

IMPLEMENTASI PENGENDALIAN MATERIAL PASCAIRADIASI DI REAKTOR SERBA GUNA – G.A.SIWABESSY

Nugraha Luhur, Subiharto, Suhadi, Irwan

e-mail: nugrahal@batan.go.id

ABSTRAK

IMPLEMENTASI PENGENDALIAN MATERIAL PASCAIRADIASI DI REAKTOR SERBA GUNA – G.A.SIWABESSY (RSG – GAS). Implementasi pengendalian material pascairradiasi di RSG – GAS. Pemanfaatan pengoperasian RSG – GAS melalui proses aktivasi dengan neutron untuk penelitian, produksi radioisotop, iradiasi batu topaz dan kegiatan lain akan menghasilkan sumber radiasi. Sumber radiasi dari material pascairradiasi dalam berbagai bentuk berupa utilisasi (peralatan) dengan berbagai tingkat paparan radiasi perlu dikendalikan mulai dari pencatatan nama material, jumlah atau volume, nomor identifikasi material, lokasi penempatan, dan informasi radiasi. Implementasi pengendalian material pascairradiasi sangat diperlukan untuk menilai keberhasilan dan kekurangan dalam melakukan pengendalian. Metode penilaian implementasi dilakukan dengan pendataan material pascairradiasi, mengumpulkan data pengendalian daerah kerja dan mengevaluasi tindakan pengendalian yang telah dilakukan. Dari data-data yang diperoleh menunjukkan bahwa pengendalian material pascairradiasi yang telah dilakukan saat ini baru pada pengendalian berkenaan dengan informasi radiasi. Karena itu diperlukan suatu standar operasional prosedur yang mencakup jenis/nama bahan, jumlah atau volume, nomor identifikasi material, lokasi penempatan juga mengatur tentang proses pemindahan material pascairradiasi yang keluar atau masuk gedung reaktor termasuk jalur yang dipergunakan untuk pemindahan zat radioaktif tersebut. Dengan kajian ini dapat memberikan informasi status dan keberadaan sumber radiasi dari material pascairradiasi tercatat dengan baik dan lengkap dengan informasi yang diperlukan, sehingga dasar pemanfaatan sumber radiasi yaitu justifikasi, limitasi dan optimasi dapat diwujudkan dan pengendalian keselamatan radiasi dapat dilakukan lebih optimal dan prinsip ALARA dapat terpenuhi.

Kata kunci: sumber radiasi, material, pascairradiasi

ABSTRACT

IMPLEMENTATION ON CONTROLLING POST IRRADIATED MATERIAL AT THE G.A. SIWABESSY MULTI PORPOSE REACTOR) RSG-GAS. Implementation on controlling of post irradiated material at RSG-GAS has been done. Utilization of RSG-GAS operation through activating neutron process for research, radioisotope production, irradiating topaz stones and other activities will produce radiation source. Radiation source from post irradiated material appears in many shapes such as equipment with various levels of radiation exposure which need to be controlled starting from recording of material name, amount or volume, material identification number, placement spots and radiation information. Implementation on controlling of post irradiated material is strongly needed to assess the success and the lack of controlling activities. The Implementation assessment method is carried out by collecting data of post irradiated material, collecting data of working area and evaluating of controlling activities which have been done. Based on the achieved data show that controlling of radiation source from post irradiated material which has been done currently is about controlling related to radiation information. Therefore, a standard operational procedure is very needed which includes kind/material name, amount or volume, material identification number, placement spots as well as arranging removal process of radiation source which is in and out of reactor building included the used lane to remove radioactive substance. The

result of this implementation assessment can inform the status and the presence of radiation source from post irradiated material with well noted and completed with needed information, so that basic utilization of radiation source which are justification, limitation and optimization can be created as well as controlling of radiation safety can be done more optimally and the principles of ALARA can be fulfilled.

