

KAJIAN SISTEM PENGAWASAN GUDANG BAHAN BAKAR NUKLIR SEGAR KMP-A DI REAKTOR RSG-GAS MBA RI-C

Fitri Susanti, Azriani A., Dicky Tri Jatmiko
Pusat Reaktor Serba Guna-BATAN-Serpong
Email : fitri.susanti@batan.go.id

ABSTRAK

KAJIAN SISTEM PENGAWASAN GUDANG BAHAN BAKAR NUKLIR SEGAR DI REAKTOR RSG-GAS. Pemanfaatan bahan nuklir di dalam suatu fasilitas nuklir harus dikendalikan dengan sistem *safeguards*. Pelaksanaan sistem *safeguards* yang terintegrasi dengan sistem *safety* dan *security* menjadi sangat penting dilaksanakan untuk mencapai tujuan yang sama yaitu menjamin setiap pemanfaatan bahan nuklir hanya untuk tujuan damai sehingga perlindungan terhadap radiasi bagi keselamatan pekerja, lingkungan dan masyarakat dapat dilakukan secara maksimal. Sistem terintegrasi *safeguards*, *safety* dan *security* akan berjalan dengan baik apabila didukung dengan pelaksanaan sistem pengawasan terhadap pemanfaatan bahan nuklir yang baik pula. Tujuan penulisan makalah ini adalah untuk mengkaji penerapan sistem pengawasan gudang penyimpanan bahan bakar nuklir segar di Reaktor RSG-GAS sesuai sistem terintegrasi *safeguards*, *safety* dan *security*. Lingkup bahasan mencakup aspek penerapan sistem *safeguards* bahan nuklir segar melalui sistem pelaporan dan pertanggungjawaban bahan nuklir serta aspek *safety* dan *security* berupa penerapan sistem pengamanan gudang penyimpanan bahan bakar nuklir segar. Hasil kajian menunjukkan bahwa penerapan sistem pengawasan gudang penyimpanan bahan bakar nuklir segar yang terintegrasi sangat efektif dalam memperkuat sistem *safeguards* di Reaktor RSG-GAS sehingga dapat menjamin segala kegiatan terkait pemanfaatan bahan nuklir segar di gudang bahan nuklir segar hanya untuk tujuan damai dan dapat memenuhi standar *safety* dan *security* yang baik.

Kata kunci: sistem pengawasan, gudang bahan nuklir segar, bahan nuklir segar, reaktor RSG-GAS

ABSTRACT

ASSESSMENT OF MONITORING SYSTEM OF FRESH FUEL STORAGE IN RSG-GAS REACTOR. Utilization of nuclear material in a nuclear facility should be controlled by *safeguards* system. Implementation of the integrated *safeguards* system with the *safety* and *security* system becomes very important implemented in order to achieve the same goal that is to ensure that any use of nuclear materials is just for peaceful purposes so that protection will be a radiation hazard for workers, the environment and public safety can be done optimally. Integrated *safeguards*, *safety* and *security* system to be successful if supported by good execution supervision system to the use of nuclear material. This paper will explain assessment of monitoring system of fresh fuel storage (KMP A) in RSG-GAS reactor (MBA RI-C) appropriate integrated system of *safeguards*, *safety* and *security*. The scope of discussion include the application of fresh nuclear material *safeguards* system through a system of reporting and accountability of nuclear material as well as the security of nuclear material fresh in fresh fuel storage in RSG-GAS reactor. Assessment of monitoring system of fresh fuel storage (KMP A) in RSG-GAS reactor (MBA RI-C) is very effective in strengthening the *safeguards* system in the RSG-GAS (MBA RI-C) thus ensure all activities related to the utilization of fresh fuel storage is for peaceful purposes and to get good standards for *safety* and *security*.

Keywords : surveillance systems, fresh fuel storage, nuclear material fresh, RSG-GAS reactor.

