

Analisis dan Pemetaan Tingkat Kontaminasi di dalam Hot Cell ZG-107 IRM dalam Rangka Dekontaminasi

Asli Purba

Pusat Teknologi Elemen Bakar Nuklir BATAN Serpong

ABSTRAK - ANALISIS DAN PEMETAAN TINGKAT KONTAMINASI DI DALAM HOT CELL ZG-107 IRM DALAM RANGKA DEKONTAMINASI. Hot cell ZG-107 adalah ruangan dimana di install alat mikroskop optik yang dapat digunakan untuk memeriksa struktur mikro bahan radioaktif baik bahan bakar nuklir maupun bahan struktur reaktor. Pada alat tersebut tersedia juga alat uji kekerasan mikro. Setelah sekian lama digunakan untuk memeriksa bahan radio aktif maka permukaan dinding bagian dalam hot cell ini telah terkontaminasi oleh zat radioaktif. Dan alat mikroskop optik yang di install itu memerlukan pemeliharaan seperti penggantian spare parts, setting alat dll. Untuk melakukan pemeliharaan alat tersebut maka personel yang melaksanakan pemeliharaan/perbaikan harus masuk kedalam hot cell tersebut. Sebelum personel tersebut boleh masuk maka tingkat paparan, kontaminasi permukaan dinding dan kontaminasi udara di dalam hot cell ZG-107 itu harus diturunkan terlebih dahulu (dekontaminasi). Untuk tujuan tersebut maka dilakukan analisis dan pemetaan kontaminasi didalam hot cell ZG-107 agar diketahui tingkat kontaminasinya. Untuk itu maka dilakukan pengukuran paparan radiasi, kontaminasi permukaan dan kontaminasi udara. Metoda pengukuran dan analisis yang dilakukan adalah kombinasi dari test usap, dust test dan stick detektor. Lokasi pencuplikan dipilih pada titik-titik dimana potensi kontaminasi/ radiasi paling tinggi terjadi. Pada tahap persiapan dekontaminasi, pencuplikan dilakukan dengan bantuan manipulator dan pada tahap dekontaminasi dilakukan oleh personel pelaksana dekontaminasi. Hasil analisis dan pemetaan menunjukkan bahwa kombinasi metoda pengukuran paparan radiasi, test usap(smear test) dan pengukuran kontaminasi udara (dust test) dapat digunakan untuk mengetahui dan mengukur tingkat kontaminasi zat radioaktif di dalam hot cell ZG-107. Hal ini dapat dilihat dari perubahan/ penurunan kontaminasi pada tahap remote dekontaminasi dari semula $\alpha = 1.583 \text{ Bq/cm}^2$ menjadi 0.004 Bq/cm^2 dan $\beta = 3033.248 \text{ Bq/cm}^2$ menjadi $15,799 \text{ bq/cm}^2$ dan pada tahap dekontaminasi menjadi ttd dan $\beta = 0.918 \text{ Bq/cm}^2$ (lebih rendah dari MPC) sehingga personil perbaikan diperbolehkan masuk ke dalam hot cell melaksanakan pekerjaannya. Selain itu analisis dengan gamma spektrometri dan alpha spektrometri perlu dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur-unsur pada zat kontaminan terutama produk fisi yang beracun/berbahaya bagi kesehatan/keselamatan pelaksana dekontaminasi .

Kata kunci: dekontaminasi, kontaminasi, pemetaan, hot cell

ABSTRACT - ANALYSIS AND MAPPING OF CONTAMINANT IN THE HOT CELL ZG-107 IRM FOR DECONTAMINATION PURPOSES. Hot cell ZG-107 is the room where optic microscope was installed. The optic microscope is used to examination of micro structur properties of radioactive materials, for example nuclear fuel and reactor

