

ANALISIS KESELAMATAN RADIASI GEDUNG LABORATORIUM RADIOGRAFI PUSTEKROKET LAPAN SECARA TEKNIS DAN LEGAL (RADIATION SAFETY ANALYSIS, TEHNICALLY AND LEGALLY, OF RADIOGRAPHIC BUILDING LABORATORY IN PUSTEKROKET LAPAN)

Rika Suwana Budi¹, Rofiq Syaifudin²

¹Pusat Teknologi Roket LAPAN

²Pusat Teknologi Kalibrasi dan Metrologi Radiasi

¹e-mail: rikasuwanabudi@yahoo.com

Diterima : 18 September 2019; Direvisi : 08 Oktober 2019; Disetujui : 24 Oktober 2019

ABSTRAK

Analisis keamanan radiasi diperlukan untuk mengevaluasi tingkat keamanan radiasi dan tindakan yang diperlukan pada saat bekerja atau berada di lingkungan dengan radiasi tinggi. Tujuan penelitian adalah untuk menentukan kelayakan gedung sebagai perisai radiasi bagi pekerja dan masyarakat di sekitarnya. Hasil pengujian tingkat kebocoran radiasi menunjukkan bahwa tingkat paparan radiasi di luar gedung radiografi melebihi nilai batas dosis yang diperkenankan. Berdasarkan perka BAPETEN No. 4 tahun 2013, gedung radiografi yang ada tidak layak digunakan sebagai tempat uji radiografi. Gedung laboratorium uji radiasi memerlukan penambahan dinding perisai agar layak digunakan sebagai tempat uji tak merusak dengan metode radiografi.

Kata kunci: *paparan, kebocoran radiasi, perisai radiasi*

ABSTRACT

Safety Radiation Analysis is required to evaluate the safety level and measures when it comes to working in higher radiation level environment. This research was intended to evaluate the safety of the radiographic building laboratory as radiation shielding for the radiographer and public surrounding the site. Leakage testing of the radiografi laboratorium building indicated that the radiation exposure outside the building over the radiation threshold. Based on nuclear safety board regulation, Perka BAPETAN No. 4 tahun 2013, the existing building is not safe to perform the radiographic testing and the additional shielding for the wall was required.

Keywords: *paparan, kebocoran radiasi, perisai radiasi*

1 PENDAHULUAN

Uji radiografi adalah uji tak merusak yang merupakan bagian dari rangkaian kegiatan uji kualitas roket dan komponen pendukungnya (Budi dan Rosita, 2017). Pengujian radiografi ditujukan untuk mengetahui ada tidaknya ketidaksinambungan material dari bahan uji yang berupa cacat. Adanya cacat material menyebabkan sampel uji tidak bisa diterima untuk dilakukan proses uji/proses manufaktur lanjutan.

Pengujian radiografi menggunakan sinar radiasi pengion baik yang berasal dari sinar pembangkit sinar pengion (misal sinar X), maupun dari peluruhan bahan radioaktif. Dalam pengujian radiografi di pustekroket LAPAN sumber radiasi berasal dari mesin X-ray 360 kV dan kamera gamma Co-60 dengan waktu paro 5 tahun.

Di laboratorium uji kualitas, pengujian tak merusak secara radiografi ditujukan untuk menguji roket, motor roket, komponen roket dan motor roket dengan diameter mulai dari 70 mm sampai dengan 450 mm.

Beban kerja dalam proses penyinaran (tahun 2017 – 2019) adalah 1-3 menit per titik penyinaran, dengan jumlah total penyinaran per tahun rata-rata 2000 kali penyinaran, hal ini dikarenakan adanya proyek roket pertahanan yang memproduksi roket dari proses hulu, propelan, komponen motor roket hingga menjadi roket yang diuji pada skala penuh. Beban penyinaran ini akan bertambah bila dihitung penyinaran untuk roket dan komponen motor roket dari roket eksperimental milik LAPAN sendiri, misal roket RX 320, RX- 122, RX-450 dll.

