

REVITALISASI PERALATAN UJI TAK MERUSAK BAHAN BAKAR NUKLIR DAN MANIPULATOR *HOTCELL* INSTALASI RADIOMETALURGI

Sungkono

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir

ABSTRAK

Hotcell Instalasi Radiometalurgi (IRM) merupakan fasilitas untuk uji pascairadiasi elemen bakar nuklir. Hasil uji pascairadiasi tersebut digunakan sebagai acuan untuk mengetahui kualitas produk elemen bakar nuklir. Kondisi fasilitas *hotcell* saat ini adalah peralatan *barrel lifting device* dan sarana pengelolaan limbah di *hotcell* serta peralatan uji di *hotcell* seperti *X-ray radiography*, *Eddy Current tester*, *Laser puncturing test* rusak permanen dan beberapa peralatan uji mekanik, metalografi dan fisikokimia perlu diperbaiki dan atau diganti yang baru. Tujuan kegiatan revitalisasi pada tahun 2016 adalah dekontaminasi ruangan HC 102 hingga bersih dengan paparan radiasi- γ dan kontaminasi radioaktif di bawah batas keselamatan yang diizinkan, pemeliharaan peralatan dukung *hotcell* dan perbaikan alat uji pascairadiasi. Metodologi yang digunakan adalah dekontaminasi ruangan *hotcell*, pemeliharaan manipulator dan *crane*, pengadaan ekstensometer, telapak tangan manipulator, alat *punching* PEB, *air-line suite*, dan detektor XRF. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa ruangan HC 102 sudah bersih dengan paparan radiasi- γ maksimum 120 $\mu\text{Sv/jam}$ dan kontaminan β di lantai HC 102 maksimum 28 Bq/cm^2 . Kegiatan pengeluaran *dismantling machine* dan slang-slang serta penggantian 4 (empat) buah HEPA *filter* di HC 102 sudah dilaksanakan dengan baik. Kegiatan dekontaminasi di HC 102 dilanjutkan hingga paparan radiasi dan kontaminasi di bawah batas keselamatan yang diizinkan.

Kata kunci: *Hotcell*, IRM, peralatan uji, manipulator, dekontaminasi, paparan radiasi, kontaminasi

PENDAHULUAN

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBBN) mempunyai tugas melaksanakan perumusan dan pengendalian kebijakan teknis, pelaksanaan, pembinaan dan bimbingan di bidang pengembangan teknologi fabrikasi bahan bakar nuklir dan teknik uji radiometalurgi^[1]. Berdasarkan tugas dan fungsinya serta seiring dengan berjalannya penelitian dan pengembangan (litbang) bahan bakar nuklir jenis reaktor riset dan reaktor daya, *hotcell* IRM harus mampu dipakai untuk melakukan pengujian bahan bakar dan bahan struktur pascairadiasi mulai dari pengujian tidak merusak sampai dengan pengujian merusak. Uji tak merusak meliputi pengamatan visual terhadap bahan bakar pascairadiasi, pengukuran tebal atau dimensi untuk mengetahui *swelling*, dan pengukuran distribusi gamma di dalam bahan bakar dengan menggunakan spektrometer gamma. Pengujian merusak diantaranya adalah analisis gas hasil fisi pada bahan bakar reaktor daya pascairadiasi, pengujian metalografi untuk melihat perubahan strukturmikro yang terjadi akibat iradiasi terhadap bahan bakar reaktor daya maupun bahan bakar reaktor riset, pengujian mekanik seperti uji kekerasan dan uji tarik untuk mengetahui perubahan kekerasan, tegangan dan regangan khususnya terhadap bahan struktur pascairadiasi, dan pengujian kimia untuk menghitung *burn up* bahan bakar pascairadiasi^[2]. Tujuan dari semua pengujian tersebut adalah untuk menguji keandalan bahan bakar maupun bahan

struktur setelah diiradiasi di dalam reaktor dengan kondisi dan parameter tertentu. Data yang dihasilkan dari uji pascairadiasi ini sangat diperlukan oleh fabrikator bahan bakar untuk memperbaiki parameter fabrikasinya sehingga dapat diperoleh bahan bakar yang mampu mempertahankan *performance* dan aman selama diiradiasi di dalam reaktor sampai dengan *burnup* yang diizinkan oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN).

