
EVALUASI KEGIATAN PROTEKSI RADIASI DALAM PROSES PEMINDAHAN BAHAN PASCA IRADIASI

Muradi, Sjafruddin

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir - BATAN

ABSTRAK

EVALUASI KEGIATAN PROTEKSI RADIASI DALAM PROSES PEMINDAHAN BAHAN PASCA IRADIASI. Suatu evaluasi kegiatan proteksi radiasi selama proses pemindahan bahan pasca iradiasi berupa *foil target* dari reaktor (RSG-GAS) ke Instalasi Radiometalurgi (IRM) telah dilakukan. Kegiatan bertujuan untuk melindungi pekerja radiasi dari bahaya radiasi selama penanganan pemindahan *foil target* dari wadah (*cask*) ke *hotcell* ZG-101 IRM. Evaluasi dilakukan dengan cara pengukuran radioaktivitas di lokasi penanganan pemindahan *foil target* untuk menentukan posisi berbahaya terhadap radiasi. Hasil evaluasi menemukan bahwa bahaya radiasi terjadi di posisi depan sekitar *interface* antara *cask* dan *hotcell* pada saat dilintasi *foil target*. Pada posisi tersebut paparan radiasi meningkat hingga mencapai 7800 $\mu\text{Sv/jam}$, sedangkan posisi belakang tidak terjadi peningkatan paparan radiasi yang signifikan karena terdapat perisai radiasi dari *cask*. Hasil evaluasi proteksi radiasi terhadap pekerja radiasi yang menangani pemindahan menunjukkan bahwa tidak seorang pun terdeteksi menerima dosis radiasi yang diukur secara langsung menggunakan dosimeter pena, sedangkan pengukuran menggunakan TLD ditemukan dosis tertinggi sebesar 0,02 mSv/triwulan. Juga tidak ditemukan pekerja radiasi yang terkontaminasi dalam penanganan pemindahan *foil target*.

Kata kunci: *foil target*, *cask*, *hotcell*, proteksi radiasi.

PENDAHULUAN

Salah satu kegiatan riset di Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBN) yang menggunakan fasilitas *hotcell* IRM adalah riset tentang *foil target*. Riset ini menggunakan bahan foil U (LEU, U-diperkaya 19,75%, ketebalan sekitar 130 mm) yang dikemas di dalam lempengan silinder berbentuk pipa kira-kira berdiameter 1 inci dan panjang 30 cm dari bahan stainless steel (SS) atau aluminium (Al) untuk diiradiasi di reaktor. Kemasan *foil target* sebelum iradiasi masih dapat dipegang untuk maksud pemeriksaan kontaminasi permukaan. Pasca iradiasi *foil target* menjadi sangat radioaktif dan memancarkan radiasi- γ cukup tinggi karena telah teraktivasi oleh neutron di dalam teras reaktor.

Untuk mendapatkan *foil target* pasca iradiasi, kemasan *foil target* dipindahkan dari gedung Reaktor Serba Guna G.A. Siwabessy (RSG-GAS) Pusat Reaktor Serba Guna (PRSG) ke fasilitas pembongkaran kemasan (*hotcell*) di gedung IRM. Transportasi atau pemindahan *foil target* pasca iradiasi dari reaktor ke IRM menggunakan wadah khusus yang disebut sebagai *MTR Transfer Cask* (MTC). *Cask* adalah suatu wadah untuk bahan radioaktif (bahan pasca iradiasi dari reaktor) yang

