

EVALUASI DOSIS RADIASI PERSONIL PTBBN TERHADAP KEGIATAN DI LABORATORIUM IEBE DAN IRM TAHUN 2015

Sjafruddin

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir - BATAN

ABSTRAK

Evaluasi dosis radiasi personil PTBBN terhadap kegiatan kerja di laboratorium IEBE dan IRM pada tahun 2015 telah dilakukan untuk mengetahui kondisi operasional sistem keselamatan radiasi yang diterapkan dalam kegiatan tersebut, khususnya terhadap kegiatan komisioning di PCP-IEBE dan dekontaminasi *hotcell* di IRM yang pelaksanaannya berpotensi terhadap bahaya radiasi interna dan eksterna bagi personil. Evaluasi dilakukan dengan menganalisis potensi bahaya radiasi yang menyertai kegiatan, melakukan pemantauan penerimaan dosis radiasi pada personil dan membandingkan hasil pemantauan tersebut dengan nilai batas keselamatan radiasi (NBD) dalam dokumen LAK instalasi. Pemantauan dosis radiasi personil yang dievaluasi meliputi pemantauan dosis radiasi eksterna melalui pengukuran dengan TLD dan dosis radiasi interna secara *invivo* dan *invitro*. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa penerimaan dosis radiasi personil untuk kegiatan tahun 2015 masih jauh dibawah NBD. Penerimaan dosis radiasi seluruh tubuh tertinggi hanya 0,22 mSv/tahun (4,4% dari NBD-tahunan sebesar 20 mSv) jika asumsi penerima dosis adalah individu yang sama. Adapun penerimaan dosis radiasi pada kulit tertinggi hanya 0,27 mSv/tahun (0,05% dari NBD-tahunan sebesar 500 mSv). Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa selama pelaksanaan kegiatan di laboratorium IEBE dan IRM pada tahun 2015 tidak ada BKO keselamatan radiasi yang dilanggar. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kondisi operasional sistem keselamatan radiasi di IEBE dan IRM masih cukup baik dan telah memenuhi ketentuan keselamatan operasional instalasi, walaupun potensi bahaya cukup tinggi pada kegiatan di IEBE dan IRM selama tahun 2015.

Kata kunci: dosis radiasi eksterna, dosis radiasi interna, NBD, BKO.

PENDAHULUAN

Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (IEBE) dan Instalasi Radiometalurgi (IRM) merupakan instalasi nuklir yang dikelola oleh Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBBN) yang mempunyai fungsi untuk melakukan kegiatan riset dan pengembangan (litbang) bahan bakar nuklir. IEBE dimanfaatkan untuk kegiatan litbang bahan bakar reaktor daya dan reaktor riset pra iradiasi, sedangkan IRM dimanfaatkan untuk kegiatan litbang bahan bakar nuklir atau bahan lainnya pasca iradiasi. Kegiatan litbang di IEBE menggunakan bahan nuklir U dan Th, khususnya bahan dalam bentuk serbuk yang dalam penanganannya dapat menyebabkan kontaminasi di permukaan, udara dan pada tubuh personil sehingga berpotensi terhadap bahaya radiasi interna. Adapun potensi bahaya radiasi eksterna tidak begitu signifikan karena U dan Th pra iradiasi tidak memberikan paparan radiasi dosis tinggi dibandingkan dengan jumlah massa yang ditangani. Hal sebaliknya di IRM, bahan bakar nuklir atau bahan lainnya pasca iradiasi yang ditangani merupakan zat-zat radioaktif (diantaranya produk fisi) yang memberikan paparan radiasi- γ sangat tinggi walaupun dalam jumlah massa sedikit, sehingga berpotensi bahaya radiasi

eksterna. Potensi bahaya radiasi interna juga harus diperhatikan dalam kegiatan di IRM karena dalam proses penanganan zat-zat radioaktif dapat menyebabkan kontaminasi di permukaan, udara dan pada tubuh personil.