Mengingat bahwa proses pengujian radiografi di LAPAN masih dilakukan secara manual, bukan otomasi, maka dampak penyinaran cepat atau lambat akan mempengaruhi

kesehatan pekerja radiasi maupun lingkungan sekitarnya bila pekerjaan produksi massal ini terus menerus dikerjakan. Atas dasar hal ini maka diperlukan berbagai tindakan preventif untuk mencegah terjadinya paparan radiasi berlebih baik melalui penatalaksanaan infrastruktur maupun melalui teknik administratif.

Sinar radiasi pengion berpengaruh secara biologis karena dapat menyebabkan kerusakan sel melalui proses ionisasi molekul-molekul yang terlibat dalam proses biologis (ICRP, 2014). Ionisasi pada molekul DNA dapat menyebabkan mutasi genetik dan juga dapat menyebabkan kematian. Mengingat sifat merusaknya maka penggunaan sinar radiasi dalam proses uji radiografi harus memenuhi syarat keselamatan dan kesehatan kerja.

Secara teknis perlindungan terhadap bahaya radiasi dilakukan dengan menggunakan system perisai radiasi (ICRP, 1990) dalam berbagai tingkatan, mulai dari pengamanan sumber, caranya dengan menempatkan sumber dalam container yang mampu menahan laju radiasi dengan menggunakan bahan yang mempunyai densitas sangat tinggi sehingga paparan radiasi keluar dalam jarak 1 (satu) meter memenuhi syarat keselamatan; gedung tempat kegiatan dilaksanakan, ketebalan dinding gedung tempat kegiatan uji radiografi dikerjakan, menggunakan bahan beton yang memenuhi syarat tertentu. Apabila terjadi kondisi gawat darurat radiasi dalam gedung, dinding gedung berfungsi sebagai perisai radiasi terhadap lingkungan di sekelilingnya; perisai radiasi portable, bahan yang digunakan dalam kondisi gawat darurat, yang menuntut personil untuk melakukan pengamanan dan perlindungan lingkungan, bahan yang digunakan biasanya bahan berdensitas tinggi

dengan ukuran dan bentuk geometri yang paling mudah dibawa oleh personil. Dalam studi ini dibahas aspek keselamatan radiasi dari gedung laboratorium radiografi pusat teknologi roket LAPAN, mulai dari teknik perhitungan tebal dinding gedung, pembuktian dengan metode uji kebocoran radiasi, dan analisa aspek hukum dari laporan hasil uji sebagaimana dinyatakan pihak berwenang yakni: Pusat Teknologi Kalibrasi dan Metrologi Radiasi Badan Tenaga Nuklir Nasional (PTKMR BATAN).

2 METODOLOGI

Perancangan perisai radiasi pada prinsipnya adalah menghitung tingkat radiasi ke lingkungan sehingga memenuhi syarat keamanan bagi lingkungan dan pekerja radiasi.

Dinding gedung tempat pekerjaan radiografi dilakukan merupakan perisai radiasi bagi sumber radiasi baik saat digunakan maupun sesudah digunakan, terutama bagi sumber radiasi berbasis peluruhan atom.

Aspek hukum dari laporan hasil uji adalah konsekuensi hukum yang berakibat perlu tidaknya suatu tindakan dilakukan terkait amar putusan dari laporan hasil uji.

