

---

## DEKONTAMINASI MIKROSKOP OPTIK *HOTCELL* 107 INSTALASI RADIOMETALURGI DENGAN CARA KERING

**Suliyanto, Muradi**

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir - BATAN  
Kawasan PUSPIPTEK, Serpong, Tangerang

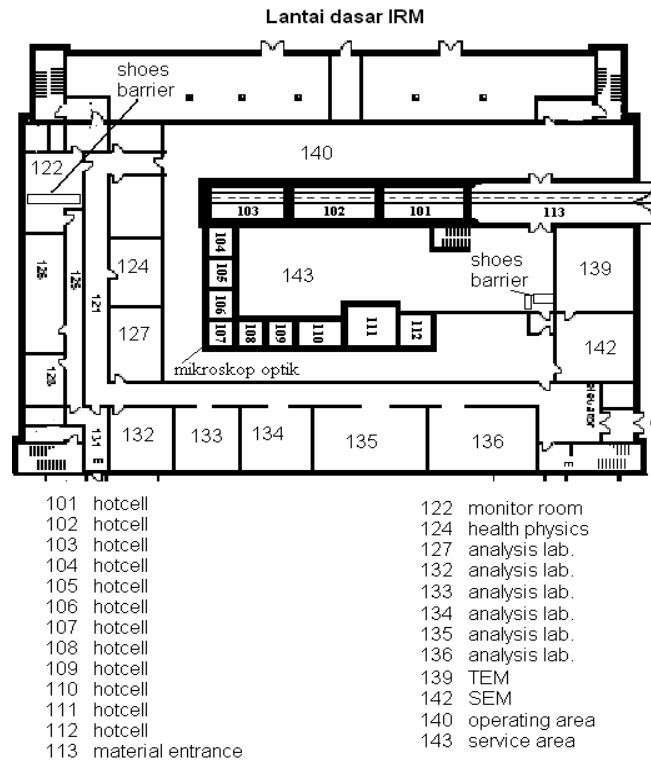
### ABSTRAK

**DEKONTAMINASI MIKROSKOP OPTIK *HOTCELL* 107 INSTALASI RADIOMETALURGI DENGAN CARA KERING.** Telah dilakukan dekontaminasi mikroskop optik *hotcell* 107 Instalasi Radiometalurgi (IRM) dengan cara kering. Tujuan dekontaminasi adalah untuk menurunkan tingkat kontaminasi di permukaan mikroskop optik menjadi serendah mungkin atau mencapai batas keselamatan yang diizinkan (radioaktivitas  $\alpha < 3,7$  Bq/cm<sup>2</sup> dan  $\beta < 37$  Bq/cm<sup>2</sup>). Metoda dekontaminasi dilakukan dengan cara mengusap permukaan casing dan bagian dudukan sampel agar tidak merusak mikroskop optik, kemudian membandingkannya dengan batasan tersebut. Setelah mikroskop optik dikeluarkan dari *hotcell* 107, terukur paparan radiasi  $\gamma$  dengan jarak  $\pm 1$  cm sebesar  $(13,68 \pm 0,18)$   $\mu$ Sv/jam, serta tingkat kontaminasi  $\alpha$  sebesar  $3,25 \pm 0,16$  Bq/cm<sup>2</sup> dan kontaminasi  $\beta$  sebesar  $72,06 \pm 6,17$  Bq/cm<sup>2</sup>. Khususnya tingkat radioaktivitas  $\beta$  yang terukur melampaui batas yang diizinkan untuk kontaminasi rendah di permukaan alat, sehingga perlu dilakukan dekontaminasi. Hasil dekontaminasi tahap I terukur radioaktivitas  $\beta$  sebesar  $47,21 \pm 2,06$  Bq/cm<sup>2</sup> atau koefisien penghapusan kontaminasi sebesar  $0,65 \pm 0,03$  sehingga perlu dilakukan dekontaminasi ulang. Hasil dekontaminasi tahap II, terukur radioaktivitas  $\beta$  sebesar  $(7,65 \pm 0,37)$  Bq/cm<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil pengukuran radioaktivitas  $\beta$  dapat disimpulkan bahwa dekontaminasi cara kering dalam dua tahap pada permukaan mikroskop optik, tidak mampu menurunkan tingkat kontaminasi  $\beta$  menjadi  $< 3,7$  Bq/cm<sup>2</sup> (kontaminasi rendah di permukaan peralatan), tetapi dekontaminasi kering mempunyai keuntungan tidak merusak (berkarat, merusak sistem elektronik dan lain-lain) terhadap Mikroskop Optik. Namun demikian pekerjaan perbaikan dapat dilakukan dengan hati-hati dan menggunakan perlengkapan keselamatan untuk menghindari bahaya radiasi interna.