Dalam operasional kegiatan di IEBE dan IRM, potensi bahaya keradioaktifan dikendalikan melalui implementasi sistem keselamatan radiasi. Secara desain, pengendalian bahaya keradioaktifan diwujudkan dengan membangun fasilitas proses yang dapat mengungkung dan mengisolasi bahan atau zat radioaktif, seperti *fumehood*, *glovebox* dan *hotcell*, sistem ventilasi aktif dan pembagian daerah kerja. Saat operasional instalasi, pengendalian bahaya keradioaktifan dilakukan dengan melaksanakan pemantauan daerah kerja terhadap paparan radiasi (bahaya radiasi eksterna), kontaminasi permukaan dan udara (bahaya radiasi interna) dan pemantauan dosis radiasi personil saat mereka berada atau setelah berada di medan radiasi. Pengendalian bahaya keradioaktifan juga dilakukan dengan cara pemakaian alat pelindung diri (APD) dan penerapan aturan keselamatan batas kondisi operasi (BKO), misal konsentrasi maksimum yang diizinkan (MPC) dan nilai batas dosis (NBD) seperti yang ditetapkan di dalam Laporan Analisis Keselamatan (LAK) instalasi nuklir ^[2,3].

Pada tahun 2015 potensi bahaya radiasi dalam kegiatan kerja di IEBE dan IRM cukup signifikan dan perlu mendapat perhatian secara ketat dari segi proteksi radiasi. Komisioning PCP-IEBE yang menggunakan bahan *Yellow cake* dalam proses pembuatan serbuk UO_2 , berpotensi menyebabkan kontaminasi permukaan dan udara di daerah kerja sehingga dapat menyebabkan radiasi interna pada personil. Proses dekontaminasi *hotcell* IRM yang tidak biasa (mengeluarkan limbah aktivitas tinggi dari *hotcell* melalui *service area*) dalam rangka revitalisasi fasilitas *hotcell* berpotensi menyebabkan kontaminasi permukaan dan udara, serta penerimaan paparan radiasi dosis tinggi. Bila penanganan bahan atau zat radioaktif pada proses kegiatan tersebut tidak memenuhi standar atau aturan keselamatan radiasi di daerah kerja, personil yang melaksanakan kegiatan tersebut dapat menerima dosis radiasi berlebih, baik dosis radiasi eksterna maupun interna.

Tulisan ini membahas tentang pengendalian dosis radiasi personil selama kegiatan tahun 2015 yang diterima personil saat melaksanakan kegiatan di IEBE dan IRM. Dari hasil evaluasi penerimaan dosis radiasi personil ini dapat menggambarkan kondisi operasional sistem keselamatan radiasi di tempat kerja.

TEORI

Dalam ilmu proteksi radiasi telah diketahui bahwa penerimaan dosis radiasi pada tubuh personil baik berasal dari paparan radiasi langsung ke tubuh (eksterna) maupun

akibat masuknya kontaminan berupa zat-zat radioaktif ke dalam tubuh (interna) yang melampaui batas keselamatan berpotensi terhadap penyakit akibat kerja/ radiasi. Untuk itu dalam kegiatan menggunakan zat-zat radioaktif seperti di IEBE dan IRM diupayakan penerimaan dosis radiasi serendah mungkin sesuai dengan prinsip *As Low As Reasonable Achievable* (ALARA). Implementasi ALARA adalah bahwa penerimaan dosis dari paparan radiasi eksterna dapat dikurangi dengan menggunakan perisai radiasi dan mengatur jarak antara personil dengan sumber radiasi serta mengurangi lama terkena paparan radiasi. Untuk mengurangi potensi bahaya radiasi interna dapat diupayakan dengan mencegah atau membatasi kontaminasi bahan/zat radioaktif di daerah kerja. Di instalasi nuklir hal ini dilakukan dengan cara mengungkung bahan/zat radioaktif seperti mengungkungnya di dalam *hotcell*, *glovebox* dan *fumehood*, mengatur pola aliran udara yang benar melalui sistem ventilasi aktif dan menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) seperti masker, baju dan sepatu kerja, sarung tangan dan sebagainya. Kontaminasi juga dapat dikendalikan dengan pengaturan zona (daerah) kerja, pemasangan *shoe-barrier*, pemeriksaan kontaminasi pada tangan, kaki dan baju kerja serta penerapan aturan-aturan keselamatan kerja lainnya. Sedangkan besarnya dosis yang diterima personil pekerja radiasi dapat diketahui melalui pemakaian dosimeter (radiasi eksterna) saat berada di daerah radiasi dan dengan cara analisis *invivo* dan *invitro* untuk radiasi interna.