2.1 Perhitungan Tebal Dinding Gedung Laboratorium Radiografi

Untuk menghitung tebal dinding gedung laboratorium radiografi dilakukan perhitungan dengan menyatakan berkas radiasi sebagai berkas radiasi sempit dan sejajar. Berkurangnya fluks radiasi primer sesudah melintasi perisai setebal x , mengikuti persamaan (Wiryosimin, 1995, Profio, 1999)

$$\phi_P(x) = \phi_P(0)e^{-\mu x} \quad (2-1)$$

bila $\phi_P(x)$ menyatakan fluks radiasi primer sesudah melintasi perisai radiasi setebal x , $\phi_P(0)$ melambangk radiasi primer di titik P sebelum adanya perisai, dan μ koefisien pengurangan total. Dengan menggunakan persamaan untuk menghitung laju paparan di atas dan persamaan :

$$X(x) = X(0)e^{-\mu x} \quad (2-2)$$

Bila kedua persamaan diatas tersebut digunakan maka nilai perisai radiasi dalam kenyataannnya akan terlalu tipis akibat adanya fluks hamburan yang terdeteksi bersama radiasi primer, dengan demikian bila kita pertimbangkan laju hamburan maka persamaan di atas diubah menjadi

$$\phi_{P+H}(x') = \phi_P(0)e^{-(\mu-\sigma_s)x'} \quad (2-3)$$

σ_s koefisien hamburan, persamaan ini mengakibatkan tebal perisai dalam kenyataannya menjadi terlalu tebal. Sebagai pendekatan real terhadap dinding perisai nyata, maka digunakan persamaan

$$\phi(x) = \phi(0)Be^{-\mu x} \quad (2-4)$$

dengan B adalah faktor pertumbuhan, *build up factor*, nilai faktor pertumbuhan diperoleh dari tabel atau grafik yang disediakan (Profio, 1999).

2.2 Ketentuan Keselamatan Radiasi Berdasarkan Perka BAPETEN no 4 tahun 2013

Aspek hukum dari laporan hasil uji adalah konsekuensi hukum yang berakibat perlu tidaknya suatu tindakan dilakukan terkait amar putusan dari laporan hasil uji. Dalam laporan hasil uji dinyatakan bahwa hasil uji sesuai dengan Perka BAPETEN nomor 4 tahun 2013.

Persoalan dari amar putusan, sebagai kesimpulan dari hasil pengujian adalah bahwa yang dimaksud dengan sesuai perka BAPETEN nomor 4 tahun 2013 tersebut tidak jelas rujukan pasal dan ayatnya.

Pihak PTKMR selaku penerbit laporan hasil uji tidak mencantumkan nilai yang sesuai untuk setiap hasil pengukuran, yang merupakan acuan lolos tidaknya suatu data hasil pengujian.

2.3 Metode Uji Kebocoran Radiasi

Untuk mengetahui tingkat keselamatan dari suatu perisai radiasi, dilakukan uji kebocoran perisai (Syaifudin, 2018). Nilai hasil uji kebocoran perisai ini kemudian dirujukkan kepada ketentuan yang ditetapkan oleh pihak badan pengawas tenaga atom nasional (bapeten).

Pengujian tingkat kebocoran gedung radiografi pustekroket, dilakukan oleh para petugas Pusat Teknologi Kalibrasi dan Metrologi Radiasi Badan Tenaga Nuklir Nasional (PTKMR BATAN) dikerjakan sebagai berikut:

1. Sumber Co-60 dipaparkan secara panoramik.
2. Ditentukan 8 (delapan) titik sampel uji.
3. Pada 8 (delapan) titik sampel uji tersebut dilakukan pengukuran tingkat radiasi dalam satuan uSv/jam
4. Hasil pengukuran kemudian dirujukkan kepada peraturan kepala badan pengawas tenaga nuklir nomor 4 tahun 2013.

3 HASIL PEMBAHASAN

Tabel 3-1 menunjukkan hasil pengukuran terhadap dinding beton gedung laboratorium, dibandingkan dengan perhitungan terbukti bahwa

tebal dinding beton sebesar 40 cm, tidak mampu memberikan perlindungan baik bagi pekerja radiasi maupun lingkungan, dengan demikian maka dinding gedung memerlukan tambahan perisai radiasi.