Keywords: radiation sources , material, post irradiation

PENDAHULUAN

Peraturan Pemerintah Nomor 33 Tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif mengatur Keselamatan Radiasi terhadap pekerja, masyarakat, lingkungan hidup, keamanan sumber radioaktif, dan inspeksi dalam pemanfaatan tenaga nuklir. Dalam peraturan tersebut yang dimaksud dengan Keselamatan Radiasi Pengion adalah tindakan yang dilakukan untuk melindungi pekerja, anggota masyarakat, dan lingkungan hidup dari bahaya radiasi. Dan Keamanan Sumber Radioaktif adalah tindakan yang dilakukan untuk mencegah akses tidak sah atau perusakan, dan kehilangan, pencurian, dan/atau pemindahan tidak sah dari Sumber Radioaktif.

Pemanfaatan tenaga nuklir seperti Reaktor Serba Guna G.A. Siwabessy (RSG-GAS) ditujukan untuk penelitian, pengembangan, pelatihan, iradiasi bahan dan lain-lain. Kegiatan yang dilakukan dalam pengoperasian RSG-GAS yaitu untuk kegiatan penelitian kandungan unsur dalam bahan melalui teknik Analisis Aktivasi Neutron (AAN), produksi radioisotop dengan kapsul FPM, iradiasi batu topaz, kegiatan perawatan-perbaikan sistem-sistem reaktor dan lain-lain. Dalam kegiatan tersebut menghasilkan sumber radiasi dari material pascairadiasi dalam berbagai bentuk dan berbagai tingkat paparan radiasi. Berdasarkan peraturan pemerintah yang dimaksud dengan sumber radiasi adalah segala sesuatu yang dapat menyebabkan paparan radiasi, meliputi zat radioaktif, peralatan yang mengandung zat radioaktif atau memproduksi radiasi, dan fasilitas atau instalasi yang di

dalamnya terdapat zat radioaktif atau peralatan yang menghasilkan radiasi.

Di dalam gedung RSG-GAS sumber-sumber radiasi dari material pascairadiasi tersebut diantaranya adalah sampel-sampel untuk Analisis Aktivasi Neutron (AAN), kapsul tempat iradiasi, kapsul FPM, batu topaz, tempat iradiasi batu topaz, resin bekas, detektor neutron, kabel-kabel detektor neutron dan sebagainya. Dari material pascairadiasi yang telah menjadi sumber radiasi, terdapat material yang masih dapat dipergunakan lagi dan juga material yang sudah tidak dapat dipergunakan kembali yang dapat dinyatakan sebagai limbah radioaktif. Dari material yang telah menjadi radioaktif ada yang dapat langsung dipergunakan sesuai fungsinya, ada juga yang harus diperbaiki. Dalam penilaian implementasi ini hanya akan dibahas sumber radiasi dari material pascairadiasi yang masih dapat dipergunakan kembali.

METODE

Studi dokumen dan peraturan terkait dengan pengendalian material pascairadiasi dan implementasinya oleh PRSG dilakukan sebagai dasar dalam penilaian. Implementasi pengendalian material pascairadiasi di RSG-GAS dimulai dengan cara melakukan pendataan terhadap sumber radiasi dari material-material, dan pelaksanaan pengendalian keselamatan radiasi yang telah dilakukan. Penilaian implementasi pengendalian material pascairadiasi dimaksud adalah untuk menilai apakah dalam penanganan material-material yang telah menjadi sumber radiasi tersebut telah dilakukan sesuai dengan ketentuan yang berlaku

sehingga tujuan dari keselamatan radiasi dan keamanan sumber radioaktif dapat terpenuhi. Dari hasil Penilaian dapat diusulkan metode pengendalian keselamatan radiasi yang lebih baik sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

TATA KERJA

1. Melakukan pendataan material pascairadiasi;
2. Mengumpulkan data pemetaan radiasi dan pengendalian daerah kerja
3. Mengevaluasi data-data pengukuran radiasi terhadap material pascairadiasi
4. Melakukan penilaian implementasi pelaksanaan pengendalian keselamatan radiasi terhadap material pascairadiasi

Dasar Peraturan Keselamatan

Dalam undang-undang ketenaganukliran dan ketentuan proteksi dan keselamatan radiasi bagi pemanfaatan tenaga nuklir, harus mengedepankan keselamatan, keamanan, ketentraman, kesehatan pekerja dan anggota masyarakat serta perlindungan terhadap lingkungan hidup. Ketentuan-ketentuan di bidang proteksi dan keselamatan radiasi, dengan sasaran tercapainya tertib hukum dalam pemanfaatan tenaga nuklir di semua bidang. Dasar filosofi ketentuan keselamatan kerja terhadap radiasi adalah pengendalian terhadap risiko akibat radiasi pada seseorang melalui penetapan nilai batas dosis, penyinaran diusahakan serendah-rendahnya, dan manfaat penggunaan radiasi tersebut.

