

PENGEMBANGAN DAN PENDAYAGUNAAN PRODUK RADIOISOTOP

Ibon Suparman dan Hotman Lubis
Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka– BATAN

ABSTRAK

PENGEMBANGAN DAN PENDAYAGUNAAN PRODUK RADIOISOTOP. Pemanfaatan radioisotop untuk berbagai bidang, seperti bidang industri, hidrologi dan kedokteran nuklir menunjukkan kecenderungan yang terus meningkat. Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka (PRR) salah satu tugas pokoknya melakukan pengembangan dan pendayagunaan teknologi produksi radioisotop. Pada dekade terakhir (tahun 1999 sampai 2009) kegiatan pengembangan dan pendayagunaan teknologi produksi radioisotop difokuskan pada kegiatan yang bisa langsung dimanfaatkan di berbagai bidang. Antara tahun 1999 and 2009 beberapa jenis radioisotop telah dikembangkan dan didayagunakan untuk berbagai bidang, antara lain ^{125}I , ^{153}Sm , ^{203}Hg , ^{86}Rb , ^{192}Ir (hair pin dan single pin), ^{166}Ho , ^{186}Re , ^{60}Co and ^{58}Co (sebagai Co-Hexacyanocobaltate), ^{86}Rb , ^{65}Zn , ^{141}Ce , ^{46}Sc , ^{35}S , ^{198}Au , ^{45}Ca , ^{41}Ar (gas), dan ^{18}F (radioisotop yang diproduksi melalui siklotron). Untuk preparasi ^{18}F -FDG, fasilitas di PRR telah dilengkapi dengan ^{18}F -FDG module. Dalam 5 tahun terakhir permintaan radioisotop I-125 meningkat secara signifikan. Radioisotop I-125 banyak digunakan untuk penelitian panas bumi, pembuatan kit *radioimmunoassay* (RIA) dan untuk *brachytherapy* kanker prostat dan kanker serviks. Ini berarti penyediaan radioisotop I-125 yang berkesinambungan merupakan faktor yang sangat penting. Untuk pemenuhan kebutuhan radioisotop di dalam dan di luar negeri maka akan terus dilakukan pengembangan yang kontinu, baik untuk radioisotop yang dihasilkan dari siklotron maupun reaktor. Telah dikembangkan pula beberapa program komputer untuk sistem pemrosesan data dan dokumentasi, seperti program komputer untuk perhitungan iradiasi, radioaktivitas, spektrometri gama dan produk radioisotop I-125. Dengan memanfaatkan program komputer ini operator yang berkaitan dengan proses radioisotop bisa bekerja lebih efisien dan terhindar dari kemungkinan kesalahan dalam pemrosesan data, juga data bisa diproses dan didokumentasikan lebih cepat dan akurat.

Kata kunci: Pengembangan, pendayagunaan, produk radioisotop

ABSTRACT

DEVELOPMENT AND UTILIZATION OF RADIOISOTOPE PRODUCTS. The application of radioisotopes in industry, hydrology and nuclear medicine increases year to year. One of the main tasks of the Center for Radioisotopes and Radiopharmaceuticals (PRR) is to develop and utilize radioisotope production technology. For last decade (1999 up to 2009) the R & D activities at the PRR were focused on radioisotope production technology that can be applied directly in various fields. Between year 1999 and 2009 several radioisotopes have been developed and utilized e.g. ^{125}I , ^{153}Sm , ^{203}Hg , ^{86}Rb , ^{192}Ir (hair pin and single pin), ^{166}Ho , ^{186}Re , ^{60}Co and ^{58}Co (as Co-Hexacyanocobaltate), ^{86}Rb , ^{65}Zn , ^{141}Ce , ^{46}Sc , ^{35}S , ^{198}Au , ^{45}Ca , ^{41}Ar (gas), and ^{18}F (cyclotron produced radioisotopes). For ^{18}F -FDG preparation, facility is already equipped with ^{18}F -FDG module. In last 5 years the demand of radioisotope I-125 increased significantly. Radioisotope I-125 is widely used for research on geothermal, preparation of radioimmunoassay (RIA) kit and for brachytherapy of prostate and cervix cancer. It means its continuity production is very important factor. Fulfilling domestic and overseas demand means continuity research for better products and progressive production techniques through R & D for cyclotron and reactor produced radioisotopes. Several computer program have been developed for data processing and documentation system, such as computer program for calculation of irradiation, radioactivity, gamma spectrometry and radioisotope I-125 product. By applying this developed computer programs, the operator can work effectively and the data will be processed and documented accurately.

