

**Evaluasi Hasil Pengujian Keselamatan Kamera Radiografi Gamma Industri Jenis Portabel di
Laboratorium PTKMR - BATAN Tahun 2012-2013**

***Safety Testing Evaluation of Industrial Radiography Gamma Camera of Type Portable at PTKMR - BATAN
Laboratory Year 2012-2013***

B.Y. Eko Budi Jumpeno

Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi - BATAN

Email: eko_jumpeno@yahoo.com

ABSTRAK

Evaluasi Hasil Pengujian Keselamatan Kamera Radiografi Gamma Industri Jenis Portabel di Laboratorium PTKMR BATAN Tahun 2012-2013. Pengujian tersebut mengacu pada SNI ISO 3999:2008 dan SNI-6650.2-2002. Pengujian keselamatan kamera radiografi gamma ini berkaitan dengan pelaksanaan Perka BAPETEN No. 7 Tahun 2009 Pasal 42, Ayat (1) butir b dan c. Pada kurun waktu tahun 2012-2013 Laboratorium PTKMR BATAN melakukan pengujian 23 kamera gamma beserta asesorisnya. Dari 23 kamera gamma yang diuji, hanya 8 kamera gamma yang mendapatkan uji kebocoran radiasi, uji kebocoran radioaktif, serta uji visual dan ketahanan proyeksi dan hanya 5 kamera gamma yang lolos uji. Mengingat dalam Perka BAPETEN No. 7 Tahun 2009 hanya mewajibkan pelaksanaan uji kebocoran radioaktif untuk memperoleh perpanjangan izin, pengguna kamera gamma tidak mengajukan jenis uji tersebut. Untuk menjamin adanya dasar hukum yang mendukung pelaksanaan pengujian kamera gamma radiografi sesuai Standar Nasional Indonesia, maka Perka BAPETEN No. 7 Tahun 2009 perlu direvisi.

Kata Kunci: uji keselamatan, kamera radiografi gamma, portabel

ABSTRACT

Safety Testing Evaluation of Industrial Radiography Gamma Camera of Type Portable at PTKMR BATAN Laboratory Year 2012-2013. The testing conducted refers to the ISO 3999:2008 and ISO -2002 - 6650.2 . Safety testing of gamma radiography camera is related to the implementation of BAPETEN Head Act No . 7 Year 2009 Article 42, Paragraph (1) point b and c . In the period of 2012-2013 PTKMR BATAN Laboratory had conducted a testing of 23 gamma cameras and its accessories. From 23 gamma cameras tested, only 8 gamma camera got radiation leakage test, radioactive leakage test, visual test and endurance as well as projection and only 5 gamma cameras that passed the test . Given the BAPETEN Head Act No. 7 Year 2009 only requires the implementation of radioactive leak test to extent the licence, so the gamma camera users do not necessary to pose the other kind of tests. To ensure that the legal basis supporting the implementation of appropriate radiographic testing of gamma cameras suits to Indonesian National Standards, the BAPETEN Head Act No. 7 Year 2009 is necessary to be revised.

Keywords: safety testing, radiography gamma camera, portable

PENDAHULUAN

Pada tanggal 1 Mei 2013, Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) menerbitkan Surat Edaran No. 1991/ DPRFZR/V-13. Salah satu butir dari Surat Edaran tersebut adalah bahwa izin pemanfaatan radiografi industri menggunakan kamera gamma Tech Ops seri 660 akan diterbitkan terakhir pada bulan Desember 2013. Status izin

pemanfaatan kamera gamma jenis ini tidak berlaku lagi setelah bulan Juni 2014 [1].

Terkait dengan uji keselamatan kamera radiografi gamma industri, India sudah mewajibkan setiap kamera gamma beserta peralatan penunjang diuji kelayakan keselamatannya sebelum izin pemanfaatan sumber radioaktif (*re-loading*) diterbitkan. *Division of Radiological Protection-Bhabha Atomic Research Centre (BARC)* telah

memiliki prosedur pengujian peralatan radiografi gamma industri yang memadai dan diimplementasikan secara konsisten oleh *Board of Radiation & Isotope Technology-BARC* [2].

Menurut *IAEA Safety Report* No. 7, insiden kecelakaan dalam bidang radiografi gamma industri relatif tinggi. Salah satu penyebab terjadinya kecelakaan tersebut adalah malfungsi atau kerusakan pada kamera gamma dan peralatan penunjang (alat kendali jarak jauh/*cable crank* dan selongsong kendali/*guide tube*) [3].