PENDAHULUAN

Implementasi *safeguards* di Reaktor RSG-GAS (MBA RI-C) meliputi daerah titik pengukuran bahan nuklir yang disebut KMP (*Key Measurement Point*). Terdapat dua jenis KMP dalam pelaksanaan *safeguards* di Reaktor RSG-GAS (MBA RI-C) yaitu KMP alir dan inventori. KMP alir meliputi titik penerimaan dan pengiriman bahan nuklir. Sedangkan KMP inventori meliputi gudang bahan bakar nuklir segar (KMP A), teras reaktor (KMP B), kolam penyimpanan bahan bakar bekas sementara (KMP C), dan lokasi lainnya termasuk laboratorium radioisotop milik PT. INUKI (KMP D). Sistem pengawasan bahan nuklir pada setiap KMP di dalam suatu MBA harus menerapkan sistem *safeguards*, *safety* dan *security*. Korelasi antara ketiga sistem ini harus dapat menjamin dan menunjukkan bukti bahwa pemanfaatan bahan nuklir dalam suatu MBA hanya untuk tujuan damai. Pertanggung-jawaban dan pengendalian bahan nuklir kemudian diverifikasi oleh IAEA melalui sistem pertanggungjawaban dan pengendalian bahan nuklir yang ditunjukkan dengan pembukuan neraca dan pelaporan bahan nuklir (sistem *safeguards*). Hal lain sebagai bagian dari integrasi *safety* dan *security* adalah sistem pengamanan bahan nuklir menggunakan sistem pengawasan bahan nuklir terpasang (sistem *security*). Salah satu sistem pengawasan bahan nuklir terpasang di MBA RI-C banyak terdapat di KMP A yang bertujuan untuk memantau pergerakan dan aliran bahan bakar nuklir segar yang masuk atau keluar gudang bahan bakar nuklir segar di MBA RI-C.

Berdasarkan uraian di atas, dalam tulisan ini akan dijelaskan tentang kajian sistem pengawasan gudang bahan bakar nuklir segar (KMP A) di Reaktor RSG-GAS (MBA RI-C). Tujuan dari tulisan ini adalah melakukan kajian sistem pengawasan gudang bahan bakar nuklir

segar (KMP A) di Reaktor RSG-GAS (MBA RI-C) ditinjau dari aspek integrasi *safeguards*, *safety* dan *security* sehingga kegiatan pengawasan tersebut dapat menjamin pemanfaatan bahan nuklir segar di MBA RI-C hanya untuk tujuan damai. Metoda yang digunakan dalam tulisan ini yaitu studi kepustakaan dari beberapa literatur dan ketentuan terkait dengan *safeguards*, *safety* dan *security* bahan nuklir yang ditetapkan baik BAPETEN maupun IAEA. Lingkup bahasan mencakup aspek penerapan sistem *safeguards* bahan nuklir segar melalui sistem pelaporan dan pertanggungjawaban bahan nuklir serta aspek *safety* dan *security* berupa penerapan sistem pengawasan gudang penyimpanan bahan bakar nuklir segar (KMP-A). Diharapkan dari penulisan ini dapat diketahui dengan jelas penerapan sistem pengawasan gudang penyimpanan bahan bakar nuklir segar yang terintegrasi sangat efektif dalam memperkuat sistem *safeguards* di Reaktor RSG-GAS (MBA RI-C) sehingga dapat menjamin segala kegiatan terkait pemanfaatan bahan nuklir segar di gudang bahan nuklir segar hanya untuk tujuan damai dan dapat memenuhi standar *safety* dan *security* yang baik.

