

---

## PERHITUNGAN PEMBUATAN IRIDIUM-192 UNTUK RADIOGRAFI MENGGUNAKAN REAKTOR G.A. SIWABESSY

Rohadi Awaludin  
Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka (PRR) – BATAN  
Kawasan puspiptek Serpong, Tangerang Selatan

### ABSTRAK

**PERHITUNGAN PEMBUATAN IRIDIUM-192 UNTUK RADIOGRAFI MENGGUNAKAN REAKTOR G.A. SIWABESSY.** Iridium-192 merupakan salah satu radioisotop yang digunakan untuk radiografi gamma. Telah dilakukan perhitungan pembuatan radioisotop iridium-192 menggunakan fasilitas iradiasi neutron yang ada di reaktor nuklir G.A. Siwabessy BATAN. Sasaran berupa disk logam iridium dengan diameter 2,7 mm dan tebal 0,15 mm. Fluks neutron digunakan nilai fluks neutron di *central irradiation position* sebesar  $1,3 \times 10^{14} \text{ n.s}^{-1}.\text{cm}^{-2}$ . Hasil perhitungan menunjukkan bahwa iradiasi neutron terhadap iridium selama 12 hari diperoleh iridium-192 sebesar 96,8 GBq pada saat akhir iradiasi. Jika iradiasi dilanjutkan setelah jeda operasi selama 16 hari maka diperoleh sebesar 171,2 GBq. Jika iradiasi dilakukan secara terus menerus tanpa jeda operasi selama 40 hari, maka diperoleh sebesar 284,5 GBq. Pengotor radionuklida yang dihasilkan hanya iridium-194 dengan waktu paruh 19,15 jam, sehingga meluruh dengan cepat. Untuk radiografi diperlukan sumber radiasi radioaktivitas sebesar 3700 GBq untuk tiap sumber radiasi. Jika iradiasi dilakukan dengan jeda, disk sebanyak 24 buah diperlukan untuk tiap sumber radiasi. Jika reaktor dapat beroperasi kontinyu selama 40 hari, disk diperlukan sebanyak 14 buah untuk tiap sumber radiasi.

**Kata kunci:** iridium-192, radiografi, iradiasi neutron.

### ABSTRACT

**CALCULATION OF IRIDIUM-192 PRODUCTION FOR RADIOGRAPHY USING G.A. SIWABESSY REACTOR.** Iridium-192 is one of the radioisotopes used in gamma radiography. Calculation for producing iridium-192 using G.A. Siwabessy nuclear reactor has been carried out. The targets were discs with 2.7 mm in diameter and 0.15 mm in thickness. The neutron flux was the value at the central irradiation position as high as  $1.3 \times 10^{14} \text{ n.s}^{-1}.\text{cm}^{-2}$ . Calculation results showed that iridium metal irradiation for 12 days resulted in iridium-192 with radioactivity of 96.8 GBq per disc at the end of irradiation. If the irradiation was continued to the next irradiation period after 16 days of shut down, the irradiation resulted in 171.2 GBq of iridium-192. If the target was irradiated continuously for 40 days, the irradiation resulted in 284.5 GBq of iridium-192. The resulted radionuclide impurity was iridium-194 which decayed rapidly with half life of 19.15 hours. The initial radioactivity required for effective radiation source for gamma radiography was 3700 GBq in a radiation source. If the target was irradiated with shut down, the discs required in a radiation sources were 24 discs. If the target was irradiated continuously, the required discs were 14 discs in a radiation source.