Untuk mencegah terjadinya kecelakaan radiasi yang diakibatkan oleh malfungsi/kerusakan kamera gamma /peralatan penunjang, pengujian keselamatan kamera gamma/peralatan penunjang merupakan suatu keharusan.

Berkaitan dengan keselamatan pemanfaatan radiasi/zat radioaktif dalam radiografi industri, Peraturan Kepala BAPETEN No. 7 Tahun 2009 Pasal 42 menyebutkan bahwa dalam penggunaan peralatan radiografi dengan zat radioaktif, personil harus melakukan verifikasi keselamatan melalui pemantauan paparan radiasi, pemeriksaan kondisi peralatan radiografi dan peralatan penunjang, serta uji kebocoran zat radioaktif. Pemeriksaan kondisi peralatan radiografi dan peralatan penunjang menurut Pasal 44 Ayat (1) paling sedikit meliputi pemeriksaan mekanisme penguncian zat radioaktif, pengujian *pigtail*, pemeriksaan sambungan antara peralatan dan kabel, pemeriksaan seluruh kabel dan *guide tube*, pemeriksaan label peringatan, dan pengukuran tingkat paparan radiasi pada permukaan. Sedangkan uji kebocoran zat radioaktif menurut Pasal 45 Ayat (1) harus dilakukan sekali dalam 6 (enam) bulan [4].

Berkaitan dengan pemeriksaan kondisi peralatan radiografi dan peralatan penunjang, di dalam Perka BAPETEN No. 7 Tahun 2009 tidak dicantumkan metode dan standar pemeriksaan yang dipersyaratkan. Ketentuan pengujian yang kurang jelas menyebabkan implementasi Perka BAPETEN No. 7 Tahun 2009 terkait pemeriksaan kondisi

peralatan radiografi dan peralatan penunjang masih sangat rendah.

Mengantisipasi pelaksanaan verifikasi keselamatan penggunaan peralatan radiografi dengan zat radioaktif yang dimiliki para pengguna kamera radiografi gamma di bidang industri, Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR) - BATAN melakukan pengujian keselamatan kamera radiografi gamma jenis portabel dan peralatan penunjangnya.

Pengujian yang dilakukan mengacu pada standar SNI ISO 3999:2008 tentang Proteksi Radiasi - Peralatan untuk Radiografi Gamma Industri - Spesifikasi untuk Kinerja, Desain dan Uji dan SNI 18-6650.2-2002 tentang Proteksi Radiasi – Sumber Radioaktif Tertutup, Bagian: Metoda Uji Kebocoran.

Tulisan ini akan menguraikan pengujian yang dilakukan oleh PTKMR-BATAN berkaitan dengan implementasi Perka BAPETEN No. 7 Tahun 2009 Pasal 42 Ayat (1) butir b dan butir c untuk kamera radiografi gamma industri jenis portabel.

TINJAUAN PUSTAKA

Peralatan Radiograf Gamma Industri

Kamera gamma yang banyak digunakan untuk keperluan pengujian tak rusak (*non destructive testing*) di Indonesia pada umumnya masuk klas P (*portable*). Sebagian besar kamera gamma ini diklasifikasikan dalam *projection exposure container* yaitu kamera gamma dengan sumber radioaktif yang dipakai diproyeksikan ke luar kamera menggunakan suatu pengarah (*guide tube*) pada suatu kolimator oleh operator yang berada jauh dari kolimator tersebut.

Peralatan radiografi gamma industri pada dasarnya terdiri dari kamera gamma bersama rakitan sumber (*pigtail*), alat kendali jarak jauh (*cable crank*), dan selongsong proyeksi (*guide tube/extension guide tube*). Gambar 1. menunjukkan kamera radiografi gamma industri dan peralatan penunjangnya.