DASAR TEORI

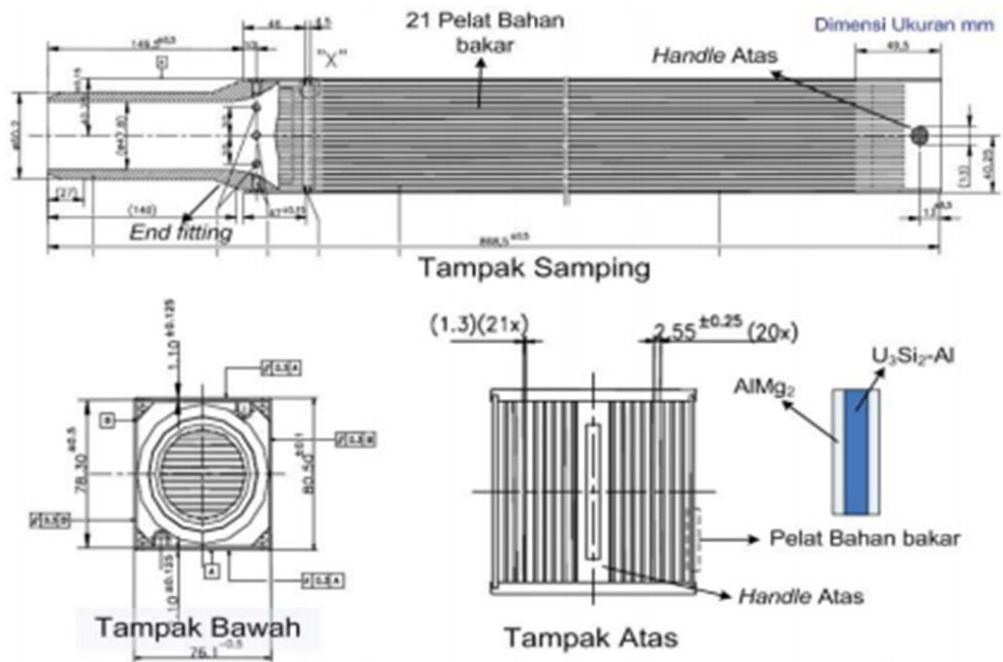
Bahan Nuklir

Menurut Undang-Undang No. 10 tahun 1997 tentang Ketenaganukliran, bahan nuklir didefinisikan sebagai bahan yang dapat menghasilkan reaksi pembelahan berantai atau bahan yang dapat diubah menjadi bahan yang dapat menghasilkan reaksi pembelahan berantai^[5]. Berdasarkan Perka BAPETEN nomor 4 tahun 2011 tentang Sistem Seifgard, kategori bahan nuklir terdiri atas uranium deplesi, uranium alam, uranium diperkaya kurang dari 20%, uranium diperkaya lebih besar atau sama dengan 20%, plutonium dan thorium. Bahan nuklir yang terdapat di dalam yaitu uranium dan thorium, sedangkan plutonium

dihasilkan dari proses iradiasi didalam reaktor nuklir^[3]. Dengan demikian, plutonium terdapat pada bahan bakar nuklir bekas. Dalam penggunaannya, bahan nuklir harus melalui proses daur bahan nuklir melalui kegiatan penambangan, pemurnian, konversi, pengkayaan, fabrikasi, pemakaian dalam reaktor, olah ulang dan penyimpanan limbah bahan bakar nuklir bekas.

Dilihat dari jenis kandungan isotopnya, bahan nuklir dapat dibedakan menjadi bahan sumber dan bahan dapat belah khusus. Bahan sumber meliputi U-235 atau U-233 dengan perbandingan jumlah isotop tersebut terhadap isotop 238 lebih kecil atau sama dengan 0,0072, thorium, uranium atau torium dalam bentuk metal, paduan logam, senyawa kimia atau konsentrat. Bahan dapat belah khusus meliputi plutonium, U-233, U-235, uranium yang mengandung isotop 233 atau 235 atau keduanya dengan perbandingan jumlah isotop tersebut terhadap isotop 238 lebih besar dari 0,0072. Jenis bahan nuklir ditinjau dari kadar pengkayaannya meliputi bahan nuklir deplesi, alam dan diperkaya (*enriched*). Pengkayaan adalah ratio antara kandungan U-235 terhadap kandungan total U-235 dan

U-238. Bahan nuklir deplesi merupakan jenis bahan nuklir kadar rendah (0,4%) dan hasil samping dari proses daur konversi, pengkayaan atau proses ulang bahan nuklir. Uranium alam adalah bahan nuklir yang dihasilkan dari proses penambangan bahan batuan nuklir yang tercadangkan di alam. Uranium alam merupakan bahan nuklir dengan kadar rendah yaitu sekitar ~0,7% dan dapat dinaikkan kadarnya melalui proses pengkayaan di fasilitas pengkayaan (*enrichment*). Sedangkan bahan nuklir diperkaya yaitu bahan alam yang dimurnikan dan dinaikkan kadar uraniumnya menjadi lebih tinggi sampai dengan kadar yang diinginkan. Bahan nuklir yang dapat digunakan sebagai bahan bakar reaktor riset yaitu bahan bakar dengan kadar pengkayaan rendah (<20%) sampai dengan pengkayaan tinggi (~93%)^[6]. Bentuk fisik bahan nuklir yang sering digunakan dalam reaktor nuklir yaitu bentuk batang (*rod*) atau bentuk pelat (*plate*) yang disusun menjadi bundel bahan bakar. Bentuk bahan bakar nuklir yang digunakan di reaktor RSG-GAS dapat dilihat pada gambar 1.