**Keywords:** iridium-192, radiography, neutron irradiation.

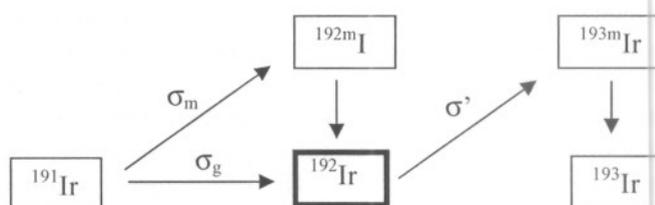
**PENDAHULUAN**

Radiografi dengan memanfaatkan radiasi gamma merupakan salah satu uji tak merusak (*non destructive testing*, NDT) yang banyak digunakan di industri, misalnya untuk pengujian hasil pengelasan serta penipisan logam atau pipa akibat korosi atau abrasi[1-5]. Ada beberapa radioisotop yang telah digunakan diantaranya adalah radioisotop iridium-192 yang memiliki waktu paruh 73,8 hari. Radioisotop ini memancarkan radiasi gamma dengan energi 296, 308, 317 dan 468 keV. Radiasi gamma tersebut memiliki intensitas masing masing sebesar 28,4 30,0, 82,8, dan 47,8%. Radiografi dengan iridium-192 telah dilaporkan efektif untuk baja dengan ketebalan antara 20 sampai dengan 70 mm. Iridium-192 dilaporkan dapat digunakan efektif untuk radiografi dengan radioaktivitas awal 3700 GBq (100 Ci) [1,2].

Iridium-192 dapat diperoleh melalui reaksi inti penangkapan neutron dari isotop iridium-191 dengan reaksi inti  $^{191}\text{Ir}(n,\gamma)^{192}\text{Ir}$ [6,7]. Reaktor nuklir merupakan sumber neutron dengan fluks yang tinggi untuk pembuatan radioisotop. Reaktor nuklir serba guna G.A. Siwabessy memiliki fluks neutron yang relatif tinggi, sehingga diharapkan dapat diperoleh iridium-192 dengan radioaktivitas yang tinggi menggunakan fasilitas iradiasi neutron di dalam reaktor nuklir tersebut. Pada makalah ini disajikan hasil perhitungan pembuatan radioisotop iridium-192 untuk sumber radiasi pada radiografi menggunakan reaktor G.A. Siwabessy. Dari perhitungan ini diharapkan diperoleh karakteristik iridium-192 yang dapat dibuat menggunakan reaktor nuklir ini.

**TEORI**

Radionuklida  $^{192}\text{Ir}$  dibuat dari  $^{191}\text{Ir}$  dengan reaksi penangkapan neutron ( $n,\gamma$ ). Reaksi produksi tersebut agak rumit karena ada dua jenis reaksi dari  $^{191}\text{Ir}$ , yaitu reaksi langsung menghasilkan  $^{192}\text{Ir}$  dan reaksi melalui radionuklida metastabil  $^{192m}\text{Ir}$ . Di samping itu ada pula reaksi ( $n,\gamma$ ) dari  $^{192}\text{Ir}$  yang telah terbentuk menjadi isotop stabil  $^{193}\text{Ir}$ . Gambaran reaksi yang terjadi ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Reaksi inti pada pembuatan  $^{192}\text{Ir}$ .

Dari skema reaksi yang ditunjukkan pada Gambar 1, jumlah  $^{192}\text{Ir}$  yang terbentuk tiap satuan waktu merupakan penjumlahan besarnya laju reaksi  $^{191}\text{Ir}(n,\gamma)^{192}\text{Ir}$  dan laju peluruhan  $^{192m}\text{Ir}$  dikurangi besarnya laju peluruhan  $^{192}\text{Ir}$  dan laju reaksi  $^{192}\text{Ir}(n,\gamma)^{193}\text{Ir}$ . Besarnya nilai tersebut dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$dN_{Ir-192}/dt = N_{Ir-191}\sigma_g\phi + N_{Ir-192m}\lambda_{Ir-192m} - N_{Ir-192}\sigma'\phi - \lambda N_{Ir-192} \tag{1}$$

Dimana,

$dN_{Ir-192}/dt$  : Jumlah radionuklida  $^{192}\text{Ir}$  yang terbentuk tiap satuan waktu (atom/s)

$N_{Ir-191}$  : Jumlah atom sasaran  $^{191}\text{Ir}$  (atom)

$\sigma_g$  : Tampang lintang reaksi  $^{191}\text{Ir}(n,\gamma)^{192}\text{Ir}$

$$(\text{barn} = 10^{-24} \text{cm}^2)$$

$\phi$  : Fluks neutron ( $\text{ns}^{-1} \text{cm}^{-2}$ )

$N_{Ir-192m}$  : Jumlah atom  $^{192m}\text{Ir}$  (atom)

$\lambda_{Ir-192m}$  : Konstanta peluruhan  $^{192m}\text{Ir}$  ( $\text{s}^{-1}$ )