Instalasi Radiometalurgi (IRM) merupakan salah satu instalasi nuklir yang dimiliki PTBBN-BATAN. Instalasi Radiometalurgi dioperasikan oleh Bidang Uji Radiometalurgi (BUR). Dalam pengoperasian IRM, BUR didukung oleh Bidang Pengembangan Fasilitas Bahan Bakar Nuklir (BPFBBN) serta dipantau keselamatannya oleh Bidang Keselamatan Kerja dan Akuntansi Bahan Nuklir (BKKABN) dan keamanan Instalasi oleh Unit Pengamanan Nuklir (UPN). Instalasi Radiometalurgi dioperasikan untuk kegiatan pengujian pra dan pascairadiasi bahan struktur dan bahan bakar nuklir.

Fasilitas uji pascairadiasi terdiri dari 3 (tiga) *hotcell* besar (101, 102 dan 103), 7 (tujuh) *hotcell* kecil (104, 105, 106, 107, 108, 109 dan 112) dan 2 (dua) *hotcell* sedang (110 dan 111). Untuk menangani pekerjaan di dalam *hotcell* tersebut maka setiap *hotcell* dilengkapi dengan manipulator yang jumlah keseluruhannya ada 34 unit, *power manipulator* (1 unit) dan *incell crane* (5 unit). Transfer antar *hotcell* menggunakan dua jalur konveyor. Peralatan proses uji pascairadiasi terdiri dari berbagai peralatan, antara lain; *can welding station*, *dismantling machine*, ultrasonik, *Eddy Current*, *laser puncturing device*, *gamma scanning*, peralatan preparasi sampel metalografi/ceramografi, mikroskop optik, uji tarik, uji impak, uji *creep*, peralatan preparasi uji kimia-fisika dan lainnya. Instalasi Radiometalurgi dirancang untuk melaksanakan kegiatan pengujian dan pengembangan uji pascairadiasi (*Post Irradiation Examination*, PIE) terhadap elemen bakar reaktor riset dan daya beserta komponen reaktor lainnya. Berdasarkan desain IRM, kapasitas *hotcell* atau *concrete cell* 101, 102 dan 103 mampu menampung 6 (enam) bundel MTR atau 1 (satu) batang bahan bakar tipe PWR/BWR atau 1 (satu) bundel bahan bakar tipe PHWR (CANDU). Sedangkan kemampuan daya tampung masing-masing *hotcell* jenis *steel cell* 104 s/d 107 adalah elemen bakar PWR/BWR dengan panjang sampel 50 mm, pelat elemen bakar MTR 30 dengan panjang sampel 33 mm; HC108 s/d 112 digunakan untuk elemen bakar PWR/BWR dengan panjang sampel 22 mm, pelat elemen bakar (PEB) MTR-30 dengan panjang sampel 10 mm dan elemen bakar tipe CANDU dengan panjang sampel 14,5 mm^[2].

Kondisi fasilitas *hotcell* saat ini adalah peralatan *dismantling* bundel elemen bakar nuklir dan sarana pengelolaan limbah di HC102 serta peralatan uji tak merusak di *hotcell* 103 rusak permanen sehingga tidak dapat diperbaiki dan digunakan termasuk *Laser puncturing device* dan kelengkapannya untuk *collecting* gas fisi dari *fuel rod*. Peralatan uji

mekanik seperti mesin uji tarik, mesin uji impak, mesin uji *burst*, dan mesin uji *creep* dalam keadaan tidak berfungsi dan perlu diperbaiki agar dapat berfungsi kembali. Peralatan preparasi sampel uji metalografi dan radiokimia dalam kondisi baik dan berfungsi.

Sehubungan dengan keterbatasan anggaran DIPA, maka kondisi potensial fasilitas *hotcell* yang ingin dicapai dilaksanakan dengan tahapan sebagai berikut: dekontaminasi ruangan *hotcell*, pengadaan alat *Ultrasonic test*, pemeliharaan manipulator, *service area crane*, *hot workshop crane*, *decoshop crane* (2015); dekontaminasi ruangan *hotcell*, pengadaan ekstensometer, telapak tangan manipulator, *air-line suite*, pemeliharaan manipulator, *service area crane*, *hot workshop crane*, *decoshop crane* (2016); perbaikan *double lid* limbah radioaktif padat HC 102, perbaikan *power manipulator* HC 102/103, perbaikan mesin uji tarik HC 111, pemeliharaan manipulator dan *crane* (2017); pengadaan *X-ray radiography*, *Eddy current*, *Gas chromatography-MS*, *electrolytic preparation machine*, pemeliharaan manipulator dan *crane* (2018); dan pengadaan peralatan metalografi, uji mekanik dan analisis fisiko kimia bahan bakar nuklir pascairadiasi, serta pemeliharaan manipulator dan *crane* (2019)^[3].

