

**ASPEK SAFEGUARDS PEMISAHAN LABORATORIUM RADIOISOTOP
PT. INUKI (KMP-D) DARI REAKTOR RSG-GAS (MBA RI-C)**

Dicky Tri Jatmiko, Fitri Susanti
PRSG-BATAN

ABSTRAK

ASPEK SAFEGUARDS PEMISAHAN LABORATORIUM RADIOISOTOP PT. INUKI (KMP-D) DARI REAKTOR RSG-GAS (MBA RI-C). Pusat Reaktor Serba Guna (PRSG) bertanggung jawab atas Reaktor Serbaguna GA Siwabessy (RSG-GAS) sebagai reaktor riset yang merupakan salah satu *Material Balance Area* (MBA RI-C) pengelola bahan nuklir serta berkewajiban melaksanakan komitmen sistem safeguards bahan nuklir sesuai Perka BAPETEN No. 4 Tahun 2011 tentang sistem safeguards. Pemisahan laboratorium radioisotop PT. INUKI sebagai *Key Measurement Point-D* (KMP-D) dari Reaktor RSG-GAS (MBA RI-C) amat berpengaruh terhadap aspek safeguards. Untuk itu perlu dibuat tinjauan aspek *safeguards* dari sistem pencatatan bahan nuklir, sistem pelaporan bahan nuklir dan pemeriksaan fisik bahan nuklir di laboratorium radioisotop KMP-D. Hasil tinjauan menunjukkan bahwa pemisahan laboratorium radioisotop KMP-D dari MBA RI-C merupakan kegiatan yang mendukung implementasi *safeguards* di Reaktor RSG-GAS sebagai *item facility*. Karena sebagai *item facility* maka kehilangan berat uranium yang dapat dipertanggungjawabkan (MUF) tidak terjadi saat pemanfaatan bahan nuklir dalam pengoperasian reaktor karena bahan nuklir yang digunakan berupa *bundle* elemen bakar nuklir. Dengan demikian pemisahan laboratorium radioisotop (KMP-D) dari MBA RI-C menjadi MBA tersendiri menghasilkan implementasi safeguards yang *complete* dan *correctness*.

Kata Kunci: safeguards, laboratorium radioisotop, pemisahan, reaktor RSG-GAS

ABSTRACT

SAFEGUARDS ASPECTS OF SEPARATION OF PT. INUKI'S RADIOISOTOPES LABORATORY (KMP-D) FROM THE RSG-GAS REACTOR (MBA RI-C). Center Multipurpose Reactor (PRSG) is responsible for the GA Siwabessy Multipurpose reactor (RSG-GAS) as the research reactor, which is one *Material Balance Area* (MBA RI-C) managers of nuclear material and the duty to implement the commitments system of safeguards of nuclear materials in accordance BAPETEN Chairman Regulatory No.4, 2011 on safeguards system. Separation of PT. Inuki's radioisotope laboratory as *Key Measurement Point-D* (KMP-D) from the RSG-GAS Reactor (MBA RI-C) is very influential on safeguards aspects. It needs to be made for a review of the system for recording aspects of the safeguards of nuclear material, nuclear material reporting system and a physical examination of nuclear material at the radioisotope laboratory KMP-D. Results of the review showed that the separation of the radioisotope laboratory KMP-D from MBA RI-C is an activity that supports the implementation of safeguards in the RSG-GAS reactor as an *item facility*. Because as an *item facility* then *Material Unaccounted For* (MUF) does not occur during the use of nuclear material in nuclear reactor operation due to the material used in the form of a bundle of nuclear fuel elements. Thus the separation of the radioisotope laboratory (KMP-D) from the MBA RI-C to generate its own MBA implementation of safeguards are complete and correctness.

Keywords: safeguards, radioisotope laboratory, separation, RSG-GAS reactor

PENDAHULUAN

Reaktor Serba Guna G.A. Siwabessy (RSG-GAS) adalah reaktor riset dengan daya nominal 30 MW termal dan fluks 10^{14} n/cm²det. Sebagai suatu reaktor riset, reaktor RSG-GAS dioperasikan untuk keperluan penelitian dan pengembangan serta jasa iradiasi target untuk memproduksi isotop seperti Molybdenum-99 (Mo-99), Iodium-131 (I-131) serta isotop lain. Dalam pengoperasiannya RSG-GAS menggunakan 40 elemen bakar dan 8 elemen kendali dengan pengkayaan $\pm 19,75$ %. Meskipun bahan nuklir yang digunakan untuk operasi RSG-GAS adalah uranium pengkayaan rendah tetapi RSG-GAS dengan daya >25 MWatt mampu menghasilkan Pu sebanyak 8 kg/ tahun. Hal ini menjadikan RSG-GAS sebagai fasilitas nuklir strategis yang memiliki pendekatan safeguards berbeda dengan pendekatan safeguards reaktor riset pada daya < 25 Mwatt.