Perhitungan ulang untuk mendapatkan dinding yang optimal disajikan pada tabel 3-2, alternatif bahan untuk tambahan perisai yang optimal adalah dengan menggunakan bahan timbal setebal 25 mm, penambahan beton setebal 100 cm, atau penambahan ruang bawah tanah, apapun alternatif diatas perlu ditinjau dari segi pembiayaan.

Tindakan prosedur administratif berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pihak PTKMR dipahami sebagai berikut: berdasarkan perka BAPETEN nomor 4 tahun 2013, maka syarat keselamatan personil yang terpapar radiasi dalam rentang satu tahun adalah apabila batas dosis yang diterima maksimum 20 mSv atau 200000 uSv, maka nilai yang tertera di atas akan sama atau terlampaui apabila terjadi secara nyata, dengan demikian untuk mencegah hal tersebut terjadi, prosedur proteksi yang diperlukan adalah dengan melengkapi personil yang berada di sekitar gedung radiografi dengan monitor perorangan yang diperiksa secara berkala.

Pengurangan risiko paparan pada personel dilakukan dengan cara mencatat paparan lingkungan di area kritis yang memungkinkan interaksi para pekerja non radiasi.

Lokasi fisik gedung radiografi dapat dilihat dalam gambar 3-1, gedung memanjang dengan atap asbes merupakan gedung uji radiografi, lokasi gedung ini dikelilingi oleh jalan umum di kedua samping dan depan gedung, juga dikelilingi gedung lain yang berpenghuni/ada aktifitas, serta sarana

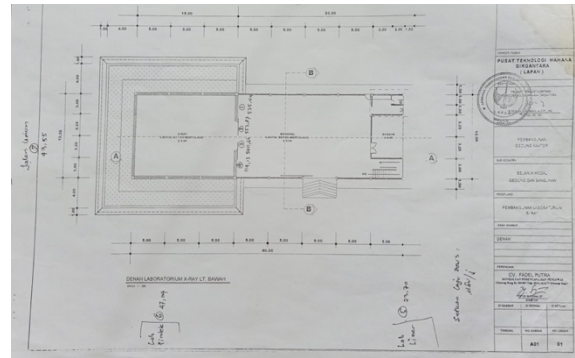
olah raga bulu tangkis tampak berada di depan gedung



Gambar 3-1: Denah Lokasi Gedung Radiografi

Selain berfungsi sebagai gedung uji radiografi, gedung ini juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan sumber radioaktif yang dibungkus dalam kontainer kamera gamma. Gambar 3-2 menunjukkan bagan struktur gedung radiografi bagian dalam (rancang bangun gedung tahun 2008).

Gambar 3-3 adalah bagan titik pengukuran uji kebocoran di dalam ruang seksi uji radiografi. Pengujian dilakukan dengan menempatkan sumber pada titik kritis dari ruang seksi uji, yang dimaksud titik kritis adalah area uji pada bagian atas seksi uji tempat dilaksanakan pengujian. Area ini disebut kritis karena terletak sejajar dengan permukaan jalan di depan gedung radiografi.



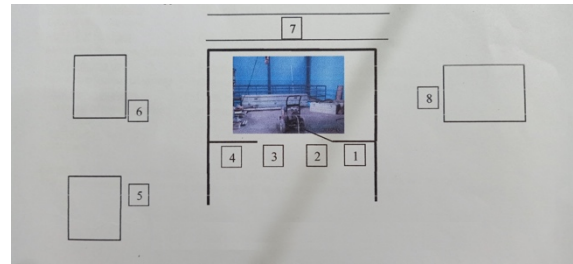
Gambar 3-2: Peta Rancangan Gedung Radiografi tahun 2008