**Kata kunci :** dekontaminasi, *hotcell* 107, mikroskop optik.

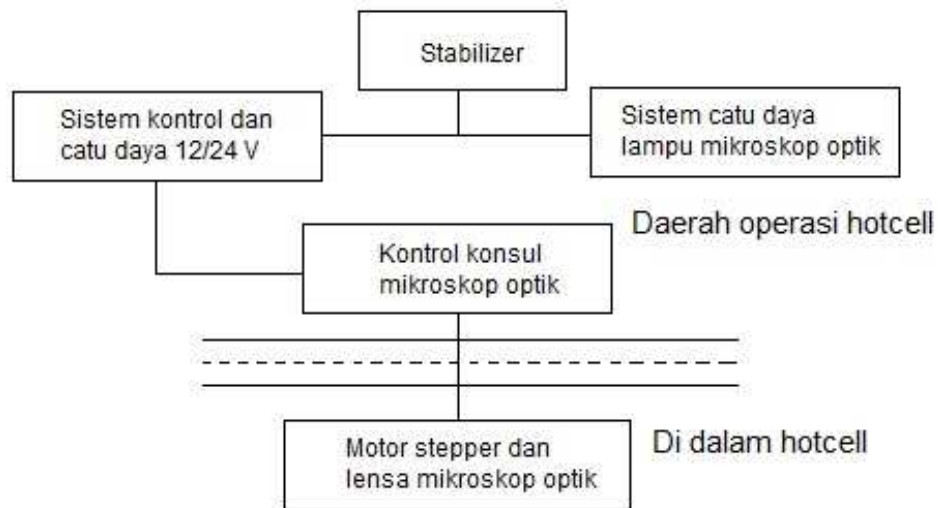
### PENDAHULUAN

Instalasi Radiometalurgi (IRM) adalah instalasi yang digunakan untuk pengembangan radiometalurgi, analisis fisikokimia dan teknik uji pasca iradiasi yang terdiri dari *hotcell* 101 sampai dengan *hotcell* 112 dan dilengkapi dengan peralatan pendukungnya (Gambar 1). *Hotcell* 104 sampai dengan *hotcell* 107 digunakan sebagai tempat pemeriksaan struktur makro dan mikro (uji metallografi dan ceramografi), sedangkan sampel uji pasca iradiasi diperiksa/investigasi di dalam *hotcell* 107 menggunakan mikroskop optik. Pengoperasian mikroskop optik dan micro hardness dilakukan oleh operator melalui sistem kontrol di *operating area* dan di dalam *hotcell* dengan bantuan manipulator.



Gambar-1. *Hotcell* 101 sampai 112

Selain Mikroskop Optik, *hotcell* 107 juga dilengkapi dengan manipulator, *incell crane* dan konveyor. Skema blok diagram sistem mikroskop optik pada *hotcell* 107 dapat dilihat pada Gambar-2.



Gambar-2. Skema pengoperasian mikroskop optik.