Dalam mewujudkan tujuan proteksi radiasi dan keselamatan radiasi, Pusat Reaktor Serba Guna (PRSG) melakukan berbagai kegiatan yang mengacu pada Peraturan Kepala Bapeten dan tertuang pada Standar Operasional Prosedur (Prosedur dan Petunjuk Teknis (juknis) atau petunjuk pelaksanaan (juklak) yang terkait dengan proteksi dan keselamatan radiasi. Penyelenggaraan proteksi dan keselamatan radiasi dilakukan secara terus menerus dan

memastikan bahwa Nilai Batas Dosis (NBD) bagi pekerja radiasi tidak terlampaui. Informasi yang lengkap terhadap penyelenggaraan proteksi dan keselamatan radiasi wajib di informasikan dan diketahui Pekerja Radiasi, sehingga pekerja mempunyai tanggung jawab serta memahami betapa pentingnya menerapkan proteksi dan keselamatan radiasi selama melaksanakan pekerjaan yang terkait dengan radiasi. Informasi terhadap penyelenggaraan proteksi dan keselamatan radiasi di dokumentasikan dan disimpan sehingga dikemudian hari dapat dimanfaatkan lebih lanjut untuk mengetahui status radiologi dalam kurun waktu tertentu. Penyelenggaraan keselamatan radiasi harus mengikuti prinsip dasar proteksi radiasi berupa justifikasi, limitasi dosis dan optimasi.

Justifikasi harus didasarkan pada manfaat yang diperoleh lebih besar daripada risiko yang ditimbulkan. Limitasi dosis diberlakukan melalui penerapan NBD, dengan melakukan pembagian daerah kerja, pemantauan paparan radiasi dan kontaminasi radioaktif di daerah kerja. Optimisasi proteksi dan keselamatan radiasi diupayakan agar besarnya dosis yang diterima serendah mungkin yang dapat dicapai dengan mempertimbangkan faktor sosial dan ekonomi.

Peraturan Kepala Bapeten

1. Peraturan Kepala Bapeten No.4 Tahun 2013

Dalam peraturan kepala Bapeten No. 4 Tahun 2014 tentang proteksi dan keselamatan radiasi dalam pemanfaatan tenaga nuklir penetapan pembagian daerah kerja terdiri dari daerah kerja supervisi dan pengendalian⁽¹⁾.

- Daerah Supervisi adalah daerah kerja di luar daerah pengendalian yang memerlukan peninjauan terhadap paparan kerja dan tidak memerlukan tindakan proteksi atau ketentuan keselamatan khusus.

- Daerah Pengendalian adalah suatu daerah kerja yang memerlukan tindakan proteksi dan ketentuan keselamatan khusus untuk mengendalikan paparan normal atau mencegah penyebaran kontaminasi selama kondisi kerja normal dan untuk mencegah atau membatasi tingkat paparan potensial.
- Paparan normal adalah paparan radiasi yang diperkirakan akan diterima dalam kondisi pengoperasian normal suatu fasilitas atau instalasi, termasuk kecelakaan minor yang dapat dikendalikan.
- Paparan potensial adalah paparan radiasi yang tidak diharapkan atau diperkirakan tetapi mempunyai kemungkinan terjadi akibat kecelakaan sumber atau karena suatu kejadian atau rangkaian kejadian yang mungkin terjadi termasuk kegagalan peralatan atau kesalahan operasi.
- Tingkat Klierens adalah nilai yang ditetapkan oleh BAPETEN dan dinyatakan dalam konsentrasi aktivitas, pada atau di bawah nilai tersebut Zat Radioaktif Terbuka, Limbah Radioaktif, atau Material Terkontaminasi atau Teraktivasi dapat dibebaskan dari pengawasan.
- Zat Radioaktif Terbuka adalah zat radioaktif berbentuk padat, cair, atau gas yang tidak berada dalam suatu struktur perisai radiasi khusus, sehingga berpotensi menimbulkan kontaminasi dan menyebar ke lingkungan hidup.
- Material Terkontaminasi atau Teraktivasi adalah bahan serta peralatan yang terkontaminasi zat radioaktif atau teraktivasi sehingga menjadi radioaktif karena pengoperasian instalasi nuklir atau instalasi yang memanfaatkan radiasi pengion.

