

PENGAWASAN PEMBUATAN I-125 DI PUSAT RADIOISOTOP DAN RADIOFARMAKA

Rr.Djarwanti RPS, Hadirahman, Arief Imam Nugroho,
Rohmansyur, Uteng Tarmulah
Pusat Radioisotop Dan Radiofarmaka (PRR)-BATAN

ABSTRAK

PENGAWASAN PEMBUATAN I-125 DI PUSAT RADIOISOTOP DAN RADIOFARMAKA. Pembuatan I-125 merupakan salah satu kegiatan dalam penelitian yang dilakukan di Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka. Pengawasan pembuatan I-125 dilakukan untuk melakukan manajemen penerimaan dosis radiasi eksternal pekerja radiasi yang terlibat pada pembuatan I-125. Proses pelarutan dan pemurnian I-125 khususnya beresiko memberikan paparan radiasi tinggi kepada operator. Sesuai dengan instruksi kerja pembuatan larutan I-12. Petugas Proteksi Radiasi (PPR) harus melakukan pengawasan. Proses pembuatan I-125 melibatkan 4 pekerja radiasi dan seorang PPR. Penerimaan dosis radiasi eksternal selama proses pembuatan I-125 dicatat oleh PPR dengan digital dan laju paparan radiasi daerah kerja dimonitor dengan surveymeter. Data penerimaan dosis radiasi eksternal ini kemudian dibandingkan dengan penerimaan dosis radiasi eksternal dari hasil pembacaan *TLD-badge* dengan Nilai Batas Dosis (NBD) yang ditetapkan oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN). Berdasarkan hasil pemantauan ditemukan bahwa penerimaan dosis radiasi eksternal pada pekerja radiasi yang terlibat dalam pelarutan dan pemurnian satu *batch* I-125 masih dibawah batas NBD yang ditentukan oleh BAPETEN.

Kata kunci : pembuatan I-125, dosis radiasi eksternal, proses pelarutan, *TLD-badge*, NBD.

ABSTRACT

SUPERVISION OF I-125 PRODUCTION AT THE CENTER OF RADIOISOTOPE and RADIOPHARMA-CEUTICAL. The production of I-125 is one of the many research conducted at the Center for Radioisotope and Radiopharmaceutical. The supervision of I-125 production is aimed in to managing an acceptance of external radiation doses of radiation by workers who engaged in the production of I-125 as dissolution and purification process of I-125 give a certain radiation exposure to the operator. According to the work instruction for preparation of I-125. The process has to be closely monitored and supervised by Radiation Protection Officer (PPR). The production process of I-125 usually involves four radiation workers and one PPR. The acceptance of external radiation doses during the production process of I-125 was recorded by the PPR by using digital pendose and radiation exposure rate was monitored by using surveymeter. The acceptance of external radiation dose found was then compared to the acceptance of external radiation dose from the *TLD-badge* reading and also to the dose limit value established by the monitoring board (BAPETEN). The acceptance of external radiation doses in the production of single batch of I-125 was found to be below the dose limit value (NBD) defined by BAPETEN.

Keywords: preparation of I-125, the external radiation dose, dissolution Process, *TLD-badge*, The dose Limit Value (NBD)

PENDAHULUAN

Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka (PRR) mempunyai tugas melakukan penelitian dan pengembangan dalam bidang radioisotop dan radiofarmaka [1]. Salah satu kegiatan penelitian dan pengembangan yang dilakukan di PRR adalah pembuatan I-125. Proses pembuatan I-125 diawali dengan penyiapan target Xe-124 dalam xenon loop di fasilitas Pusat Reaktor Serba Guna (PRSG) GA Siwabessy. Target xenon yang digunakan merupakan target xenon dengan pengayaan 82,4%[2]. Iradiasi neutron terhadap target xenon dilakukan pada posisi S1 pada reaktor GA

Siwabessy. Setelah iradiasi selama 24 jam, gas xenon selanjutnya diluruhkan di dalam botol peluruhan selama 7 hari. Radioisotop yang terbentuk di dalam botol peluruhan dilarutkan 3 kali menggunakan NaOH 0,0005N[3]. Proses pelarutan dan pemurnian dilakukan dalam *fume hood* atau *glovebox* di gedung 11 PRR untuk mendapatkan hasil yang diinginkan.