Berdasarkan potensi terjadinya penerimaan dosis radiasi pada personil yang berasal dari paparan radiasi eksterna dan/ atau interna, maka ada beberapa operasional sistem keselamatan yang secara rutin dilaksanakan di instalasi nuklir berupa pemantauan atau pengukuran keradioaktifan daerah kerja dan dosis radiasi personil, dan kemudian hasilnya dijadikan sebagai indikator atau bukti apakah kondisi operasional instalasi nuklir dalam status selamat atau tidak (bahaya). Pemantauan tersebut adalah (1) pemantauan laju paparan radiasi- γ , (2) pemantauan tingkat kontaminasi radioaktif pada permukaan daerah kerja, (3) pemantauan tingkat kontaminasi radioaktif di udara daerah kerja dan (4) pemantauan penerimaan dosis radiasi eksterna dan interna personil. Pada tulisan ini fokus pembahasan adalah yang terkait dengan pemantauan penerimaan dosis radiasi eksterna dan interna personil.

Pada tahun 2015, potensi bahaya radiasi signifikan di IEBE adalah akibat dari adanya kegiatan komisioning PCP. Dalam kegiatan komisioning tersebut sejumlah bahan *Yellow cake* yang mengandung bahan radioaktif U diproses secara kimiawi di dalam tangki/ wadah proses untuk dijadikan serbuk UO_2 . Kegiatan tersebut berpotensi adanya larutan yang mengandung U lepas dari tangki/ wadah proses sehingga menyebabkan kontaminasi permukaan di daerah kerja. Bila tidak segera didekontaminasi, larutan tersebut dapat mengering kemudian terdispersi ke udara ruangan kerja sehingga

menyebabkan kontaminasi udara. Kontaminan tersebut dapat masuk ke dalam tubuh personil melalui pernafasan, sistem pencernaan atau kulit yang terluka sehingga personil menerima dosis radiasi interna. Karena U tidak memberikan paparan radiasi yang tinggi di daerah kerja, maka potensi dari radiasi eksterna tidak begitu signifikan, kecuali dosis pada kulit. Walaupun daerah kerja lainnya di IEBE berpotensi juga terhadap bahaya radiasi, namun pada tahun 2015 aktivitas kegiatan di PCP lebih tinggi dan perlu mendapat perhatian dari segi proteksi radiasi.

Kegiatan dekontaminasi *hotcell* untuk Program Revitalisasi *Hotcell* di IRM pada tahun 2015 dari segi proteksi radiasi juga menjadi perhatian serius untuk keselamatan radiasi. Hal ini karena dalam proses dekontaminasi *hotcell* dilakukan prosedur “yang tidak biasa” yang dapat menyebabkan potensi bahaya radiasi yang signifikan bagi personil. Prosedur yang lazim adalah dengan cara mengeluarkan limbah aktivitas tinggi dari *hotcell* secara *remote*, yaitu melalui lubang yang ada di *hotcell* 102 ke *lift drum* yang ada di dalam *hotcell* di *basement*. Namun karena *lift drum* dalam keadaan tidak berfungsi, proses pengeluaran limbah radioaktif tingkat tinggi dilakukan secara manual dengan mengeluarkannya melalui *service area* (R-143) sehingga kontak langsung kontaminasi (permukaan dan udara) dan paparan radiasi dapat terjadi pada personil yang menanganinya. Potensi bahaya dapat menjadi lebih besar karena dalam pelaksanaannya tidak memungkinkan untuk menggunakan perisai radiasi yang signifikan dan mengatur jarak aman dari sumber radiasi. Upaya yang dapat dilaksanakan untuk mengurangi paparan radiasi adalah mengatur lama (waktu) terpapar radiasi. Sedangkan untuk mencegah bahaya radiasi interna telah diupayakan menggunakan baju khusus Tyvax (*cover all*) dan *full masker*. Walaupun daerah kerja lainnya di IRM berpotensi juga terhadap bahaya radiasi, namun pada tahun 2015 aktivitas kegiatan di R-143 lebih tinggi dan perlu mendapat perhatian juga dari segi proteksi radiasi.