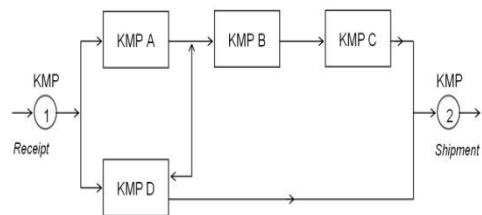
Gambar 1. Bahan bakar nuklir reaktor RSG-GAS

SISTEM PENGAWASAN BAHAN NUKLIR

Berdasarkan dokumen *safeguards* INFCIRC/153 dan Perka BAPETEN nomor 4 tahun 2011 tentang Seifgard, maka Reaktor RSG-GAS (MBA RI-C) melaksanakan sistem pertanggung- jawaban dan pengendalian bahan nuklirdi daerah titik pengukuran bahan nuklir yang disebut KMP (*Key Measurement Point*). StrukturMBA RI-C terdiri dari 2 KMP alir dan 4 KMP inventori. KMP alir terdiri dari KMP penerimaan bahan nuklir dari MBA lain (*Receipt*) dan KMP pengiriman bahan nuklir ke MBA lain (*Shipment*). Sedangkan KMP inventori terdiri dari KMP A, B, C dan D.

KMP A merupakan gudang bahan bakar segar yang digunakan sebagai lokasi penyimpanan bahan nuklir, elemen bakar dan elemen kendali segar sebelum digunakan dalam reaktor. KMP B yaitu teras reaktor yang merupakan tempat

terjadinya perubahan inventori akibat terjadinya perubahan inventori akibat penyusutan bahan bakar dari peristiwa reaksi fisi. KMP C merupakan kolam penyimpanan bahan bakar bekas sementara. Bahan bakar bekas ini untuk sementara ditempatkan pada rak kolam penyimpanan bahan bakar bekas sebelum dipindahkan ke Instalasi Penyimpanan Sementara Bahan Bakar Bekas (IPSB3). Sedangkan KMP D, yaitu lokasi selain lokasi di reaktor RSG-GAS termasuk laboratorium radioisotop PT. INUKI. Diagram alir perpindahan bahan nuklir di MBA RI-C dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir perpindahan bahan nuklir di MBA RI-C

Salah satu sistem pengawasan bahan nuklir di MBA RI-C yaitu dengan adanya inspeksi *safeguards*. Pendekatan *safeguards* didasarkan pada pengkajian *correctness* dan *completeness* atas bahan dan aktivitas nuklir yang dideklarasikan oleh suatu negara. Dasar hukum pelaksanaan inspeksi *safeguards* yaitu perjanjian komprehensif *safeguards* INFCIRC/153 (CSA), sedangkan *complementary access* diatur di dalam perjanjian tambahan INFCIRC/540. Inspeksi *safeguards* menitik beratkan kepada bahan nuklir yang dideklarasikan oleh suatu MBA. Kegiatan verifikasi *safeguards* meliputi lingkup kegiatan inspeksi, verifikasi semua jenis bahan nuklir dan konfirmasi kebenaran laporan akuntansi bahan nuklir. Selain itu, dalam melakukan verifikasi *safeguards* terhadap bahan nuklir IAEA menggunakan peralatan *containment & surveillance (C/S)*. *Containment* adalah peralatan yang digunakan untuk memantapkan integrasi fisik dari area atau item (termasuk peralatan *safeguards* atau data) untuk menjaga dan mencegah tidak terdeteksinya akses pergerakan bahan nuklir atau material lain. *Surveillance* adalah pengumpulan informasi selama inspeksi atau observasi instrumental untuk mendeteksi pergerakan bahan nuklir atau bahan lain menggunakan peralatan IAEA untuk pengambilan sampel dan data. Sistem pengawasan ini dilakukan dengan memasang alat DSOS (*Digital Single Optical Surveillance System*) dan ATPM (*Advance Thermal Hydraulic Reactor Power Monitor*). Pemasangan peralatan sistem pengawasan ini juga bertujuan untuk memantau dan menjamin sistem keselamatan dan keamanan bahan nuklir terhadap lingkungan. Sistem keselamatan berkaitan erat dengan desain ruang gudang bahan bakar nuklir segar, konfigurasi rak penyimpanan dan sistem ventilasi yang dirancang sesuai standar keselamatan sehingga potensi kecelakaan akibat kekritisan bahan bakar nuklir segar dapat dicegah. Sedangkan sistem keamanan

berkaitan erat dengan proteksi fisik bahan bakar nuklir.

