

STUDI UNJUK KERJA KESELAMATAN MEKANIK DAN RADIASI PADA PERALATAN RADIOGRAFI MODEL 880 DELTA DAN TECH OPS 660 B

Study on Mechanic and Radiation Safety for Radiographic Equipment Model 880 Delta and Tech Ops 660 B

B. Y. Eko Budi Jumpeno^{1*} dan Makmur Rangkuti²

¹ Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional
Jl. Lebak Bulus Raya 49, Jakarta 12440, Indonesia

² Pusat Pendidikan dan Pelatihan, Badan Tenaga Nuklir Nasional
Jl. Lebak Bulus Raya 49, Jakarta 12440, Indonesia

*E-mail korespondensi: jumpeno@batan.go.id

ABSTRAK

Telah dilakukan kajian keselamatan mekanik (visual) dan radiasi pada peralatan radiografi model 880 Delta dan Tech Ops 660 B. Dalam pengujian peralatan radiografi, dipilih 2 sampel peralatan radiografi model 880 Delta dan 2 sampel model Tech Ops 660 B yang dimiliki Pusdiklat BATAN. Keempatnya dipilih sebagai sampel karena peralatan radiografi tersebut terawat dan dalam kondisi baik. Pemilihan peralatan radiografi model 880 Delta dan Tech Ops 660 B sebagai obyek kajian didasari oleh adanya Perka BAPETEN No. 8 Tahun 2014 khususnya Pasal 46 A dan 46 B serta Surat Edaran Kepala BAPETEN No. 4111/K/X/2017. Metoda pengujian terhadap peralatan radiografi tersebut mengacu pada ketentuan Pasal 46B ayat (4) Perka BAPETEN No. 8 Tahun 2014 dan SNI ISO 3999:2008. Hasil pengujian mekanik (visual) menunjukkan bahwa peralatan radiografi model 880 Delta dan Tech Ops 660 B lolos uji berdasarkan persyaratan dalam SNI ISO 3999: 2008 untuk pengujian yang bersifat tidak merusak (non destructive). Pengukuran laju dosis ambien di permukaan dan pada jarak 1 meter untuk keempat peralatan radiografi model 880 Delta dan Tech Ops 660 B menunjukkan bahwa nilainya masih di bawah batas laju dosis maksimum yang dipersyaratkan yaitu 2000 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ pada permukaan dan 20 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ pada jarak 1 meter dari permukaan. Hasil pengukuran laju dosis ambien menunjukkan bahwa pada posisi depan dan belakang peralatan radiografi model 880 Delta lebih aman terhadap radiasi, sedangkan pada posisi kiri, kanan dan atas, peralatan radiografi model Tech Ops 660 B relatif lebih aman terhadap radiasi. Meskipun memenuhi persyaratan keselamatan mekanik (visual) dan radiasi, namun dengan mengacu Pasal 46B ayat (6) Perka BAPETEN No. 8 tahun 2014 dan Surat Edaran Kepala BAPETEN No. 4111/K/X/2017 butir D, model Tech Ops 660 B tidak boleh digunakan per 1 Juli 2017.

Kata kunci: keselamatan, mekanik, radiasi, peralatan radiografi

ABSTRACT

Study on mechanic (visual) and radiation safety for 880 Delta and Tech Ops 680 B radiographic equipment has been conducted. In radiographic equipment testing, 2 samples of model 880 Delta and 2 samples of model Tech Ops 660 B owned by Education and Training Center-BATAN has been selected. The four are selected as samples because they are well maintained and in a good condition. Selection of model 880 Delta and Tech Ops 680 B radiographic apparatuses as objects of study were based on the presence of BAPETEN Head Act. No. 8 Year 2014, especially Article 46 A and 46 B also Circular Letter Head of BAPETEN No. 4111/K/X/2017. The method of radiographic equipment testing referred to Article 46B paragraph (4) of BAPETEN Head Act No. 8 Year 2014 and SNI ISO 3999: 2008. The mechanic (visual) test result indicates that model 880 Delta and Tech Ops 680 B radiography apparatus pass the test based on the requirements in SNI ISO 3999: 2008 for non destructive testing. Measurement of ambient dose rate on the surface and at a distance of 1 meter on 880 Delta model and Tech Ops 660 B indicate that the value is still below the required maximum ambient dose rate limit of 2000 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ on the surface and 20 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ at a distance 1 meter from the surface. The result of ambient dose measurement shows that the front and rear positions of the model 880 Delta are safer against radiation, whereas in the left, right and top positions of radiographic equipment, the model Tech Ops 660 B is relatively safer against radiation. Although model Tech Ops 680 B meets the requirements of mechanical (visual) and radiation safety, but with reference to article 46B paragraph (6) of BAPETEN Head Act. No. 8 Year 2014 and Circular Letter Head of BAPETEN No. 4111/K/X/2017 item D, these apparatuses is prohibited to be used as of 1 July 2017.