$\sigma'$  : Tampang lintang reaksi  $^{192}\text{Ir}(n,\gamma)^{193}\text{Ir}$   
( $\text{barn} = 10^{-24} \text{cm}^2$ )

$\lambda$  : Konstanta peluruhan  $^{192}\text{Ir}$  ( $\text{s}^{-1}$ )

Radionuklida metastabil  $^{192m}\text{Ir}$  memiliki waktu paruh yang sangat pendek (1,45 menit). Oleh karena itu, jumlah atom yang terbentuk segera mencapai titik jenuh dalam waktu singkat. Dengan kata lain, jumlah atom yang terbentuk sama dengan jumlah atom yang meluruh tiap satuan waktu, atau dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$N_{Ir-192m} \lambda_{Ir-192m} = N_{Ir-191} \sigma_m \phi \quad (2)$$

Di dalam persamaan 2,  $\sigma_m$  menyatakanampang lintang reaksi  $^{191}\text{Ir}(n,\gamma)^{192m}\text{Ir}$ . Dari persamaan 1 dan persamaan 2 dapat diperoleh persamaan:

$$dN_{Ir-192}/dt = N_{Ir-191} \sigma_g \phi + N_{Ir-191} \sigma_m \phi - N_{Ir-192} \sigma' \phi - \lambda N_{Ir-192} \quad (3)$$

$$dN_{Ir-192}/dt = N_{Ir-191} (\sigma_g + \sigma_m) \phi - N_{Ir-192} \sigma' \phi - \lambda N_{Ir-192} \quad (4)$$

Jumlah atom iridium-192 yang terbentuk dari hasil iradiasi sangat kecil dibandingkan dengan jumlah atom sasaran sehingga pada perhitungan ini nilai  $N_{Ir-192} \sigma' \phi$  diabaikan karena mendekati nol.

$$dN_{Ir-192}/dt = N_{Ir-191} (\sigma_g + \sigma_m) \phi - \lambda N_{Ir-192} \quad (5)$$

$$N_{Ir-192} = N_{Ir-191} \phi (\sigma_g + \sigma_m) (1 - e^{-\lambda t}) / \lambda \quad (6)$$

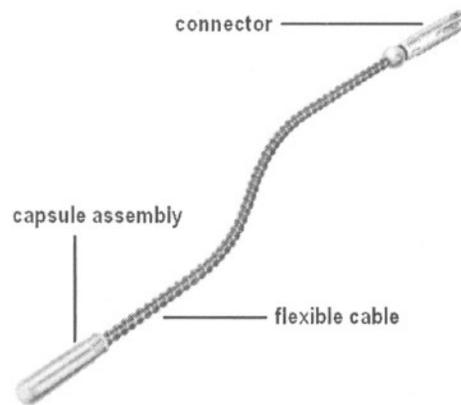
Pada persamaan 6,  $t$  menyatakan waktu iradiasi. Besarnya radioaktivitas Ir-192 ( $A_{Ir-192}$ ) dapat dinyatakan dengan  $N_{Ir-192} \lambda_{Ir-192}$ , sehingga besarnya radioaktivitas Ir-192 dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$A_{Ir-192} = N_{Ir-191} \phi (\sigma_g + \sigma_m) (1 - e^{-\lambda t}) \quad (7)$$

Persamaan 7 ini merupakan persamaan untuk mendapatkan radioaktivitas hasil iradiasi dengan neutron terhadap iridium-192 dengan mengabaikan reaksi iridium-192 menjadi iridium-193[6].

## TATA KERJA

Struktur sumber radiasi untuk radiografi ditunjukkan pada Gambar 2. *Active core* di dalam *capsule assembly* berupa disk yang disusun beberapa buah dengan diameter 2,7 mm dan tebal 0,15 mm[8]. Pada perhitungan ini digunakan sasaran logam iridium dengan ukuran tersebut. Iridium memiliki berat jenis 22,56  $\text{gr}/\text{cm}^3$  sehingga logam iridium dengan ukuran tersebut memiliki berat 19,36 mg[9]. Komposisi isotop iridium alam ditunjukkan pada Tabel 1. Pada tabel tersebut disajikan pulaampang lintang reaksi inti ( $\sigma$ ) pembentukan radioisotop tersebut.