Pendekatan *safeguards* yang dilakukan di reaktor RSG-GAS sebagai daerah neraca bahan nuklir (*Material Balance Area*) dengan kode MBA RI-C mengarah pada fasilitas *item counting* walaupun sebenarnya terdapat salah satu tempat pengukuran pokok (*Key Measurement Point, KMP*) di dalam MBA RI-C yaitu fasilitas *bulk counting* laboratorium radioisotop milik PT. INUKI, yang terdapat dalam tempat pengukuran pokok inventori lokasi lain di luar reaktor dengan kode KMP-D. Sebagai suatu fasilitas nuklir jenis *item counting* maka sistem *safeguards* di MBA RI-C tidak dimungkinkan adanya kehilangan bahan nuklir dalam pengelolaannya karena bahan nuklir sudah berbentuk *bundle* elemen bakar nuklir. Sedangkan pada laboratorium radioisotop (KMP-D) sebagai fasilitas *bulk counting* dimungkinkan timbulnya kehilangan bahan nuklir akibat pemrosesan pada produksi radioisotop Mo-99 dari hasil belah U-235 yang menggunakan bahan baku uranium pengkayaan rendah. Namun demikian kehilangan bahan nuklir dalam pemrosesan

yang disebutkan diatas merupakan kehilangan bahan nuklir tidak terukur yang masih dapat dipertanggungjawabkan (*Material Un-accounted For, MUF*).

Saat ini sedang dilakukan proses pemisahan laboratorium radioisotop PT. INUKI (KMP-D) dari reaktor RSG-GAS (MBA RI-C). Pendekatan aspek *safeguards* terhadap implikasi terkait kedua hal tersebut diatas belum pernah dilakukan, sehingga perlu dibuat tinjauan aspek *safeguards* terhadap pemisahan laboratorium radioisotop (KMP-D) yang merupakan bagian dari MBA RI-C.

Tinjauan aspek *safeguards* ini dilakukan dengan melakukan studi kepustakaan dari beberapa literatur dan ketentuan *safeguards* yang ditetapkan baik BAPETEN maupun IAEA, meliputi sistem pencatatan bahan nuklir, sistem pelaporan dan pemeriksaan fisik bahan nuklir. Diharapkan dari penulisan ini dapat diketahui dengan jelas implementasi sistem *safeguards* di dalam MBA RI-C sebagai *item facility* sehingga menghasilkan implementasi *safeguards* yang *complete* dan *correctness*.

TEORI

PELAKSANAAN SAFEGUARDS DI RSG GAS (MBA RI-C)

Pelaksanaan *safeguards* IAEA ditujukan untuk menjamin bahwa pembuatan dan penggunaan bahan nuklir di negara anggota hanya ditujukan untuk maksud damai bukan untuk pembuatan senjata nuklir dan penggunaan yang tidak dapat dipertanggungjawabkan. Salah satu kegiatan IAEA untuk mewujudkan maksud tersebut adalah dengan melaksanakan inspeksi ke semua fasilitas nuklir yang dideklarasikan oleh negara anggota. Pelaksanaan *Safeguards* di MBA RI-C mengacu pada Peraturan Kepala BAPETEN No. 4 tahun 2011 tentang Sistem Seifgard dan peraturan lainnya yang dikeluarkan oleh IAEA. Pengelolaan pemanfaatan bahan nuklir di MBA RI-C

ditetapkan dalam bentuk struktur organisasi *safeguards* di reaktor RSG GAS yang terdiri dari :

- 2 orang pengawas inventori bahan nuklir di MBA RI-C dan,
- 1 orang pengurus inventori bahan nuklir untuk setiap KMP-A, KMP-B, KMP-C dan KMP-D.