didesain guna menahan paparan radiasi- γ agar selama pengangkutan atau pemindahan pekerja radiasi tidak menerima dosis radiasi yang tinggi. Untuk memudahkan pemindahan, *cask* ditempatkan di atas kereta/gerobak (*trolley*) dan ditarik dengan alat transportasi atau kendaraan (seperti *forklift*). Sebelum dilakukan pemindahan *cask* yang telah berisi bahan pasca iradiasi, *cask* diukur paparan radiasi permukaannya untuk melindungi pengemudi (supir) yang membawa/menarik *trolley* terhadap paparan radiasi- γ . Karena jarak antara *cask* dengan tubuh supir terbatas, biasanya paparan radiasi pada permukaan *cask* tidak melebihi batas yang diizinkan. Kegiatan pengukuran paparan *cask* dilakukan oleh Petugas Proteksi Radiasi (PPR) atau petugas keselamatan di tempat pemberangkatan *cask* (reaktor). Jalur jalan menggunakan fasilitas jalan di dalam pagar kuning Kawasan Nuklir Serpong. Lama perjalanan juga tidak terlalu lama (sekitar 30 menit) mengingat fasilitas IRM berdekatan atau bersebelahan dengan reaktor.

Walaupun perisai radiasi *cask* didesain aman terhadap bahaya radiasi dari bahan radioaktif yang ada di dalamnya, namun dalam proses pemindahan dari *cask* ke *hotcell* terdapat potensi bahaya radiasi. Hal ini disebabkan adanya posisi yang tidak berperisai sempurna, yaitu posisi *interface* antara *cask* dengan *hotcell*. Bagaimanapun juga terdapat celah tidak berperisai pada posisi tersebut sehingga pada saat *foil target* melintasi *interface* akan terjadi lonjakan paparan radiasi dan hal ini dapat menyinari pekerja radiasi jika posisi tersebut tidak diantisipasi terhadap proteksi radiasi. Selain paparan radiasi, *cask* juga berpotensi kontaminasi bahan radioaktif sehingga dapat menyebabkan kontaminasi pada pekerja radiasi. Berdasarkan potensi tersebut, dalam penanganan pemindahan *foil target* perlu dilakukan kegiatan proteksi radiasi. Kegiatan proteksi radiasi ini bertujuan untuk mengevaluasi penerapan prinsip dan persyaratan proteksi radiasi guna melindungi pekerja radiasi dari bahaya radiasi yang dapat terjadi selama pemindahan tersebut. Tulisan ini memberikan deskripsi tentang penanganan pemindahan *foil target* pasca iradiasi ditinjau dari aspek keselamatan radiasi terhadap pekerja radiasi.

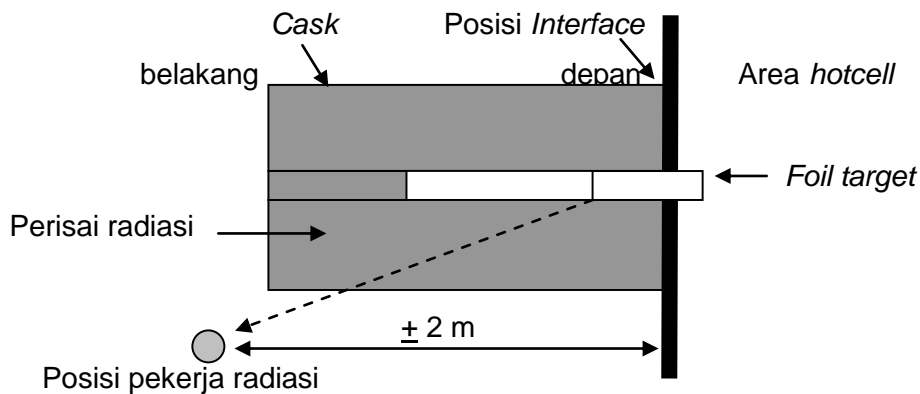
TEORI

Penerapan prinsip proteksi radiasi untuk paparan radiasi di IRM misalnya menggunakan perisai radiasi, mengatur penerimaan dosis terhadap waktu/lama penyinaran dan mengatur jarak dari sumber radiasi jika medan radiasi melampaui batas $25 \mu\text{Sv/jam}^{[1]}$. Dalam hal penanganan bahan pasca iradiasi di IRM, penerapan