Keywords: safety, mechanic, radiation, radiography equipment

PENDAHULUAN

Merujuk Peraturan Kepala BAPETEN No. 8 Tahun 2014 tentang Perubahan Atas Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 7 Tahun 2009 Tentang Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Peralatan Radiografi Industri pada Pasal 46A ayat (1) dituliskan bahwa Peralatan radiografi yang tidak diperpanjang sertifikatnya oleh pabrikan setelah 30 Juni 2013, hanya dapat digunakan di wilayah Republik Indonesia sampai dengan 31 Desember 2014. Peralatan radiografi tersebut masih dapat digunakan sampai dengan 30 Juni 2017 apabila mempunyai sertifikat kelayakan dari Kepala BAPETEN [1]. Pasal 46B ayat (6) menyatakan bahwa sertifikat kelayakan tersebut tidak dapat diperpanjang setelah tanggal 30 Juni 2017.

Dalam implementasinya, peralatan radiografi (kamera radiografi) yang tidak diperpanjang sertifikatnya oleh pabrikan adalah peralatan radiografi seri Tech Ops 660 baik model Tech Ops 660, Tech Ops 660 A, dan Tech Ops 660 B. Merujuk Perka BAPETEN No. 8 Tahun 2014 Pasal 46B ayat (4), peralatan radiografi harus lolos pengujian terhadap 8 parameter uji agar bisa diajukan untuk resertifikasi kelayakan.

Berdasarkan data laporan hasil uji kelayakan pada Laboratorium Uji Peralatan Radiografi, Subbidang Keselamatan Kerja dan Proteksi Radiasi (KKPR), Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR-BATAN) terdapat 8 peralatan radiografi model Tech Ops 880 B dan 1 model 880 Delta yang diuji pada tahun 2016 [2]. Pada tahun 2015 terdapat 17 peralatan radiografi model Tech Ops 660 B dan 2 buah model 880 Delta yang diuji [3]. Metoda pengujian merujuk pada SNI ISO 3999:2008 [4] sebagaimana sudah dituangkan dalam prosedur pengujian (SOP) pada Laboratorium Uji Peralatan Radiografi dan disetujui oleh BAPETEN melalui penetapan PTKMR BATAN sebagai Laboratorium Uji Peralatan Radiografi pada tanggal 22 Desember 2014 [5]. Berkaitan dengan ketentuan dalam Pasal 46B ayat (6) Peraturan Kepala BAPETEN No. 8 Tahun 2014, pada tanggal 23 Oktober 2017 Kepala BAPETEN telah menerbitkan Surat Edaran No. 4111/K/X/2017 tentang Pelarangan Penggunaan Kamera Radiografi Industri yang telah Habis Masa Berlaku Sertifikatnya [6]. Surat Edaran ini ditujukan kepada pemegang izin radiografi industri dan pemilik kamera radiografi industri seri Tech Ops 660.

Peralatan radiografi model Tech Ops 660 B merupakan kamera radiografi industri seri Tech Ops 660 yang tertinggi dengan kapasitas radioaktif untuk Ir-192 sebesar 140 Ci. Peralatan ini dilengkapi dengan mekanisme penguncian otomatis (*posylock*) dan indikator posisi sumber radioaktif. Peralatan radiografi model Tech Ops 660 B didesain, diuji, dan dirakit dengan memenuhi persyaratan ANSI N432-1980, IAEA TS-R-1(1996), USNRC 10CFR34, 10CFR71, dan 49CFR173 [7]. Peralatan radiografi model 880 Delta adalah kamera radiografi seri 880 dan merupakan peralatan radiografi model baru dari *Sentinel QSA Global Inc.* Peralatan ini dilengkapi juga dengan *posylock* dan indikator posisi sumber. Dari segi dimensi, 880 Delta memiliki dudukan yang lebih stabil dan dilengkapi fitur keselamatan baru berupa *inner shipping plug* (lubang pengeluaran sumber) selain *outer shipping plug* sebagaimana juga terpasang pada bagian depan model Tech Ops 660 B. Peralatan radiografi model 880 Delta memiliki kapasitas 150 Ci untuk sumber Ir-192. Model 880 Delta didesain, diuji, dan dirakit dengan memenuhi persyaratan ANSI N432-1980, ISO 3999:2004 (E), IAEA TS-R-1 (1996 Revisi), USNRC 10CFR34, 10CFR71, dan 49CFR173[8].