Pemegang Izin (PI) dalam hal ini Kepala PRSG adalah penguasa seluruh kegiatan nuklir di PRSG (MBA RI-C) termasuk bahan nuklirnya. Dalam pelaksanaannya pengelolaan bahan nuklir diserahkan tanggungjawabnya kepada penanggungjawab bahan nuklir dengan tugas sebagai berikut :

- a. Bertanggung jawab atas seluruh kegiatan pengelolaan bahan nuklir pada fasilitas yang menjadi tanggung jawabnya;
- b. Memberikan perkiraan, saran atau pendapat mengenai keadaan pengawasan bahan nuklir dalam lingkup tanggungjawabnya kepada instansi yang berwenang apabila diperlukan.

Pelaksanaan pengawasan dilakukan oleh koordinator Pengawas Bahan Nuklir dengan tugas sebagai berikut :

- a. Melakukan koordinasi seluruh kegiatan pengawasan dan pengelolaan bahan nuklir;
- b. Memberikan saran kepada PI mengenai pertanggungjawaban dan pengendalian bahan nuklir.

Selanjutnya secara langsung tugas pengawasan dan pengelolaan dilakukan oleh Pengawas dan Pengurus Bahan Nuklir.

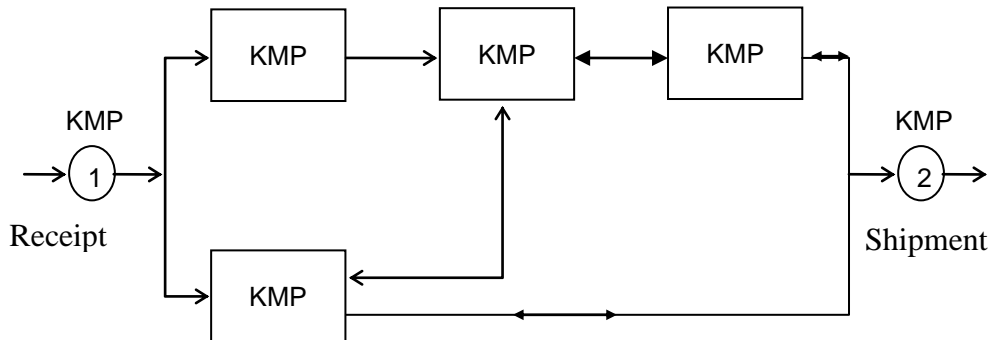
- KMP Alir, terdiri dari :
 - KMP 1, merupakan KMP Penerimaan Bahan Nuklir dari MBA lain atau *Nuclear Production*;
 - KMP 2, merupakan KMP Pengiriman Bahan Nuklir ke MBA lain atau *Loss of Nuclear*.
- KMP Inventori, terbagi atas :
 - KMP-A, yaitu gudang bahan bakar segar;
KMP-A merupakan lokasi penyimpanan bahan bakar segar.

Rak penyimpanan dapat memuat 160 perangkat elemen bahan bakar/element kendali segar (EB/EK).

- KMP-B, yaitu teras reaktor RSG-GAS;
KMP-B terdiri dari 40 elemen bakar dan 8 elemen kendali, merupakan tempat terjadinya perubahan Inventori akibat penyusutan Bahan Bakar dari peristiwa reaksi fisi.
- KMP-C, yaitu kolam penyimpanan sementara bahan bakar bekas RSG-GAS;
KMP-C merupakan tempat penyimpanan bahan bakar bekas sebelum dipindah ke Instalasi Penyimpanan Sementara Bahan Bakar Bekas (IPSB3). Pada tempat ini tersedia 2 rak dengan kapasitas tampung masing-masing sebanyak 150 posisi atau total 300 posisi. Dari 300 posisi yang ada, yang dapat digunakan sebagai penyimpanan bahan bakar bekas adalah 200 posisi sedangkan yang 100 untuk keadaan darurat.
- KMP-D, yaitu lokasi lain di dalam reaktor termasuk laboratorium radioisotop
KMP-D terdiri dari lokasi lain di dalam RSG-GAS ditambah dengan laboratorium radioisotop milik PT. Industri Nuklir Indonesia (PT. INUKI) yang terdapat bahan nuklir U-235 dengan pengkayaan rendah (19,75%). Bahan nuklir ini terbagi dalam beberapa bentuk fisik, yaitu serbuk U_3O_8 , larutan uranium sebelum dilakukan proses elektroplating, target sebelum diiradiasi dan limbah radiokimia uranium dari berbagai bentuk fisik tersebut. Di lokasi KMP-D ini terdapat kemungkinan berkurangnya bahan nuklir sebagai akibat kegiatan selama penyiapan target maupun selama pemrosesan radioisotop hasil belah.