pemakaian perisai radiasi lebih signifikan karena paparan radiasi dari bahan radioaktif yang ditangani umumnya tinggi dan ruang untuk menangani bahan radioaktif terbatas. Selain terhadap paparan radiasi, untuk keperluan proteksi radiasi juga dilakukan pemantauan kontaminasi terhadap obyek yang ditangani (*cask*). Ketentuan batasan aman kontaminasi yang berlaku di IRM untuk peralatan/perlengkapan (dalam hal ini *cask*) adalah $\leq 3,7 \text{ Bq/cm}^2$ untuk α dan $\leq 37 \text{ Bq/cm}^2$ untuk β , sedangkan untuk kulit kaki-tangan adalah $0,18 \text{ Bq/cm}^2$ untuk α dan $1,8 \text{ Bq/cm}^2$ untuk β ^[1]. Beberapa persyaratan proteksi radiasi bagi pekerja radiasi adalah pemakaian labjas, sarung tangan, sepatu kerja dan dosimeter personal (TLD dan dosimeter pena). Labjas, sarung-tangan dan sepatu kerja digunakan untuk mencegah kontaminasi bahan radioaktif selama bekerja. TLD dan dosimeter untuk mengetahui dosis radiasi yang diterima personal ^[2]. Dalam setiap kegiatan yang terkait dengan penanganan sumber radiasi (dalam hal ini *foil target*) di IRM, untuk keperluan proteksi radiasi bagi pekerja radiasi harus menerapkan prinsip dan memenuhi persyaratan proteksi radiasi ^[3]. TLD untuk pengukuran dosis akumulasi yang dibaca setiap tiga bulan, sedangkan untuk maksud mengetahui penerimaan dosis radiasi secara cepat digunakan dosimeter pena yang dapat dibaca setiap saat. Untuk keperluan pemantauan paparan radiasi digunakan dua unit *surveymeter- γ* (Graetz-X dan *tele-detector* Ludlum) ^[1]. *Surveymeter* memberikan unit pengukuran laju paparan radiasi (dosis per satuan waktu) sehingga dapat digunakan sebagai pedoman menentukan lama berada di medan radiasi. Khususnya *tele-detector* digunakan untuk memantau paparan radiasi- γ pada jarak cukup jauh (sekitar dua meter) dari titik pengukuran. Dalam kegiatan ini *tele-detector* digunakan untuk mengukur tingkat paparan saat *foil target* melintasi *interface* antara *cask* dan *hotcell*. Graetz-X digunakan untuk mengukur paparan radiasi di permukaan *cask* dan pada posisi pekerja radiasi yang mendorong *foil target*. Adapun untuk mengukur kemungkinan kontaminasi selesai bekerja disediakan *handfoot monitor* di ruang ganti IRM setelah kegiatan pemindahan selesai ^[3]. Perisai radiasi akan menurunkan paparan radiasi sehingga pekerja radiasi aman dari bahaya radiasi. Dosis radiasi yang diterima berbanding lurus dengan lama berada di medan radiasi, makin lama maka dosis semakin tinggi. Adapun dosis radiasi berbanding terbalik terhadap jarak kuadrat, makin jauh dari sumber radiasi maka dosis semakin rendah ^[4].

Persyaratan keselamatan radiasi untuk laju paparan radiasi daerah kerja yang diberlakukan di IRM adalah $\leq 25 \mu\text{Sv/jam}$. Bila persyaratan ini dipenuhi, secara prinsip tidak perlu ada lagi pengaturan proteksi radiasi (jarak, waktu dan penggunaan perisai)