Sistem pengawasan bahan nuklir menjadi erat kaitannya dengan sistem keselamatan dan keamanan nuklir, mengingat bahan nuklir merupakan bahan yang strategis dan instalasi nuklir juga termasuk fasilitas yang strategis. Isu mutakhir tentang potensi penyalahgunaan bahan nuklir untuk pembuatan senjata nuklir dan potensi sabotase fasilitas yang dapat mencemari lingkungan hidup dalam era keamanan global perlu diantisipasi. Oleh karena itu diperlukan jaminan terhadap pengawasan keberadaan bahan nuklir karena bahan nuklir mempunyai potensi resiko terhadap keselamatan pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup. Selain pelaporan Sistem Pertanggungjawaban dan Pengendalian Bahan Nuklir (SPPBN) melalui inspeksi *safeguards* dan verifikasi sistem C/S, sistem pengawasan bahan nuklir juga dapat dilakukan melalui sistem pengawasan peralatan terpasang yang berkaitan dengan proteksi fisik bahan nuklir pada suatu KMP di dalam MBA. Sistem pengawasan proteksi fisik bahan nuklir diutamakan untuk mencegah atau memperkecil kemungkinan terjadinya pemindahan bahan nuklir dan sabotase secara tidak sah. Selain itu, sistem ini juga berfungsi untuk menangkal ancaman yang dihadapi dan melokalisasikan serta menemukan bahan nuklir yang hilang. Salah satu sistem pengawasan proteksi fisik bahan nuklir dilakukan pada saat penyimpanan bahan nuklir seperti tempat penyimpanan bahan nuklir segar di KMP A dan penyimpanan bahan bakar bekas di MBA RI-C. Sistem pengawasan proteksi fisik ini dapat berupa alat penghalang fisik, alat pendeteksi atau sensor yang berupa sensor intrusi, vibrasi, infrared, motion atau CCTV, alat detektor bahan nuklir, logam dan bahan peledak.

SISTEM PENGAWASAN BAHAN NUKLIR SEGAR DI GUDANG BAHAN BAKAR NUKLIR SEGAR

Gudang bahan nuklir segar merupakan tempat penyimpanan bahan nuklir dan elemen bakar nuklir yang belum diiradiasi di dalam reaktor. Terdapat beberapa jenis bahan nuklir di KMP A yaitu elemen bakar/kendali segar (EB/EK), rumah absorber (*absorber housing*), pelat elemen bakar eksperimen untuk reaktor daya, dan uranium alam. Elemen bakar/ kendali nuklir adalah *bundle* bahan bakar yang terdiri dari susunan pelat bahan nuklir. *Bundle* EB/EK digudang bahan nuklir segar diletakkan dalam rak penyimpanan secara horizontal dengan tabung paralon yang disusun dengan jarak tertentu untuk menghindari kekritisan bahan bakar. Setiap EB/EK dalam rak penyimpanan diberikan identifikasi nomor perangkat bahan bakar yaitu dengan membuat formulir konfigurasi bahan bakar segar dan kartu riwayat bahan bakar.

Sistem pengawasandan verifikasi pemanfaatan bahan nuklir di Reaktor RSG-GAS dengan menempatkan beberapa peralatan terpasang yang berkaitan dengan sistem proteksi fisik bahan nuklir berupa kamera CCTV, sistem akses *proximity card* dan *automatic magnetic lock*, kunci khusus bagi petugas instalasi bahan nuklir dan supervisor reaktor, serta sistem sensor *passive infrared*. Sistem terpasang ini berfungsi sebagai alat dukung dalam sistem pengawasan dan keamanan bahan nuklir. Dengan adanya alat pendukung yang terpasang, memudahkan perekaman untuk memantau petugas dan pergerakan aliran bahan nuklir yang masuk dan keluar KMP A sehingga integrasi sistem *safeguards*, *safety* dan *security* dapat terlaksana dengan baik.