component. There are also micro hardness test. After long time used for radioactive materials, the whole surface of the Hot cell ZG-107 had been contaminated by radioactive materials. On the other side the equipments need to maintain, repair or setting. The person only can maintain the equipments if they come into the hot cell. So the the cell must be decontaminated firstly, before he enter into the hot cell. The level of contamination must be decreased until low level. These are the purposes of analysis and mapping of contaminant in tne hot cell ZG-107. The methodology were combination of smear test, dust test and radiation measurements . The sampling are choosed at the location where maximum potential contamination can happen. At the remote decontamination, the sampling is taken using manipulator and then by the person who come into the hot cell. Analysis and mapping of contaminants show that the combination of smear test, dust test and radiation measurements can be used as indicator of radioactive contaminants inside of the hot cell ZG-107. These can be seen from the changes of contaminant level at the remote decontamination period from $\alpha = 1.583 \text{ Bq/cm}^2$ to 0.004 Bq/cm^2 and $\beta = 3033.248 \text{ Bq/cm}^2$ to $15,799 \text{ bq/cm}^2$; and at the decontamination by person, contaminants level had been decreased from $\alpha = 0.004 \text{ Bq/cm}^2$ to nearly zero and become $\beta = 0.918 \text{ Bq/cm}^2$ (less than MPC) .

Keywords : decontamination, contamination, mapping, hot cell

I. PENDAHULUAN

Hot cell ZG-107 IRM adalah ruangan dimana di install alat mikroskop optik yang dapat digunakan untuk memeriksa struktur mikro bahan yang radioaktif baik bahan bakar nuklir maupun bahan struktur reaktor maupun bahan radioaktif lainnya. Pada alat tersebut dilengkapi juga alat uji kekerasan mikro. Setelah sekian lama digunakan untuk memeriksa struktur mikro bahan radio aktif maka alat mikroskop optik yang terletak pada bagian dalam hot cell ZG-107 dan juga permukaan dinding sebelah dalam hot cell ini telah terkontaminasi oleh zat radioaktif. Sumber kontaminasi dapat berasal dari sampel yang diperiksa dan dapat juga dari udara hot cell lainnya yang turut masuk kedalam hot cell pada waktu transfer sampel, transfer tool dll. Dan alat mikroskop optik yang di install itu memerlukan pemeliharaan seperti penggantian suku cadang, setting alat dll. Untuk bisa melakukan pemeliharaan alat tersebut maka personel yang melaksanakan pemeliharaan/perbaikan harus masuk kedalam hot cell. Oleh karena permukaan dinding sebelah dalam dan juga alat-alat yang berada didalam telah terkontaminasi oleh

zat radioaktif, maka sebelum personel tersebut boleh masuk maka tingkat paparan, kontaminasi permukaan dinding dan kontaminasi udara di dalam hot cell ZG-107 itu harus diturunkan terlebih dahulu (dekontaminasi). Untuk mencapai tujuan tersebut maka harus dilakukan analisis dan pemetaan tingkat kontaminasi pada permukaan dinding, lantai, langit-langit dan alat-alat didalam hot cell ZG-107. Jika hasil analisis dan pemetaan menunjukkan tingkat kontaminasi melebihi batasan yang diperbolehkan maka dilakukan dekontaminasi untuk menurunkan tingkat kontaminasi hingga mencapai batas yang di perbolehkan. Sedangkan jika hasil analisis dan pemetaan menunjukkan bahwa tingkat kontaminasi tidak melebihi batas yang diperbolehkan maka tidak perlu melakukan dekontaminasi. Dalam hal dekontaminasi hot cell maka pelaksanaan dekontaminasi dapat dibagi menjadi *remote* dekontaminasi dan dekontaminasi secara langsung oleh personel dekontaminasi. Remote dekontaminasi maksudnya pelaksanaan dekontaminasi dilakukan dengan bantuan manipulator.

Adapun metoda analisis dan pemetaan yang dilakukan adalah kombinasi dari metoda test usap (*smear test*), *dust test* (pengukuran kontaminasi udara) dan pengukuran paparan, yang dilakukan pada titik-titik tertentu dan dilakukan pada setiap tahapan/periode dekontaminasi sampai hasil dekontaminasi mencapai batas yang diperbolehkan.