a. Kamera Gamma

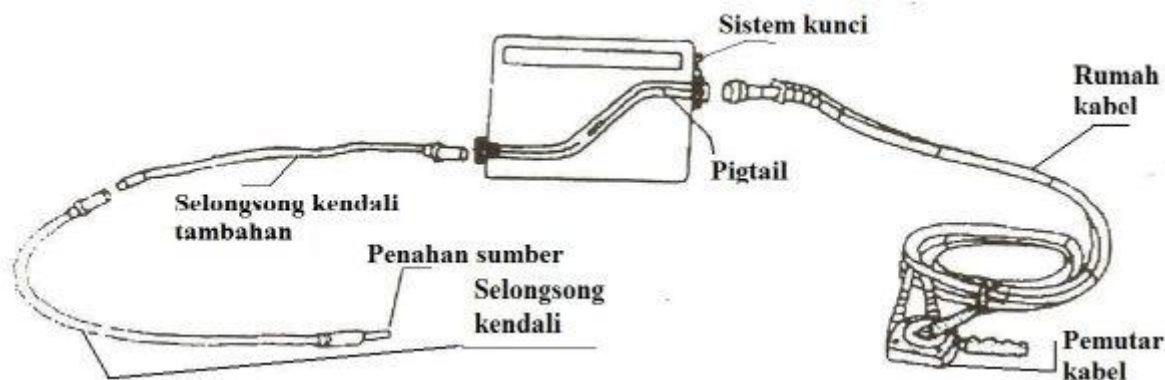


b. Kendali Jarak Jauh



c. Selongsong Proyeksi Pada Kamera Gamma

Gambar 1. Kamera Radiografi Gamma Industri Jenis Portabel dan Peralatan Penunjang



Gambar 2. Skema Kamera Radiografi Gamma Industri dan Peralatan Penunjangnya

Standar SNI ISO 3999:2008

SNI ISO 3999:2008 adalah standar nasional Indonesia yang menetapkan persyaratan mengenai kinerja, desain dan uji dari peralatan radiografi gamma dengan kontainer paparan tetap, *mobile*, dan portabel. Standar nasional ini diadopsi dari standar internasional ISO 3999:1999 tentang *Radiation Protection - Apparatus for Industrial Gamma Radiography - Specifications for Performance, Design and Tests*. Standar ISO 3999 ditetapkan sebagai SNI pada tanggal 13 Maret 2009 melalui Keputusan Kepala BSN No. 18/KEP/BSN/3/2009.

SNI ISO 3999:2008 menjadi acuan dalam melakukan pengujian pada peralatan radiografi gamma di bidang industri. Dalam SNI ISO 3999:2008 diuraikan beberapa topik yang terkait dengan pengujian peralatan radiografi gamma industri yang meliputi klasifikasi kamera gamma (*exposure container*) berdasarkan posisi *pigtail* ketika sedang dioperasikan dan berdasarkan mobilitas (klausul 4), spesifikasi peralatan radiografi gamma industri yang menguraikan tentang persyaratan umum maupun persyaratan khusus menyangkut masalah radiasi dan mekanik (klausul 5), jenis pengujian yang diterapkan pada peralatan radiografi gamma industri (klausul 6), penandaan

pada kamera gamma dan rakitan sumber/*pigtail* (klausul 7), dan identifikasi sumber terbungkus pada kamera gamma/kontainer paparan (klausul 8).

Mengacu pada SNI ISO 3999:2008 klausul 5.3, batas laju dosis ekuivalen ambien maksimum di area kamera radiografi gamma industri jenis portabel adalah 2 mSv/jam pada permukaan luar, 0,5 mSv/jam pada jarak 50 mm dari permukaan luar, dan 0,02 mSv/jam pada jarak 1 m dari permukaan luar.

Standar SNI 18-6650.2-2002

SNI 18-6650.2-2002 merupakan standar nasional Indonesia yang menjelaskan beberapa metode uji kebocoran untuk sumber radioaktif tertutup. Standar ini mengadopsi standar ISO 9978:1992 (E): *Radiation Protection - Sealed Radioactive Sources - Leakage Test Methods*. Standar Nasional Indonesia ini berlaku untuk kendali yang terkait dengan kendali mutu yang memungkinkan validasi uji yang dipersyaratkan untuk klasifikasi suatu prototipe sumber radioaktif tertutup, kendali produksi sumber radioaktif tertutup, dan inspeksi berkala sumber radioaktif tertutup [5].

Dalam SNI 18-6650.2-2002 diuraikan beberapa bahasan terkait metode uji kebocoran

sumber radioaktif tertutup meliputi Persyaratan Uji (klausul 4), Uji Rendam (klausul 5.1), Uji Lepas Gas (klausul 5.2), Uji Usap (klausul 5.3), Uji Kebocoran Spektrometer Masa Helium (klausul 6.1), Uji Kebocoran Gelembung (klausul 6.2), dan Uji Tekan Air (klausul 6.3).