METODOLOGI

Evaluasi keselamatan radiasi (dosis personil) bagi personil yang bertugas di IEBE dan di IRM dilakukan berdasarkan data dosis radiasi personil selama kegiatan kerja tahun 2015 yang diterima dari Pusat Pendayagunaan Informasi dan Kawasan Strategis Nuklir (PPIKSN) – BATAN. Data dosis radiasi eksterna diperoleh melalui pemakaian TLD saat personil memasuki medan radiasi (daerah kerja) di IEBE atau IRM. Durasi waktu pemakaian TLD biasanya sekitar tiga bulan (triwulan). Setiap triwulan ada 172 personil PTBBN yang dipantau terhadap dosis radiasi eksterna menggunakan TLD. Untuk pemantauan dosis eksterna personil di IEBE dilakukan terhadap dosis ekivalen kulit ($H_p(0,07)$) dan dosis ekivalen seluruh tubuh ($H_p(10)$), sedangkan di IRM hanya $H_p(10)$

saja. TLD adalah salah satu alat pemantau dosis radiasi yang dapat memberikan data dosis akumulasi selama pemakaian di medan radiasi. Setelah pemakaian selama tiga bulan, TLD dibaca di PPIKSN dan dokumen hasil pembacaan dosis radiasi (dalam satuan mSv) tersebut dikirim ke PTBBN untuk dievaluasi dan direkam ke dalam Kartu Dosis Personil^[1,4].

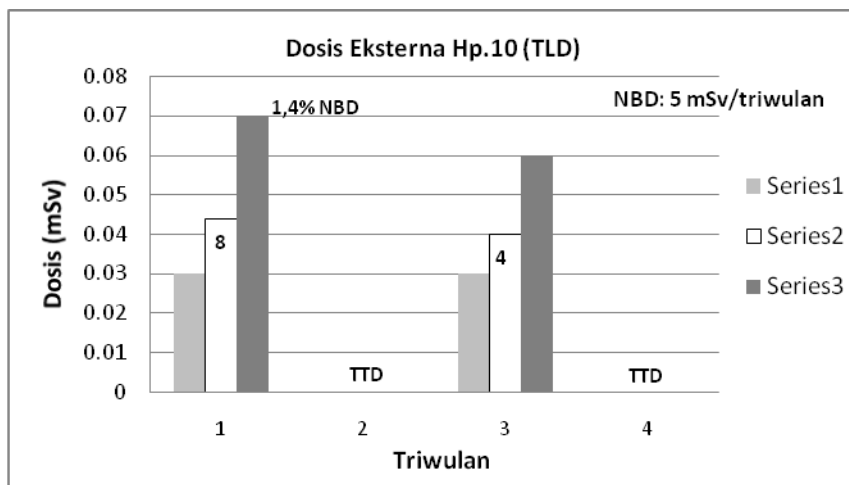
Pemantauan dosis interna personil dilakukan dengan cara *invivo* dan *invitro*. Pemantauan secara *invivo* merupakan pendeteksian secara langsung keradioaktifan di dalam tubuh personil menggunakan alat *Whole Body Counter* (WBC). Sedangkan pemantauan secara *invitro* merupakan pengukuran keradioaktifan dari ekresi tubuh personil dalam bentuk air seni (urine). Untuk keperluan pemantauan dengan secara *invivo*, PTBBN mengirim personil yang akan dipantau ke PPIKSN sesuai jadwal yang ditetapkan, sedangkan untuk keperluan pemantauan *invitro*, PTBBN mengirim cuplikan urine personil yang akan dipantau ke PPIKSN. Personil yang dipantau secara *invivo* dan *invitro* adalah personil yang diduga berpotensi besar menerima dosis interna sesuai dengan pekerjaannya. Pemantauan hanya dilakukan sekali dalam setahun untuk setiap personil. Dalam setahun ada empat perioda pemantauan secara *invivo* dan *invitro* dan pada tahun 2015 ada 124 personil yang telah dipantau dosis radiasi internanya. Hasil pemantauan dosis interna dikirim ke PTBBN untuk kemudian dievaluasi dan direkam ke dalam Kartu Dosis Personil^[1,5,6].