Berdasarkan perka bapeten no 4 tahun 2013, nilai tingkat keamanan terhadap radiasi dari dinding fasilitas gedung radiografi, yang difungsikan sebagai pelindung dalam kegiatan radiografi, tidak dimuat dalam perka BAPETEN ini, sehingga untuk menyatakan kelayakan dari gedung radiografi sebagai perisai radiasi tidak dapat ditentukan menggunakan perka bapetern no 4 tahun 2013. Dengan demikian maka perka BAPETEN No. 4 tahun 2013 tidak dapat dijadikan rujukan untuk menyatakan bahwa suatu gedung dengan ketebalan dinding tertentu yang terbuat dari bahan tertentu adalah aman terhadap suatu radiasi dari sumber tertentu, hal ini dikarenakan tidak dicantumkan nilai-nilai ambang untuk dinding gedung/perisai radiasi yang bersifat permanen. Dalam perka ini hanya dicantumkan tentang batas dosis bagi pekerja radiasi bukan fasilitas proteksi radiasi permanen, seperti gedung bunker dan lain-lain.

Mengingat Perka BAPETEN No. 4 tahun 2013 itu menekankan pada aspek keamanan personil, maka bila dijadikan sebagai rujukan tingkat keamanan personil, perka ini justru menyatakan ketidaklayakan gedung sebagai tempat bekerja para pekerja radiasi.

Untuk pekerja radiasi area pengendalian yang dapat dimasuki para pekerja radiasi adalah area dengan nilai paparan $2,5 \mu\text{Sv/jam}$, adapun pekerja radiasi magang atau pekerja radiasi yang belum mendapatkan pelatihan hanya boleh bekerja di area kendali pada nilai $0,75 \mu\text{Sv/jam}$, untuk pekerja non radiasi / masyarakat umum area paparan radiasi yang diperkenankan adalah area dengan nilai $0,25 \mu\text{Sv/jam}$ (BATAN Pusdiklat, 2005). Dari hasil uji tampak bahwa nilai uji di luar area gedung radiografi sangat jauh dari nilai yang diperbolehkan, dapat disimpulkan bahwa gedung radiografi ini memerlukan perbaikan teknis agar layak secara lingkungan untuk digunakan.

Penggunaan gedung dengan kondisi seperti diatas memerlukan prosedur administratif yang ketat dan teliti yang mampu menjamin tingkat keamanan pelaksanaan pekerjaan bagi para pekerja radiasi itu sendiri maupun bagi masyarakat umum pengguna gedung disekelilingnya.



Gambar 3-3: Peta Titik Pengukuran Ruang Radiograf

Tabel 3-1: Hasil pengukuran tingkat radiasi daerah kerja ruang Radiografi menggunakan sumber radiasi gamma Co-60, Kamera gamma Sentri 110 dengan aktivitas 49,20 per 20 Februari 2018.

No.	Titik Lokasi Pengukuran	Laju Dosis (uSv/Jam)				Ketidakpastian (%)	
		Terbaca			Terukur		
		I	II	III		Rerata	
1	Depan 1	485	572	599	552	535,44	14,8
2	Pintu 1	570	571	572	571	553,87	8,1
3	Pintu 2 (terbuka)	5170	5170	5160	5166,66	5011,66	8,1
4	Depan 2	119	118	116	117,66	114,66	8,2
5	Depan Lab Liner	25,50	24,20	23,60	24,43	23,70	9,3
6	Depan Lab Piroteknik	49,20	48,70	47,10	48,50	47,04	8,5
7	Jalan Umum/Lab HTPB	44,90	45,10	44,30	44,90	43,55	8,1
8	Samping Lab Uji Mekanik	11,50	12,10	12,20	11,93	11,57	8,9

Tabel 3-2: Hasil perhitungan ulang nilai ketebalan dinding bangunan

No.	Titik Lokasi Pengukuran	Penambahan Tebal Perisai Timbal (mm)			
		Timbal	Beton H ¹⁾	Beton L ²⁾	Beton M ³⁾
1	Depan 1	25	997,8	3540	700
2	Pintu 1	80	3000	2523	2000
3	Pintu 2 (terbuka)	80	3000	2558	2000
4	Depan 2	25	997,8	3000	2250
5	Depan Lab Liner	25	985,6	3000	2250
6	Depan Lab Piroteknik	25	1122	3000	2250
7	Jalan Umum	25	2357	5000	2750
8	Samping Lab Uji Mekanik	25	1114	3000	2250