---

Mikroskop optik *hotcell* 107 pada saat ini dalam keadaan rusak pada mekanisme gerak ajungan spesimen (*specimen stage*), sehingga tidak dapat digunakan. Untuk lebih memastikan penyebab kerusakan mikroskop optik, maka perlu dilakukan identifikasi kerusakan dengan mengeluarkannya dari dalam *hotcell* 107 agar dapat diperbaiki. Untuk melindungi Pekerja Radiasi dari bahaya radiasi dan kontaminasi, maka perlu dilakukan tindakan proteksi radiasi dengan memantau paparan radiasi  $\gamma$  dan tingkat kontaminasi di permukaan mikroskop optik, kemudian melakukan dekontaminasi bila melebihi batas yang diizinkan. Proteksi radiasi bertujuan untuk menjaga atau menjamin agar paparan radiasi terhadap personil di instalasi, diupayakan serendah mungkin sesuai prinsip ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*). Tujuan dekontaminasi adalah untuk menurunkan tingkat kontaminasi di permukaan mikroskop optik menjadi serendah mungkin. Metoda dekontaminasi dilakukan dengan cara mengusap permukaan mikroskop optik secara kering agar tidak merusak mikroskop optik, kemudian membandingkannya dengan batas yang diizinkan.

## TEORI

Terdapatnya zat radioaktif yang tidak diinginkan pada barang atau bahan disebut sebagai kontaminasi zat radioaktif. Kontaminasi zat radioaktif pada tingkat tertentu atau melampaui batas keselamatan dapat menimbulkan potensi bahaya sehingga keberadaannya harus dihilangkan atau diturunkan sampai mencapai batas keselamatan. Berdasarkan Keputusan Kepala Bapeten Nomor: 01/Ka-Bapeten/V-99, persyaratan kontaminasi rendah di permukaan alat untuk radioaktivitas  $\alpha < 0,37$  Bq/cm<sup>2</sup> dan  $\beta < 3,7$  Bq/cm<sup>2</sup>). Sedangkan persyaratan kontaminasi sedang di permukaan alat untuk radioaktivitas  $\alpha < 3,7$  Bq/cm<sup>2</sup> dan  $\beta < 37$  Bq/cm<sup>2</sup>)<sup>[2]</sup>

Upaya untuk menghilangkan atau menurunkan tingkat kontaminasi disebut sebagai dekontaminasi. Dekontaminasi dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti mencuci, memanaskan, tindakan kimia atau elektrokimia, membersihkan, atau teknik lainnya<sup>[3]</sup>.

Untuk mengukur tingkat kontaminasi pada suatu permukaan benda/alat harus dalam keadaan kering. Pengukuran tingkat kontaminasi secara langsung dapat dilakukan dengan menggunakan surveymeter kontaminasi, baik untuk pengukuran kontaminasi  $\alpha$  maupun  $\beta$ . Pengukuran kontaminasi dilakukan sedekat mungkin dengan permukaan (sekitar jarak 1 cm) tanpa menyentuh permukaan dan menggerakkan instrumen pengukur secara perlahan. Bila pengukuran secara langsung tidak memungkinkan, pengukuran secara tidak langsung dapat dilakukan dengan cara

mengambil cuplikan pada benda yang akan didekontaminasi menggunakan kertas filter sampel. Selanjutnya kertas cuplikan dicacah dengan detektor pencacah radiasi baik untuk radiasi  $\alpha$  maupun  $\beta$  dan mengukur cacah latar untuk keperluan koreksi pencacahan<sup>[4]</sup>.