Apabila revitalisasi fasilitas *hotcell* tidak dilaksanakan akan memberikan dampak yaitu: (1) produk BATAN berupa elemen bakar nuklir tidak dapat diuji pascairadiasi; (2) kualitas elemen bakar nuklir tidak dapat diketahui, dan (3) elemen bakar nuklir produk BATAN tidak memenuhi kriteria keberterimaan elemen bakar nuklir.

Untuk mendapatkan hasil uji pra dan pascairadiasi elemen bakar nuklir produk litbang BATAN yang memenuhi standar keberterimaan elemen bakar nuklir dibutuhkan ketersediaan fasilitas peralatan dan sarana dukung *hotcell* yang memadai, serta didukung pengetahuan, keterampilan mengoperasikan dan merawat fasilitas peralatan dan sarana dukung *hotcell* dan kemampuan analisis personil yang tinggi. Mengingat kondisi fasilitas peralatan dan sarana dukung di *hotcell* IRM saat ini seperti yang telah dijelaskan di atas, maka sangat dibutuhkan revitalisasi peralatan uji elemen bakar nuklir pascairadiasi dan manipulator *hotcell* IRM.

Manfaat dan dampak dari output adalah: (1) kualitas elemen bakar nuklir produk BATAN terjamin dan memenuhi kriteria keberterimaan EBN, (2) meningkatkan kompetensi SDM di bidang teknologi uji pascairadiasi, (3) meningkatkan kompetensi SDM dalam *technical review* terhadap aspek keselamatan penggunaan bahan bakar nuklir, dan (4) meningkatkan devisa negara yang berasal dari penghematan biaya uji pascairadiasi serta pemasukan uji pascairadiasi dari pabrik pembuat EBN di luar negeri. Penerima manfaat dari *output* berupa: tersedianya fasilitas dan peralatan *hotcell* adalah: (1) Internal, untuk pengembangan teknologi fabrikasi bahan bakar nuklir di BATAN, dan (2) Eksternal,

untuk memberikan layanan jasa pengujian dan analisis elemen bakar nuklir pascairadiasi untuk pabrik pembuat elemen bakar nuklir di dalam (PT. INUKI) dan luar negeri, serta pelatihan dan workshop bagi negara-negara anggota IAEA^[3].

METODOLOGI

Metodologi yang digunakan untuk mencapai sasaran kegiatan revitalisasi peralatan uji tak merusak elemen bakar nuklir dan manipulator *hotcell* Instalasi Radiometalurgi tahun 2016 adalah dekontaminasi ruangan *hotcell* 102 dengan tujuan agar ruangan HC 102 bersih dengan kontaminan dan paparan radiasi sangat rendah di bawah batas-batas keselamatan yang diizinkan^[4]. Untuk mendukung kegiatan dekontaminasi HC 102 perlu dilakukan pemeliharaan manipulator, *service area crane*, *hot workshop crane*, *decoshop crane* agar peralatan dukung tersebut dapat berfungsi dengan baik. Selain itu, peralatan dukung juga digunakan untuk melayani kegiatan uji tak merusak dan merusak pelat elemen bakar nuklir pascairadiasi secara baik. Sementara itu, pengadaan alat *punching* digunakan untuk membuat spesimen mini untuk uji merusak PEB, pengadaan detektor untuk perbaikan XRF dengan tujuan agar XRF dapat digunakan untuk menentukan komposisi kimia unsur-unsur penyusun bahan bakar nuklir dan bahan nuklir. Sementara itu, pengadaan ekstensometer untuk meningkatkan kinerja mesin uji tarik di HC 111 sehingga dapat digunakan untuk menentukan kekuatan mekanik bahan struktur pascairadiasi. Selain itu, pengadaan telapak tangan manipulator untuk pemeliharaan manipulator agar dapat berfungsi baik serta pengadaan *air-line suite* untuk digunakan pekerja radiasi dalam menangani dekontaminasi ruangan hotcell 102 yang kontaminan radioaktifnya sangat tinggi^[3].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dekontaminasi Ruang *Hotcell*