Sesuai Perka BAPETEN No. 8 Tahun 2014 dan Surat Edaran Kepala BAPETEN No. 4111/K/X/2017, peralatan radiografi seri Tech Ops 660 termasuk model Tech Ops 660 B tidak diizinkan lagi pemanfaatannya setelah tanggal 30 Juni 2017 di wilayah Republik Indonesia. Penghentian izin pemanfaatan ini terkait dengan tidak diperpanjangnya sertifikat seri Tech Ops 660 oleh *Sentinel QSA Global, Inc* sebagai pabrikan kamera seri Tech Ops 660 [9].

Tulisan ini hendak menguraikan hasil kajian unjuk kerja peralatan radiografi 880 Delta dan Tech Ops 660 B sebagai model tertinggi seri Tech Ops 660. Kajian tersebut terbatas pada segi keselamatan mekanik (visual) dan radiasi. Parameter dan metoda pengujian mengacu pada ketentuan dalam Pasal 46B ayat (4) Perka BAPETEN No. 8 tahun 2014 dan prosedur pengujian pada Laboratorium Uji Peralatan Radiografi PTKMR BATAN yang mengadopsi SNI ISO 3999:2008. Hasil kajian ini menunjukkan bahwa unjuk kerja keselamatan mekanik (visual) dan radiasi untuk peralatan radiografi model 880 Delta dan Tech Ops 660 B yang diuji memenuhi standar pengujian yang diterapkan di Laboratorium Uji Peralatan Radiografi PTKMR

BATAN. Hasil kajian tersebut memberikan gambaran bahwa unjuk kerja keselamatan mekanik (visual) dan radiasi model Tech Ops 660 B masih baik dan memenuhi persyaratan keselamatan sesuai Pasal 46B ayat (4) Perka BAPETEN No. 8 tahun 2014 meskipun sudah dilarang pemanfaatannya di wilayah Republik Indonesia sesuai Pasal 46B ayat (6) Perka BAPETEN No. 8 Tahun 2014 [1] dan Surat Edaran Kepala BAPETEN No. 4111/K/X/2017 tentang Pelarangan Penggunaan Kamera Radiografi Industri Yang Telah Habis Masa Berlaku Sertifikatnya [6].

METODOLOGI

Standard Pengukuran

Berdasarkan ketentuan dalam Pasal 46B ayat (4) Perka BAPETEN No. 8 Tahun 2014 terdapat 8 parameter terkait lolos dan tidaknya uji kelayakan dalam re-sertifikasi peralatan radiografi. Unjuk kerja keselamatan mekanik (visual) dan radiasi dilihat dari hasil pengukuran/pemeriksaan peralatan radiografi gamma yang meliputi pemeriksaan kondisi visual dan mekanisme penguncian serta pengukuran laju dosis ambien. Di dalam SNI ISO 3999:2008, parameter pemeriksaan kondisi visual peralatan radiografi gamma tertulis pada klausul 5.4.1.1; 5.6.3; 7.1.1; 7.1.2; 7.1.3; 7.1.5; pemeriksaan mekanisme penguncian dan indikator posisi sumber pada klausul 5.4.1.2; 5.4.2; dan pengukuran laju dosis ambien pada klausul 5.3; 6.4.1.1; dan 6.4.1.2 [4].