PEMBAHASAN

Sistem pengawasan bahan nuklir merupakan komponen penting untuk keamanan bahan nuklir dan mencegah dari tindak penyalahgunaan pemanfaatan bahan nuklir. Sistem pengawasan bahan nuklir di Indonesia ditunjukkan dengan implementasi sistem *safeguards* bahan nuklir pada setiap fasilitas nuklir yang ada. Hal ini sesuai dengan komitmen Indonesia yang telah menandatangani perjanjian NPT. Sistem pengawasan ini berlaku pada setiap KMP dalam suatu MBA. Dalam pelaksanaannya, sistem pengawasan bahan nuklir juga harus bersinergi dengan sistem proteksi fisik bahan nuklir dan aspek keselamatannya. Integrasi dari sistem *safeguards*, *safety* dan *security* dirancang secara berlapis mengingat bahan nuklir dan instalasi nuklir merupakan bagian yang strategis dalam suatu pengamanan. Oleh karena itu, pengawasan bahan nuklir merupakan hal yang penting dan perlu dijamin karena bahan yang dimaksud mempunyai potensi resiko terhadap keselamatan pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup. Dengan demikian, potensi penyalahgunaan bahan nuklir untuk pembuatan senjata nuklir dan sabotase fasilitas nuklir yang dapat mencemari lingkungan hidup dapat diantisipasi.

Berbagai upaya dilakukan dalam mendukung sistem pengawasan, proteksi fisik dan keselamatan bahan nuklir. Salah satu upaya yang dilakukan dalam sistem pengawasan bahan nuklir yaitu melalui pelaporan dokumen *safeguards* dan sistem deteksi pengawasan proteksi fisik bahan nuklir sebagai komponen pendukung untuk memonitor pergerakan bahan nuklir yang masuk dan keluar KMP. Sistem pengawasan bahan nuklir melalui pelaporan dokumen *safeguards* dilakukan dengan verifikasi fisik bahan nuklir dan dilengkapi dengan pembukuan akuntansi bahan nuklir. Sedangkan sistem deteksi pengawasan bahan nuklir melalui proteksi fisik

merupakan tindakan mengamati semua perilaku orang yang masuk dan keluar fasilitas nuklir. Hal ini dapat dilakukan dengan sistem penghalang fisik seperti pintu dan sistem kunci, alat pendeteksi atau sensor berupa sensor *infrared*, *motion* atau CCTV.

Pertanggungjawaban dan pengendalian bahan bakar nuklir di KMP A dilakukan secara rutin melalui pencatatan akuntansi bahan nuklir yang dilaporkan pada saat inspeksi BAPETEN dan IAEA. Verifikasi bahan nuklir yang dilakukan inspektur BAPETEN dan IAEA meliputi verifikasi fisik bahan nuklir dan verifikasi data pelaporan pada saat inspeksi. Saat verifikasi fisik, inspektur melakukan *itemcounting* pada setiap bahan nuklir yang ada di KMP-A untuk memastikan kebenaran dan

keberadaan bahan nuklir yang dilaporkan serta melakukan pengecekan denah konfigurasi bahan nuklir di gudang bahan bakar segar. Selanjutnya dilakukan verifikasi pembukuan bahan nuklir yang disampaikan pihak fasilitas kepada inspektur BAPETEN dan IAEA. Pembukuan bahan nuklir di dalam KMP-A terdiri dari penerimaan bahan bakar segar atau bahan nuklir lain dari luar MBA RI-C serta pengeluaran bahan bakar segar untuk di iradiasi di teras reaktor (KMP-B). Dengan demikian setiap pergerakan bahan nuklir segar dari dan ke dalam KMP A dapat tercatat dengan baik. Adapun hasil inspeksi Safeguards Bahan Nuklir dapat ditunjukkan seperti dalam Tabel. 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil inspeksi safeguards bahan nuklir

No.	Tanggal	Instansi	Dokumen	Pembukuan	Verifikasi Fisik	Kesimpulan
1.	02-03 Apr 2013	IAEA (SNI)	Dokumen lengkap	Pembukuan lengkap dan terdapat sedikit perbaikan	Menggunakan HM5.	Inspeksi berjalan dengan baik dan terdapat perbaikan pada pembukuan.
2.	15-17 Apr 2013	BAPETEN (PIT)	Dokumen lengkap	Pembukuan lengkap dan terdapat sedikit perbaikan	Menggunakan HM5.	Inspeksi berjalan dengan baik, ketelitian perlu ditingkatkan.
3.	13-15 Mei 2013	IAEA (PIV)	Dokumen lengkap	Pembukuan lengkap dan benar	Menggunakan HM5.	SPPBN dilaksanakan dengan baik.
4.	19-21 Nop 2013	BAPETEN (IIV)	Dokumen lengkap	Pembukuan lengkap dan terdapat sedikit perbaikan	Menggunakan HM5.	Inspeksi berjalan dengan baik, ketelitian perlu ditingkatkan.
5.	22-25 Apr 2014	BAPETEN (IIV)	Dokumen lengkap	Pembukuan lengkap dan benar	Menggunakan HM5.	SPPBN dilaksanakan dengan baik. Add. Protocol : Sesuai, lengkap dan benar.
6.	03-04 Nop 2014	IAEA (SNI)	Dokumen lengkap	Pembukuan lengkap dan terdapat sedikit perbaikan	Menggunakan HM5.	Inspeksi berjalan dengan baik, ketelitian perlu ditingkatkan.
7.	18-20 Mei 2015	IAEA (PIV)	Dokumen lengkap	Pembukuan lengkap dan benar	Menggunakan HM5.	SPPBN dilaksanakan dengan baik.