Evaluasi dosis radiasi dilakukan dengan menganalisis data dosis radiasi eksterna dan interna. Data dosis radiasi eksterna yang berasal dari TLD terdiri dari dosis Hp(0,07) dan Hp(10). Data dosis interna terdiri dari pemantauan secara *invivo* dan *invitro*, tetapi data dosis dari pemantauan *invivo* pada tahun 2015 semuanya menyatakan tidak terdeteksi (ttt). Dari data dosis radiasi tersebut dibuat grafik batang dosis radiasi tertinggi, rata-rata dan terendah untuk setiap jenis pemantauan dosis (eksterna dan interna) dan setiap triwulan pemantauan (empat triwulan). Data dosis radiasi tertinggi setiap triwulan kemudian dibandingkan dengan nilai BKO instalasi nuklir, dalam hal ini adalah NBD pekerja radiasi sebesar 5 mSv/triwulan untuk dosis ekuivalen seluruh tubuh dan 125 mSv/triwulan untuk dosis ekuivalen kulit. Evaluasi juga memeriksa penerimaan dosis tertinggi individu dan tempat kerja individu tersebut^[1].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan lembar data hasil pemantauan dosis radiasi personil PTBBN tahun 2015, untuk pemantauan dosis eksterna (menggunakan TLD) ada 12 personil yang terdeteksi menerima dosis radiasi ekuivalen seluruh tubuh (Hp(10)) dari 172 personil yang dipantau dan 24 personil yang terdeteksi menerima dosis radiasi ekuivalen kulit (Hp(0,07))

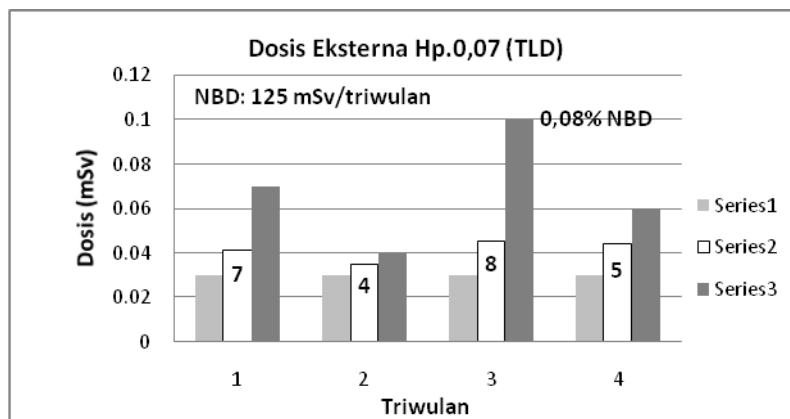
dari 49 personil yang dipantau. Adapun untuk pemantauan dosis interna secara invitro (analisis urine) terdapat 19 personil yang terdeteksi menerima dosis dari 64 personil yang dipantau, sedangkan pemantauan dosis interna secara invivo (menggunakan WBC), tidak ada personil yang terdeteksi dari 128 personil yang dipantau. Hasil pemantauan dosis radiasi tersebut dapat dilihat pada gambar-gambar berikut.