Keywords : Development, utilization, radioisotope products

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, ikut memacu meningkatnya pemanfaatan zat radioaktif untuk berbagai bidang kegiatan, salah satunya adalah pemanfaatan radioisotop I-125 yang banyak digunakan untuk penelitian panas bumi, pembuatan kit radioimmunoassay (RIA) dan untuk *brachytherapy* kanker prostat dan kanker serviks [1, 2]. Radioisotop I-125 merupakan salah satu produk yang dihasilkan oleh Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka (PRR) Serpong dan penyediaan yang berkesinambungan merupakan faktor yang sangat penting.

Untuk memenuhi kebutuhan radioisotop di berbagai bidang, maka dekade terakhir (tahun 1999 sampai 2009) kegiatan pengembangan dan pendayagunaan teknologi produksi radioisotop difokuskan pada pengembangan produk yang bisa langsung dimanfaatkan.

Pada proses radioisotop, baik sebelum proses iradiasi (pra iradiasi) maupun setelah proses iradiasi (pasca iradiasi), sering diperlukan tahap perhitungan misal untuk memperkirakan radioaktivitas teoritis dan perhitungan pengujian kendali kualitas. Maka perlu dilakukan komputerisasi sistem pemrosesan data agar operator yang berkaitan dengan proses radioisotop bisa bekerja lebih efisien dan terhindar dari kemungkinan kesalahan dalam pemrosesan data. Program komputer yang dikembangkan ini juga harus memungkinkan data bisa didokumentasikan, agar bila dilakukan penelusuran kembali bisa dilakukan secara cepat.

Kemampuan dalam komputerisasi terhadap proses radioisotop ini bisa terus dikembangkan,

untuk persiapan menghadapi era otomatisasi proses [3].

METODOLOGI

Dalam pembuatan radioisotop, ada 6 tahap yang harus dilakukan untuk mendapatkan radioisotop yang memenuhi spesifikasi yang diinginkan oleh pengguna, yaitu : kajian reaksi inti (nuklir), pemilihan bahan sasaran, persiapan bahan sasaran (pra iradiasi), iradiasi, proses pemisahan (pasca iradiasi) dan pengujian kendali kualitas [1, 4].

Kajian reaksi inti.

Pada pembuatan radioisotop, pertama sekali harus dikaji reaksi inti yang terjadi, baik reaksi inti utama maupun reaksi inti sampingan yang bisa menimbulkan pengotor radinuklida (impurities). Bila digunakan partikel penembak neutron (misal di dalam suatu reaktor nuklir), maka reaksi inti yang umum terjadi adalah (n, γ) , (n, p) dan (n, α) .

Reaksi (n, p) artinya partikel penembaknya neutron (n) dan pada saat terjadi reaksi inti akan dilepaskan proton (p) . Sebagai contoh pada pembuatan radioisotop ^{35}S dari sasaran ^{35}Cl (misal dalam bentuk senyawa kimia KCl), maka reaksi inti yang terjadi adalah $^{35}\text{Cl}(n,p)^{35}\text{S}$. Bila digunakan partikel penembak proton (misal di dalam suatu akselerator atau siklotron), maka reaksi inti yang umum terjadi adalah (p, n) atau (p, xn) , misal pada pembuatan radioisotop ^{18}F , reaksi inti yang terjadi $^{18}\text{O}(p, n)^{18}\text{F}$.

Pemilihan bahan sasaran.

Berdasarkan kajian reaksi nuklir, maka dapat ditentukan atau dipilih bahan sasaran yang

digunakan. Dalam pemilihan bahan sasaran ini haruslah dipertimbangkan bahwa bahan sasaran tersebut harus mempunyai kestabilan yang tinggi (tidak meleleh atau terurai pada proses iradiasi) dan mudah diperoleh di pasaran. Setelah ditentukan bahan sasaran yang akan digunakan, kemudian dilengkapi data-data fisik bahan sasaran (titik leleh, titik didih, penampang lintang reaksi / *cross section*, *heat conductivity* dan lain-lain) untuk mengisi formulir pada penyusunan LAK (Laporan Analisis Keselamatan) untuk menjamin bahwa proses iradiasi bahan sasaran tersebut aman.

Persiapan bahan sasaran (pra iradiasi).