dalam menangani bahan radioaktif atau sumber radiasi. Walaupun demikian untuk maksud mematuhi penerimaan radiasi diusahakan serendah mungkin (ALARA = *As Low As Reasonable Achievable*), jika tidak perlu maka tidak diizinkan berlama-lama di medan radiasi, diusahakan jarak yang lebih aman dari sumber radiasi dan bila memungkinkan dilindungi dengan perisai radiasi. Kenyataan proses pemindahan *foil target* dalam kegiatan ini, paparan radiasi yang berasal dari dalam *cask* sangat aman dari bahaya radiasi karena adanya perisai radiasi, adapun lonjakan paparan radiasi yang melampaui batas keselamatan radiasi pada saat *foil target* melintasi *interface* antara *cask* dan *hotcell* perlu diterapkan prinsip proteksi radiasi, dalam hal ini pekerja radiasi tidak boleh berada dekat *interface* (jarak), pekerja radiasi harus berada pada posisi belakang *cask* yang terlindung oleh perisai radiasi dari *cask* dan diusahakan waktu melintasi *interface* yang laju paparannya tinggi sesingkat mungkin (kira-kira dua detik). Gambar-1 memberikan ilustrasi penerapan prinsip proteksi radiasi dalam proses pemindahan *foil target* dari *cask* ke *hotcell*.



Gambar 1. Ilustrasi prinsip proteksi radiasi dalam pemindahan *foil target*. Posisi *interface* adalah posisi paparan radiasi tinggi saat dilintasi *foil target*, sedangkan posisi pekerja radiasi selain cukup jauh dari *interface* juga terlindung oleh perisai radiasi *cask*.

METODOLOGI

Evaluasi kegiatan proteksi radiasi dalam proses pemindahan *foil target* dari *cask* ke *hotcell* didasari pada hasil pengukuran/pemantauan radioaktivitas dan perlakuan yang diterapkan untuk keperluan proteksi radiasi, seperti kegiatan pengukuran paparan radiasi- γ pada *cask* sebelum dan setelah pemindahan serta saat proses pemindahan menggunakan *surveymeter- γ* Graetz-X dan Ludlum *Tele-detector*, pemantauan kontaminasi α dan β yang dilakukan terhadap permukaan luar *cask*, pengukuran dosis radiasi yang diterima pekerja radiasi menggunakan dosimeter pena

dan TLD, dan pemantauan kontaminasi pada kulit (kaki-tangan) pekerja radiasi yang dilakukan setelah penanganan pemindahan selesai. Pemantauan kontaminasi pada *cask* dilakukan secara tidak langsung (uji usap) dengan cara mengambil cuplikan usap seluas 100 cm² pada permukaan *cask* dan dicacah dengan pencacah kontaminasi α dan β , sedangkan pemantauan kontaminasi (juga terhadap α dan β) pada kulit pekerja radiasi menggunakan *handfoot monitor*. Berikut kegiatan proteksi radiasi dalam proses pemindahan *foil target*.

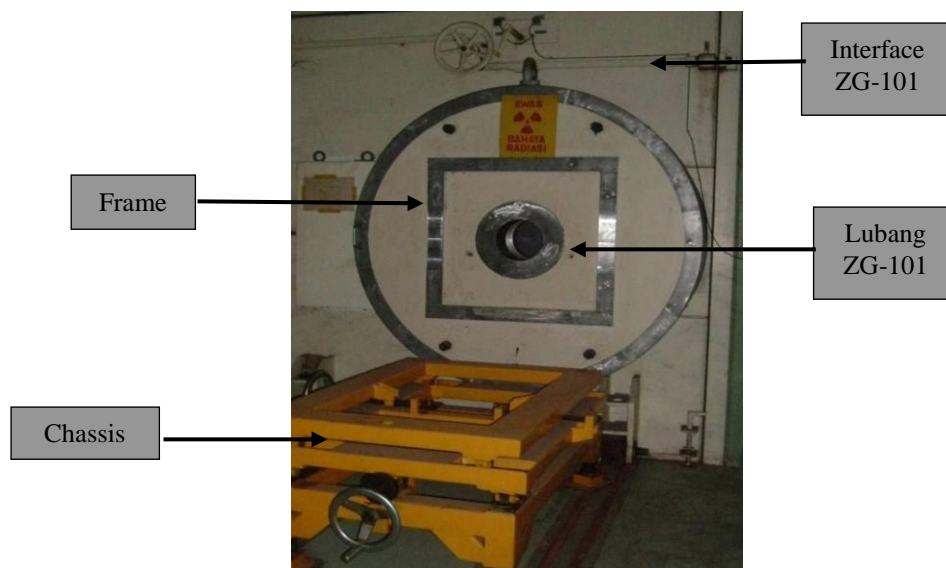
Pengukuran Paparan- γ Dan Uji Usap Pada *Cask* Sebelum *Foil Target* Dipindahkan