Gambar-1. Penerimaan dosis radiasi eksternal personil (Hp.10) PTBBN tahun 2015.

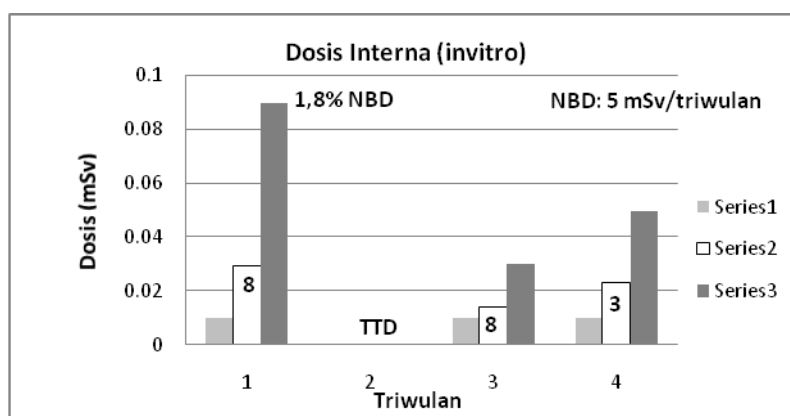
Pada Gambar-1 terlihat bahwa penerimaan dosis eksternal ekuivalen seluruh tubuh (Hp.10) yang tertinggi untuk setiap triwulan dalam tahun 2015 hanya 0,07 mSv (pada triwulan-1) atau 1,4% dari NBD-triwulan. Pada triwulan-3 lebih rendah dan pada triwulan-2 dan triwulan-4 sama sekali tidak terdeteksi (di bawah batas atau limit deteksi alat pembaca dosis). Dosis tertinggi tersebut diterima oleh personil pekerja radiasi di IEBE.

Gambar-2 memperlihatkan besarnya dosis radiasi eksternal ekuivalen kulit (Hp(0,07)) yang hanya dipantau untuk personil pekerja radiasi di IEBE. Pada gambar tersebut tampak bahwa penerimaan dosis tertinggi untuk setiap triwulan dalam tahun 2015 sebesar 0,10 mSv (pada triwulan-3) atau 0,08% dari NBD-triwulan. Pada triwulan lainnya dosis ekuivalen kulit lebih rendah, yaitu: 0,07 mSv (triwulan-1); 0,04 mSv (triwulan-2) dan 0,06 mSv (triwulan-4).



Gambar-2. Penerimaan dosis radiasi eksternal personil (Hp(0,07)) PTBBN tahun 2015.

Hasil pemantauan dosis radiasi internal secara *invivo* untuk pemantauan tahun 2015, tidak ada personil yang terdeteksi dosis radiasi internalnya sehingga tidak perlu dibuatkan grafik, namun berdasarkan hasil pemantauan radiasi internal secara *invitro*, terdapat 19 personil yang terdeteksi menerima dosis radiasi internal. Gambar-3 berikut memperlihatkan besarnya dosis radiasi internal yang diterima personil PTBBN tahun 2015 berdasarkan pemantauan *invitro*.



Gambar-3. Penerimaan dosis radiasi internal personil PTBBN tahun 2015 yang terdeteksi melalui pemantauan *invitro*.

Gambar-3 memperlihatkan bahwa penerimaan dosis internal personil yang tertinggi untuk setiap triwulan terjadi pada triwulan-1 sebesar 0,09 mSv atau 1,8% dari NBD-triwulan. Pemantauan pada triwulan-3 dan triwulan-4 penerimaan dosis internal lebih rendah dan pada triwulan-2 tidak terdeteksi adanya penerimaan dosis. Personil pekerja radiasi yang menerima dosis internal tertinggi adalah personil yang bekerja di IEBE.