Dalam pasal 15 di jelaskan Nilai Batas Dosis (NBD) untuk pekerja radiasi ditetapkan dengan ketentuan:

- a. Dosis Efektif rata-rata sebesar 20 mSv (duapuluh milisievert) per tahun dalam periode 5 (lima) tahun, sehingga Dosis yang terakumulasi dalam 5 (lima) tahun tidak boleh melebihi 100 mSv (seratus milisievert);
- b. Dosis Efektif sebesar 50 mSv (limapuluh milisievert) dalam 1 (satu) tahun tertentu.

Pada pasal 27 menjelaskan tentang daerah pengendalian dengan kriteria potensi penerimaan Paparan Radiasi melebihi 3/10 (tigapersepuluh) NBD Pekerja Radiasi; dan/atau adanya potensi kontaminasi.

2. Peraturan Kepala Bapeten No. 16 Tahun 2012

Dalam peraturan kepala Bapeten No.16 tahun 2012 tentang tingkat klierens diatur dengan ketentuan ketentuan sebagai berikut ⁽²⁾:

Pada Pasal 8 dijelaskan untuk jenis radionuklida buatan tidak dapat diidentifikasi, nilai tingkat klierens ditetapkan kurang dari atau sama dengan 0,1 Bq/g (satu per sepuluh Becquerel per gram) atau 0,1 Bq/cm² (satu per sepuluh Becquerel per sentimeter persegi).

Standar Operasional Prosedur

Program dan Prosedur yang telah ada di PRSG dalam mengatur tentang keselamatan radiasi adalah sebagai berikut:

1. Program Proteksi dan Keselamatan Radiasi RSG-GAS

Program Proteksi dan Keselamatan Radiasi RSG-GAS adalah sebagai pedoman dari fasilitas untuk melindungi, mencegah, mengendalikan kesehatan dan keselamatan pekerja dan lingkungan RSG-GAS dari bahaya radiasi dengan ruang lingkup, yang meliputi ⁽³⁾:

- Pengendalian Daerah Kerja;
- Pengendalian Personil;
- Pengendalian Limbah Radioaktif;

- Pengendalian dan pemantauan serta evaluasi lepasan udara;
- Pengendalian Sistem Proteksi Radiasi Terpasang;
- Penanggulangan Kedaruratan Nuklir Tingkat Fasilitas RSG-GAS.

2. Prosedur Umum Keselamatan Kerja di PRSG

Prosedur ini bertujuan untuk membantu personil (pekerja) dalam mengetahui peraturan dan prosedur keselamatan kerja yang berlaku, serta melaksanakan ketentuan yang ada dalam prosedur ini dengan ruang lingkup sebagai pedoman umum keselamatan kerja terhadap personil, pengawas, ruangan dan peralatan secara umum⁽⁴⁾.

3. Prosedur Pengendalian Daerah Kerja Bahaya Radiasi RSG-GAS

Prosedur ini bertujuan untuk melakukan pengendalian daerah kerja terhadap bahaya radiasi di lingkungan RSG-GAS sesuai ketentuan keselamatan kerja bahaya radiasi dengan ruang lingkup

- Pemetaan radiasi daerah kerja;
- Pengendalian tingkat radiasi dan kontaminasi;
- Pengendalian lepasan udara ke lingkungan;

- Pengendalian kandungan zat radioaktif air pendingin primer;
- Pengendalian limbah radioaktif;
- Pengelolaan laboratorium proteksi radiasi;
- Pengelolaan peralatan pengendalian radiasi.