Ditinjau dari aspek pengawasan bahan nuklir yang terintegrasi dengan sistem proteksi fisik dan keselamatannya, penerapan aplikasi untuk mendukung sistem pengawasan bahan nuklir di KMP A

juga dilakukan dengan pemasangan alat monitor. Sistem monitoring ini juga berfungsi sebagai sistem *delay* dan deteksi terhadap akses menuju KMP A. Dengan demikian, dalam penerapannya tidak semua

orang dapat mengakses gudang bahan nuklir dengan mudah. Sistem *delay* bertujuan sebagai tindakan menunda/menghalangi orang yang tidak berkepentingan masuk ke fasilitas nuklir tempat bahan nuklir digunakan atau disimpan. Sedangkan sistem deteksi bertujuan sebagai tindakan mengamati semua perilaku orang yang masuk dan keluar fasilitas nuklir. Sistem monitoring pengawasan bahan nuklir di KMP A ini dibagi menjadi dua yaitu sistem pengawasan akses masuk ke gudang bahan bakar segar dan sistem pengawasan di daerah gudang bahan bakar segar. Secara teknis sistem pengawasan akses masuk ke gudang bahan nuklir segar di KMP A dilakukan melalui pemasangan alat monitoring berbasis teknologi yang terdiri dari sistem *delay* berupa penghalang fisik pintu *biometric scan* dan sistem deteksi berupa kamera CCTV, kunci khusus bagi petugas IBN dan supervisor reaktor, akses *proximity card* dan *automatic magnetic lock*, serta sistem sensor *passive infrared* yang terpasang di KMP A.

1. *Biometric Scan*

Pembatasan sistem akses reaktor berupa sistem *delay* menggunakan pintu penghalang fisik *biometric scan* merupakan salah satu upaya yang dilakukan dalam rangka mendukung sistem proteksi fisik dan berkaitan dengan pengawasan bahan nuklir di KMP A. Sistem *biometric scan* ini berupa identifikasi sidik jari dan wajah. Sistem *biometric scan* hanya dapat diakses oleh petugas yang memiliki kepentingan dan izin bekerja di dalam reaktor, begitu pula dengan petugas IBN yang memiliki kewenangan terhadap pengawasan bahan nuklir di MBA RI-C. *Biometric scan* hanya dapat diakses apabila petugas IBN telah melakukan proses identifikasi data sidik jari dan wajah melalui Unit Pengamanan Nuklir (UPN). *Biometric scan* dilakukan sebelum petugas IBN masuk atau keluar pintu akses reaktor.

2. Kamera CCTV

Kamera CCTV yang terpasang untuk pengawasan gudang bahan nuklir segar merupakan jenis kamera statis. Kamera CCTV ini berfungsi untuk memantau pergerakan bahan nuklir masuk atau keluar gudang bahan nuklir segardan terhubung secara langsung pada monitor UPN. Dengan demikian setiap aktivitas di lingkungan KMP A dapat terpantau dengan baik. Kamera CCTV sistem pengawasan akses masuk ke gudang bahan bakar segar terpasang langsung mengarah pada pintu akses reaktor untuk memantau pergerakan petugas yang keluar atau masuk reaktor.

3. Kunci Khusus Bagi Petugas IBN dan Supervisor Reaktor

Pengawasan aliran bahan nuklir segar dari KMP A juga dilakukan dengan pembatasan akses masuk gudang bahan nuklir segar. Selain CCTV, akses masuk ke dalam KMP A juga dilengkapi dengan kunci khusus. Kunci akses masuk ini dimiliki oleh petugas IBN dan supervisor reaktor. Dalam penggunaannya, kunci akses masuk ini tidak dapat digunakan hanya salah satu. Untuk membuka akses ini harus dilakukan oleh petugas IBN sekaligus supervisor reaktor.