II. METODOLOGI

- 2.1 **Alat** : Masker full face, film badge, pen dose, mikropon, stick detektor radiasi, detektor paparan radiasi, alat test usap, dust tester, tangga dll.
- 2.2 **Bahan dekontaminasi** : Pakaian lengkap khusus untuk dekontaminasi, alkohol, air, kain cotton 100%, bahan test usap, kertas hepa filter .
- 2.3 **Cara Kerja** :

Pelaksanaan pengambilan sampel (sampling) untuk test usap (*smear test*) dilakukan sebelum remote dekontaminasi, pada akhir remote dekontaminasi dan pada tahap dekontaminasi secara langsung. Pada tahap remote dekontaminasi pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan manipulator, pada semua titik seperti di dinding, lantai, langit-langit, pada peralatan termasuk memasukkan/mengeluarkan bahan keperluan sampling. Sedangkan pelaksanaan sampling secara langsung adalah sampling oleh personel dekontaminasi yang masuk ke dalam *hot cell* dan melakukan *smear* langsung dengan tangan sendiri.

Petugas/pelaksana pengambil sampling secara langsung menggunakan pakaian pelindung khusus yang dilengkapi dengan alat komunikasi dan perlengkapan keselamatan; masuk kedalam *hot cell* mengikuti langkah-langkah yang telah ditetapkan pada instruksi kerja; mengambil sampel test usap pada lokasi yang ditentukan ; memasukkan sampel pada tempat yang telah di siapkan; melakukan transfer sampel; mengganti sarung tangan secara periodik; membuka pakaian pelindung pada area yang telah ditetapkan ; memonitor kontaminasi personil; mencatat lamanya bekerja; pengawasan paparan yang diterima; membersihkan tubuh/mandi dan *whole body*

counting; membersihkan daerah kerja keluar masuk personil dekontaminasi.

Pelaksanaan pengambilan sampel untuk *dust test* (kontaminasi udara) Pengambilan sampel untuk dust test dilakukan pada akhir periode remote dekontaminasi dilakukan dengan membuka sedikit tutup atas hot cell ZG-107. Dalam hal ini aliran udara dipastikan mengalir dari luar hot cell menuju kedalam hot cell. Guna sampling maka "belalai" dust sampler dimasukkan melalui lubang tadi.

Pengukuran paparan dilakukan pada titik-titik dimana potensi kontaminasi/radiasi paling tinggi terjadi dan dilakukan pada setiap tahapan/periode dekontaminasi.

Pengukuran kontaminasi zat radioaktif dipermukaan lantai dan dinding hot cell dihitung dengan persamaan (1):

$$Ak = N \times \frac{1}{A} \times \frac{1}{E} \times \frac{1}{P} \quad (1)$$

dimana :

- Ak = aktivitas kontaminasi radioaktif a, Bq/Cm²
- N = cacah netto cuplikan, Cps
- A = luas permukaan yang di usap, 100 Cm²
- E = efisiensi alat cacah, %
- P = fraksi yang diambil dalam tes usap (10%)

Pengukuran kontaminasi udara dihitung dengan menggunakan persamaan (2):

$$Ak = N \times \frac{1}{V} \times \frac{1}{E} \quad (2)$$

dimana :

- Ak = aktivitas kontaminasi radioaktif , Bq/Cm³
- N = cacah netto cuplikan, Cps
- V = volume udara yang dihisap, Cm³
- E = efisiensi alat cacah, %

Selain itu, untuk melengkapi data hasil pengukuran diatas dan untuk mengetahui unsur-unsur pemancar gamma dan alpha pada zat kontaminan radioaktif dilakukan analisis alpha dan gamma spektrometri secara kualitatif.

III. HASIL DAN DISKUSI

Hasil pengukuran pada tahap sebelum remote dekontaminasi secara smear test ditampilkan pada Tabel 1.

TABEL 1.
HASIL PENGUKURAN TINGKAT KONTAMINASI SECARA *SMEAR TEST* DI DALAM HOT CELL ZG-107 SEBELUM REMOTE DEKONTAMINASI (26 Mei 2008).