4. Prosedur Pengendalian Personil di RSG-GAS

Prosedur ini bertujuan untuk memberikan acuan dalam melakukan pengendalian personil di lingkungan RSG-GAS sesuai ketentuan keselamatan kerja bahaya radiasi dengan ruang lingkup⁽⁵⁾:

- Pengaturan lalu lintas personil untuk keluar masuk RSG-GAS;
- Pengendalian perlengkapan keselamatan kerja personil;
- Pengendalian dosis personil;
- Pengendalian dekontaminasi personil;
- Pengelolaan TLD personil;
- Pengelolaan pen dosimeter;
- Pemberian pil yodium stabil.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Material-material pascairadiasi dari berbagai kegiatan dan penambahan utilisasi di RSG-GAS antara lain ditunjukkan pada Tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Daftar Material Pascairadiasi

| No | Nama Material | Jenis/ Bahan | Lokasi Penyimpanan |
|-----|--------------------------|-----------------|---|
| 1. | Kapsul Iradiasi Rabbit | Aluminium | Ruang Rabbit (Lantai + 8.0 m) |
| 2. | Kapsul Iradiasi Rabbit | Polyethylene | Ruang Rabbit (Lantai + 8.0 m) |
| 3. | Kapsul FPM | Aluminium | - B.Operasi (Lantai + 13.0 m) - R.No.222 (Lantai - 6.50 m) |
| 4. | Foil Pembungkus Sampel | Aluminium | - B.Operasi (Lantai + 13.0 m) - Ruang Rabbit (Lantai + 8. m) |
| 5. | Keranjang Batu Topaz | Aluminium | B.Operasi (Lantai + 13.0 m) |
| 6. | Kapsul Topaz | Aluminium | B.Operasi (Lantai + 13.0 m) |
| 7. | Utilisasi Topaz Outcore | Aluminium | B.Operasi (Lantai + 13.0 m) |
| 8. | Utilisasi Topaz Incore | Aluminium | B.Operasi (Lantai + 13.0 m) |
| 9. | Utilisasi Silikon Doping | Aluminium | B.Operasi (Lantai + 13.0 m) |
| 10. | Detektor Neutron | - | B.Operasi (Lantai + 13.0 m) |
| 11. | Detektor Neutron | - | R.No.222 (Lantai - 6.50 m) |

Dari data pada Tabel 1 dapat diidentifikasi material-material pascairadiasi (teraktivasi). Data ini diperoleh berdasarkan pengamatan secara umum di Balai Operasi lantai +13.0 m, Ruang *Rabbit* lantai + 8.0 m dan Ruang No.222 lantai - 6.50 m dalam gedung reaktor. Data-data dalam Tabel 1 belum termasuk material yang terkontaminasi yaitu Filter Resin di sistem purifikasi dan peralatan yang berhubungan air pendingin primer RSG-GAS. Dari informasi yang ditunjukkan pada Tabel 1 masih belum lengkap, jika dihubungkan dengan pengendalian material pascairadiasi. Informasi yang diperlukan untuk pengendalian material pascairadiasi adalah jumlah atau volume dari material-material pascairadiasi tersebut, berapa tingkat paparan radiasinya pada tanggal berapa dan lokasi penempatannya sehingga ada pengendalian terhadap sumber radiasi yang tercipta dan mampu telusur. Sebagai contoh,

kapsul iradiasi *rabbit*, baik yang terbuat dari aluminium maupun *polyethylene*, jumlahnya cukup banyak. Jika jumlahnya tercatat, maka pada setiap kapsul mempunyai data nomor identifikasi, lokasi penempatan, maka pengendalian sumber radiasi beserta informasi radiasinya dapat lebih mudah dilakukan. Selama RSG-GAS beroperasi, sudah cukup banyak material atau utilisasi yang dipergunakan untuk proses iradiasi, akan tetapi belum ada rekaman data yang memberikan informasi jumlah waktu iradiasi, kondisi material, lokasi penempatan dan lain-lain. Informasi paparan radiasi juga diperlukan sebagai pengendalian dosis radiasi yang akan diterima oleh pekerja radiasi jika pekerja radiasi akan memanfaatkan kembali material tersebut sehingga prinsip ALARA (*AS LOW AS REASONABLY ACHIEVABLE*) dapat terpenuhi dan ketentuan dosis radiasi sebesar 10 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ atau 20 mSv/tahun tidak terlampaui ⁽¹⁾.