Sebelum *cask* diangkat dengan *crane* untuk ditempatkan padaudukan (*chassis*) pengatur posisi *cask* terhadap lubang *hotcell*, paparan radiasi- γ permukaan *cask* diukur untuk mengetahui besarnya paparan radiasi *cask*. Pengukuran dilakukan dengan alat *surveymeter- γ* pada permukaan *cask* bagian depan, belakang dan samping. Berdasarkan desain *cask*, bagian belakang terdapat lubang untuk memasukkan tongkat pendorong (*push bar*) untuk mengeluarkan *alpha can* yang memuat *foil target*, sedangkan bagian depan terdapat lubang keluar *alpha can* dari *cask* (didorong dari belakang) menuju lubang *hotcell*. Kedua lubang tertutup atau dilindungi oleh perisai radiasi agar paparan radiasi tidak keluar dan perisai radiasi bagian depan dapat dibuka/tutup. Berdasarkan hasil pengukuran, tingkat paparan radiasi- γ di permukaan *cask* tidak melampaui batas yang diizinkan untuk batasan zona radiasi di IRM. Adapun hasil pengukuran uji usap pada permukaan *cask* bagian belakang, samping dan depan tidak ditemukan adanya kontaminasi. Dengan demikian *cask* dalam kondisi aman dari bahaya radiasi dan tidak diperlukan penentuan/pembatasan jarak dan lama bekerja di sekitar *cask*.

Pengaturan Posisi *Cask* Dengan Lubang *Hotcell*

Agar pemindahan *foil target* dari *cask* ke *hotcell* ZG-101 tidak mengalami kesulitan dan berlangsung sempurna maka posisi *cask* harus diatur sedemikian rupa agar lubang keluar *alpha can* yang memuat *foil target* tepat berada pada lubang masuk ke dalam *hotcell*. *Cask* dipindahkan dengan *crane* kapasitas angkat sampai 20 ton ke *chassis* yang tersedia di sisi depan *hotcell* tempat memasukkan *foil target*. *Chassis* khusus ini dapat bergerak ke segala arah sehingga *interface* posisi lubang keduanya (*cask* dan *hotcell*) dapat terhubung dengan tepat. Adapun sebagai acuan untuk mengetahui bahwa posisi lubang sudah tepat terhubung adalah tanda/garis persegi

(*frame*) pada permukaan dinding *hotcell* (*wall plug*) yang ukurannya sama dengan permukaan depan *cask* (*cask* berbentuk silinder, tetapi permukaan pada lubang keluar berbentuk persegi). Bila posisi *cask* (bagian depan) dan *hotcell* (bagian *wall plug*) sudah tepat terhubung rapat (sedapat mungkin tidak ada celah pada *interface* tersebut), maka pintu lubang perisai *cask* dan *hotcell* dapat dibuka, dan *alpha can* yang berisi *foil target* dapat dikeluarkan dari *cask* dengan cara mendorongnya *push bar* yang dimasukkan (disodok) dari belakang *cask*. Gambar-2 memperlihatkan *chassis* untuk *cask* dan *wall plug* atau *interface* dari *hotcell* ZG-101 untuk penerimaan *foil target*.



Gambar 2. *Chassis* pengatur posisi *cask*, *interface* dari *hotcell* ZG-101 dan lubang untuk memasukkan *foil target* ke dalam sel.