Dalam melakukan kegiatan dekontaminasi yang perlu diperhatikan adalah pertimbangan keselamatan, efisiensi, efektifitas biaya, minimalisasi limbah yang ditimbulkan. Prosedur dan metoda yang digunakan untuk melakukan dekontaminasi diklasifikasikan menjadi 2 cara, yaitu dalam keadaan kering dan basah. Dekontaminasi keadaan basah dilakukan dengan menggunakan suatu bahan pelarut yang dipilih dengan komposisi dan sifat tertentu. Nilai koefisien penghapusan ( $C_s$ ) radioaktivitas di permukaan alat yang dilakukan dekontaminasi perlu diketahui terlebih dahulu, yang merupakan perbandingan antara radioaktivitas setelah dibersihkan ( $A_t$ ) dengan radioaktivitas awal ( $A_s$ )<sup>[5]</sup>.

$$C_s = A_t / A_s \dots\dots\dots (1)$$

Nilai dari koefisien penghapusan hanya dapat ditentukan secara empiris dan tergantung pada sejumlah faktor, terutama cara usapan dilakukan. Nilainya tersebut penuh dengan ketidakpastian tinggi karena faktor subjektif seperti tekanan yang diterapkan pada waktu mengusap, teknik dan durasi usapan, kadar air kain pembersih dan lain lain. Di sisi lain, beberapa teknik basah dapat menyebabkan penyebaran sebagian dari kontaminan dan akibatnya memfasilitasi kemungkinan penetrasi ke dalam lapisan lebih dalam dari permukaan yang didekontaminasi. Berikut ini adalah daftar nilai koefisien penghapusan ( $C_s$ ) untuk beberapa teknik penghapusan yang umum digunakan (Tabel 1).

Tabel 1. Nilai koefisien penghapusan rata-rata<sup>[5]</sup>.

Teknik penghapusan	Koefisien penghapusan rata-rata
kertas filter/kain kering	0,2
kasa pembersih yang direndam air	0,6
Kain pembersih yang dibasahi 1,0-1,5 N HNO <sub>3</sub>	0,9

## **METODOLOGI**

Metoda dekontaminasi cara kering digunakan untuk kegiatan ini agar tidak merusak peralatan. Dekontaminasi dilakukan dengan cara mengusap permukaan peralatan menggunakan kain pembersih kering. Dalam pengusapan ini diharapkan kontaminan pada permukaan dapat terangkat/ terambil oleh kain pembersih sehingga tingkat kontaminasinya berkurang. Pengukuran dilakukan secara langsung menggunakan alat surveymeter kontaminasi PCM 5/1 di permukaan mikroskop optik pada 5 posisi. Hasil dekontaminasi diharapkan radioaktivitas di bawah konsentrasi maksimum yang diizinkan ( $\alpha < 0,37 \text{ Bq/cm}^2$  dan  $\beta < 3,7 \text{ Bq/cm}^2$ ).

### **Bahan dan peralatan**

Surveymeter radiasi  $\gamma$  yang dapat dipakai *Graetz X-5-DE* Sn. 51972 (rentang ukur 0,0 nSv/h – 19,9 mSv/h), dengan Faktor kalibrasi = 1,02. Surveymeter kontaminasi untuk pemantauan langsung (*in-situ direct counting*) digunakan PCM 5/1 Sn. 1913, dengan Faktor kalibrasi  $\alpha = 0,28 \text{ Bq/cm}^2.\text{Cps}$  dan Faktor kalibrasi  $\beta = 0,13 \text{ Bq/cm}^2.\text{Cps}$ . Perlengkapan keselamatan kerja yang digunakan untuk dekontaminasi adalah jas lab., *shoes cover*, TLD, masker, sarung tangan karet. Bahan-bahan yang digunakan untuk dekontaminasi adalah kain pembersih (*swab*) kering dan plastik kuning untuk pengumpulan limbah dekontaminasi.