Begitu pula untuk material-material yang lain, seperti penambahan utilisasi yang berhubungan dengan proses aktivasi diperlukan pendataan yang lebih rinci. Pendataan dan pengendalian sumber radiasi dari material pascairadiasi untuk detektor neutron dan kabel detektor neutron yang masih dapat dipergunakan kembali sangat diperlukan karena berhubungan dengan paparan radiasi tinggi dalam orde mili Sievert. Selain itu, juga karena berhubungan dengan pengelolaan suku cadang detektor dan harganya yang relatif cukup mahal.

Identifikasi terhadap material-material pascairadiasi juga bermanfaat apabila material tersebut sudah tidak dapat dipergunakan kembali dan tidak akan dimanfaatkan untuk keperluan yang lain atau telah dinyatakan sebagai limbah. Apabila material sudah tidak dipergunakan kembali dan akan dimanfaatkan kembali untuk keperluan yang tidak berhubungan dengan proses aktivasi maka nilai aktivitas harus lebih kecil dari 0,1 Bq/g atau 0,1 Bq/cm², dan melalui

proses permohonan klierens ke Bapeten dengan ketentuan klierens⁽²⁾.

Ditinjau dari prosedur-prosedur yang ada di PRSG, belum terdapat Standar Operasional Prosedur administratif (Prosedur) ataupun Teknis (Petunjuk Teknis), yang berkenaan dengan pengendalian keselamatan radiasi dari sumber radiasi dari material-material pascairadiasi. Prosedur yang telah ada saat ini adalah prosedur umum keselamatan kerja, prosedur pengendalian daerah kerja dan prosedur pengendalian personil. Prosedur-prosedur tersebut hanya memberikan informasi mengenai paparan radiasi daerah kerja dan tidak secara implisit memberikan informasi secara lengkap dari material pascairadiasi tertentu. Informasi paparan radiasi dari material pascairadiasi yang dilakukan oleh petugas proteksi radiasi tertulis pada lembar formulir permohonan iradiasi dan pada *logbook* dari petugas proteksi radiasi seperti ditunjukkan pada Tabel 2 di bawah ini⁽⁴⁾.

Tabel 2. Paparan Radiasi Daerah Kerja di Lokasi penempatan Material Pascairadiasi

| No | Lokasi | Paparn Radiasi |
|----|-------------------------------|----------------|
| 1. | Balai Operasi Lantai + 13.0 m | 3 µSv/Jam |
| 2. | Ruang Rabbit Lantai + 8.0 m | 3 µSv/Jam |
| 3. | Ruang 222 Lantai – 6.5 m | 2 µSv/Jam |









Tabel 3. Paparan Radiasi Sampel Pascairadiasi




| No. | Nama Sampel | Waktu Iradiasi | Paparan Kapsul | Tanggal |
|-----|-------------|----------------|-------------------|----------------|
| 1. | Ikan | 60 detik | 3000 μ Sv/Jam | 10 – 07 – 2012 |
| 2. | Ikan | 60 detik | 2000 μ Sv/Jam | 10 – 07 – 2012 |
| 3. | Ikan | 60 detik | 4000 μ Sv/Jam | 10 – 07 – 2012 |
| 4. | Daun | 60 detik | 2000 μ Sv/Jam | 16 – 07 – 2012 |
| 5. | Daun | 60 detik | 3000 μ Sv/Jam | 16 – 07 – 2012 |
| 6. | Tanah | 60 detik | 3200 μ Sv/Jam | 01 – 08 – 2012 |
| 7. | Tanah | 60 detik | 1500 μ Sv/Jam | 08 – 08 – 2012 |
| 8. | Tanah | 60 detik | 1400 μ Sv/Jam | 08 – 07 – 2012 |
| 9. | Batuan | 60 detik | 3000 μ Sv/Jam | 14 – 08 – 2012 |
| 10. | Batuan | 60 detik | 2000 μ Sv/Jam | 14 – 08 – 2012 |