Lokasi sampling	Kontaminasi Permukaan (Bq/cm ²)	
	a	β
1 (lantai dekat conveyor)	1.583	3033.248
2 (dinding kiri)	0.004	8.068
3 (atas filter)	0.002	5.719
4 (lantai)	0.033	47.678
5 (atas mikroskop)	0.116	586.479
6 (dinding belakang)	0.002	10.231

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa lantai dekat conveyor, lantai tengah dan lokasi pengukuran 5 (atas mikroskop) mempunyai kontaminasi cukup tinggi dibandingkan

dengan kontaminasi pada titik pengukuran lainnya. Ketiga lokasi tersebut mempunyai kontaminasi β sudah melampaui batas MPC sementara kontaminasi α belum melampaui MPC. Dari gambaran ini diketahui bahwa didalam *hot cell* telah terkontaminasi oleh zat radioaktif dengan tingkat radiasi yang melebihi MPC.

TABEL 2.
HASIL PENGUKURAN TINGKAT KONTAMINASI ZAT RADIOAKTIF SECARA SMEAR TEST DI DALAM HOT CELL ZG-107 SETELAH REMOTE DEKONTAMINASI (24 JUNI 2008)

Lokasi Pengukuran	Kontaminasi Permukaan (Bq/cm ²)	
	α	β
1 (lantai dekat conveyor)	0.004	15.799
2 (mikroskop optik)	0.002	3.788
3 (lantai tengah)	0.002	2.033
5 (dinding dekat filter)	0.002	0.413

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa setelah dilakukan remote dekontaminasi maka tingkat kontaminasi zat radioaktif di dalam *hot cell* telah menurun secara signifikan. Hal ini dapat dilihat dengan membandingkan hasil pengukuran dekat conveyor, dimana semula $\alpha = 1,583 \text{ Bq/cm}^2$ turun menjadi $0,004 \text{ Bq/cm}^2$ dan $\beta = 3033,248 \text{ Bq/cm}^2$ turun menjadi $15,799 \text{ Bq/cm}^2$. Demikian pula pada titik-titik pengukuran lainnya kontaminasi zat radioaktif telah turun secara signifikan.

Hasil pengukuran paparan radiasi zat radioaktif di dalam hot cell dengan menggunakan *stick detector* diberikan pada Tabel 3

TABEL 3.
PENGUKURAN TINGKAT PAPANAN RADIASI ZAT RADIOAKTIF DI DALAM DAN DILUAR HOT CELL ZG-107 (11 AGUSTUS 2008)

Lokasi Pengukuran	Paparan ($\mu \text{ Sv/jam}$)
dalam hot cell	300 (dekat conveyor)
luar hot cell	0.250

Pengukuran pada Table 3 ditampilkan hanya pada satu titik saja yaitu dekat konveyor karena pada titik-titik lainnya tidak ditemukan adanya paparan yang signifikan. Dengan paparan radiasi sebesar itu ($300 \mu \text{ Sv/jam}$), maka personil diperbolehkan masuk "bekerja" didalam hot cell paling lama 40 menit.

Hasil pengukuran tingkat kontaminasi udara oleh zat radioaktif di dalam hot cell diberikan pada Tabel 4.

TABEL 4.
KONTAMINASI UDARA DI DALAM HOT CELL ZG 107

Kondisi pengukuran	Kontaminasi udara (Bq/m ³)		Kontaminasi udara (1 jam dibuka) (Bq/cm ³)	
	α	β	α	β
Cacah langsung(segera)	18,18	18,47	15,38	13,47
Cacah 4 jam kemudian	0,393	0,325	0,228	0,278

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa hasil pengukuran kontaminasi udara didalam *hot cell* mendekati MPC yaitu $\alpha = 20 \text{ Bq/m}^3$. Berdasarkan hasil ini maka untuk menjamin keselamatan personil diperlukan pakaian serta

perlengkapan khusus untuk melaksanakan dekontaminasi di dalam hot cell.

Selanjutnya sebelum personil pelaksana masuk kedalam *hot cell* melaksanakan dekontaminasi, akan lebih baik jika hasil pengukuran diatas dilengkapi dengan analisis gamma spektrometri dan alpha spektrometri secara kualitatif untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung dalam kontaminan zat radioaktif tersebut. Sifat-sifat unsur ini perlu dipertimbangkan dalam kaitannya dengan pelaksanaan dekontaminasi. Misalnya apakah unsur itu beracun atau tidak beracun. Dalam kasus ini gamma spektrometri telah dilakukan meskipun spektrumnya tidak dapat ditampilkan disini. Sedangkan alpha spektrometri belum terlaksana oleh karena keterbatasan alat.