Berkaitan dengan inspeksi atau pengujian secara berkala dalam selang waktu tertentu, uji usap menjadi pilihan khususnya dalam kondisi pemanfaatan sumber tertutup dan risiko yang ditemui. Beberapa kondisi yang ditemui dalam praktek ketika dilakukan pengujian berkala:

1. Apabila sumber tertutup hanya dapat diuji di lokasi sumber yang digunakan maka dilaksanakan uji usap pada bagian benda uji yang terdekat. Bila memungkinkan pemeriksaan visual sumber harus dilakukan
2. Apabila sumber hanya dapat diuji pada lokasi sumber digunakan, tetapi akses langsung pada sumber tidak mungkin karena paparan yang tidak dikehendaki mengenai orang yang melakukan pengujian, maka uji usap harus dilaksanakan pada bagian terdekat yang dapat dijangkau
3. Apabila terdapat fasilitas untuk menguji sumber dengan metode lainnya dengan mengembalikan ke pabrikan atau laboratorium lain yang sesuai maka metode yang direkomendasikan untuk sumber harus digunakan.
4. Bila memungkinkan, pemeriksaan visual sumber harus dilakukan.

5. Pada waktu melaksanakan pengujian berkala, laju paparan radiasi harus dipastikan dalam batas yang diizinkan.

Tabel 1 menguraikan pengujian kamera gamma yang mengacu pada metode dalam SNI ISO 3999:2008 atau SNI 18-6650.2-2002 dan ketentuan pemeriksaan peralatan radiografi gamma industri yang tercantum dalam Perka BAPETEN No. 7 Tahun 2009.

METODA PENGUJIAN

Pengujian kamera radiografi gamma industri jenis portabel mencakup pengukuran laju dosis ekuivalen ambien (uji kebocoran radiasi), uji kebocoran sumber radioaktif, serta uji visual dan ketahanan proyeksi peralatan radiografi gamma industri.

Pengukuran Laju Dosis Ekuivalen Ambien (Uji Kebocoran Radiasi)

Sebelum dilakukan pengukuran, harus dipastikan bahwa kamera gamma dalam posisi terkunci, tutup depan (*plug nut*) dan tutup belakang (*lock cover*) terpasang, dan kendali jarak jauh dalam kondisi terlepas, serta tidak terjadi kontaminasi pada permukaan kamera.

Tabel 1. Ketentuan pemeriksaan peralatan radiografi gamma industri menurut Perka BAPETEN No. 7 Tahun 2009 dan pengujian yang mengacu dalam SNI ISO 3999:2008 & SNI 18-660.2-2002

No.	Peralatan yang Diuji	Pemeriksaan Menurut Perka BAPETEN No 7 Tahun 2009	Acuan Pengujian Menurut SNI ISO 3999:2008 & SNI 18-6650.2-2002
1.	Kontainer paparan	Pemeriksaan mekanisme penguncian zat radioaktif	a. Pemeriksaan visual tutup depan, tutup belakang dan kondisi kontainer paparan b. Uji sistem kunci c. Pemeriksaan yang meliputi: 1) Pemeriksaan indikator posisi sumber 2) Pemeriksaan pengaman otomatis

No.	Peralatan yang Diuji	Pemeriksaan Menurut Perka BAPETEN No 7 Tahun 2009	Acuan Pengujian Menurut SNI ISO 3999:2008 & SNI 18-6650.2-2002
2.	a. Sambungan kabel pengendali dengan rakitan sumber b. Peralatan radiografi dalam kondisi terpasang	Pemeriksaan sambungan antara peralatan dan kabel	Uji ketahanan proyeksi
3.	a. Kabel pengendali dan selongsong kabel kendali serta unit pemutar b. Selongsong proyeksi	Pemeriksaan seluruh kabel dan <i>guide tube</i>	a. Pemeriksaan visual alat kendali jarak jauh serta pemeriksaan mekanisme penghenti dan arah gerakan pemutar alat kendali jarak jauh b. Pemeriksaan visual selongsong proyeksi
5.	Kontainer paparan	Pemeriksaan label peringatan	Pemeriksaan visual label kontainer paparan yang meliputi: a. Pemeriksaan simbol radiasi/kata "RADIOAKTIF" b. Pemeriksaan label nama dan aktivitas maksimum sumber radioaktif c. Pemeriksaan label tipe dan nomor seri kontainer paparan.
6.	Kontainer paparan	Pengukuran tingkat paparan radiasi pada permukaan peralatan	Pengukuran laju dosis ekuivalen ambien pada permukaan, jarak 5 cm, dan jarak 1 m dari permukaan kontainer.
7.	Sumber radioaktif	Uji kebocoran zat radioaktif	Uji usap.