Data yang ditunjukkan pada Tabel 3 merupakan contoh informasi paparan radiasi dari sampel dalam kapsul dan topaz dalam fasilitas peralatan iradiasi. Paparan radiasi yang terukur berasal dari sampel (dapat berupa tanah, darah, endapan, dll), kapsul wadah (dari bahan aluminium atau polyethylene), foil aluminium jika sampel dibungkus dengan foil aluminium atau Cadmium, jika sampel dibungkus dengan Cadmium atau topaz dalam fasilitas peralatan iradiasi. Pada umumnya setelah dilakukan pencacahan terhadap sampel selesai, maka sampel tersebut dinyatakan sebagai limbah radioaktif, sedangkan kapsul wadah, foil

aluminium, dan Cadmium masih dapat dipergunakan kembali. Dengan fungsi waktu, aktivitas kapsul wadah akan meluruh dan tingkat paparan radiasinya akan turun menjadi lebih kecil dari sebelumnya, tetapi memancarkan radiasi. Apabila masing-masing material tersebut mempunyai nomor identifikasi, maka pelaksanaan pengendalian dan pengelolaan sumber radiasi dapat lebih efisien sehingga dapat dipilih material yang mempunyai paparan paling kecil. Dengan demikian prinsip ALARA dapat terlaksana lebih optimal. Pada Tabel 4 disajikan contoh data identifikasi pada material pascairadiasi.

Tabel 4. Paparan Radiasi Material Pascairadiasi

| No | Nama Material | Jenis/ Bahan | Nomor Identifikasi | Paparan Kontak Radiasi | | Penanggung Jawab | Lokasi Penempatan |
|----|-------------------------------|---|-----------------------|---------------------------|-----------|------------------------------------|---|
| | | | | $\mu\text{Sv}/\text{Jam}$ | Tanggal | | |
| 1. | Kapsul Iradiasi Rabbit |  | - | 1,3 | 28-2-2014 | Subbidang Pelayanan Iradiasi | - R.Rabbit - B.Operasi |
| | | | - | 9,1 | 28-2-2014 | | |
| | | | - | 4,5 | 28-2-2014 | | |
| | | | dalam wadah | 96,7 | 28-2-2014 | Subbidang Pelayanan Iradiasi | - R.Rabbit - B.Operasi |
| | | | | 544,1 | 28-2-2014 | | |
| 2. | Kapsul Iradiasi Rabbit |  | - | 1,6 | 28-2-2014 | Subbidang Pelayanan Iradiasi | - R.Rabbit |
| | | | - | 0,6 | 28-2-2014 | | |
| | | | - | 1,2 | 28-2-2014 | | |
| | | | - | 5,3 | 28-2-2014 | | |
| 3. | Kapsul FPM |  | - | 30,8 | 8-10-2013 | Subbidang Pelaksana Operasi | - R.222 - B.Operasi |
| | | | - | 47,7 | 8-10-2013 | | |
| | | | - | 40,2 | 8-10-2013 | | |
| | | | - | 38,9 | 8-10-2013 | | |
| 4. | Keranjang Batu Topaz |  | - | 0,7 | 4-4-2014 | Subbidang Pelayanan Iradiasi | - B.Operasi |
| | | | - | 0,4 | 4-4-2014 | | |
| | | | - | 0,6 | 4-4-2014 | | |
| | | | dalam wadah | 0,6 | 4-4-2014 | | - B.Operasi |
| 5. | Kapsul Topaz |  | - | 36,4 | 21-1-2014 | Subbidang Pelayanan Iradiasi | - Gudang 8 m - B.Operasi |
| | | | - | 40,1 | 21-1-2014 | | |
| | | | - | 38,6 | 21-1-2014 | | |
| 6. | Batu Topaz |  | - | 30 | 4-4-2014 | Subbidang Pelayanan Iradiasi | - Gudang 8 m - Gudang 13 m - B.Operasi - G.Tangga 13m |
| | | | - | 200 | 4-4-2014 | | |
| | | | - | 100 | 4-4-2014 | | |
| | | | - | 70 | 4-4-2014 | | |
| 7. | Utilisasi Topaz Outcore |  | 1 unit | 18,76 | 7-4-2014 | Subbidang Pelayanan Iradiasi | - R.222 - B.Operasi |
| 8. | Utilisasi Topaz Incore |  | 1 unit | - | - | Subbidang Pelayanan Iradiasi | - R.222 - B.Operasi |