Gambar 1. Peralatan radiografi model 880 Delta (kiri) dan model Tech Ops 660 B (kanan) yang diuji unjuk kerjanya

Metode Pengukuran

Kajian keselamatan mekanik (visual) dan radiasi mencakup kajian hasil pemeriksaan mekanik/visual dan pengukuran laju dosis ambien. Tabel 1 menguraikan parameter uji dalam kajian keselamatan mekanik (visual) dan radiasi pada peralatan radiografi gamma yang diadopsi dari SNI ISO 3999:2008 ke dalam Standar Operasional Prosedur Uji Kelayakan Peralatan Kamera

Radiografi Gamma Industri (SOP No. 005.003/KN 02 01/KMR 4.1) di PTKMR BATAN.

Tabel 1. Parameter uji dalam kajian keselamatan radiasi dan mekanik (visual) sesuai SNI ISO 3999:2008

No.	Parameter Uji	Keterangan
1	Pemeriksaan tutup depan (<i>shipping plug</i>)	Ada tidaknya kerusakan/perubahan dari kondisi awal
2	Pemeriksaan tutup belakang (<i>protective cover</i>)	Ada tidaknya kerusakan/perubahan dari kondisi awal
3	Sistem penguncian	Ada tidaknya kerusakan/perubahan dari kondisi awal dan berfungsi tidaknya sistem penguncian
4	Mekanisme pengaman otomatis	Ada tidaknya kerusakan/perubahan dari kondisi awal dan berfungsi tidaknya mekanisme pengaman otomatis
5	Indikator posisi sumber	Ada tidaknya kerusakan/perubahan dari kondisi awal
6	Label simbol radiasi	Ada tidaknya kerusakan/perubahan dari kondisi awal
7	Label tipe dan nomor seri peralatan	Ada tidaknya kerusakan/perubahan dari kondisi awal
8	Label jenis radionuklida	Ada tidaknya kerusakan/perubahan dari kondisi awal
9	Label aktivitas maksimum	Ada tidaknya kerusakan/perubahan dari kondisi awal
10	Pengukuran kebocoran radiasi	Pengukuran laju dosis ambien pada permukaan peralatan dan jarak 1 meter dari peralatan

Pemeriksaan dan Pengukuran Peralatan Radiografi

Peralatan radiografi yang diperiksa dan diukur terkait kajian keselamatan mekanik (visual) dan radiasi meliputi 2 buah model 880 Delta dan 2 buah model Tech Ops 660 B milik Pusdiklat – BATAN. Keempat peralatan radiografi ini khususnya model Tech Ops 660 B dipilih karena kondisi peralatan secara visual masih baik dan terawat. Fitur-fitur yang bergerak juga dalam kondisi baik ketika peralatan radiografi dioperasikan. Pengukuran laju dosis ambien pada permukaan dan jarak 1 meter dari

permukaan menggunakan surveimeter gamma Inspector Sn. 19437 untuk keempat arah mata angin dan arah atas dengan pengulangan 3 kali sesuai SOP PTKMR No. 005.003/KN 02 01/KMR 4.1. [10]. Ketika dilakukan pengukuran, peralatan (kamera) radiografi dimuati sumber Ir-192 dengan aktivitas 57,01 Ci.



Gambar 2. Pengukuran laju dosis ambien pada kamera radiografi model 880 Delta menggunakan surveimeter Inspector

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemeriksaan mekanik (visual) pada kamera radiografi model 880 Delta dan Tech Ops 660 B dapat dilihat pada Tabel 2, sedangkan Tabel 3 dan Tabel 4 menguraikan hasil pengukuran laju dosis ambien pada peralatan radiografi model 880 Delta dan Tech Ops 660 B. Pemeriksaan mekanik (visual) dan pengukuran laju dosis ambien berpedoman pada Standar Operasional Prosedur (SOP) PTKMR No. 005.003/KN 02 01/KMR 4.1. tentang Uji Kelayakan Peralatan Kamera Radiografi Gamma Industri.