Proses pelarutan dan pemurnian I-125 dilakukan dalam *fume hood* atau *glovebox* mengingat sifat I-125 yang mudah menguap. Proses ini memiliki potensi bahaya radiasi dan kontaminasi terhadap operator yang langsung menangani proses ini. Selama ini proses pelarutan dan pemurnian I-125

dilakukan oleh pekerja radiasi bidang radioisotop dengan jumlah terbatas, sementara itu pekerja radiasi tersebut juga terlibat dalam pekerjaan lain yang memungkinkan pekerja radiasi tersebut menerima paparan radiasi dan kontaminasi. kondisi ini memungkinkan pekerja radiasi menerima dosis radiasi melebihi Nilai Batas Dosis (NBD) yang ditentukan BAPETEN[4,5]. Oleh sebab itu guna menjamin keselamatan pekerja radiasi yang terlibat dalam kegiatan tersebut, perlu dilakukan pengawasan dalam bentuk diterapkannya sistem manajemen penerimaan dosis radiasi eksternal[4,5,6]. Pengawasan pelarutan dan pemurnian I-125 dilakukan dengan tujuan untuk mengatur agar besarnya dosis radiasi eksternal yang diterima pekerja radiasi yang terlibat dalam kegiatan tersebut tidak melebihi NBD yang ditetapkan[4,5].

Tulisan ini akan mendiskusikan sistem pengawasan dan pengaturan giliran melakukan pelarutan dan pemurnian dibawah pengawasan Petugas Proteksi Radiasi (PPR) , agar pekerja radiasi yang terlibat proses tersebut tidak menerima paparan radiasi melebihi NBD yang ditentukan.

BAHAN DAN TATAKERJA

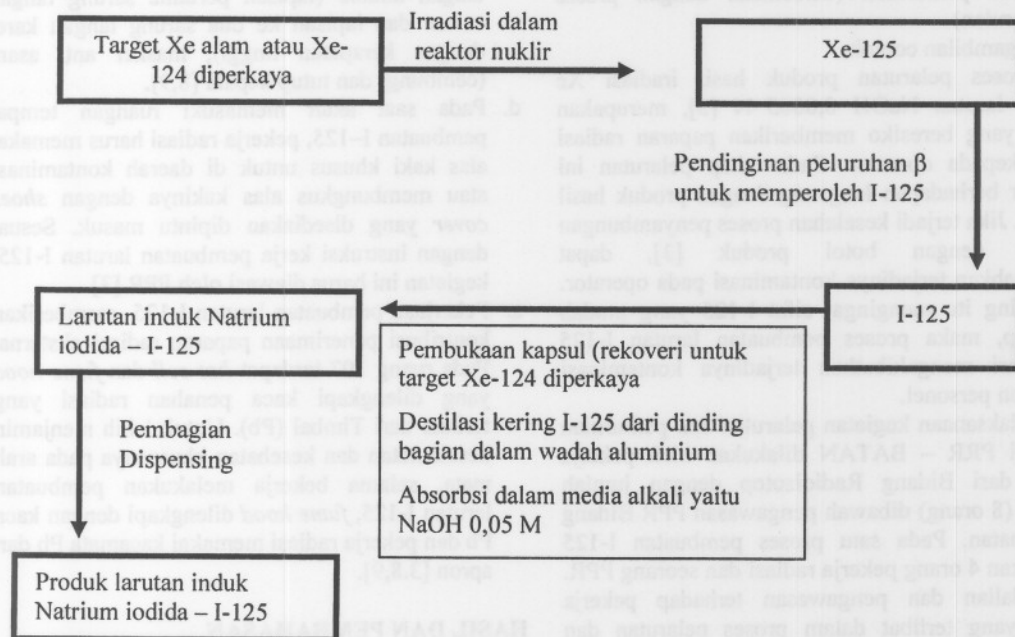
Bahan dan peralatan yang digunakan dalam pengawasan dan pengendalian proses pelarutan dan pemurnian I-125 ini adalah *TLD - badge*, *surveymeter* dan *digital pendose*.