Pengukuran Paparan- γ Saat *Foil Target* Dipindahkan

Pengukuran paparan- γ saat proses pemindahan *foil target* dari *cask* ke *hotcell* dilakukan untuk meyakinkan bahwa paparan- γ tidak menyinari pekerja radiasi yang dekat dengan posisi *cask*^[1] dan untuk mengetahui besarnya paparan pada posisi *interface* antara *cask* dan *hotcell* mengingat pada posisi tersebut tidak ada perisai radiasi yang signifikan. Posisi pengukuran adalah bagian depan *cask* (celah pada posisi *interface*) dan bagian belakang *cask* tempat posisi pekerja radiasi yang mendorong *foil target* keluar *cask*. Dari hasil pengukuran menunjukkan ada sedikit kenaikan paparan- γ di bagian belakang *cask*, tetapi masih di bawah batas yang diizinkan, adapun paparan- γ di bagian depan *cask* (posisi *interface*) paparan- γ meningkat tajam saat *foil target* melintas dan menurun kembali setelah masuk ke dalam sel. Namun karena pekerja radiasi berada pada posisi belakang dan samping

cask, tidak terjadi penyinaran yang tinggi karena radiasinya dapat tertahan oleh perisai radiasi *cask*.

Pengukuran Paparan- γ Dan Uji Usap Pada *Cask* Setelah *Foil Target* Dipindahkan

Pengukuran paparan- γ setelah *foil target* dipindahkan juga dilakukan untuk memenuhi prosedur pengukuran/pemantauan paparan radiasi ^[1]. Hasil pengukuran menunjukkan adanya penurunan paparan radiasi- γ yang mencapai tingkat radiasi latar belakang (*background*) sekitar 0,08 – 0,15 $\mu\text{Sv/jam}$. Sedangkan uji usap terhadap *cask* bagian permukaan depan juga tidak ditemukan kontaminasi. Dengan demikian *cask* dapat dibawa kembali atau dikeluarkan dari IRM.

Pengukuran Dosis Pekerja Radiasi.

Pengukuran dosis radiasi untuk pekerja radiasi yang menangani pemindahan *foil target* dilakukan dengan menggunakan dosimeter pena dan TLD. Dosimeter pena digunakan untuk mengetahui secara cepat dosis radiasi yang diterima karena dapat dibaca pada saat itu juga (*direct reading*). Pengukuran dosis juga dilakukan dengan TLD, namun hal ini merupakan dosis akumulasi pekerja radiasi untuk pemakaian tiga bulan yang merupakan periode pembacaan dosis. Jadi dosis pada TLD tidak dapat mewakili dosis yang diterima khusus saat penanganan pemindahan *foil target*. Namun demikian data dosis TLD dapat digunakan sebagai pembanding terhadap pengukuran menggunakan dosimeter pena jika pada saat penanganan terdeteksi dosis radiasi yang tinggi.

Pengukuran Kontaminasi Pekerja Radiasi

Pengukuran kontaminasi terhadap pekerja radiasi setelah proses penanganan atau selesai bekerja merupakan suatu prosedur tetap yang harus dilakukan untuk maksud proteksi radiasi. Dalam kegiatan ini pemeriksaan kontaminasi dilakukan di ruang ganti IRM terhadap kaki, tangan dan pakaian kerja yang digunakan saat menangani pemindahan *foil target*. Pengukuran kontaminasi menggunakan alat *handfoot monitor* untuk mendeteksi kontaminasi α dan β .