**Gambar 2.** Struktur sumber radiasi iridium-192 untuk radiografi yang tersusun dari *capsule assembly*, *flexible cable* dan *connector*. Radioisotop iridium berbentuk disk berada di dalam *capsule assembly*[8].

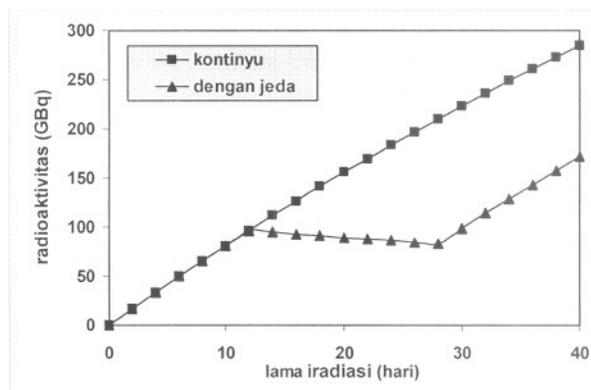
**Tabel 1.** Isotop iridium alam, radioisotop yang terbentuk, waktu paruh dan tampang lintang reaksi inti pembentukannya [6].

Isotop	radioisotop	Waktu paruh	Reaksi inti	Tampang lintang (barn)
Ir-191 (37,3%)	Ir-192	73,8 hari	$^{191}\text{Ir}(n,\gamma)^{192}\text{Ir}$	309
	Ir-192m	1,45 menit	$^{191}\text{Ir}(n,\gamma)^{192\text{m}}\text{Ir}$	645
Ir-193 (62,7%)	Ir-194	19,15 jam	$^{193}\text{Ir}(n,\gamma)^{194}\text{Ir}$	111

Pada perhitungan ini digunakan fluks neutron di *central irradiation position* reaktor G.A Siwabessy sebesar  $1,3 \times 10^{14} \text{ n.s}^{-1}.\text{cm}^{-2}$ . Lama waktu iradiasi digunakan siklus operasi reaktor nuklir G.A. Siwabessy selama ini yaitu dua kali waktu operasi selama 12 hari dengan jeda antar waktu operasi selama 16 hari[10]. Selain itu dilakukan pula perhitungan untuk iradiasi secara kontinyu selama 40 hari tersebut.

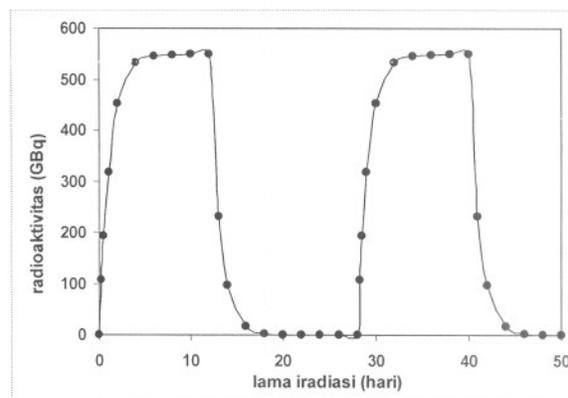
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Radioaktivitas iridium-192 dari perhitungan hasil iradiasi terhadap logam iridium berbentuk disk dengan ukuran diameter 2,7 mm dan tebal 0,15 mm ditunjukkan pada Gambar 3. Pada gambar tersebut ditunjukkan hasil perhitungan untuk iradiasi dua kali 12 hari dengan jeda 16 hari seperti siklus operasi reaktor selama ini dan iradiasi secara kontinyu selama 40 hari. Untuk operasi dengan jeda, setelah iradiasi selama 12 hari diperoleh radioaktivitas 96,81 GBq. Selama 12 hari iradiasi ini radioaktivitas meningkat mendekati linear karena waktu paruh iridium-192 yang panjang yaitu 73,83 hari. Dengan iradiasi selama 12 hari tersebut, tingkat kejenuhan radioaktivitas baru sebesar 0,107. Ini berarti bahwa radioaktivitas baru mencapai 10,7% dari radioaktivitas maksimum yang dapat dicapai dengan fluks neutron tersebut. Selama jeda waktu operasi selama 16 hari, radioaktivitas iridium-192 turun menjadi 83,30 GBq. Setelah iradiasi dilakukan kembali selama 12 hari, radioaktivitas menjadi 171,22 GBq.