Berdasarkan perhitungan dosis efektif, dosis yang diterima personil merupakan penjumlahan dari dosis radiasi eksternal ekuivalen seluruh tubuh, Hp.10 dan dosis radiasi internal. Dosis ekuivalen kulit Hp (0,07) tidak termasuk (bukan komponen) dalam

perhitungan dosis efektif. Perhitungan penerimaan dosis radiasi yang paling pesimis (dosis maksimum) adalah apabila diasumsikan bahwa besarnya penerimaan dosis yang ditampilkan pada Gambar-1 dan Gambar-3 berasal dari personil yang sama (satu individu). Jika dianggap demikian, maka dosis tertinggi yang diterima personil dalam tahun 2015 adalah penjumlahan besarnya dosis yang terdeteksi setiap triwulan dari Hp.10 dengan dosis interna, yaitu sebesar 0,22 mSv. Nilai ini berasal dari dosis eksterna seluruh tubuh pada triwulan-1 (0,07 mSv) dan triwulan-3 (0,06 mSv) serta dosis interna pada triwulan-1 (0,09 mSv). Berdasarkan asumsi tersebut, besarnya penerimaan dosis radiasi personil masih sangat kecil, yaitu hanya sekitar 4,4% dari NBD pekerja radiasi sebesar 20 mSv per tahun. Hasil pemeriksaan setiap individu penerima dosis radiasi pada seluruh data pemantauan dosis radiasi dapat diketahui bahwa penerima dosis radiasi ekuivalen seluruh tubuh (eksterna) adalah individu yang sama, sedangkan penerima dosis radiasi interna dari pemantauan invitro adalah personil yang lain.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi penerimaan dosis radiasi personil PTBBN yang bekerja di IEBE dan IRM pada tahun 2015 dapat disimpulkan bahwa operasional keselamatan radiasi pada kedua instalasi nuklir PTBBN masih dalam margin yang selamat dan aman. Kegiatan kerja komisioning PCP-IEBE dan kegiatan kerja dekontaminasi *hotcell* di IRM yang berisiko tinggi terhadap bahaya radiasi eksterna dan interna, tidak menyebabkan penerimaan dosis radiasi yang membahayakan. Selama kegiatan tersebut tidak ada batasan-batasan keselamatan radiasi (BKO) yang tertera dalam dokumen LAK instalasi yang dilanggar. Asumsi penerimaan dosis radiasi seluruh tubuh (eksterna dan interna) tertinggi hanya sebesar 0,22 mSv/tahun atau 4,4% NBD-tahunan bila penerima dosis radiasi adalah individu yang sama. Penerimaan dosis radiasi tahunan tersebut ternyata lebih rendah dari 0,22 mSv karena penerima dosis adalah individu yang berbeda (penerima dosis eksterna tertinggi adalah individu yang sama, sedangkan penerima dosis interna tertinggi adalah individu yang lain). Pengukuran terhadap indikator keselamatan radiasi melalui pemantauan dosis radiasi personil tersebut, nilainya masih jauh dari batasan keselamatan. Ini menunjukkan bahwa sistem keselamatan yang beroperasi di IEBE dan IRM masih dalam kondisi baik dan aman, serta risiko terhadap bahaya radiasi masih dapat terkontrol.

DAFTAR PUSTAKA

1. BATAN, Pedoman Keselamatan dan Proteksi Radiasi KNS, Rev.1, 2011.
2. PTBBN, Laporan Analisis Keselamatan IRM, No.Dok.: KK32 J09 001, Rev.1, 2012.
3. PTBBN, Laporan Analisis Keselamatan IEBE, No.Dok.: KK32 J09 002, Rev.7, 2012.
4. PPIKSN, Sertifikat Hasil Uji TLD, FM-002 SOP 081.003/KN 08 02/SN 5.1.
5. PPIKSN, Laporan Pemantauan Dosis Radiasi Internal In-vivo, No.Dok.: FM-002 SOP 069.002/KN 08 02/SN 5.1.
6. PPIKSN, Laporan Periodik Pemantauan Dosis Radiasi Internal dengan Analisis In-vitro, No.Dok.: FM-003 SOP 102.003/KN 08 02/SN 5.1.