Kegiatan dekontaminasi ruangan HC 102 dilakukan dengan tujuan agar ruangan *hotcell* bersih dengan kontaminan dan paparan radiasi sangat rendah di bawah batas-batas yang diizinkan; Metode yang digunakan adalah *remote* dekontaminasi dengan manipulator *hotcell*. Kegiatan dekontaminasi ruangan *hotcell* didasarkan pada: SOP kegiatan Pengelolaan dan Pengiriman Limbah Radiasi Tinggi dari IRM ke IPLR^[5]. Kegiatan *remote decontamination* dilakukan dengan manipulator untuk membersihkan lantai ruangan HC 102. Limbah radioaktif radiasi tinggi (LiRaRT) dikumpulkan dan dimasukkan ke dalam wadah berlapis timah hitam (Pb). Selanjutnya LiRaRT tersebut dikeluarkan dari *manhole* HC 102 untuk dimasukkan ke dalam drum berlapis Pb. Kegiatan berikutnya adalah dekontaminasi ruangan HC 102 dengan rincian kegiatan, yaitu pengeluaran limbah dapat bakar (kain majun dan lain-lain) dan tidak dapat bakar (slang-

slang plastik dari *barrel lifting device*) pasca remote dekontaminasi HC 102, pemasukan limbah radioaktif radiasi tinggi ke dalam wadah berlapis Pb, pemindahan drum LiRaRT ke gudang limbah sementara IRM.

Pelepasan komponen peralatan *dismantling machine* yang rusak permanen dari HC 102 dilakukan secara bertahap, yaitu pelepasan komponen utamanya seperti motor menggunakan manipulator, selanjutnya komponen struktur mesin dilepas oleh pekerja radiasi di dalam HC 102. Komponen-komponen peralatan tersebut dibungkus plastik limbah, dikeluarkan melalui manhole HC 102 dengan bantuan meja *trolley*, dimasukkan ke dalam wadah limbah dan selanjutnya disimpan di gudang limbah sementara IRM.

Pada Triwulan I tahun 2016 dilakukan pemindahan drum dan *can* yang berisi LiRaRT hasil dekontaminasi ruangan HC 103 dari *service area* ke gudang penyimpanan sementara limbah. Selain itu, juga dilakukan pembuatan *green house* di belakang *wall plug* HC 103 dan HC 102 untuk lokasi pengelolaan LiRaRT dan limbah peralatan yang rusak permanen dari HC 102. Pada Triwulan II tahun 2016 dilakukan redekontaminasi lantai ruangan HC 102 dan pelepasan komponen-komponen dari mesin *dismantling* yang rusak permanen menggunakan manipulator. Selanjutnya, pengeluaran motor dari mesin *dismantling* melalui *manhole* HC 102. Pada Triwulan III tahun 2016 dilakukan kegiatan redekontaminasi lantai ruangan HC 102 dan pelepasan komponen-komponen lain dari mesin *dismantling* yang rusak permanen menggunakan manipulator serta pengeluaran LiRaRT melalui *manhole* HC 102. Sementara itu, kegiatan pada Triwulan IV tahun 2016 adalah (1) redekontaminasi lantai ruangan HC 102, (2) pelepasan komponen-komponen dari mesin *dismantling* menggunakan manipulator serta pengeluaran mesin *dismantling* yang rusak permanen melalui *manhole* HC 102; (3) pelepasan dan penggantian 4 HEPA filter di HC 102. HEPA *filter* lama dibungkus plastik limbah, dikeluarkan melalui *manhole* HC 102, dimasukkan drum limbah dan selanjutnya disimpan di gudang limbah sementara IRM; dan (4) pengeluaran LiRaRT melalui *manhole* HC 102. Kegiatan dekontaminasi dan pengelolaan limbah radiasi tinggi HC 102 dan HC 103 diperlihatkan dalam Gambar 1.