**Gambar 3.** Radioaktivitas iridium logam dengan diameter 2,7 mm dan tebal 0,15 mm dari iradiasi dengan jeda waktu 16 hari dan iradiasi kontinyu selama 40 hari.

Dari iradiasi secara kontinyu selama 40 hari diperoleh radioaktivitas 284,5 GBq pada saat akhir iradiasi. Dengan iradiasi selama waktu 40 hari tersebut, tingkat kejenuhan iridium-192 sebesar 0,313. Ini berarti bahwa radioaktivitas tersebut sebesar 31,3% dari radioaktivitas maksimum yang dapat dicapai.



**Gambar 4.** Radioaktivitas iridium-194 dari iradiasi dengan jeda waktu operasi selama 16 hari.

Di dalam iridium alam terkandung isotop iridium-193 dengan kelimpahan sebesar 62,7%. Radioisotop ini menghasilkan iridium-194 dari hasil

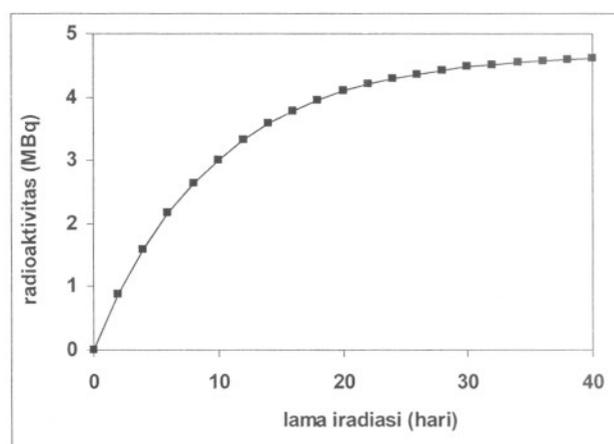
iradiasi neutron. Hasil perhitungan radioaktivitas iridium-192 terhadap waktu iradiasi ditunjukkan pada Gambar 4. Pada gambar tersebut ditunjukkan bahwa radioaktivitas meningkat tajam pada saat awal dan selanjutnya menjadi landai dan mendekati konstan. Hal ini dikarenakan waktu paruh iridium-194 yang pendek hanya selama 19,15 jam. Dengan waktu paruh ini, kejenuhan radioaktivitas mencapai 0,824 setelah 4 hari dan meningkat menjadi 0,926 setelah 6 hari. Setelah iradiasi selama 10 hari, tingkat kejenuhan mencapai 0,999, jadi hampir tidak mengalami kenaikan lagi seiring dengan penambahan waktu iradiasi. Setelah iradiasi selama 12 hari, radioaktivitas iridium-194 sebesar 548,6 GBq.

Iridium-194 memiliki waktu paruh yang pendek sehingga meluruh dengan cepat. Radioaktivitas telah turun dari 548,6 GBq menjadi 230,9 GBq setelah 24 jam dan tinggal 97,31 GBq setelah 48 jam. Radioaktivitas ini telah hampir sama dengan radioaktivitas iridium-192 hasil iradiasi. Setelah 8 hari, radioaktivitas tinggal 0,544 GBq, kurang dari 1% dari radioaktivitas iridium-192.

Pada saat akhir iradiasi terbentuk iridium-194 dengan radioaktivitas yang sangat tinggi, jauh lebih besar dari iridium-192. Namun, radioisotop pengotor tersebut turun dengan cepat dan setelah 8 hari tinggal kurang dari 1% dibandingkan dengan radioaktivitas iridium-192. Dari hasil perhitungan ini dapat diketahui bahwa setelah iradiasi dihentikan, iridium-192 tidak dapat langsung digunakan, namun perlu diluruhkan beberapa hari agar pengotor iridium-194 mengecil. Radioaktivitas iridium-192 juga mengecil seiring dengan waktu tersebut, namun penurunan tersebut tidak besar karena waktu paruh

yang panjang. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa radioaktivitas iridium-192 berkurang menjadi 92,76% dari radioaktivitas semula setelah peluruhan selama 8 hari.