HASIL TINJAUAN DAN PEMBAHASAN

MBA RI-C terdiri dari 2 KMP Alir dan 4 KMP Inventori, seperti diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Perpindahan Bahan Nuklir di MBA RI-C

Dalam diagram alir perpindahan bahan nuklir di MBA RI-C yang ditunjukkan pada Gambar 1, terlihat bahwa tempat pengukuran pokok inventori bahan nuklir KMP-D merupakan lokasi lain (*other location*) selain KMP-A, KMP-B dan KMP-C yang ada, berada di reaktor RSG-GAS dan laboratorium radioisotop milik PT. INUKI. Hal ini menyebabkan kerancuan implementasi *safeguards* bahan nuklir yang ada di MBA RI-C. Implementasi *safeguards* di laboratorium radioisotop KMP-D meliputi beberapa ruang sub KMP yang melakukan pengelolaan bahan nuklir berupa uranium diperkaya rendah sebagai bahan baku proses produksi Mo-99 dari hasil belah U-235. Pemanfaatan bahan nuklir di KMP-D dapat dilakukan mulai dari penerimaan bahan nuklir sampai dengan pengiriman sehingga apabila laboratorium radioisotop KMP-D dipisah dari bagian MBA RI-C menjadi sebuah MBA tersendiri dapat dilaksanakan. Laboratorium radioisotop KMP-D melakukan pengelolaan bahan nuklir dalam bentuk curah, sehingga pendekatan *safeguards* yang memungkinkan untuk laboratorium radioisotop KMP-D adalah dalam bentuk *bulk facility*. Pelaksanaan *safeguards* di

KMP-D untuk memisahkan dari MBA RI-C menjadi sebuah MBA tersendiri didukung oleh beberapa faktor dimana tinjauan pendekatannya adalah sebagai berikut :

Sistem Pencatatan Bahan Nuklir

PT. INUKI merupakan instalasi nuklir non reaktor yang melaksanakan kegiatan produksi radioisotop. Salah satu proses produksi yang utama dilakukan adalah produksi Molibdenum-99 dari hasil belah U-235. Pelaksanaan sistem *safeguards* pemanfaatan uranium dimulai dari persiapan sebelum proses produksi sampai dengan pencatatan akhir setelah uranium teriradiasi di dalam teras reaktor dan diproses untuk menghasilkan produk Molibdenum-99. Dalam pengelolaan bahan baku uranium tersebut, bahan uranium dalam bentuk serbuk dilarutkan menggunakan pelarut asam nitrat (HNO_3) sehingga menghasilkan larutan uranium yang akan digunakan pada proses elektroplating. Proses elektroplating merupakan proses penempelan uranium pada dinding bagian dalam kapsul target yang akan diiradiasi. Setelah proses elektroplating, kapsul target kemudian dipanaskan di pemanas pirolisa pada suhu sekitar 600 °C

selama 1 jam. Selanjutnya kapsul didinginkan dan dilakukan proses stripping kapsul menggunakan alat getar (*vibrator tools*). Uranium yang tidak menempel dalam kapsul target akan rontok berupa serbuk halus dan ditampung untuk selanjutnya diolah ulang sebagai bahan baku pembuatan larutan uranium pada proses elektroplating berikutnya. Kehilangan berat uranium akibat proses pengelolaan bahan uranium tersebut dicatatkan sebagai bahan nuklir tidak terukur yang masih dapat dipertanggungjawabkan (*Material Unaccounted For, MUF*). Hal ini sangat bertolak belakang dengan pemanfaatan bahan nuklir di fasilitas reaktor RSG-GAS yang menggunakan bahan nuklir berupa elemen bakar nuklir dalam bentuk *bundle*. Kehilangan berat uranium akibat proses hampir dipastikan tidak terjadi karena bahan uranium dalam elemen bakar nuklir akan terbakar dalam teras reaktor serta menyisakan sejumlah uranium sebagai sisa pembakaran. Uranium terbakar dan tersisa dapat dipertanggungjawabkan melalui sistem perhitungan *burn up* elemen bakar nuklir yang dikenal sebagai manajemen teras reaktor RSG-GAS.