Secara umum, bahan sasaran yang akan diiradiasi dalam reaktor nuklir, ditimbang ke dalam ampul kuarsa (*quartz ampule*), kemudian dilas dan diuji kebocoran. Dimasukkan ke dalam aluminium inner capsule dan dilas lalu diuji kebocoran lagi. Selanjutnya dimasukkan ke dalam aluminium *outer capsule*. Ada pula bahan sasaran yang harus dipersiapkan secara khusus, misal melalui tahap *electroplating*.

Iradiasi

Bahan sasaran yang telah disiapkan dibawa ke reaktor nuklir sambil membawa formulir iradiasi yang diisi lengkap dan formulir jaminan uji kebocoran. Lama iradiasi disesuaikan dengan radioaktivitas yang diinginkan atau dengan jadwal operasi reaktor. Dengan memperhitungkan lama iradiasi, fluks neutron dan beberapa parameter lain, bisa diperkirakan secara teoritis radioaktivitas dari radioisotop yang dihasilkan.

Proses pemisahan (pasca iradiasi)

Setelah bahan sasaran diiradiasi di dalam reaktor nuklir sesuai dengan lama iradiasi yang diinginkan, selanjutnya bahan sasaran tersebut dibawa ke *hot cell* untuk dilakukan pemotongan *outer* dan *inner capsule* serta ampul kuarsa. Lalu dilakukan pemisahan bahan sasaran yang telah diiradiasi tersebut, biasanya pertama kali dengan proses pelarutan dan dilanjutkan dengan proses pemisahan lainnya (ekstraksi, destilasi, pengendapan dan penyaringan, kolom kromatografi dan atau proses pemisahan lainnya) tergantung dari jenis radioisotop yang dihasilkan.

Pengujian kendali kualitas.

Setelah melalui proses pemisahan, maka radioisotop yang dihasilkan dilakukan pemeriksaan kendali kualitas, yang biasanya meliputi pengujian konsentrasi radioaktivitas, radioaktivitas jenis, kemurnian kimia, kemurnian radiokimia dan radionuklida, pengukuran pH. Bila produk akhir ini akan digunakan sebagai sediaan radiofarmaka, maka dilakukan pula pengujian sterilitas, pirogenitas dan pengujian biodistribusi.

Tahap-tahap pengerjaan ini didampingi dengan petugas proteksi radiasi untuk memantau dan menjamin bahwa prosedur yang dilakukan memenuhi keselamatan personil dan lingkungan. Setelah tahap ini dilakukan dan memberikan hasil produk akhir yang memenuhi spesifikasi yang diinginkan, maka radioisotop tersebut siap untuk digunakan sesuai keperluan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Tabel 1 di bawah ditampilkan beberapa jenis radioisotop yang dikembangkan dan atau didayagunakan kurun waktu tahun 1999 sampai 2009. Bila ada beberapa jenis radioisotop yang telah dikembangkan sebelumnya, pada kurun waktu tersebut dikompilasi kembali dengan membuat prosedur tetap (protap) dan informasi spesifikasi. Untuk iradiasi sasaran dalam pembuatan radioisotop, keberadaan fasilitas iradiasi di PRSG (Pusat Reaktor Serbaguna G.A. Siwabessy) sangat menunjang. Pada Tabel 2 di bawah ditampilkan beberapa fasilitas iradiasi di PRSG yang bisa dimanfaatkan beserta nilai fluks neutronnya.

Untuk pengembangan teknologi produksi radioisotop, fasilitas yang ada di PRR antara lain 2 buah hot cell (Gambar 1). Mengingat permintaan