Pengotor radionuklida lain yang memungkinkan muncul adalah pengotor dari unsur lain yang terkandung di dalam sasaran. Iridium logam saat ini telah tersedia dengan kemurnian yang tinggi mencapai 99,999%. Oleh sebab itu, pengotor unsur lain yang ada tidak lebih dari 10 ppm. Unsur lain yang dikhawatirkan diantaranya adalah lutesium karena unsur ini memilikiampang lintang reaksi inti pembentukan radioisotop yang sangat besar dari iradiasi neutron. Tampang lintang reaksi tersebut mencapai 2100 barn. Oleh sebab itu, telah dilakukan perhitungan radioaktivitas lutesium-177 yang terbentuk dari isotop lutesium-176 yang ada di dalam lutesium alam.



**Gambar 5.** Perhitungan radioaktivitas lutesium-177 dengan kandungan sebesar 10 ppm di dalam target logam iridium.

Hasil perhitungan radioaktivitas lutesium-177 dengan kandungan sebesar 10 ppm di dalam target iridium ditunjukkan pada Gambar 5. Radioisotop lutesium-177 memiliki waktu paruh

sebesar 6,73 hari. Dengan iradiasi selama 40 hari, radioisotop tersebut telah mencapai 98,4% dari radioaktivitas maksimum yang dapat dicapai. Oleh sebab itu, pada iradiasi hari ke-40, peningkatan radioaktivitas telah mendekati datar. Dengan waktu iradiasi tersebut, radioaktivitas lutesium-177 sebesar 4,61 MBq atau sebesar 0,00163% dari radioaktivitas iridium-192. Setelah iradiasi dihentikan, nilai persentase ini menurun seiring dengan waktu karena waktu paruh lutesium-177 lebih pendek dibandingkan dengan waktu paruh iridium-192. Dari hasil ini dapat diketahui bahwa pengotor radioisotop yang dapat terbentuk dari pengotor kimia target iridium memiliki radioaktivitas yang sangat kecil dibandingkan dengan radioaktivitas iridium-192 yang terbentuk.

Sebuah kapsul sumber radiasi yang efektif untuk radiografi memerlukan iridium-192 dengan radioaktivitas awal sebesar 3700 GBq (100 Ci). Disk hasil iradiasi dapat digunakan setelah diluruhkan lebih dari 8 hari sehingga radioaktivitas pengotor radioisotop iridium-194 kurang dari 1%. Setelah peluruhan selama 8 hari tersebut, radioaktivitas iridium-192 yang diiradiasi dengan jeda waktu menjadi 158,6 GBq. Oleh sebab itu, untuk 1 buah sumber radiasi diperlukan disk iridium sebanyak 24 disk. Dengan disk ini, *active core* menjadi sangat panjang mencapai 3,6 mm. Sedang dari iradiasi secara kontinyu selama 40 hari, radioaktivitas tiap disk sebesar 263,9 GBq setelah peluruhan 8 hari. Dengan disk ini, untuk 1 buah sumber radiasi diperlukan disk iridium sebanyak 14 buah, sehingga *active core* sepanjang 2,1 mm.

## KESIMPULAN

Perhitungan pembuatan iridium-192 menggunakan fasilitas iradiasi neutron di posisi *central irradiation position* reaktor G.A. Siwabessy memberikan hasil bahwa iradiasi neutron terhadap iridium selama 12 hari diperoleh iridium-192 sebesar 96,8 GBq untuk tiap disk pada saat akhir iradiasi. Jika iradiasi dilanjutkan setelah jeda operasi 16 hari maka diperoleh sebesar 171,2 GBq pada saat akhir iradiasi. Jika iradiasi dilakukan secara terus menerus tanpa jeda operasi selama 40 hari, maka diperoleh Ir-192 dengan radioaktivitas 284,5 GBq pada saat akhir iradiasi. Pengotor radionuklida yang dihasilkan hanya iridium-194 dengan waktu paruh 19,15 jam, sehingga meluruh dengan cepat. Setelah 8 hari, radioaktivitas iridium-194 telah kurang dari 1% dari radioaktivitas iridium-192. Untuk radiografi diperlukan iridium-192 dengan radioaktivitas 3700 GBq untuk tiap sumber radiasi. Jika iradiasi pembuatan iridium-192 dilakukan dengan jeda seperti siklus operasi selama ini, diperlukan 24 disk iridium untuk tiap sumber radiasi. Sedang jika reaktor beroperasi kontinyu selama 40 hari, diperlukan 14 disk iridium untuk tiap sumber radiasi.