Hasil pengukuran secara smear test pada tahap dekontaminasi secara langsung diberikan pada Tabel 5.

TABEL 5.
HASIL SMEAR TEST PERMUKAAN DI DALAM HOT CELL SETELAH PERSONIL MASUK MELAKUKAN DEKONTAMINASI (29 AGUSTUS 2008)

Lokasi Pengukuran	Kontaminasi Permukaan (Bq/cm ²)	
	α	β
1 (lantai dekat tutup conveyor)	ttd	0.918
2 (dinding kiri)	0.029	6,961
3 (atas filter)	ttd	2,149
4 (lantai)	ttd	0,454
5 (atas mikroskop)	ttd	0,202
6 (dinding belakang)	ttd	0,073

Dari Tabel 5 nampak bahwa kontaminasi permukaan didalam *hot cell* pada semua titik pengukuran telah turun secara signifikan, seperti dekat tutup conveyor dari $\alpha = \text{ttd}$, $\beta = 15,799 \text{ Bq/cm}^2$ menjadi $0,918 \text{ Bq/cm}^2$. Sebagai perbandingan kontaminasi pada *service area* (di luar hot cell) adalah $\alpha = 3,19 \text{ Bq/m}^3$ (hasil pengukuran bidang keselamatan PTBN tanggal 8 Agustus 2008). Dari gambaran kontaminasi pada Tabel 5 dimana semua titik-titik pengukuran telah jauh lebih kecil dari MPC dapat diperkirakan bahwa didalam *hot cell* telah cukup bersih dari kontaminasi zat radioaktif. Untuk mempermudah perbandingan, nilai-nilai MPC permukaan, udara dan paparan ditunjukkan pada tabel 6.

TABEL 6.
MPC PERMUKAAN, UDARA DAN PAPANAN.

MPC	$\alpha \text{ (Bq/cm}^2\text{)}$	$\beta \text{ (Bq/cm}^2\text{)}$
Permukaan	3,7	37
Udara	20	200
Paparan	25 $\mu \text{ Sv/jam}$	

IV. KESIMPULAN

Dari hasil dan diskusi diatas dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kombinasi metoda test usap, *dust test* dan pengukuran paparan radiasi dapat digunakan untuk menganalisis dan memetakan tingkat paparan radiasi dan kontaminasi zat radioaktif di dalam hot cell ZG-107 dan dapat digunakan sebagai indikator tingkat kontaminasi di dalam hot cell.

2. Analisis dengan gamma spektrometri dan alpha spektrometri perlu dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur- unsur kimia terutama produk fisi yang beracun atau berbahaya di dalam zat kontaminan radioaktif dalam kaitannya dengan kesehatan dan keselamatan pelaksana dekontaminasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Endang Sukesi Ismojowati, Sri Wahyuningsih dan Rinaldo atas partisipasinya dalam pengukuran smear test, dust test dan paparan radiasi.
2. Setia Permana, Nusin Samosir dan Basiran atas partisipasinya dalam pelaksanaan dekontaminasi secara langsung.

3. Junaedy, Basiran , Usman Sudjadi, Arif Nugroho, Supriyono atas partisipasinya dalam dekontaminasi secara tidak langsung.
4. Semua pihak yang yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah turut menunjang , memfasilitasi, membantu maupun berkontribusi demi terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ANONIM, Badan Pengawas Tenaga Nuklir, "Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi", BAPETEN nomor : 01/Ka-BAPETEN/V, 1999.
- [2] ASLI PURBA, "Bekerja Pada Daerah Radiasi Terkontrol, Hot cell Area" , Suatu Tuntunan, Urania, N0.40/Thn X/2004, ISSN 0852 – 4777, 2004.
- [3] ASLI PURBA, "Studi teknik pelaksanaan dekontaminasi a,? hot cell ZG-102/103 IRM ", Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknik Nuklir P3TkN – BATAN Bandung , 2005.