4. Sistem *Proximity Card* dan *Automatic Magnetic Lock*

Selain sistem kunci ganda, pengawasan aliran bahan nuklir segar dari KMP A juga dilakukan dengan memasang Sistem *Proximity Card* dan *Automatic Magnetic Lock* (AM lock). Sistem ini digunakan untuk membuka pintu gudang bahan nuklir segar setelah kunci ganda diakses oleh petugas IBN dan supervisor reaktor. Sistem *proximity card* dan AM lock merupakan sistem yang terintegrasi dengan sistem kunci ganda. Karena pintu gudang bahan nuklir segar tidak dapat dibuka apabila salah satu sistem tersebut tidak digunakan. Hanya petugas IBN yang dapat melakukan akses terhadap sistem *proximity card* dan

AM lock. Pada sistem ini dilakukan proses identifikasi nomor *proximity card* petugas IBN. Sehingga secara otomatis AM lock hanya akan mendeteksi nomor *proximity card* yang teridentifikasi dan terhubung dengan sistem pemantauan keamanan bahan nuklir di UPN.

5. Sistem *Passive Infrared*

Dalam rangka memperkuat sistem pengawasan dan proteksi bahan nuklir, di KMP A juga dipasang sensor *passive infrared* (PIR). Sistem kerja sensor ini yaitu dengan cara menerima sinyal gerak yang akan terekam oleh sensor. Sensor PIR juga bekerja dengan menggunakan prinsip *Balancing Magnetic Switch* (BIM), dimana sensor secara otomatis terhubung dengan sistem buka tutup pintu. Sehingga sensor PIR dapat memberikan respon sinyal berupa kedipan dan merekam sinyal gerak tersebut yang selanjutnya diteruskan kepada sistem pemantauan keamanan bahan nuklir di UPN. Sensor PIR berfungsi untuk mendeteksi setiap pergerakan dan aktivitas petugas yang keluar atau masuk ke dalam gedung reaktor, serta memantau pergerakan bahan nuklir yang terjadi di KMP A.

Selain melalui pelaporan SPPBN dan sistem terintegrasi proteksi fisik bahan nuklir, untuk menunjang pengawasan bahan nuklir segar di KMP A juga dilakukan inventori fisik bahan nuklir secara rutin. Inventori fisik bahan nuklir dilakukan dengan pencatatan seluruh jenis bahan nuklir segar di KMP A melalui sistem konfigurasi bahan nuklir. Hal ini bertujuan untuk menunjukkan jumlah dan posisi EB/EK sesuai dengan konfigurasinya di rak penyimpanan bahan bakar nuklir segar. Pelaksanaan inventori fisik secara rutin bertujuan untuk memastikan setiap perpindahan bahan nuklir yang masuk atau keluar KMP A dapat tercatat dan tertelusur dengan baik.

KESIMPULAN

Sistem pengawasan bahan nuklir segar di gudang bahan bakar segar reaktor RSG-GAS telah dilaksanakan sesuai prinsip integrasi *safeguards, safety dan security*. Penerapan sistem pengawasan gudang bahan nuklir segar yang terintegrasi sangat efektif dalam memperkuat sistem *safeguards* bahan nuklir di RSG-GAS dan menjadi jaminan bahwa pemanfaatan bahan nuklir di RSG-GAS hanya dilakukan untuk tujuan damai dan memenuhi standar pertanggungjawaban pemanfaatan bahan nuklir secara aman dan sesuai prinsip keselamatan.

DAFTAR PUSTAKA

1. **INFCIRC/ 153** *The Structure and Content of Agreements Between The Agency and States Required in Connection with The Treaty on The Non Poliferation of Nuclear Weapons.*
2. **KADARUSMANTO**, et. al., Pelaksanaan Sistem Pertanggungjawaban dan Pengendalian Bahan Nuklir (SPPBN) di RSG-GAS dari Tahun 1998 s/d 2006, 2006.
3. PERATURAN KEPALA BAPETEN No. 4 Tahun 2011 tentang Sistem Seifgard.
4. PERATURAN KEPALA BAPETEN No. 1 Tahun 2009 tentang Sistem Proteksi Fisik Instalasi dan Bahan Nuklir.
5. UNDANG-UNDANG No. 10 tahun 1997 tentang Ketenaganukliran.
6. **ANONIM**, Obyek Inspeksi Bahan Nuklir dan Proteksi Fisik Bahan dan Fasilitas Nuklir.