Pengukuran laju dosis dilakukan dalam kondisi kamera gamma tidak berisi radionuklida. Lokasi pengukuran adalah pada posisi depan, samping kanan, belakang, samping kiri dan atas. Pengukuran mula-mula dilakukan pada permukaan, selanjutnya pada jarak 50 mm dan terakhir pada jarak 1 m dari permukaan kamera. Selanjutnya dilakukan pengukuran laju dosis pada posisi pengukuran yang sama untuk kamera gamma tersebut, namun kamera sudah diisi radionuklida yang telah diketahui aktivitasnya. Langkah selanjutnya adalah menghitung selisih laju dosis radiasi ketika kamera gamma berisi radionuklida terhadap kamera gamma tanpa radionuklida.

Dengan mengacu batas dosis ekuivalen ambien maksimum di area kamera radiografi gamma industri jenis portabel, dihitung nilai aktivitas maksimum radionuklida yang diizinkan pada kamera gamma dengan menggunakan persamaan:

$$A_{max.} = A_{meas.} \times \frac{D_{max.}}{D_{meas.}} \quad (1)$$

$$D_{meas.} = D_{meas.DR} - D_{meas.TR} \quad (2)$$

dengan:

A_{max} : aktivitas maksimum radionuklida yang diperbolehkan dipakai dalam kamera gamma

A_{meas} : aktivitas radionuklida saat dilakukan pengukuran laju dosis ekuivalen ambien

D_{meas} : Selisih laju dosis ekuivalen ambien dengan dan tanpa radionuklida

$D_{meas,DR}$: laju dosis ekuivalen ambien dengan radionuklida

$D_{meas,TR}$: laju dosis ekuivalen ambien tanpa radionuklida

D_{max} : laju dosis ekuivalen ambien maksimum

Uji Kebocoran Sumber Radioaktif

Metoda uji kebocoran sumber radioaktif dilakukan secara tidak langsung menggunakan metode uji usap..

Sumber tertutup dianggap mengalami kebocoran apabila aktivitas yang terdeteksi dari hasil uji usap adalah 185 Bq atau lebih. Nilai aktivitas hasil uji usap sangat dipengaruhi oleh cara pengambilan sampel uji dan nilai konstanta yang digunakan untuk perhitungan; misalnya nilai faktor pindah.

Hasil uji kebocoran zat radioaktif dihitung menggunakan persamaan:

$$K_{rad} = \frac{R_s - R_b}{\eta_a p_\gamma F} \quad (3)$$

dengan :

K_{rad} : Kebocoran zat radioaktif (Bq)

R_s : Hasil pencacahan sumber radioaktif (cps)

R_b : Hasil pencacahan latar belakang (cps)

η_a : Efisiensi alat ukur (%)

p_γ : Kelimpahan pancaran gamma (%)

F : Faktor pindah (%)

Sebelum dilakukan uji usap, harus dipastikan bahwa kamera gamma, unit kendali jarak jauh, dan selongsong proyeksi (*guide tube*) dalam kondisi tidak tersambung dan tutup depan kamera (*plug nut*) dalam kondisi terlepas.

Kapas yang terpasang pada ujung *cotton bud* disemprot *radiacwash*, kemudian diusapkan pada lubang depan kamera gamma sampai bagian terdalam kamera gamma di dekat sumber radioaktif. Kemudian dilakukan langkah pengusapan yang sama namun kapas tidak disemprot *radiacwash* (kondisi kering). Langkah pengambilan sampel (kondisi basah dan kering) tersebut diulangi untuk lokasi lubang selongsong proyeksi dan kabel kendali pada alat kendali jarak jauh.

Sampel hasil pengusapan selanjutnya dimasukkan dalam kantong plastik dan diberi label identitas. Sampel hasil pengusapan dicacah menggunakan spektrometer gamma dan dihitung aktivitas kebocoran zat radioaktifnya menggunakan Persamaan (3). Hasil perhitungan aktivitas kemudian dibandingkan dengan batas aktivitas bocor untuk menetapkan adanya kebocoran sumber radioaktif pada kamera gamma.



