangan dunia kedokteran nuklir.

Aplikasi klinis di beberapa fasilitas kedokteran nuklir di Indonesia telah menunjukkan bahwa iptek nuklir dapat berkontribusi, serta berperan-lebih dalam mengungkap berbagai kasus kelainan, dan dalam memahami berbagai permasalahan fisiologi dan patofisiologi di bidang tiroidologi, nefro-urologi, gastroenterologi, pulmonologi, onkologi, kardiologi, dan neuropsikiatri seperti contoh yang diperlihatkan pada gambar 4 dan 5<sup>(10,15)</sup>. Berbagai jenis penyakit yang sebelumnya sulit dipetakan dengan cara-cara konvensional, saat ini dapat terungkap lebih akurat, dan bahkan lebih dini.



Gambar 4. Contoh sidik otak dengan radiofarmaka  $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO(15)



Gambar 5. Contoh sidik jantung dengan radiofarmaka  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI(15)

## KESIMPULAN

Dalam menghadapi pasar yang semakin terbuka, salah satu upaya kunci adalah meningkatkan kemampuan industri nasional dalam penguasaan, pengembangan dan pemanfaatan iptek. Peran iptek nuklir telah dikenal sejak lama, bahkan terkadang menjadi satu-satunya solusi. Teknologi, mulai dari sintesis hingga pembuatan KIT berbagai radiofarmaka telah dikuasai, dan aplikasinya-pun telah memasyarakat, namun perkembangannya di Indonesia masih tersendat.

Telah diketahui bahwa keterkaitan antara penghasil dan pihak pemanfaat teknologi masih terhalang berbagai kendala. Permasalahan ini harus dicarikan solusinya agar di satu sisi pihak pengguna tertarik pada teknologi yang dihasilkan, sedangkan di lain pihak, para penghasil teknologi harus mampu menyajikan teknologi sesuai dengan tarikan kebutuhan.

Untuk mengantisipasi kebutuhan pengguna, khususnya layanan kepada masyarakat melalui rumah sakit, BATAN sebagai lembaga pemerintah tidak memiliki kapasitas dalam arti keterbatasan dari sisi peraturan, sarana dan prasarana produksi seperti yang dipersyaratkan CPOB (Cara Pembuatan Obat yang Baik), maupun kecukupan SDM. Di sisi lain, terbatasnya kemampuan/ pengetahuan para pemasok di bidang ini (produk impor), termasuk harga, menjadi kendala yang signifikan dalam menangani permasalahan ini. Karenanya, salah satu strategi dalam rangka penyebarluasan dan pemahaman iptek serta pemasyarakatan hasil litbang, adalah memperkuat jejaring kemitraan atau bekerjasama dengan pemangku kepentingan/*stake-holder*. Strategi ini juga diperlukan untuk melengkapi dorongan motivasi para peneliti dalam meningkatkan kemampuan inovasi dan pengembangan iptek, sekaligus tidak hanya melihat ke dalam (*inward looking*), namun penghasil teknologi bisa berkomunikasi dengan pihak luar, dan melihat apa yang sebenarnya diharapkan pihak pengguna (*outward looking*).

Kiranya akan sependapat jika kendala utama dari permasalahan tersebut dapat terpecahkan apabila pihak penghasil teknologi, pengguna/industri/dunia usaha dan pembuat kebijakan bersinergi dan memiliki visi dan persepsi yang sama.

QCD (*quality, cost & delivery*) dengan dukungan sumberdaya manusia yang berkualitas nampaknya masih menjadi salah satu pilihan jawaban hingga saat ini.

## PUSTAKA

1. HANAFIAH A, HARJOTO DJ., ARLINAH K., HASAN B., Isotopes Production by TRIGA Mark II Bandung Reactor Centre. Proceedings of Second Asian Symposium on Research Reactors (1989).
2. HANAFIAH A. Ws., Pidato Ilmiah Pengukuhan Jabatan Ahli Peneliti Utama. Jakarta, Desember (1997).
3. BATAN Profile, Pusat Diseminasi Iptek Nuklir (2007).
4. HOSPITAL RADIOPHARMACY COURSE, Sidney-Australia, October-November, (1985).

- 
5. UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA No.17 Tahun 2007 tentang Rencana Jangka Panjang Nasional Tahun 2005-2025.
  6. INTERNATIONAL STANDARDS FOR TISSUE BANK, IAEA-International Atomic Energy Agency (2002).
  7. GOPAL B. SAHA, Fundamental of Nuclear Pharmacy-5<sup>th</sup> ed. Springer Science, New York (2004).
  8. PAUL J. EARLY., D. BRUCE SODEE, Principles and Practice of Nuclear Medicine, The C.V.Mosby Company, St.Louis, Toronto, Princeton (1985).
  9. JANET E. HUSBAND et al. PET-CT in the UK, A Strategy for Development and Integration of a Leading Edge Technology within Routine Clinical Practice, The Royal College of Radiologists, August (2005).
  10. JOHAN S. MASJHUR, Nuclear Medicine for New Clear in Medicine, Proceedings-Public Information Seminar for Mass Media and Top Level Government Officials, Jakarta, 14-16 July (1997).
  11. The 9<sup>th</sup> FNCA Coordinators Meeting, Tokyo, Japan, March 10-11 (2008).
  12. HANAFIAH, Kontribusi Iptek Nuklir dalam Upaya Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat di Bidang Pangan dan Kesehatan, Seminar Nasional SP-MIPA, Semarang, September (2006).
  13. NAZLY HILMY, Presentasi pada Luncheon Talk dalam forum Women in Nuclear (WIN), Batam (2004).
  14. FORUM AAN INDONESIA, "Peran Teknik Nuklir AAN di Bidang Industri, Kesehatan dan Lingkungan dalam Menunjang Kesejahteraan Masyarakat" Seminar Nasional Analisis Aktivasi Neutron, Bandung, Oktober (2008).
  15. Dokumen Hasil Pencitraan Bagian Kedokteran Nuklir RSHS-Bandung.
  16. HUSSEIN S.K., Menyongsong Era Pencitraan Menggunakan Positron Emission Tomography (PET), Kongres Nasional PKBNI VIII dan PKNI VI, Des. (2008).