Pembuatan *green house* di *Service Area*
(belakang HC 102 dan 103)



Penggantian konektor telapak tangan
manipulator di HC 103



Perbaikan stop kontak lampu HC103



Penggantian lampu HC 103



Proses pengeluaran motor *dismantling machine* dari HC 102



Perawatan manipulator HC



Pelepasan *dismantling machine* di HC 102



Pengeluaran komponen mesin *dismantling* di HC 102



Penggantian 4 HEPA filter di HC 102



LiRaRT dari HC 102 di *green house service area*

Gambar 1. Kegiatan dekontaminasi *hotcell* IRM.

Pemeliharaan Peralatan Dukung *Hotcell*

Pengelolaan rutin terhadap fasilitas nuklir seperti IRM yang merupakan Instalasi Nuklir Non Reaktor (INNR), dan berdasarkan Perka Bapeten nomor 1 tahun 2010, IRM mempunyai potensi bahaya radiologi kategori III (satu tingkat di bawah RSG-GAS, Kategori II), juga harus senantiasa menjadi perhatian. Pengelolaan tersebut meliputi; penanganan limbah radioaktif, kelengkapan keselamatan, perawatan rutin peralatan dan lainnya. Kegiatan pengelolaan ini juga dapat meliputi kegiatan dekontaminasi daerah kerja ataupun peralatan yang berada di *hotcell*. Kegiatan tersebut harus rutin dilakukan di fasilitas nuklir seperti *hotcell* agar lingkungan kerja bersih dengan kontaminan dan paparan radiasi sangat rendah di bawah batas-batas yang diizinkan sesuai dengan kriteria keselamatan nuklir^[4].

Kegiatan rutin yang dilaksanakan selama Triwulan I sampai dengan Triwulan IV tahun 2016 adalah pengoperasian manipulator, power manipulator untuk remote dekontaminasi ruangan HC 102, kegiatan rutin perawatan konveyor jalur 1 dan 2 IRM, kegiatan rutin perawatan manipulator HC 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111 dan 112, kegiatan rutin perawatan *incell crane*, kegiatan rutin perawatan crane di *service area*, *hot workshop* dan *decoshop*, serta kegiatan rutin pemeliharaan UT di HC 103.

Pengadaan *Air-Line Suite*

Air-line suite digunakan sebagai alat pelindung diri pekerja radiasi selama bekerja di ruangan *hotcell* yang mempunyai kontaminan radioaktif sangat tinggi^[4]. Pengadaan *air – line suite* (Gambar 2) sebanyak 4 buah telah terealisasi pada bulan Juni 2016, selanjutnya diuji fungsi dan hasilnya berfungsi dengan baik.



Gambar 2. Uji fungsi *Air-line suite*

Pengadaan Alat *Punching* Sampel PEB

Pengujian PEB pra dan pascairadiasi meliputi uji tak merusak (NDT) dan uji merusak (DT). Dalam pengujian merusak PEB pascairadiasi perlu dipertimbangkan beberapa hal seperti mudah penanganannya karena menggunakan manipulator untuk mengoperasikan mesin uji di dalam *hotcell*, mudah pengambilan data ujinya, dan minimal limbah yang dihasilkan karena berpotensi meningkatkan paparan radiasi dan kontaminasi di dalam *hotcell*. Solusinya adalah penggunaan spesimen mini untuk pengujian merusak PEB pascairadiasi. Sehubungan hal tersebut maka dibutuhkan alat *punching* untuk membuat spesimen mini dari pelat elemen bakar pascairadiasi. Alat *punching* tersebut telah tersedia pada bulan September 2016 dan telah diuji fungsi dan hasilnya berfungsi dengan baik (Gambar 3).



Gambar 3. Alat *punching* sampel PEB.

Pengadaan Detektor XRF

Detektor merupakan komponen utama dari peralatan *X-Ray Fluorescence* (XRF). Tanpa detektor, XRF tidak dapat dioperasikan sehingga tidak berfungsi. Sehubungan hal tersebut, maka pengadaan detektor dibutuhkan untuk memfungsikan kembali XRF sehingga XRF dapat digunakan untuk menentukan komposisi kimia unsur-unsur penyusun bahan bakar nuklir dan bahan nuklir^[6]. Detektor XRF telah dipasang di XRF pada bulan Desember 2016. Hasil uji fungsi XRF memenuhi syarat sesuai spesifikasi untuk paduan zirkonium dan baja tahan karat (Gambar 4).