### **Cara kerja**

#### **Pengeluaran mikroskop optik dari *Hotcell 107***

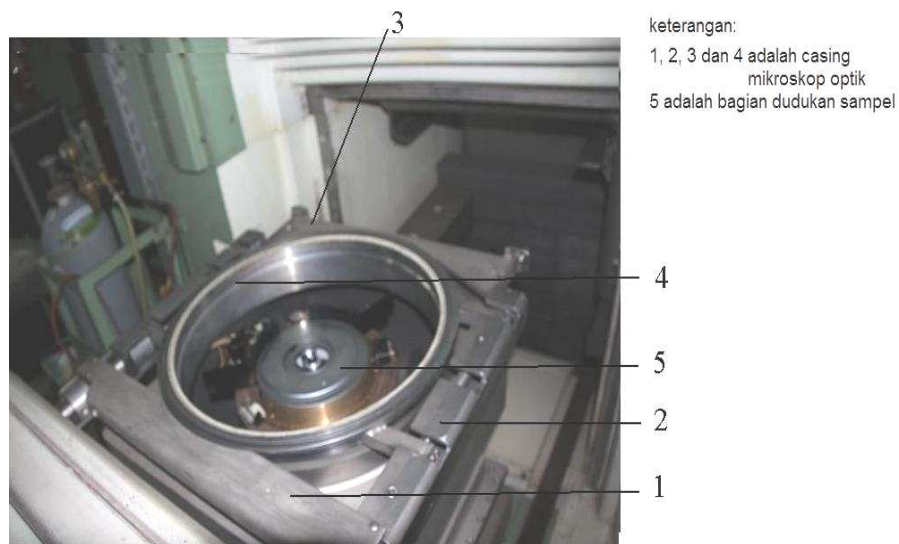
Selama kegiatan pengeluaran mikroskop optik, gunakan perlengkapan keselamatan kerja seperti: jas lab., *shoes cover*, TLD, masker, sarung tangan karet. Sebelum mikroskop optik dikeluarkan dari *hotcell 107*, persyaratan kondisi awal sesuai dengan instruksi kerja diperiksa oleh operator. Setelah kondisi awal terpenuhi, baut penahan meja mikroskop optik diputar searah jarum jam oleh operator. Petugas keselamatan mengukur paparan rasiasi menggunakan *Graetz X-5-DE* dengan diawasi oleh Petugas Proteksi Radiasi (PPR), lihat Gambar 3. Bila paparan radiasi  $\gamma$  pada celah perisai yang sudah turun posisinya relatif rendah atau  $< 25 \mu\text{Sv/jam}$ , pemutaran baut dapat dilanjutkan. Engkol dimasukkan ke posisinya untuk mengeluarkan mikroskop optik dan perisai bajanya, diputar berlawanan dengan arah jarum jam dan mikroskop optik keluar dari *hotcell*  $\pm 5 \text{ cm}$ . Sambungan pelat rel dipasang, kemudian dorong rel dudukan mikroskop optik dengan menggunakan bantalan udara hingga sambungan pelat rel dipastikan terpasang. Pemutaran engkol berlawanan dengan arah jarum jam dilanjutkan hingga mikroskop optik keluar dari *hotcell 107*.



Gambar-3. Pengukuran paparan radiasi  $\gamma$  di depan pintu *hotcell* 107.

#### Dekontaminasi mikroskop optik di luar *Hotcell* 107

Selama kegiatan dekontaminasi, gunakan perlengkapan keselamatan kerja seperti jas lab., *shoes cover*, TLD, masker, sarung tangan karet harus digunakan. Bahan yang akan digunakan untuk dekontaminasi adalah kain pembersih (*swab*) kering dan plastik kuning untuk pengumpulan limbah dekontaminasi. Sebelum dekontaminasi dilakukan, mikroskop optik yang telah berada di luar *hotcell* 107 dipantau paparan radiasi  $\gamma$  menggunakan *Graetz X5DE* pada 5 posisi (Gambar 4) dengan jarak  $\pm 1$  cm, hitung rata-rata sesuai Faktor kalibrasi alat.



Gambar-4. Posisi pantau paparan radiasi dan tingkat kontaminasi mikroskop optik.