Pengawasan dan pengendalian dilakukan dengan melengkapai setiap pekerja radiasi dengan *TLD-*

badge dan *digital pendose*. Paparan radiasi di daerah tempat berlangsungnya proses pelarutan dan pemurnian I-125 dimonitor PPR dengan menggunakan *surveymeter*. Catatan hasil pembacaan dosis radiasi yang dilakukan PRR dengan menggunakan *digital pendose* kemudian dibandingkan dengan rekaman dosis radiasi pekerja radiasi dari *TLD-badge* yang dianalisis laboratorium PTLR dan juga dengan NBD yang ditentukan BAPETEN.

Dalam melakukan pengawasan proses pelarutan dan pemurnian I-125 pertama harus diketahui adalah titik-titik dimana adanya resiko kontaminasi dan paparan radiasi terhadap pekerja radiasi. Potensi bahaya radiasi dan kontaminasi dapat terjadi pada operator terutama ketika operator menangani langsung sumber radiasi (radioisotop hasil iradiasi). Proses setelah pendinginan peluruhan β untuk memperoleh I-125 adalah proses yang berpotensi radiasi dan kontaminasi tinggi (lihat gambar 1).

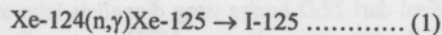
Bahan utama pembuatan I-125 adalah target gas Xe alam atau xenon-124 diperkaya 82,4 % [2]. Target Xe diiradiasi pada fasilitas iradiasi di reaktor RSG selama 24 jam [3]. Proses pembuatan dan pemurnian larutan I-125 harus dilakukan dalam *Hot Cell* atau *Glove Box* karena laju dosis radiasi permukaan botol produk iradiasi mencapai lebih dari 1 R/jam = 10 mSv/jam [3]. Diagram proses radioisotop I-125 diberikan pada Gambar 1.



Gambar 1 : Diagram Proses Radioisotop I-125

Potensi Bahaya

Iradiasi neutron terhadap target xenon dilakukan pada posisi S1 pada reaktor GA Siwabessy. Setelah iradiasi selama 24 jam, dihasilkan reaksi nuklir yang menghasilkan I-125 dapat dilihat pada persamaan 1.



Target Xe diiradiasi pada fasilitas iradiasi di reaktor RSG selama 24 jam untuk menghasilkan Xe-125 [3]. Gas xenon selanjutnya diluruhkan di dalam botol peluruhan selama 7 hari. Radioisotop yang terbentuk (I-125) di dalam botol peluruhan dilarutkan 3 kali menggunakan NaOH 0,0005N [3]. Berikut adalah titik-titik kritis dalam proses pelarutan dan pemurnian I-125 yang mempunyai resiko kontaminasi dan paparan radiasi terhadap pekerja radiasi:

- a. Penyiapan ruang proses pelarutan
Ruang yang digunakan sebagai tempat pembuatan I-125 termasuk daerah pengendalian dengan paparan lebih dari 0,025 mSv/jam dan tingkat kontaminasi tinggi lebih dari 3,7 Bq/cm² [9].
- b. Permukaan botol produk Xe-125 (atau I-125) hasil iradiasi.
- c. Proses pelarutan.
 1. Pelarutan pertama.
 2. Pelarutan kedua.
 3. Pelarutan ketiga.
- d. Proses pemurnian (bersamaan dengan proses pelarutan)
- e. Pengambilan contoh.

Proses pelarutan produk hasil iradiasi Xe dengan larutan NaOH 0,0005 N [3], merupakan proses yang beresiko memberikan paparan radiasi tinggi kepada operator. Pada tahap pelarutan ini operator berhadapan langsung dengan produk hasil iradiasi. Jika terjadi kesalahan proses penyambungan *syringe* dengan botol produk [3], dapat menyebabkan terjadinya kontaminasi pada operator. Disamping itu mengingat sifat I-125 yang mudah menguap, maka proses pembuatan larutan I-125 berpotensi mengakibatkan terjadinya kontaminasi udara dan personel.