Hasil pemeriksaan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2, menunjukkan bahwa kamera radiografi model 880 Delta dan Tech Ops 660 B lolos pengujian mekanik (visual) sebagaimana dipersyaratkan SNI ISO 3999:2008. Meskipun kamera radiografi gamma model Tech Ops 660 B kelihatan kusam dan terdapat bekas karat pada salah satu kamera yang diuji, namun hasil pengujian fitur keselamatan sistem penguncian, mekanisme pengaman otomatis dan indikator posisi sumber menunjukkan hasil yang baik dan memenuhi persyaratan uji. Sementara itu parameter pengujian yang lain yaitu tutup depan, tutup belakang, dan pelabelan kamera radiografi gamma juga memenuhi persyaratan. Kamera radiografi model 880 Delta yang diuji relatif baru dan memenuhi semua persyaratan pengujian sebagaimana tertulis dalam SOP PTKMR No. 005.003/KN 02 01/KMR 4.1. Hasil pemeriksaan/pengujian kamera radiografi model 880 Delta (2 buah) dan model Tech Ops 660 B (2

buah) menunjukkan bahwa keempatnya lolos uji mekanik (visual) dan layak untuk dioperasikan.

Tabel 2. Hasil pemeriksaan mekanik (visual) pada kamera radiografi gamma model 880 Delta dan Tech Ops 660 B.

No.	Parameter Uji	Model 880 Delta		Model Tech Ops 660 B	
		Baik	Rusak / Buruk	Baik	Rusak / Buruk
1	Pemeriksaan tutup depan (shipping plug)	√		√	
2	Pemeriksaan tutup belakang (protective cover)	√		√	
3	Sistem penguncian	√		√	
4	Mekanisme pengaman otomatis	√		√	
5	Indikator posisi sumber	√		√	
6	Label simbol radiasi	√		√	
7	Label tipe dan nomor seri	√		√	
8	Label jenis radionuklida	√		√	
9	Label aktivitas maksimum	√		√	

Tabel 3 dan Tabel 4 menggambarkan laju dosis ambien pada kamera gamma model 880 Delta dan Tech Ops 660 B ketika diisi sumber Ir-192 aktivitas 57,01 Ci. Apabila dibandingkan dengan nilai laju dosis ambien maksimum yang diperbolehkan pada permukaan kamera radiografi gamma dan pada jarak 1 meter dalam SNI ISO 3999:2008 yang besarnya 2000 µSv/jam dan 20 µSv/jam, laju dosis ambien yang terukur pada kedua model kamera radiografi gamma tersebut masih di bawah nilai batas yang dipersyaratkan.

Tabel 3. Hasil pengukuran laju dosis ambien pada kamera radiografi gamma model 880 Delta pada kondisi kamera yang diisi sumber Ir-192 aktivitas 57,01 Ci

Posisi Pengukuran	Laju Dosis Ambien Permukaan (µSv/jam)	Laju Dosis Ambien 1 Meter dari Permukaan (µSv/jam)
Depan	174,7-182,0	1,387-1467
Kanan	436,3-555,3	3,453-3,830
Belakang	193,7-203,7	3,280-3,757
Kiri	326,0-507,3	2,747-3,733
Atas	394,3-504,3	3,360-3,743

Tabel 4. Hasil pengukuran laju dosis ambien pada kamera radiografi gamma model Tech Ops 660 B pada kondisi kamera yang diisi sumber Ir-192 aktivitas 57,01 Ci

Posisi Pengukuran	Laju Dosis Ambien Permukaan (µSv/jam)	Laju Dosis Ambien 1 Meter dari Permukaan (µSv/jam)
Depan	424,7-474,3	7,450-8,730
Kanan	321,7-333,0	2,567-3,013
Belakang	493,7-506,3	9,253-9,457
Kiri	297,7-383,0	2,447-3,140
Atas	304,3-364, 3	3,850-4,323

Hasil pengukuran laju dosis ambien untuk posisi depan dan belakang pada kamera radiografi model 880 Delta, nilainya jauh lebih rendah dibandingkan dengan hasil pengukuran untuk posisi yang sama pada kamera radiografi model Tech Ops 660 B. Pada permukaan bagian depan terukur (174,7-182,0) µSv/jam untuk model 880 Delta dan (424,7-474,3) µSv/jam untuk model Tech Ops 660 B. Sementara pada permukaan bagian belakang terukur (193,7-203,7) µSv/jam untuk model 880 Delta dan (493,7-506,3) µSv/jam untuk model Tech Ops 660 B. Sementara itu untuk posisi kanan, kiri dan atas, hasil pengukuran pada permukaan kamera radiografi gamma model 880 Delta relatif lebih besar dibandingkan dengan hasil pengukuran untuk posisi yang sama pada kamera radiografi gamma model Tech Ops 660 B. Laju dosis ambien pada permukaan kamera sebelah kanan adalah (436,3-555,3) µSv/jam untuk model 880 Delta dan (321,7-333,0) µSv/jam untuk model Tech Ops 660 B, (326,0-507,3) µSv/jam untuk model 880 Delta dan (297,7-383,3)

µSv/jam untuk model Tech Ops 660 B pada permukaan kiri, dan (394,3-504,3) µSv/jam untuk 880 Delta dan (304,3-364,3) µSv/jam untuk Tech Ops 660 B pada posisi permukaan bagian atas.