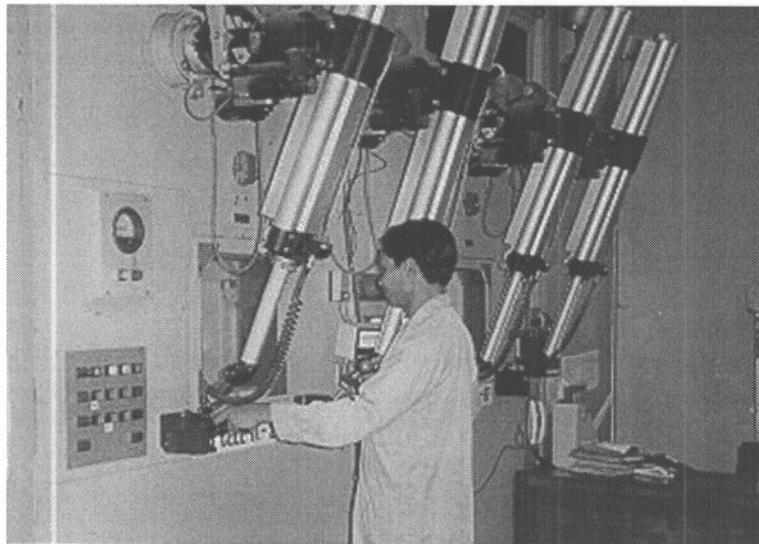
radioisotop I-125 dalam lima tahun terakhir meningkat secara signifikan, maka berbagai fasilitas yang berkaitan dengan produksi radioisotop I-125 terus dilengkapi. Telah dilakukan modifikasi valve (Gambar 2) sehingga pengoperasian produksi radioisotop I-125 dapat dilakukan lebih mudah. Juga telah dibuat alat rotater untuk proses pelarutan radioisotop I-125 (Gambar 3) sehingga paparan radiasi yang diterima pekerja jauh berkurang. Untuk pembuatan *seed brachytherapy* I-125, telah dilengkapi alat *laser welder* (Gambar 4). Untuk proses pembuatan ^{18}F -FDG, PRR telah dilengkapi dengan ^{18}F -FDG *module* (Gambar 5).

Tabel 1. Beberapa jenis radioisotop yang dikembangkan dan atau didayagunakan kurun waktu tahun 1999 sampai 2009 [1, 4]

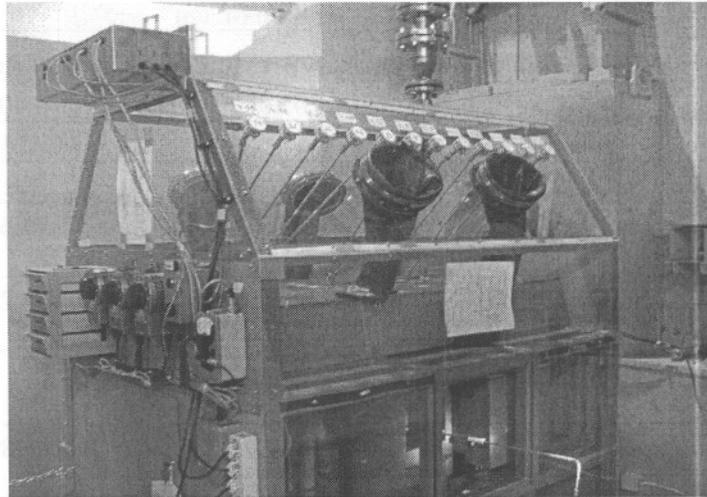
No	Sasaran	Radioisotop	Penggunaan
1	Gas xenon (Xe-124 diperkaya 99,98 %)	I-125	Penelitian panas bumi, pembuatan <i>kit radioimmunoassay</i> (RIA) <i>Brachytherapy</i> kanker prostat dan kanker serviks
2	Gas argon	Ar-41 (gas)	Mengetahui adanya dan menentukan letak kebocoran pada suatu tangki proses atau <i>heat exchanger</i> (di industri)
3	Sm ₂ O ₃	Sm-153	Pembuatan sediaan radiofarmaka (misal ¹⁵³ Sm-particulate, ¹⁵³ Sm-EDTMP untuk paliatif kanker tulang)
4	H ₂ O (O-18 diperkaya 95 %)	F-18	Pembuatan sediaan radiofarmaka (misal ¹⁸ F-FDG, ¹⁸ F-Tryptophane)
5	Ir <i>needle</i>	Ir-192 (<i>Hair pin</i> dan <i>single pin</i>)	<i>Brachytherapy</i> di bidang kesehatan (<i>Low dose rate</i>)
6	KCl p.a	S-35	Penelitian yang berkaitan dengan hujan asam
7	HgO	Hg-203	Sebagai <i>radiotracer</i> untuk penelitian radioekologi kelautan (lingkungan)
8	Re <i>metal</i> (Re-185 diperkaya 94 %)	Re-186	Pembuatan sediaan radiofarmaka (misal ¹⁸⁶ Re-EDTMP, ¹⁸⁶ Re-HEDP)
9	Ho ₂ O ₃	Ho-166	Pembuatan sediaan radiofarmaka (misal ¹⁶⁶ Ho-DOTMP, ¹⁶⁶ Ho-Chitosan)
10	Rb ₂ CO ₃	Rb-86	Penelitian penyerapan unsur pada tanaman (pertanian)
11	ZnO	Zn-65	Penelitian tentang pupuk dan penyerapan unsur pada tanaman
12	Au <i>metal</i> (kemurnian 99,9%)	Au-198	Sebagai <i>radiotracer</i> untuk mempelajari distribusi dan sifat elemen pada suatu proses (hidrologi / industri)
13	KBr <i>anhydrous</i>	Br-82	Mengetahui adanya dan menentukan letak kebocoran pada suatu bendungan, pipa kabel
14	CaCO ₃	Ca-45	Penelitian proses sedimentasi (pantai)
15	Sc ₂ O ₃	Sc-46	Penelitian proses sedimentasi
16	Ce ₂ O ₃	Ce-141	Standar, kalibrasi <i>Dose Calibrator</i>
17	NiO, Co-oksida	Co-58, Co-60 (sebagai HCC = <i>Hexa cyano cobaltate</i>)	Penelitian sifat dan distribusi air (hidrologi) Sebagai <i>radiotracer</i> suntuk pengujian cadangan minyak bumi