Selanjutnya pencatatan bahan nuklir dilakukan oleh pengurus inventori bahan nuklir di KMP-D dan dilaporkan kepada pengawas inventori bahan nuklir MBA RI-C. Kegiatan pembukuan yang dilakukan meliputi :

- a. Membuat Dokumen Pemandahan Internal (*Internal Material Transfer*) yang mencatat pemindahan sejumlah bahan nuklir dari KMP-B ke KMP-D maupun sebaliknya di dalam MBA RI-C;
- b. Membuat Buku Pelengkap (*Subsidiary Ledger*) di KMP-D dari setiap jenis bahan nuklir yang dimiliki atau ditangani;
- c. Membuat Daftar Inventori Bahan Nuklir (*Physical Inventory Item List*) di KMP-D;

Sistem Pelaporan Bahan Nuklir

Pelaporan bahan nuklir dibuat dan dilakukan oleh Pengawas Inventori Bahan Nuklir di MBA RI-C yang meliputi :

- a. Membuat Dokumen Perubahan Inventori Bahan Nuklir (*Inventory Change Document, ICD*);
- b. Membuat Laporan Perubahan Inventori (*Inventory Change Report, ICR*);
- c. Membuat Buku Besar (*General Ledger, GL*) dari setiap jenis bahan nuklir yang dimiliki atau ditangani;
- d. Membuat Laporan Daftar Inventori Fisik (*Physical Inventory Listing, PIL*);
- e. Membuat Laporan Neraca Bahan Nuklir (*Material Balance Report, MBR*);

Pelaporan atas perubahan bahan nuklir yang ada di laboratorium radioisotop dilakukan pada saat penerimaan bahan uranium metal sebagai bahan baku pembuatan elemen bakar nuklir standar dan elemen bakar nuklir kendali melalui impor dari MBA lain. Penerimaan bahan baku uranium ini seharusnya dilakukan di fasilitas produksi elemen bakar nuklir milik PT. INUKI (MBA RI-D). Namun karena *Design Information Questionnaire (DIQ)* yang dimiliki MBA RI-D tidak memungkinkan adanya perlakuan awal terhadap penerimaan bahan baku uranium berupa reduksi ukuran bahan baku uranium metal, maka penerimaan dilakukan di laboratorium radioisotop. Selanjutnya bahan baku uranium metal dikirimkan kembali dari laboratorium radioisotop (MBA RI-C) ke PT. INUKI (MBA RI-D) untuk diproses pada pembuatan elemen bakar nuklir standar dan elemen bakar nuklir kendali. Dalam hal ini Pengawas Inventori Bahan Nuklir di MBA RI-C membuat laporan ICD saat terjadi perubahan dan dilanjutkan dengan penyampaian laporan ICR paling lambat 14 (empat belas) hari diawal bulan atas perubahan bahan nuklir tersebut. Perubahan inventori bahan nuklir kemudian dicatatkan pada formulir GL untuk jenis bahan nuklir *Low Enrich Uranium (LEU)*. Pada akhir tahun pembukuan, keadaan bahan nuklir dicatat sebagai daftar inventori bahan nuklir dalam PIL dan dikirimkan laporannya berupa MBR ke IAEA paling lambat 7 (tujuh) hari setelah akhir *Physical Inventory Verification, PIV*.

Dalam hal setelah laboratorium radioisotop (KMP-D) terpisah dari MBA RI-C, maka penerimaan dan pengeluaran bahan uranium metal sebagai bahan baku pembuatan elemen bakar nuklir standar dan elemen bakar nuklir kendali dilakukan di dalam fasilitas nuklir yang sama yaitu PT. INUKI. Hal ini tentunya akan menyederhanakan sistem pencatatan dan pelaporan atas perubahan bahan nuklir tersebut karena berada pada satu penanggungjawab instalasi. Disamping itu perizinan pemanfaatan bahan nuklir yang ada dapat diawasi oleh BAPETEN dan IAEA secara maksimal dan yang paling penting kehilangan berat uranium akibat proses pengelolaan bahan uranium tersebut dapat dipertanggungjawabkan di dalam instalasi produksi elemen bakar nuklir MBA RI-D sebagai *bulk facility* milik PT. INUKI.