Gambar 3. Peralatan Pengukuran Radiasi dan Bahan Uji Usap

Uji Visual dan Ketahanan Proyeksi Peralatan Radiografi Gamma

Uji visual dan ketahanan proyeksi dilakukan untuk memastikan bahwa peralatan radiografi

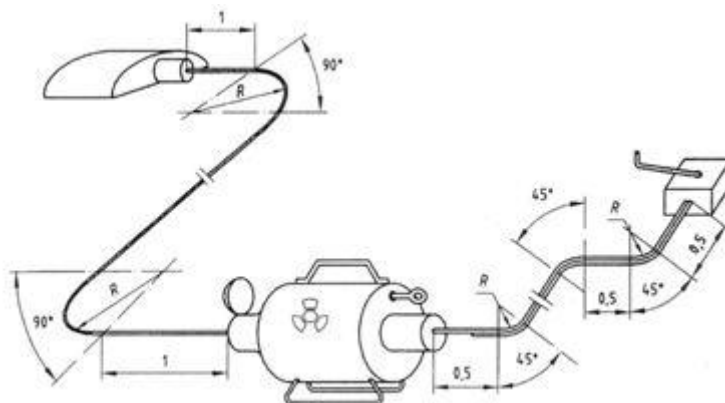
gamma industri dalam kondisi baik dan ketika dioperasikan tidak mengalami malfungsi sehingga terlepasnya sumber radioaktif dari kamera gamma dapat dicegah.

Sebelum diuji, kamera gamma, alat kendali jarak jauh, dan selongsong proyeksi harus dipastikan tidak terkontaminasi. Kamera gamma diisi dengan *dummy* yang tidak radioaktif. Uji visual kamera gamma dilakukan dengan memeriksa keberadaan dan fungsi dari tutup depan (*plug nut*), tutup belakang (*lock cover*), sistem kunci, pengaman otomatis, indikator posisi aman/tidak aman, serta keberadaan simbol radioaktif, tipe, nomor seri, dan kapasitas maksimum kamera gamma. Pemeriksaan visual juga dilakukan pada alat kendali jarak jauh dan selongsong proyeksi. Pemeriksaan fisik dilakukan pada pemutar alat kendali jarak jauh (*krank*) dan keberadaan tanda *expose* (mengeluarkan sumber radioaktif) dan *retract* (memasukkan sumber radioaktif).

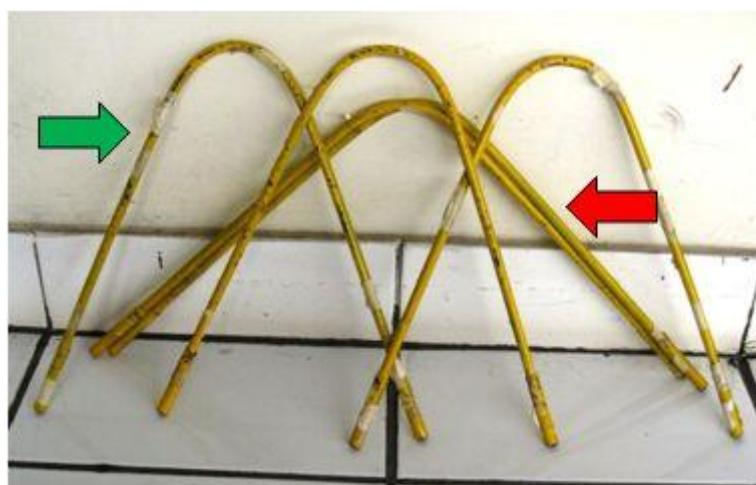
Uji ketahanan proyeksi dilakukan dengan memasang alat kendali jarak jauh dan kamera gamma serta kamera gamma dengan selongsong

proyeksi. Kemudian dipasang alat pelengkung 45° dan 90° pada unit kendali jarak jauh dan selongsong proyeksi sehingga terbentuk konfigurasi sebagaimana dilihat pada Gambar 4.

Setelah konfigurasi Gambar 4 terbentuk dilakukan gerakan *expose* (mengeluarkan sumber) dan *retract* (memasukkan sumber) dengan menggerakkan *dummy* dari posisi aman ke posisi kerja dan kembali ke posisi aman, masing-masing dilakukan sebanyak 10 kali. Gerakan *expose* dan *retract* diamati kelancarannya dan diperiksa kondisi sambungan antara kabel kendali dan *pigtail*. Hasil pengamatan visual dan pemeriksaan ketahanan proyeksi di atas kemudian dievaluasi untuk menetapkan layak tidaknya peralatan radiografi gamma dioperasikan untuk kegiatan uji tak merusak (*non destructive testing*) di lapangan.