Tabel 2. Fasilitas iradiasi di PRSG dan nilai fluks neutronnya [5].

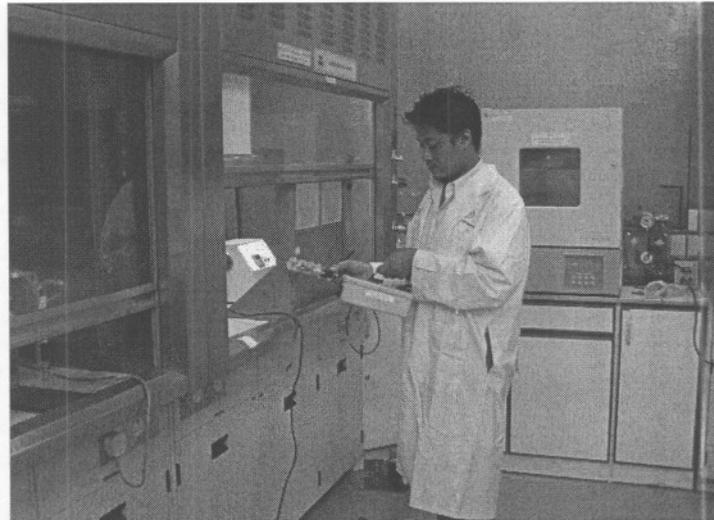
fasilitas iradiasi	fluks neutron (n. cm ⁻² . sec ⁻¹ .)		
	Minimum	Maksimum	Rerata
<i>Hydraulic Rabbit System</i>	0.3578×10^{14}	0.4080×10^{14}	0.40×10^{14}
<i>Pneumatic Rabbit System</i>	-	-	0.4054×10^{14}
<i>Iodine Loop Facility</i>	-	-	1.0×10^{13}
<i>CIP (Central Irradiation Position)</i>	1.2539×10^{14}	1.2621×10^{14}	1.26×10^{14}
<i>IP (Core Irradiation Position)</i>	1.0388×10^{14}	1.0898×10^{14}	1.0625×10^{14}
<i>RIF (Reflector Irradiation Facility)</i>	-	-	1.1×10^{14}
<i>PRTF (Power Ramp Testing Facility)</i>	-	-	0.6089×10^{14}



Gambar 1. Fasilitas *Hot Cell*



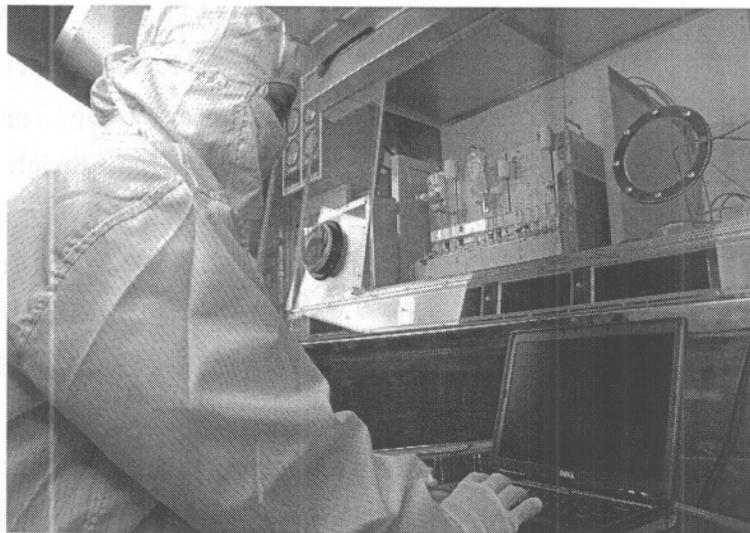
Gambar 2. Fasilitas produksi radioisotop I-125
(*valve* telah dimodifikasi)