Pelaksanaan kegiatan pelarutan dan pemurnian I-125 di PRR – BATAN dilakukan oleh pekerja radiasi dari Bidang Radioisotop dengan jumlah terbatas (8 orang) dibawah pengawasan PPR Bidang Keselamatan. Pada satu proses pembuatan I-125 melibatkan 4 orang pekerja radiasi dan seorang PPR. Pengendalian dan pengawasan terhadap pekerja radiasi yang terlibat dalam proses pelarutan dan pemurnian I-125 dilakukan untuk menghindari kemungkinan adanya penerimaan dosis radiai melebihi NBD yang ditetapkan BAPETEN. Berikut

adalah langkah-langkah pengendalian dan pengawasan yang dilakukan:

- a. Bagi pekerja radiasi yang akan melakukan proses pembuatan I – 125, ketika akan memasuki daerah kerja harus mengikuti prosedur bekerja di daerah radiasi dan/atau kontaminasi di laboratorium PRR sebagaimana diatur dalam Prosedur Pengendalian personel [6] serta instruksi kerja bekerja di daerah radiasi dan bekerja di daerah kontaminasi [8,9].
- b. Seorang pekerja radiasi hanya diijinkan bekerja jika telah menerima induksi keselamatan dan memahami tata cara bekerja di daerah radiasi dan/atau kontaminasi [6-11]
- c. Sebelum memasuki daerah radiasi/kontaminasi di laboratorium PRR, pekerja radiasi terlebih dahulu harus mengganti sepatu dengan sandal bekerja di daerah radiasi/ kontaminasi. Selanjutnya pekerja radiasi mengambil *TLD-badge* [10] yang dilengkapi *magnetik card* pada tempat yang telah disediakan. Agar pekerja radiasi bisa melewati pintu putar yang terintegrasi dalam suatu sistem interlok , maka harus menggunakan *Magnetic card* [11]. Setelah melewati pintu putar, sebelum masuk ke daerah radiasi/kontaminasi pekerja radiasi harus memeriksakan diri terlebih dahulu dengan hand and foot monitor [11], kemudian memakai perlengkapan proteksi radiasi personel yang dibutuhkan untuk memasuki ruangan tempat pembuatan I-125 seperti jas laboratorium, sarung tangan *double* (lapisan pertama sarung tangan cotton dan lapisan ke dua sarung tangan karet dengan kerapatan tinggi), masker anti asam (cembung) dan tutup kepala [8,9].
- d. Pada saat akan memasuki ruangan tempat pembuatan I-125, pekerja radiasi harus memakai alas kaki khusus untuk di daerah kontaminasi atau membungkus alas kakinya dengan *shoes cover* yang disediakan dipintu masuk. Sesuai dengan instruksi kerja pembuatan larutan I-125, kegiatan ini harus diawasi oleh PPR [3].
- e. Pekerjaan pembuatan larutan I-125 memberikan kontribusi penerimaan paparan radiasi eksternal. Pada ruang 107 terdapat *hot cell* dan *fume hood* yang dilengkapi kaca penahan radiasi yang terbuat dari Timbal (Pb). Untuk lebih menjamin keselamatan dan kesehatan khususnya pada arah mata, selama bekerja melakukan pembuatan larutan I-125, *fume hood* dilengkapi dengan kaca Pb dan pekerja radiasi memakai kacamata Pb dan apron [3,8,9].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengendalian dan pengawasan proses pelarutan dan pemurnian I-125 telah dilakukan oleh PPR di PRR – BATAN. Pengendalian dan pengawasan ini

dimaksudkan agar pekerja radiasi yang terlibat dalam kegiatan proses pelarutan dan pemurnian I-125 tidak menerima dosis radiasi berlebih. Sebelum melakukan proses pelarutan dan pemurnian I-125, PPR akan memberi pengarahannya pembagian giliran melakukan proses tersebut agar dapat diperkirakan

penerimaan dosis radiasi setiap pekerja radiasi yang terlibat. Tabel 1 berikut ini memperlihatkan paparan radiasi yang diterima oleh pekerja radiasi selama proses pelarutan dan pemurnian satu *batch* I-125, sesuai giliran pekerjaan yang diatur PPR.