Gambar 4. Konfigurasi Peralatan Radiografi Gamma Pada Uji Ketahanan Proyeksi



Gambar 5. Alat Pelengkung Uji Sudut 90° (Panah Kanan) dan 45° (Panah Kiri).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Selama kurun waktu tahun 2012-2013 Laboratorium PTKMR - BATAN telah melakukan pengujian keselamatan kamera radiografi gamma industri jenis portabel. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa kamera gamma yang diuji memenuhi ketentuan keselamatan yang dipersyaratkan.

Belum adanya ketentuan dalam Perka BAPETEN No.7 Tahun 2009 yang mewajibkan

pengguna mengujikan peralatan kamera gamma dalam tiga jenis pengujian keselamatan yang sudah disebutkan di atas menyebabkan sebagian besar pengguna hanya mengajukan permintaan pengujian berdasarkan kebutuhan terkait persyaratan izin pemanfaatan yaitu uji kebocoran radioaktif. Data pengujian keselamatan kamera radiografi gamma pada kurun waktu 2012-2013 di Laboratorium PTKMR - BATAN ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Data Pengujian Keselamatan Kamera Radiografi Gamma di Laboratorium PTKMR BATAN Tahun 2012-2013.

No.	Jenis Kamera Gamma	Hasil Pengujian		
		Uji Kebocoran Radiasi	Uji Kebocoran Sumber Radioaktif	Uji Visual dan Ketahanan Proyeksi
1.	Sentinel 880 Sigma s/n:S3518	Lolos uji	Lolos uji	-
2.	Sentinel 660 A s/n: A1357	Lolos uji	Lolos uji	Tidak lolos uji
3.	Tech Ops 660 A s/n: 2190	-	Lolos uji	Lolos uji
4.	Tech Ops 660A s/n: 2388	-	Lolos uji	Tidak lolos uji
5.	Tech Ops 660 s/n:S3745	Lolos uji	Lolos uji	-
6.	Gamma ray TCN IM s/n:2976	Lolos uji	Lolos uji	-
7.	Tech Ops 660 s/n:2248	Lolos uji	Lolos uji	-
8.	Tech Ops 660 s/n:2976	Lolos uji	Lolos uji	-
9.	Tech Ops 660 s/n:3111	Lolos uji	Lolos uji	-
10.	Tech Ops 660 s/n:3895	Lolos uji	Lolos uji	Lolos uji
11.	Tech Ops 660 s/n: 3941	Lolos uji	Lolos uji	Lolos uji
12.	Tech Ops 660 s/n:4699	-	Lolos uji	-
13.	Tech Ops 660 s/n: B2371	-	Lolos uji	-
14.	Sentinel 880 Delta s/n:D8625	Lolos uji	Lolos uji	-
15.	Tech Ops 660 s/n: B-1825	-	Lolos uji	-
16.	Tech Ops 660 s/n: B1046	Lolos uji	Lolos uji	Lolos uji
17.	Tech Ops 660 s/n: B1635	Lolos uji	Lolos uji	Lolos uji
18.	Tech Ops 660 s/n: B-768	-	Lolos uji	-
19.	Tech Ops 660 s/n: B-4428	-	Lolos uji	-
20.	Tech Ops 660 s/n: B-3898	-	Lolos uji	-
21.	Tech Ops 660 s/n: B-1755	-	Lolos uji	-
22.	Tech Ops 660 s/n: 643	-	Lolos uji	-
23.	Tech Ops 660 s/n: B-2101	Lolos uji	Lolos uji	Lolos uji

Sumber: Laboratorium PTKMR BATAN

Berdasarkan data pada Tabel 2, 23 kamera gamma yang diuji meliputi 1 kamera jenis Sentinel 880 Sigma, 20 kamera jenis Tech Ops 660/Sentinel 660, 1 kamera jenis Gamma Ray TCN IM, dan 1 kamera jenis Sentinel 880 Delta.

Dari 13 kamera yang diuji kebocoran radiasi, semua kamera lolos uji; 23 kamera yang diuji kebocoran sumber radioaktif, semua kamera lolos

uji; dan 8 kamera gamma yang diuji visual/ketahanan proyeksi hanya 6 kamera yang lolos.