Merujuk pada uraian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa laju dosis ambien pada kamera radiografi model 880 Delta dan Tech Ops 660 B yang diisi dengan sumber Ir-192 aktivitas 57,01 Ci masih jauh dibawah nilai batas laju dosis ambien berdasarkan SNI ISO 3999:2008 yaitu 2000 µSv/jam pada permukaan kamera radiografi dan 20 µSv/jam pada jarak 1 meter dari permukaan. Laju dosis ambien pada posisi depan dan belakang untuk kamera radiografi model 880 Delta relatif jauh lebih rendah dibandingkan nilai laju dosis ambien pada posisi yang sama untuk kamera model Tech Ops 660 B. Kondisi ini menunjukkan bahwa pada posisi depan dan belakang model 880 Delta relatif lebih aman terhadap paparan radiasi. Sedangkan pada posisi kiri, kanan dan atas, laju dosis ambien pada model Tech Ops 660 B relatif lebih rendah dibandingkan dengan laju dosis ambien pada posisi yang sama pada kamera model 880 Delta. Jadi posisi kiri, kanan dan atas pada Tech Ops 660 B relatif lebih aman terhadap paparan radiasi.

Studi keselamatan mekanik (visual) dan radiasi pada kamera radiografi gamma model 880 Delta dan Tech Ops 660 B menunjukkan bahwa kedua model kamera radiografi gamma yang diuji memenuhi persyaratan/lolos uji sebagaimana ditetapkan dalam SOP No. 005.003/KN 02 01/KMR 4.1.

Mengacu pada Surat Edaran Kepala BAPETEN No. 4111/K/X/2017 Butir D maka kamera model Tech Ops 660 B tidak dapat digunakan lagi per 1 Juli 2017 baik sebagai kamera radiografi maupun sebagai kontainer pengangkutan meskipun memenuhi persyaratan keselamatan mekanik (visual) dan radiasi sebagaimana ditentukan dalam Pasal 46B ayat (4) Perka BAPETEN No. 8 tahun 2014 dengan pertimbangan bahwa sertifikat mutu peralatan radiografi serie Tech Ops 660 tidak diperpanjang oleh *Sentinel QSA Global, Inc* sebagai pabrikan per Juni 2013.

Berdasarkan edaran dari *Sentinel QSA Global, Inc*, alasan dihentikannya masa berlaku sertifikat mutu kamera seri Tech Ops 660 adalah:

- *S tube* telah digunakan selama bertahun-tahun
- kamera model 660 B terbaru akan berusia 12 tahun pada tahun 2013

- membutuhkan biaya dan kompleksitas yang lebih besar dalam pembuatan suku cadang manufaktur dan pengepakannya
- memerlukan sumber daya lebih untuk memelihara, memperbarui dokumentasi QA/QC dan gambar dalam rangka resertifikasi Tech Ops 660 sebagai bungkus tipe B
- ketidakmampuan memenuhi standar ISO 3999-1 2000E