HASIL DAN PEMBAHASAN

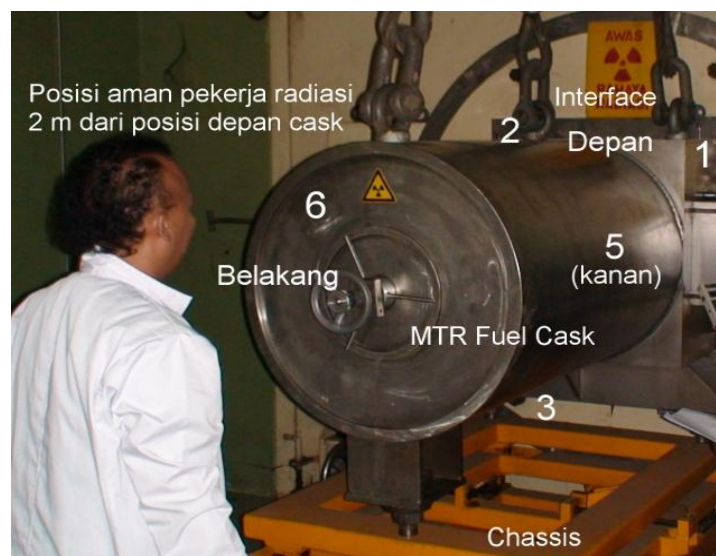
Pengukuran yang dilakukan untuk keperluan proteksi radiasi pekerja radiasi dalam proses pemindahan *foil target* diperoleh hasil sebagai berikut: Pengukuran paparan radiasi- γ dan posisi pengukuran sebelum, saat dan setelah *foil target*

dikeluarkan dari *cask* ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 3.

Tabel 1. Laju paparan radiasi- γ (termasuk *background*) pada *cask* pada kondisi sebelum, saat dan sesudah dipindahkan ke *hotcell*.

Posisi	Sebelum ($\mu\text{Sv/jam}$)	Sesudah ($\mu\text{Sv/jam}$)	Saat ($\mu\text{Sv/jam}$)	Keterangan Posisi
1	0,350 – 0,415	0,113 – 0,146	7800	Depan/ <i>interface</i>
2	0,385 – 0,410	0,117 – 0,145	-	Sisi atas-tengah
3	0,410 – 0,430	0,106 – 0,139	-	Sisi bawah-tengah
4	0,360 – 0,390	0,125 – 0,140	-	Sisi kiri-tengah
5	0,367 – 0,380	0,119 – 0,130	-	Sisi kanan-tengah
6	0,290 – 0,330	0,108 – 0,120	-	Belakang
7	0,270 – 0,295	0,98 – 0,110	0,480	Pekerja radiasi dengan <i>push bar</i>

Data merupakan hasil pengukuran terendah - tertinggi dari lima pengamatan pada *survey meter*.
Background: 0,080 – 0,150 $\mu\text{Sv/jam}$ (di koridor IRM)



Gambar 3. Posisi *cask*, *Interface cask-hotcell* dan posisi pengukuran paparan radiasi (tanda nomor, lihat keterangan Tabel-I). Pada saat pemindahan *foil target* semua pekerja radiasi berada pada posisi belakang ± 2 m dari posisi 1 (*interface*).

Berdasarkan data di atas (Tabel 1) menunjukkan tidak ada paparan radiasi- γ yang melampaui batas 25 $\mu\text{Sv/jam}$ di luar *cask* pada saat *cask* siap ditangani. Dengan demikian tidak perlu pengaturan jarak dan lama (waktu) dalam penanganan persiapan pemindahan *foil target* (*cask* dalam kondisi aman dari bahaya radiasi). Hal ini

menunjukkan bahwa dengan penggunaan perisai radiasi pada *cask* lebih efektif untuk maksud proteksi radiasi terhadap pekerja radiasi daripada mengatur jarak dan waktu, lebih penting lagi bahwa ruangan tempat penanganan pemindahan *foil target* terbatas. Adapun peningkatan paparan saat *foil target* melintasi *interface* sampai melampaui 25 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ (mencapai 7800 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$) sudah dapat diduga karena bagaimanapun ada celah yang menyebabkan radiasi keluar (tidak tertahan perisai radiasi), tetapi hal ini sudah diantisipasi dengan cara pekerja radiasi menjauh (± 2 m) dari *interface* dan pengukuran paparan radiasi dilakukan jarak jauh dengan menggunakan *surveymeter* Ludlum *Tele-detector*.