Pemeriksaan Fisik Bahan Nuklir

Pemeriksaan fisik yang dilakukan di laboratorium radioisotop (KMP-D) meliputi informasi bahan nuklir yang ada di ruang-ruang sebagai berikut :

- 1) Ruang hot cell produksi Mo-99 dari hasil belah U-235,
- 2) Ruang hot cell limbah produksi Mo-99 dari hasil belah U-235,
- 3) Ruang proses elektroplating,
- 4) Ruang pengukuran kandungan uranium.

Pemeriksaan bahan nuklir dilakukan dengan cara *item counting* dan verifikasi pembukuan. Sebagai contoh adalah dalam hal kegiatan produksi radioisotop Mo-99 dari hasil belah U-235, yang menggunakan bahan baku U-235 dengan nilai pengkayaan tertentu. Bahan baku U-235 dilarutkan pada pelarut asam nitrat untuk membuat larutan uranium nitrat yang digunakan pada proses elektroplating. Proses elektroplating menempelkan sejumlah uranium pada dinding dalam kapsul *stainless steel* yang akan diiradiasi di fasilitas reaktor RSG-GAS. Pemeriksaan secara *item counting* dilakukan dengan menghitung masing-masing *item* bahan nuklir mulai dari pra iradiasi dan pasca iradiasi saat

produksi Mo-99 dari hasil belah U-235. Kehilangan berat uranium dari item bahan nuklir terjadi akibat proses pengelolaan bahan uranium saat pra iradiasi proses produksi Mo-99 dari hasil belah U-235. Kegiatan yang menyebabkan kehilangan berat uranium diantaranya :

1. Pengukuran kandungan berat uranium di dalam Larutan Umpan (LU) sebagai larutan induk untuk pembuatan larutan proses elektroplating.
2. Pengukuran kandungan berat uranium di dalam Larutan Proses Elektroplating (LP).
3. Pengukuran kandungan berat uranium di dalam Larutan *Stripping* (LS) saat pencucian proses proses elektroplating.
4. Pengukuran kandungan berat uranium yang menempel di dalam kapsul target proses elektroplating.
5. Pengukuran kandungan berat uranium di dalam Larutan Limbah Proses Elektroplating (LLP).

Selanjutnya kehilangan berat uranium dari *item* bahan nuklir yang terjadi akibat proses pengelolaan bahan uranium tersebut dicatatkan pada Jurnal Bahan Nuklir di laboratorium radioisotop (KMP-D) dan diverifikasi oleh Pengawas Inventori Bahan Nuklir MBA RI-C. Kehilangan berat uranium yang dapat dipertanggungjawabkan (MUF) dilaporkan saat PIV dalam laporan MBR. Pada suatu fasilitas nuklir reaktor, kehilangan berat uranium akibat proses tidak diperkenankan. Namun akibat adanya laboratorium radioisotop sebagai bagian dari MBA RI-C maka kehilangan berat uranium yang dapat dipertanggungjawabkan tersebut dapat terjadi.

Pemisahan laboratorium radioisotop dari MBA RI-C merupakan kegiatan yang mendukung implementasi safeguards di Reaktor RSG-GAS sebagai *item facility*. Aspek lain yang diperoleh adalah tidak adanya MUF dalam pengelolaan bahan nuklir di reaktor RSG-GAS.

Sesuai dengan ketentuan BAPETEN melalui Peraturan Kepala BAPETEN No. 4 Tahun 2011 tentang Sistem seifgard, di dalam