Tabel 1. Data pemantauan paparan radiasi pada proses pelarutan I-125

No	Jenis Kegiatan	Waktu Pelaksanaan	Lama kerja (Menit)	Laju Paparan (mR/jam)
PEKERJA RADIASI A				
01.	Mengukur paparan radiasi di R- 107	9.30 - 9.40	10	0,04
02.	Mengukur paparan radiasi di fume hood	9.40 - 9.45	5	3,5
03.	Mengukur paparan radiasi pada botol	9.47 - 9.48	1	120
04.	Mengukur paparan radiasi di akhir proses	10.36 - 10.40	4	0,4
PEKERJA RADIASI B				
05.	Mempersiapkan peralatan produksi	9.40 - 9.45	5	3,5
06.	Melakukan persiapan pelarutan	9.51 - 9.52	1	120
07.	Melakukan persiapan pelarutan II	10.04 - 10.09	5	1,8
08.	Melakukan pelarutan II	10.09 - 10.10	1	130
09.	Melanjutkan pelarutan II	10.15 - 10.19	4	130
10.	Memasukkan sampel dalam vial	10.22 - 10.23	1	70
11.	Melanjutkan pelarutan III	10.28 - 10.32	4	135
12.	Menata fume hood	10.34 - 10.36	2	0,4
PEKERJA RADIASI C				
13.	Melakukan persiapan pelarutan I	9.51 - 9.52	1	120
14.	Melakukan pelarutan I	9.52 - 9.57	5	120
15.	Pengambilan sampel fraksi I	10.02 - 10.03	1	5
16.	Pengambilan sampel fraksi II	10.20 - 10.21	1	800
PEKERJA RADIASI D				
17.	Melanjutkan pelarutan I	9.58 - 10.02	4	120
18.	Melakukan pelarutan III	10.23 - 10.27	4	135
PEKERJA RADIASI E				
19.	Melanjutkan pelarutan II	10.11 - 10.14	3	130
20.	Pengambilan sampel fraksi III	10.23 - 10.27	2	300

Dari tabel 1 terlihat bahwa potensi paparan radiasi terbesar dari rangkaian proses pembuatan I - 125 ada pada :

1. Permukaan botol sampel dengan paparan radiasi 120 mR/jam = 1,20 mSv/jam.
2. Persiapan dan pelaksanaan pelarutan tahap I dengan paparan radiasi 120 mR/jam = 1,20 mSv/jam.
3. Pelaksanaan pelarutan tahap II dengan paparan radiasi 130 mR/jam = 1,30 mSv/Jam.
4. Pelaksanaan pelarutan tahap III dengan paparan radiasi 135 mR/jam = 1,35 mSv/jam.
5. Pengambilan sampel fraksi II dengan paparan radiasi 800 mR/jam = 8 mSv/jam.
6. Pengambilan sampel fraksi III dengan paparan radiasi 300 mR/jam = 3 mSv/jam

Dari data - data tersebut di atas, tahap pelarutan dan tahap pengambilan sampel merupakan dua tahapan yang memiliki potensi bahaya paparan

radiasi yang cukup besar. Khusus untuk tahap pelarutan, selain ada potensi bahaya radiasi juga ada potensi terhirupnya zat radioaktif karena adanya penguapan, untuk menghindari terhirupnya zat radioaktif, pekerja radiasi yang terlibat pembuatan I - 125 dilengkapi dengan perlengkapan proteksi radiasi personal.

Guna mengetahui seberapa besar dampak radiologi yang dialami oleh pekerja radiasi yang terlibat dalam proses pembuatan I -125, diantaranya dapat dilihat dari seberapa besar dosis radiasi yang diterima oleh pekerja radiasi tersebut. Besarnya dosis radiasi yang diterima dapat ditentukan dengan dua cara yaitu secara teoritis dan dari hasil evaluasi *TLD-badge*. Penentuan dosis secara teoritis sangat diperlukan untuk mengetahui besarnya dosis yang diterima secara cepat tanpa harus menunggu hasil evaluasi *TLD-badge*.

Dengan diketahuinya besarnya paparan radiasi di daerah kerja serta lamanya waktu kerja, maka besarnya dosis radiasi (D) yang diterima oleh pekerja radiasi dapat ditentukan dengan perumusan :

$$D = \frac{(\text{Paparasi Radiasi} \times \text{waktu kerja})}{6000} \quad (2)$$

Perkiraan besarnya dosis radiasi yang diterima oleh pekerja radiasi yang terlibat dalam proses pembuatan I-125 yang ditentukan berdasarkan pada Persamaan (2), dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perkiraan besarnya dosis radiasi yang diterima pekerja radiasi pada proses pelarutan dan pemurnian I-125.