Gambar 3. Rotater hasil pengembangan di PRR
(untuk proses pelarutan radioisotop I-125)



Gambar 4. Fasilitas *laser welder* untuk pembuatan *seed I-125*



Gambar 5. Fasilitas ^{18}F -FDG *module*

Selama kurun waktu dari tahun 1999 sampai 2009 telah dikembangkan beberapa program komputer untuk sistem pemrosesan data dan dokumentasi, seperti program komputer untuk perhitungan iradiasi, radioaktivitas, spektrometri gama dan produk radioisotop I-125. Sebelum program komputer digunakan secara rutin, telah

divalidasi dengan melakukan pengecekan secara manual tahap demi tahap untuk menghindari adanya kesalahan logika (*logical error*) [6].

Program komputer yang dibuat menggunakan bahasa pemrograman *Microsoft Visual Basic 6.0 for Windows* dan *tools* pendukungnya. Beberapa kelebihan pemrograman visual dibandingkan dengan

pemrograman berbasis DOS, bisa diaplikasikan dalam program komputer yang dibuat, seperti dalam pemasukan, penyimpanan dan pemanggilan data, visualisasi grafik, penggunaan password, penampilan logo dan waktu, serta informasi lain dalam bentuk gambar dan video [7, 8].

Program komputer tersebut telah dimanfaatkan secara rutin. Dengan memanfaatkan program komputer ini operator proses radioisotop bisa bekerja lebih efisiensi dan terhindar dari kemungkinan kesalahan dalam pemrosesan data, juga data bisa diproses dan didokumentasikan lebih cepat dan akurat.

PENUTUP

Pada dekade terakhir (tahun 1999 sampai 2009) kegiatan pengembangan dan pendayagunaan teknologi produksi radioisotop difokuskan pada pengembangan produk yang bisa langsung dimanfaatkan di berbagai bidang. Untuk pemenuhan kebutuhan radioisotop di dalam dan di luar negeri maka harus dilakukan pengembangan yang kontinu, baik untuk radioisotop yang dihasilkan dari siklotron maupun reaktor. Berbagai fasilitas yang dirasa kurang, sedikit demi sedikit diupayakan terus dilengkapi.

Program komputer yang telah dikembangkan untuk sistem pemrosesan data dan dokumentasi, seperti program komputer untuk perhitungan iradiasi, radioaktivitas, spektrometri gama dan produk radioisotop I-125 telah dimanfaatkan secara rutin. Kemampuan dalam program komputer ini bisa terus dikembangkan untuk menghadapi era otomatisasi proses.

DAFTAR PUSTAKA

1. VERA RUIZ, H., Editor, "Manual for Reactor Produced Radioisotopes", IAEA-TECDOC-1340, Vienna, 2003.
2. ANONIM, Brosur PRR – BATAN, Serpong, 2008.
3. D.V.S. NARASIMHAN, M.R.A. PILLAI, Editor, "Radioisotope Handling Facilities and Automation of Radioisotope Production", IAEA-TECDOC-1430, Vienna, 2004.
4. IBON SUPARMAN, Radioisotop, pembuatan dan pemanfaatannya, Majalah Media Kita, edisi Oktober, Jakarta, 2006.
5. SUNARHADIJOSO SOENARJO, SWASONO R. TAMAT, IBON SUPARMAN, *et.al*, RSG-GAS based Radioisotopes and Sharing Program for Regional Backup Supply, Regional Work in Production and Supply of Radioisotopes, Serpong, 2003.
6. IBON SUPARMAN, Komputer Grafik dan Pemrograman Visual : Aplikasinya di PRR, PRR – BATAN Serpong (Tidak dipublikasikan), 2008.
7. M. HALVORSON, "Microsoft Visual Basic 6.0 Profesional Step by Step", Microsoft Press, NewYork, 2002
8. W. STAMATAKIS, "Microsoft Visual Basic Design Pattern", Microsoft Press, New York, 2002.