Pasal 8 menyatakan bahwa Pemegang izin (PI) yang memiliki bahan nuklir terkena seifgard harus melaksanakan pertanggungjawaban dan pengendalian bahan nuklir. Hal ini berarti PI memiliki tanggung jawab yang besar dalam memastikan pelaksanaan sistem seifgard yang efektif dan efisien. Namun pada kenyataannya, PI dari MBA RI-C yang memiliki KMP-D berupa lokasi lain (*other location*) termasuk laboratorium radioisotop PT. INUKI, mengalami berbagai kendala dalam implementasi sistem seifgard. Saat ini PI dari MBA RI-C dijabat oleh Kepala Pusat Reaktor Serba Guna, sedangkan laboratorium radioisotop yang menjadi bagian dari unit produksi radioisotop milik PT. INUKI memiliki struktur manajemen yang dipimpin oleh Direktur Produksi. Kewenangan PI MBA RI-C yang dibatasi oleh instalasi lain dengan sistem manajemen yang berbeda akan menyulitkan dalam menetapkan berbagai kebijakan berupa penerapan prosedur, pelaksanaan kegiatan, rekaman, pelaporan, penugasan terhadap pengurus inventori bahan nuklir serta evaluasi maupun berbagai tindakan yang diambil dalam hal terjadi peristiwa diluar kebiasaan pada implementasi pertanggungjawaban dan pengendalian bahan nuklir di MBA RI-C. Sebagai contoh, dalam hal kegiatan pengukuran inventori bahan nuklir di laboratorium radioisotop PT. INUKI dengan menggunakan alat ukur yang dipersyaratkan dan terkalibrasi, pelaksanaan kegiatan mengalami kendala terkait tidak tersedianya peralatan yang memadai dikarenakan pembelian peralatan yang cukup mahal. PI MBA RI-C tidak dapat mengeluarkan kebijakan pembelian peralatan yang dibutuhkan karena kebijakan tersebut harus mempertimbangkan anggaran biaya yang ditetapkan oleh Direktur Produksi PT. INUKI. Disamping hal tersebut, kesulitan lain juga dapat terjadi misalnya saat inspeksi dari BAPETEN maupun IAEA, pengurus inventori bahan nuklir di laboratorium radioisotop KMP-D tidak dapat mendampingi kegiatan inspeksi disebabkan karena pada saat bersamaan sedang dilaksanakan proses

produksi. PI MBA RI-C tidak dapat menugaskan pengurus inventori bahan nuklir laboratorium radioisotop KMP-D untuk mendampingi kegiatan inspeksi, karena kewenangan penugasan teknisi produksi yang juga merangkap sebagai pengurus inventori bahan nuklir laboratorium radioisotop KMP-D untuk melaksanakan proses produksi ditetapkan oleh Direktur Produksi. Berbagai kendala ini menjadikan tidak tercapainya implementasi sistem seifgard yang efektif dan efisien sesuai ketentuan Perka BAPETEN tahun 2011 tentang sistem seifgard sehingga pemisahan laboratorium radioisotop KMP-D menjadi mutlak untuk dilaksanakan.

KESIMPULAN

Implementasi sistem *safeguards* di dalam MBA RI-C sebagai *item facility* agar menghasilkan implementasi *safeguards* yang *complete* dan *correctness* adalah dengan mempersyaratkan kehilangan berat uranium yang dapat dipertanggungjawabkan (MUF) tidak boleh terjadi saat pemanfaatan bahan nuklir dalam pengoperasiannya, karena bahan nuklir yang digunakan di dalam MBA RI-C berupa *bundle* elemen bahan bakar nuklir dan elemen bahan bakar kendali.

Fasilitas produksi di laboratorium radioisotop (KMP-D) dari MBA RI-C memungkinkan terjadinya MUF karena laboratorium tersebut merupakan *bulk facility*. Sesuai Perka BAPETEN No. 4 tahun 2011 tentang Sistem Seifgard, maka jika ditinjau dari aspek *safeguards* pemisahan laboratorium radioisotop (KMP-D) dari MBA RI-C menjadi MBA tersendiri akan menjadikan pelaksanaan sistem seifgard yang efektif dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

1. AGOES SOEJOEDI, et. al., Implementasi SPPBN di MBA RI-C, 1996

2. **DICKY TRI JATMIKO**, et. al., *Analisis Complementary Access Sebagai Bagian dari Additional Protocol*, 2005
3. **ENDANG SUSILOWATI**, *Aspek Seifgard Reaktor GA Siwabessy Sebagai Fasilitas Sensitif Proliferasi*, Buletin Pengelolaan Reaktor Nuklir, Vol. 7 No. 1, 2010
4. **INFCIRC/ 153** *The Structure and Content of Agreements Between The Agency and States Required in Connection with The Treaty on The Non Proliferation of Nuclear Weapons*
5. **KADARUSMANTO**, et. al., *Sistem Pertanggungjawaban dan Pengendalian Bahan Nuklir (SPPBN) di P2TRR*, 1999
6. **PERATURAN KEPALA BAPETEN** No. 4 Tahun 2011 tentang Sistem Seifgard