---

Bila paparan radiasi  $\gamma$  melebihi batas yang diizinkan ( $> 25 \mu\text{Sv/jam}$ ) gunakan baju Timbal, dan hitung waktu yang dibutuhkan untuk pengerjaan dekontaminasi. Selanjutnya tingkat kontaminasi di permukaan mikroskop optik diukur menggunakan PCM 5/1 pada 5 posisi dengan jarak  $\pm 1 \text{ cm}$ , hitung rata-rata sesuai Faktor kalibrasi alat. Bila tingkat kontaminasi melebihi batas yang diizinkan, maka dilakukan dekontaminasi secara kering menggunakan kain pembersih kering. Setelah dekontaminasi dilakukan, radioaktivitas  $\beta$  di permukaan mikroskop optik diukur kembali, hitung koefisien penghapusan radionuklida ( $C_s$ ). Apabila radioaktivitas  $\beta$  di permukaan mikroskop optik masih di atas batas yang diizinkan, maka dekontaminasi harus dilakukan kembali. Radioaktivitas  $\beta$  di permukaan mikroskop optik diukur kembali, bila tingkat kontaminasinya telah di bawah batas yang diizinkan ( $3,7 \text{ Bq/cm}^2$ ) maka dekontaminasi tidak perlu diulang. Selesai pelaksanaan dekontaminasi mikroskop optik, kumpulkan semua limbah yang dihasilkan dan dimasukkan ke dalam kantong plastik kuning kemudian kirim ke tempat penampungan limbah radiokatif.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Paparan radiasi  $\gamma$  pada pintu *hotcell* 107 mulai dibuka pada celah perisai yang sudah turun posisinya terukur sebesar  $0,26 \mu\text{Sv/jam}$ , dengan demikian pembukaan pintu *hotcell* 107 dapat dilanjutkan. Setelah mikroskop optik dikeluarkan, terukur paparan radiasi  $\gamma$  dengan jarak  $\pm 1 \text{ cm}$  sebesar  $(13,68 \pm 0,18) \mu\text{Sv/jam}$ . Paparan radiasi  $\gamma$  tersebut dibawah batasan yang diizinkan ( $25 \mu\text{Sv/jam}$ ). Radioaktivitas  $\alpha$  di permukaan mikroskop optik terukur sebesar  $(3,25 \pm 0,16) \text{ Bq/cm}^2$  diatas batas yang diizinkan untuk kontaminasi rendah di permukaan peralatan ( $0,37 \text{ Bq/cm}^2$ ). Radioaktivitas  $\beta$  sebesar  $(72,06 \pm 6,17) \text{ Bq/cm}^2$  jauh diatas batas yang diizinkan untuk kontaminasi rendah di permukaan peralatan ( $3,7 \text{ Bq/cm}^2$ ), sehingga mikroskop Optik perlu dilakukan dekontaminasi dengan cara kering. Setelah dekontaminasi tahap I dengan menggunakan kain pembersih pada 5 posisi mikroskop optik hanya dilakukan pengukuran radioaktivitas  $\beta$  saja, sedangkan radioaktivitas  $\alpha$  tidak diukur kembali, karena secara otomatis akan ikut tereduksi bila mikroskop optik didekontaminasi. Hasil dekontaminasi tahap I (Tabel 2), terukur radioaktivitas  $\beta$  ( $A_t$  tahap I) sebesar  $(47,21 \pm 2,06) \text{ Bq/cm}^2$  dengan koefisien penghapusan kontaminasi sebesar  $(0,66 \pm 0,03)$ . Hasil dekontaminasi tahap I, radioaktivitas  $\beta$  masih diatas batas yang diizinkan untuk kontaminasi rendah di permukaan peralatan ( $3,7 \text{ Bq/cm}^2$ ) dan koefisien penghapusan kontaminasi lebih besar dari 0,20 (persyaratan), sehingga perlu dilakukan dekontaminasi ulang (tahap II).