Sedangkan dari 23 kamera gamma yang diuji, hanya 8 kamera radiografi yang diuji dengan 3 (tiga) jenis pengujian, dan hanya 5 di antaranya lolos uji.

Menunjuk pengujian kamera radiografi gamma sebagaimana ditampilkan pada Tabel 2,

permintaan pengujian paling banyak pada uji kebocoran sumber radioaktif. Banyaknya permintaan uji kebocoran tersebut disebabkan oleh persyaratan verifikasi keselamatan sebagaimana disebutkan dalam Pasal 42 huruf c, Pasal 45 dan Pasal 46 yang mana pengujian ini menjadi persyaratan dalam pengajuan izin pemanfaatan. Sementara itu, uji kebocoran radiasi dan uji visual/ketahanan belum menjadi persyaratan pengajuan izin.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan uraian di atas maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada kurun waktu 2012-2013 PTKMR - BATAN telah menguji 23 kamera gamma beserta asesorisnya. Dari 23 kamera gamma yang diuji, hanya 8 kamera yang diuji dengan 3 (tiga) jenis pengujian meliputi uji kebocoran radiasi, uji kebocoran sumber radioaktif, serta uji visual dan ketahanan proyeksi, dan hanya 5 kamera gamma yang lolos uji.
2. Pengguna tidak mengajukan uji untuk ketiga jenis pengujian tersebut di atas karena di dalam Perka BAPETEN No. 7 Tahun 2009 hanya mewajibkan pelaksanaan uji kebocoran sumber radioaktif untuk mendapat izin pemanfaatan.

Dari uraian kesimpulan tersebut maka ke depan disarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan revisi Perka BAPETEN No. 7 Tahun 2009 sebagai dasar hukum pelaksanaan uji keselamatan peralatan radiografi gamma industri.
2. Perlu sosialisasi pengujian keselamatan peralatan radiografi gamma industri di kalangan industri radiografi industri.

DAFTAR ACUAN

1. BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR, Pemberitahuan Pemberlakuan Multi Lokasi, SE No. 1991/DPFRZR/V-13, Jakarta (2013).
2. KANNAN,R., et al, Quality Assurance Procedure for Functional Performance of Industrial Gamma Radiography Exposure Devices, BARC Report. Mumbai (2003).
3. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Lesson Learned from Accidents in Industrial Radiograph, Safety Series No. 7, Vienna, (2003).

4. BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR, Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Peralatan Radiografi Industri, Perka BAPETEN No.7 Tahun 2009, Jakarta (2009)
5. BADAN STANDARDISASI NASIONAL, Proteksi radiasi - Peralatan untuk radiografi gamma industri - Spesifikasi untuk kinerja, desain dan uji. SNI ISO 3999:2008, Jakarta (2008).
6. BADAN STANDARDISASI NASIONAL, Proteksi Radiasi - Sumber radioaktif tertutup. Bagian: Metoda uji kebocoran, SNI 18-6650.2-2002, Jakarta (2002).
7. AQUINO, JO, et al, Evaluation of the Radiological Safety of 192 Ir Apparatus for Industrial Gamma Radiography, IRD/CNEN, Rio de Janeiro, Brazil, (2003).
8. CANDEIAS, JP, et al, Videoscopic Assesment of the Maintenance Status of Gamma Radiography Exposure Containers Employed in Brazil, Journal of Radiological Protection 27, UK (2007)
9. BOARD OF RADIATION AND ISOTOPE TECHNOLOGY, Radiography Camera Inspection, BRIT-BARC Report, Mumbai (2013)
10. INTERNATIONAL ORGANIZATION OF STANDARDIZATION, International Standar ISO 3999, Rev. 1st edition. Apparatus for Industrial gamma radiography - Design and test criteria, ISO, Switzerland, 47 p, (1997).
11. INTERNATIONAL ORGANIZATION OF STANDARDIZATION, International Standar ISO 3999-1, Apparatus for Industrial gamma radiography, part 1: Specifications for performance, design and tests, ISO, Switzerland, 31 p, (2000).
12. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Protection and Safety in Industrial Radiography. Safety Series No. 13, Vienna (1996).
13. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Manual on Gamma Radiography Incorporating: Application Guide, Procedure Guide and Basic Guide Useful. Revision 1, Vienna (1996).