No	Jenis Kegiatan	Lama kerja (Menit)	Laju Paparan (mR/jam)	Dosis (mSv)
PEKERJA RADIASI A				
01.	Mengukur paparan radiasi di R-107	10	0,04	0,000067
02.	Mengukur paparan radiasi di fume hood	5	3,5	0,002917
03.	Mengukur paparan radiasi pada botol	1	120	0,020000
04.	Mengukur paparan radiasi di akhir proses	4	0,4	0,000267
	TOTAL			0,023250
PEKERJA RADIASI B				
05.	Mempersiapkan peralatan produksi	5	3,5	0,002917
06.	Melakukan persiapan pelarutan	1	120	0,020000
07.	Melakukan persiapan pelarutan II	5	1,8	0,001500
08.	Melakukan pelarutan II	1	130	0,021667
09.	Melanjutkan pelarutan II	4	130	0,086667
10.	Memasukkan sampel dalam vial	1	70	0,011667
11.	Melanjutkan pelarutan III	4	135	0,090000
12.	Menata fume hood	2	0,4	0,001330
	TOTAL			0,234550
PEKERJA RADIASI C				
13.	Melakukan persiapan pelarutan I	1	120	0,020000
14.	Melakukan pelarutan I	5	120	0,100000
15.	Pengambilan sampel fraksi I	1	5	0,000833
16.	Pengambilan sampel fraksi II	1	800	0,133333
	TOTAL			0,254167
PEKERJA RADIASI D				
17.	Melanjutkan pelarutan I	4	120	0,080000
18.	Melakukan pelarutan III	4	135	0,090000
	TOTAL			0,170000
PEKERJA RADIASI E				
19.	Melanjutkan pelarutan II	3	130	0,065000
20.	Pengambilan sampel fraksi III	2	300	0,100000
	TOTAL			0,165000

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa pekerja radiasi B dan C menerima dosis radiasi yang cukup besar dibandingkan dengan dua pekerja radiasi yang lain selama proses pelarutan dan pemurnian I-125.

Jika dibandingkan dengan NBD mingguan sebesar 0,4 mSv maka kontribusi proses pelarutan dan pemurnian I-125 memberikan nilai yang cukup besar. Jika dihitung dari penerimaan dosis pekerja

radiasi C, maka kontribusinya mencapai $(0,25 : 0,4 \times 100\%) = 62,5\%$.

Tabel 3 dibawah ini menunjukkan perbandingan penerimaan dosis radiasi dari kegiatan pelarutan dan pemurnian satu *batch* I-125 dengan data hasil pembacaan *TLD-badge* dalam jangka waktu tiga bulan dimana dalam jangka waktu tersebut hanya dilakukan satu kali proses pelarutan dan pemurnian I-125.

Tabel 3. Perbandingan penerimaan dosis radiasi dari Pelarutan I-125 dengan data *TLD-badge*

NO	Pekerja	Dosis TLD-Badge (mSv)	Dosis (mSv) Dari Pelarutan I-125	Dosis (mSv) dari pekerjaan lain
1.	A	1,47	0,023	1,465
2.	B	2,40	0,23	2,165
3.	C	1,55	0,25	1,296
4.	D	0,33	0,17	0,160
5.	E	0,78	0,165	0,615