Detektor XRF



Uji fungsi detektor XRF

Gambar 4. Uji fungsi detektor XRF

Pengadaan Telapak Tangan Manipulator

Dalam rangka domestifikasi komponen-komponen pendukung operasional *hotcell* IRM, PTBBN lebih mengutamakan produk dalam negeri selain menghemat biaya juga mendukung program nasional untuk memperkuat industri dalam negeri. Langkah awal, PTBBN memesan 8 buah telapak tangan manipulator dari fabrikasi dalam negeri yaitu PT. Yogya Presisi Teknikatama Indonesia yang berlokasi di Yogyakarta. Pengujian fungsi contoh telapak tangan manipulator dari fabrikasi dalam negeri telah dilakukan di HC 111 dan hasilnya berfungsi dengan baik seperti gerakan buka, tutup dan memutar (Gambar 5)^[6].



Telapak tangan produk lokal
(PT. YPTI Yogyakarta)



Uji fungsi telapak tangan produk lokal di
HC 111

Gambar 5. Uji fungsi telapak tangan manipulator di HC 111.

Pengadaan Ekstensometer

Ekstensometer merupakan komponen utama dari mesin uji tarik. Mesin uji tarik di HC 111 sebelumnya tidak mempunyai ekstensometer sehingga tidak mampu digunakan untuk menentukan sifat tarik bahan struktur seperti regangan dan modulus elastisitasnya^[6]. Pada bulan September 2016, ekstensometer telah dipasang pada mesin uji tarik di HC 111 serta telah diuji fungsi dan hasilnya berfungsi dengan baik (Gambar 6).



Gambar 6. Uji fungsi ekstensometer yang diinstall pada mesin uji tarik HC 111.

Pengadaan *Probe TR* untuk UT

Pengadaan 2 buah *probe TR* yang mempunyai ketahanan radiasi tinggi untuk UT dimaksudkan untuk meningkatkan kinerja UT karena *probe-probe* sebelumnya tidak mampu menganalisis pelat elemen bakar yang tipis^[6]. Pada tanggal 15 Desember 2016, *probe TR* untuk UT (Gambar 7) telah diuji fungsi untuk menganalisis pelat elemen bakar U_3Si_2/Al pra iradiasi dengan ketebalan 1,34 mm dan hasil uji fungsi telah memenuhi spesifikasi yang dipersyaratkan.



Gambar 7. Uji fungsi *probe TR* untuk UT di HC 103.

PENUTUP

Kondisi terkini ruangan HC 102 sudah bersih dengan paparan radiasi maksimum $120 \mu Sv/jam$ dan kontaminan β di lantai HC 102 maksimum $28 Bq/cm^2$. Kegiatan pengeluaran peralatan dan mesin yang rusak permanen di HC 102 yaitu *dismantling machine* dan slang-slang *barrel lifting device* serta penggantian 4 (empat) buah HEPA filter di HC 102 sudah dilaksanakan dengan baik, aman dan selamat. Uji fungsi *air-line suite*, alat *punching* sampel PEB, detektor XRF, telapak tangan manipulator, ekstensometer dan *probe TR* telah dilaksanakan dan berfungsi baik. Kegiatan dekontaminasi *hotcell* IRM dilaksanakan sesuai SOP yang disahkan PK PTBBN oleh Tim dari BUR, BKKABN, BPFBBN, UJM, dan UPN sehingga berlangsung dengan baik, aman dan selamat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Peraturan Kepala BATAN Nomor : 21 Tahun 2014 Tentang Rincian Kerja Unit Kerja di Badan Tenaga Nuklir Nasional.
2. Laporan Analisis Keselamatan IRM Rev. 1 Tahun 2012.
3. Kerangka Acuan Kerja, Revitalisasi Peralatan Uji Elemen Bakar Nuklir Pascairadiasi dan Manipulator Hotcell IRM Tahun 2016.

4. Program Proteksi dan Keselamatan Radiometalurgi IRM Rev. 0 Tahun 2012.
5. SOP kegiatan Pengelolaan dan Pengiriman Limbah Radiasi Tinggi dari IRM ke IPLR.
6. Prosedur Perawatan Peralatan PTBN Rev. 3 Tahun 2012.