| No | Nama Material | Jenis/Bahan | Nomor Identifikasi | Paparan Kontak Radiasi | | Penanggung Jawab | Lokasi Penempatan |
|-----|--------------------------|---|--------------------|---------------------------|-----------|-----------------------------|------------------------|
| | | | | $\mu\text{Sv}/\text{Jam}$ | Tanggal | | |
| 9. | Utilisasi Silikon Doping |  | 1 unit | 970,7 | 7-4-2014 | Subbidang Pelaksana Operasi | - R.222 - B.Operasi |
| 10. | Detektor Neutron |  | - | 770,6 | 11-2-2014 | Subbidang Instrumentasi | - R.222 - B.Operasi |
| | | | - | 503,8 | 11-2-2014 | | |
| | | | - | 768,3 | 11-2-2014 | | |
| | | | - | 3143,5 | 11-2-2014 | | |
| | | | - | 5874,5 | 11-2-2014 | | |
| 11. | Kabel Detektor Neutron |  | - | 518,0 | 2-12-2013 | Subbidang Instrumentasi | - R.222 - B.Operasi |
| | | | - | 10,86 | 2-12-2013 | | |
| | | | - | 885,0 | 2-12-2013 | | |
| | | | - | 57,7 | 2-12-2013 | | |
| | | | - | 461,71 | 2-12-2013 | | |

Dari uraian diatas dan dari data-data yang ditunjukkan pada Tabel 1, 2 dan 3, maka dalam pengelolaan material pascairadiasi diperlukan suatu SOP administratif (Prosedur) terbaru yang mengatur tentang pengendalian sumber radiasi dari material pascairadiasi meliputi jenis/bahan, nomor identifikasi material atau peralatan, jumlah/(volume) material, lokasi penempatan, penanggung jawab material, paparan radiasi, tanggal dan lama iradiasi sehingga dapat dilakukan perkiraan/perhitungan aktivitas sumber radiasi, bahkan identifikasi jenis radioaktifnya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4. Ketersediaan dan keberadaan SOP pengendalian sumber radiasi dari material pascairadiasi diharapkan dapat mengatur tentang pengaturan penempatan sumber radiasi, proses pemindahan sumber radiasi yang keluar atau masuk gedung reaktor termasuk jalur yang dipergunakan untuk pemindahan zat radioaktif. Data-data pengendalian sumber radiasi dari material pascairadiasi juga bermanfaat untuk:

- Mendokumentasikan material teraktivasi atau penciptaan sumber radioaktif sehingga proses keamanan sumber radioaktif dapat dicapai;

- pengelolaan suku cadang (jika material berhubungan dengan peralatan seperti detektor neutron, katup di jalur pendingin primer);
- sebagai data dukung dalam mengevaluasi dan mengkaji faktor penuaan (lelah material) dari akibat proses aktivasi.

KESIMPULAN

Pengelolaan material pascairadiasi perlu dilakukan dan dibuat standar operasional prosedurnya agar setiap sumber radiasi yang tercipta dari proses aktivasi di RSG-GAS dapat terkendali. Dengan demikian prinsip pemanfaatan sumber radiasi yaitu justifikasi, limitasi dan optimasi dapat diwujudkan dengan optimal sehingga pengendalian keselamatan radiasi dapat dilakukan lebih optimal dan prinsip ALARA dapat dicapai.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) ANONIM, BAPETEN No. 4 Tahun 2014 tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir;

- 2) ANONIM, BAPETEN No. 16 tahun 2012 tentang Tingkat Klierens;
- 3) ANONIM, BAPETEN No. RSG.KK.05.01.60.13 tentang Program Proteksi dan Keselamatan Radiasi RSG-GAS;
- 4) ANONIM, BAPETEN No. RSG.KK.02.02.62.13 tentang Prosedur Umum Keselamatan Kerja di PRSG;
- 5) ANONIM, BAPETEN No. RSG.KK.01.02.61.11 tentang Prosedur Pengendalian Daerah Kerja Bahaya Radiasi RSG-GAS;
- 6) ANONIM, BAPETEN No. RSG.KK.01.02.62.12 tentang Prosedur Pengendalian Personil di RSG-GAS;
- 7) ANONIM, Data-Data pengukuran smpel pascairadiasi.