Dari Tabel 3 ini dapat dilihat bahwa dosis yang diterima pekerja radiasi pada satu *batch* proses pelarutan dan pemurnian I-125 dibandingkan dengan total dosis radiasi yang diterima oleh pekerja radiasi yang terekam dalam data dosis radiasi hasil analisis *TLD-badge* pada satu triwulan bervariasi untuk setiap pekerja radiasi. Misalnya dosis radiasi yang diterima pekerja radiasi A pada proses pelarutan dan pemurnian I-125 adalah 0,023 mSv, sedangkan dosis yang terekam pada *TLD-badge* untuk kurun waktu satu triwulan adalah 1,47 mSv. Dari data ini dapat dihitung dapat dihitung bahwa pekerja A mendapat paparan radiasi dari pekerjaan lain sebesar 1,465 mSv. Sedang pekerja radiasi B menerima dosis radiasi dari proses pelarutan dan pemurnian I-125 dalam satu *batch* sebesar 0,23 mSv, sedangkan dosis yang terekam pada *TLD-badge* untuk kurun waktu satu triwulan adalah 2,40 mSv. Dari data ini dapat dihitung dapat dihitung bahwa pekerja B mendapat paparan radiasi dari pekerjaan lain sebesar 2,165 mSv. Kontribusi penerimaan dosis radiasi pada satu *batch* proses pelarutan dan pemurnian I-125 paling besar diterima pekerja C tetapi pekerja C menerima dosis radiasi dari pekerjaan lain lebih kecil dari pekerja A dan B. NBD untuk kurun waktu triwulan ditetapkan sebesar 5 mSv, berarti semua pekerja radiasi yang terlibat dalam proses pelarutan dan pemurnian I-125 menerima dosis radiasi dibawah NBD yang ditetapkan oleh BAPETEN.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari uraian di atas maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :
Pekerja radiasi yang akan melakukan pelarutan I-125 harus mengetahui resiko pekerjaan yang akan dilakukan, yaitu akan menerima paparan radiasi yang cukup tinggi. Walaupun tidak ada pekerja radiasi yang menerima dosis radiasi melebihi NBD mingguan, selama bekerja melakukan pelarutan I-125, namun tahap pelarutan I-125 dan pengambilan sampel memiliki potensi penerimaan paparan radiasi yang cukup besar yang memungkinkan adanya penerimaan dosis radiasi eksternal yang cukup besar pula. Guna menghindari adanya pekerja radiasi yang terlibat dalam proses pembuatan I – 125 menerima dosis radiasi yang cukup besar, maka perlu dilakukan pengawasan oleh Petugas Proteksi

Radiasi khususnya pada tahap pelarutan dan pengambilan sampel. PPR harus membuat pengaturan pergantian pekerja radiasi yang terlibat dalam proses pembuatan I-125.

Saran untuk kegiatan pelarutan I-125 : Jika proses ini dilakukan secara rutin dan lebih dari 2x per bulan, maka PPR harus membuat giliran melakukan pelarutan dan pengambilan sample oleh pekerja radiasi yang terlibat dalam proses ini agar penerimaan dosis radiasi pekerja radiasi tidak melebihi batas yang ditentukan BAPETEN.

DAFTAR PUSTAKA

1. Surat Keputusan Kepala BATAN Nomor 123/KA/VIII/2007, tentang Rincian Tugas Unit Kerja di Lingkungan BATAN, Jakarta, 2008.
2. Radioaktivitas Iodium-125 pada uji produksi menggunakan target Xenon diperkaya, Rohadi Awaludin dkk, PPR, Serpong Tangerang, 2008.
3. Instruksi Kerja Proses Produksi Radioisotop *Iodine - 125* , PRR-BATAN, Revisi 1, Tangerang 2011.
4. Peraturan Pemerintah No. 33 tahun 2007 tentang Keselamatan Sumber Radiasi Pngion dan keamanan Sumber Radioaktif. BAPETEN, Jakarta, 2007.
5. Surat Keputusan Kepala BAPETEN No. 01/Ka – BAPETEN/V – 1999 Tentang Ketentuan Keselamatan Kerja Dengan Radiasi. BAPETEN, 2000.
6. Prosedur Pengendalian Personel, revisi 2, PRR, Kawasan Nuklir Serpong, Tangerang, 2011.
7. Prosedur Pengendalian Daerah Kerja, revisi 1, PRR, Kawasan Nuklir Serpong, Tangerang, 2011.
8. Instruksi kerja bekerja di daerah radiasi, Revisi 1, PRR, Kawasan Nuklir Serpong, Tangerang, 2011.
9. Instruksi kerja bekerja di daerah kontaminasi, Revisi 1, PRR, Kawasan Nuklir Serpong, Tangerang, 2011.
10. Instruksi kerja pemakaian TLD-BADGE, Revisi 1, PRR, Kawasan Nuklir Serpong, Tangerang, 2011.
11. Instruksi kerja Sistem interlok, revisi 1, PRR, Kawasan Nuklir Serpong, Tangerang, 2011.