## DAFTAR PUSTAKA

1. HEYWARD, P., Radiography on welds using selenium-75, iridium-192 and X-rays, Proceeding of Asia Pacific Conference on NDT, Auckland, November 2006.
2. SOEDARDJO, Kajian Aplikasi Radiografi Ir-192 dan Se-75 Untuk Inspeksi Pipa Ketel Uap

- 
- Pembangkit Listrik PLTU Batu Bara, Prosiding Seminar Keselamatan Nuklir 2006.
3. <http://www.ndt.net>. (Juli 2009)
  4. JELFS, S., "Optimized Digital Radiography Using Co-60, Ir-192 and Se-175 Sources to Achieve Weld-Quality Image", QSA Global inc., 2009
  5. ZSCHERPEL, U., BELLON, C., NIMTZ, R., "Wall Thickness Estimation from Digitized Radiographs", Proceedings of the 7th ECNDT, Copenhagen, 1998.
  6. SAITOH N., "Handbook of Radioisotope", Maruzen, 1996.
  7. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, "Manual for Reactor Produced Radioisotopes", Vienna, 2003.
  8. <http://www.hightechsource.co.uk/> (Juli 2009).
  9. TOYAMA, K., *et al.*, Dictionary of Chemistry, Iwanami, Tokyo, 1975.
  10. SEMBIRING, T.M., TARIGAN, A., ISNAINI, M.D., Maksimalisasi Iradiasi Target Radioisotop di Reaktor G.A. Siwabessy, Pusat Reaktor Serba Guna BATAN, 2008.

## CATATAN CARA PENULISAN

1. Makalah ditulis dengan huruf Times New Roman ukuran 11. Diketik 1,5 spasi. Ukuran kertas A4 dengan jarak dari pingir atas 3,5 cm, bawah 2,5 cm, kanan 2 cm, kiri 2 cm..
2. Naskah dapat ditulis baik dalam Bahasa Indonesia maupun Bahasa Inggris. Abstrak ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris masing-masing tidak lebih dari 300 kata.  
Judul bab atau sub bab tidak diberi nomor tetapi dengan dibedakan dengan huruf besar dan kecil yang ditebalkan (bold).
3. Nama tabel ditulis di atas tabel.
4. Nama gambar dan diagram ditulis di bawah gambar dan diagram.
5. Pustaka diacu dalam bentuk nomor dalam tanda kurung siku [ ] sesuai dengan nomor urut dalam daftar pustaka, dengan cara penulisan:
  - a. Nama pengarang ditulis dengan huruf besar. Kependekan nama depan ditulis setelah nama belakang, contoh :  
TAMAT, S.R., SOENARYO, S.
  - b. Nama buku ditulis lengkap dengan tanda kutip, diikuti dengan nomor edisi, nama penerbit, kota penerbitan, tahun penerbitan (dalam tanda kurung), dan nomor halaman, contoh : "Radiation Dosimetry", 4 th ed, Wiley Int. Co, New York, (1979), 234-235.
  - c. Judul makalah dalam suatu jurnal / majalah harus ditulis dengan susunan sebagai berikut: Judul Artikel, nama jurnal/majalah berhuruf miring, kemudian diikuti nomor volume (huruf tebal), nomor penerbitan (kalau ada) dalam tanda kurung, tahun penerbitan dalam tanda kurung, diikuti halaman yang diacu.  
Contoh: Chromatographic behaviour of Cadmium-(II) in Hydrous Cerium Oxide Column, *J. Rad. Farm.*, **3** (1), (2000) 43-53.
6. Semua gambar dan diagram diserahkan dalam keadaan baik dan bersih. Semua notasi pada gambar dan diagram harap ditulis dengan mesin tik atau komputer (tidak dengan tangan).
7. Grafik atau gambar sebaiknya dibuat menggunakan program seperti Microsoft Excel atau sejenisnya.
8. Berkas yang ada catatan koreksi tim penyunting, mohon dikembalikan kepada tim penyunting bersama dengan berkas makalah yang telah diperbaiki serta disket atau CD yang berisi makalah tersebut, guna memudahkan koreksi ulang pencetakannya.