Berdasarkan hasil pengukuran kontaminasi pada *cask* menggunakan cara uji usap tidak ditemukan adanya kontaminasi yang signifikan atau jauh di bawah batas kontaminasi yang diizinkan. Dengan menganggap faktor terangkat pada kertas uji usap 10%, hasil pengukuran kontaminasi tertinggi pada *cask* adalah 0,32 Bq/cm^2 untuk β , sedangkan untuk α tidak terdeteksi. Hasil pemantauan dengan alat *handfoot monitor* di ruang ganti IRM tidak terjadi kontaminasi pada kulit (kaki dan tangan) maupun labjas pada personil. Sedangkan berdasarkan hasil pembacaan langsung pada dosimeter pena dan pembacaan TLD tidak ada pekerja radiasi yang terlibat dalam proses pemindahan *foil target* yang menerima dosis radiasi yang signifikan. Jarum penunjuk pada dosis dosimeter pena tetap pada posisinya (skala baca terkecil 1 mRad). Hasil pembacaan dosis personel dengan TLD terhadap personel yang menangani proses pemindahan *foil target* yang tertinggi adalah 0,02 mSv/triwulan (hasil pembacaan untuk akumulasi dosis tiga bulan) ^[5]. Jika dianggap dosis tersebut berasal dari kegiatan pemindahan *foil target*, maka dosis tersebut masih jauh di bawah batas penerimaan dosis yang diizinkan untuk waktu tiga bulan (12,5 mSv/triwulan).

KESIMPULAN

Pemindahan bahan pasca iradiasi (*foil target*) dari reaktor ke *hotcell* IRM telah berhasil dilaksanakan dengan mempertimbangkan aspek keselamatan radiasi. Prinsip proteksi radiasi menggunakan perisai radiasi yang tersedia pada selubung (dinding) *cask* lebih efektif untuk keselamatan radiasi daripada mengatur jarak dan waktu guna memperkirakan penerimaan dosis radiasi pada personil, khususnya untuk lokasi atau ruangan yang luasnya terbatas seperti lokasi penerimaan material di IRM. Dalam kegiatan pemindahan *foil target* ini tidak ada laju paparan radiasi- γ pada posisi *cask* yang melampaui batas 25 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ (*cask* berisi *foil target* atau sebelum dipindahkan), kecuali sesaat ketika *foil target* melintasi *interface* antara *cask* dan *hotcell* yang

mencapai 7800 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$. Peningkatan ini dapat diperkirakan akibat adanya radiasi *foil target* yang keluar dari celah *interface*. Persyaratan proteksi radiasi untuk pekerja radiasi juga telah dipenuhi tanpa ada terdeteksi kontaminasi dan penerimaan dosis radiasi yang mencurigakan (signifikan) setelah pelaksanaan kegiatan pemindahan *foil target* baik dari pemantauan langsung dengan dosimeter pena maupun dari hasil pembacaan TLD. Walaupun terbaca dosis radiasi pekerja radiasi yang ikut menangani pemindahan *foil target* dari TLD yang digunakan, namun dosisnya hanya sebesar 0,02 mSv/triwulan. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kegiatan ini telah menerapkan prinsip-prinsip proteksi radiasi.

DAFTAR PUSTAKA

1. ANONIM, "Prosedur Pemantauan Daerah Kerja", PTBN, No. Dok. KK12 D11 001, Serpong, 2001
2. ANONIM, "Prosedur Pemantauan Dosis Personel", PTBN, No. Dok. KK21 D11 001, Serpong, 2004
3. ANONIM, "Prosedur Tetap Keselamatan Kerja di IRM", P2TBDU, No. Dok. KK12 D13 002, Serpong, 1999.
4. K. ALMENAS AND R. LEE, "*Nuclear Engineering: An Introduction, Springer-Verlag*", Berlin, 1992.
5. PUSAT TEKNOLOGI LIMBAH RADIOAKTIF, "Laporan Hasil Pembacaan TLD PTBN Seri-B perioda 10 Desember 2007 sampai 10 Maret 2008", Serpong, 2008.