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian pembahasan terdahulu maka disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Kamera radiografi gamma model 880 Delta dan Tech Ops 660 B memenuhi persyaratan/lolos uji mekanik (visual) serta layak untuk dioperasikan.
2. Hasil pengukuran laju dosis ambien kamera radiografi gamma model 880 Delta dan Tech Ops 660 B masih di bawah nilai batas laju dosis ambien maksimum sebagaimana tertulis dalam SNI ISO 3999:2008 yaitu 2000 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ pada permukaan kamera radiografi dan 20 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ pada jarak 1 meter dari permukaan.
3. Berdasarkan hasil pengukuran laju dosis ambien pada kamera radiografi model 880 Delta dan Tech Ops 660 B, bagian depan dan belakang kamera model 880 Delta relatif lebih aman terhadap radiasi, namun pada model Tech Ops 660 B posisi kiri, kanan dan atas relatif lebih aman terhadap radiasi.
4. Meskipun memenuhi persyaratan keselamatan mekanik (visual) dan radiasi sebagaimana ditetapkan dalam Pasal 46B ayat (4) Perka BAPETEN No. 8 tahun 2014, namun dengan mengacu pada Pasal 46B ayat (6) Perka BAPETEN No. 8 tahun 2014 dan Surat Edaran Kepala BAPETEN No. 4111/K/X/2017 butir D, model Tech Ops 660 B tidak boleh digunakan per 1 Juli 2017.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Subbidang Sarana Diklat-Pusdiklat BATAN yang sudah memberikan izin untuk menggunakan kamera radiografi gamma yang dijadikan sampel pengujian dalam studi ini.

DAFTAR ACUAN

- [1]. Badan Pengawas Tenaga Nuklir. "Perubahan Atas Peraturan Kepala Badan

Pengawas Tenaga Nuklir No. 7 Tahun 2009 Tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Peralatan Radiografi Industri", Perka BAPETEN No. 8 Tahun 2014, Jakarta, 2014.

- [2]. Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi-BATAN, "Data Laporan Hasil Uji Kelayakan Peralatan Radiografi Gamma Industri Tahun 2016", Subbidang KKPR-Bidang KKD, Jakarta, 2016.
- [3]. Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi-BATAN. "Data Laporan Hasil Uji Kelayakan Peralatan Radiografi Gamma Industri Tahun 2015", Subbidang KKPR-Bidang KKD, Jakarta, 2015.
- [4]. Badan Standardisasi Nasional. "Proteksi radiasi-Peralatan untuk radiografi gamma industri-Spesifikasi untuk kinerja, desain dan uji". SNI ISO 3999:2008, Jakarta, 2008.
- [5]. Badan Pengawas Tenaga Nuklir. "Penunjukan Laboratorium Uji Peralatan Radiografi Industri". KEPKA BAPETEN No. 1406/K/XII/2014, Jakarta, 2014.
- [6]. Badan Pengawas Tenaga Nuklir. "Pelarangan Penggunaan Kamera Radiografi Industri yang Telah Habis Masa Berlaku Sertifikatnya". SE KA. BAPETEN No. 4111/K/X/2017, Jakarta, 2017.
- [7]. Sentinel QSA Global Inc. "Operating And Maintenance Manual-Model 660 Series Industrial Radiography Exposure Devices, Model Numbers: 660, 660E, 660 A, 660 AE, 660 B and 660BE", Massachusetts, 2008.
- [8]. Sentinel QSA Global Inc. "Operating And Maintenance Manual-880 Series Source Projector", Massachusetts, (2011).
- [9]. Sentinel QSA Global Inc. "660 Series Projector Type B Certificate Termination", Los Angeles, 2009.
- [10]. Pusat Teknologi Keselamatan Dan Metrologi Radiasi. "Standar Operasional Prosedur Uji Kelayakan Peralatan Kamera Radiografi Gamma Industri". SOP 005.003/KN 02 01/KMR 4.1, Jakarta, 2017.
- [11]. Amersham International Plc., "Amertest Gamma Radiography Product Model 660 Gamma Ray Projector", UK.
- [12]. Badan Pengawas Tenaga Nuklir. "Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Peralatan Radiografi Industri", Perka

- BAPETEN No.7 Tahun 2009, Jakarta, 2009.
- [13]. International Atomic Energy Agency. "Lesson Learned from Accidents in Industrial Radiograph", *Safety Series No. 7*, Vienna, 2003.
- [14]. Kannan, R., et al., "Quality Assurance Procedure for Functional Performance of Industrial Gamma Radiography Exposure Devices", *BARC Report*. Mumbai, 2003.
- [15]. Aquino, Jo, et al . "Evaluation of the Radiological Safety of ¹⁹² Ir Apparatus for Industrial Gamma Radiography", IRD/CNEN, Rio de Janeiro, Brazil, 2003.
- [16]. International Atomic Energy Agency. "Manual on Gamma Radiography Incorporating: Application Guide, Procedure Guide and Basic Guide Useful". Revision 1, Vienna, 1996.

PERTANYAAN SAAT PRESENTASI

- Tidak ada pertanyaan