Tabel 2. Hasil pemantauan radioaktivitas  $\beta$  setelah dekontaminasi tahap I

Posisi pantau	$A_s$ (Bq/cm <sup>2</sup> )	$A_t$ tahap II (Bq/cm <sup>2</sup> )	$C_s$
1	66,02	44,56	0,67
2	67,61	46,83	0,69
3	67,12	45,21	0,67
4	76,91	47,09	0,61
5	82,63	52,36	0,63

Setelah dekontaminasi tahap II menggunakan kain pembersih pada 5 posisi mikroskop optik (Tabel 3), terukur radioaktivitas  $\beta$  ( $A_t$  tahap II) sebesar  $(7,65 \pm 0,37)$  Bq/cm<sup>2</sup> dan koefisien penghapusan kontaminasi sebesar  $(0,11 \pm 0,01)$ .

Tabel 3. Hasil pemantauan radioaktivitas  $\beta$  setelah dekontaminasi tahap II

Posisi pantau	$A_s$ (Bq/cm <sup>2</sup> )	$A_t$ tahap II (Bq/cm <sup>2</sup> )	$C_s$
1	66,02	7,10	0,11
2	67,61	7,79	0,12
3	67,12	7,33	0,11
4	76,91	7,59	0,10
5	82,63	8,44	0,10

Hasil dekontaminasi tahap II terukur radioaktivitas  $\beta$  masih diatas batas yang diizinkan untuk kontaminasi rendah di permukaan peralatan (3,7 Bq/cm<sup>2</sup>), tetapi sudah berada dibawah batas yang diizinkan untuk kontaminasi sedang di permukaan peralatan (37 Bq/cm<sup>2</sup>). Dekontaminasi kering tidak mampu mereduksi kontaminasi menjadi < 3,7 Bq/cm<sup>2</sup>. Oleh karena dekontaminasi basah dikawatirkan merusak mikroskop optik, maka pekerjaan dekontaminasi tidak perlu diulangi lagi.

## KESIMPULAN

Hasil dekontaminasi tahap II, terukur radioaktivitas  $\beta$  sebesar  $(7,65 \pm 0,37)$  Bq/cm<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil pengukuran radioaktivitas  $\beta$  dapat disimpulkan bahwa dekontaminasi cara kering dalam dua tahap pada permukaan mikroskop optik, tidak mampu menurunkan tingkat kontaminasi  $\beta$  menjadi < 3,7 Bq/cm<sup>2</sup> (kontaminasi rendah



di permukaan peralatan), tetapi dekontaminasi kering mempunyai keuntungan tidak merusak (berkarat, merusak sistem elektronik dan lain-lain) terhadap Mikroskop Optik. Namun demikian pekerjaan perbaikan dapat dilakukan dengan hati-hati dan menggunakan perlengkapan keselamatan untuk menghindari bahaya radiasi interna.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

1. ANONIM, "Laporan Analisis Keselamatan (LAK) Instalasi Radiometalurgi", Nomor dokumen KK20J09002, Rev 6, PTBN-BATAN, Serpong, Tahun 2006.
2. ANONIM, "Keputusan Kepala Bapeten Nomor: 01/Ka-Bapeten/V-99 tentang ketentuan keselamatan kerja terhadap radiasi", BAPETEN, Jakarta, Tahun 1999.
3. IAEA, "*Methods for the Minimization of Radioactive Waste from Decontamination and Decommissioning of Nuclear Facilities*" (Technical reports series No. 401), Internatioanal Atomic Energy Agency, Vienna (2001).
4. ANONIM, "*Procedure for Equipment Radiation Monitoring*", radiation safety, University of Toronto, Toronto (2010).
5. SEVERA J. and BAR J., "*Handbook of Radioactive Contamination and Decontamination studies in Environmental Science 47*", Elsevier Science Pub. Company, New York (1991).