- ¹⁾ Beton dengan kualitas tinggi (High Density Concrete), (Abraham et al., 2011, 2012)
- ²⁾ Beton biasa untuk konstruksi bangunan (Low Density Concrete) (Profio, 1999)
- ³⁾ Beton berbasis pasir Monasit/Bauksit (Abraham et al., 2011)

4 KESIMPULAN

Pengujian laju paparan radiasi dengan teknik uji kebocoran menunjukkan bahwa tebal dari dinding gedung laboratorium radiografi perlu diperbaiki, apabila mengacu pada ketentuan Perka Bapeten nomor 4 tahun 2013 dengan rujukan berdasarkan nilai batas dosis yang diterima personil pekerja radiasi dan masyarakat umum per tahun dan bukan nilai tingkat keamanan tebal dinding, maka paparan radiasi untuk masyarakat umum dari sumber Co-60 yang dioperasikan di laboratorium radiografi pustekroket, sudah melebihi nilai yang ditentukan dalam perka bapeten nomor 4 tahun 2013 pada saat uji kebocoran perisai, perhitungan ulang tingkat keamanan tebal dinding, menunjukkan bahwa perlu ditambahkan material penahan radiasi dengan jenis material dan ketebalan tertentu.

Dari sisi hukum pemahaman terhadap hasil uji dapat dipahami sebagai putusan yang memerlukan tindakan administratif korektif apabila koreksi dinding bangunan tidak dilakukan. Mengingat perka bapeten No. 4 tahun 2013 tidak mencantumkan nilai tebal dinding perisai untuk mengurangi radiasi sinar gamma dengan sumber Co-60. Pemahaman hasil uji kebocoran gedung bila dihubungkan terhadap tingkat keamanan personil sebagai basis kelayakan penggunaan gedung yang ada saat ini menunjukkan bahwa dengan perka BAPETEN No. 4 tahun 2013, gedung radiografi ini tidak layak secara lingkungan dan memerlukan perbaikan teknis.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada tim Uji PTKMR BATAN yang menyediakan data hasil uji area kerja, tim uji kualitas pustekroket unit NDT Radiografi yang antusias membantu melakukan teknis pengujian, serta Tim Redaksi Jurnal Teknologi Dirgantara yang sudah memuat tulisan ini.

SARAN DAN REKOMENDASI

Mengingat pada perka bapeten No. 4 tahun 2013 hanya memuat ketentuan tentang Nilai Batas Dosis bagi personil, dan bukan dinding perisai, disarankan agar pada perka bapeten berikutnya diberikan berbagai jenis material beserta besaran tebal dinding/perisai radiasi agar memudahkan dalam design ruang radiasi.

DAFTAR RUJUKAN

- ICRP, 2014. *Optimization and decision making in radiological protection*, International Commission on Radiation Protection, Publication number 55, Pergamon Press.
- Abraham, Milkovich, E., Spatznick, A., adn Goldsteran, M., 2011. *Effect of High Density Concrete on Design of Shielding Radiation for Industrial Testing*, Journal of Radiation Vol. 10 Issue 1, 31-35.
- Abraham, Milkovich, E., Spatznick, A., adn Goldsteran, M., 2012. *Monacite material for Radiation Shielding, effect on concrete construction and radiological shielding*, Rev Phys Vol. 20 Issue 12, 41-45.
- BATAN, Pusdiklat, 2005. Diktat Pelatihan Radiografi Tingkat 1.

- Budi, R. S. dan Rosita, G., 2017. *Pengaruh Komposisi Propelan Terhadap Nilai Atenuasi Radiografi*, Prosiding SIPTEKGAN XXI-2017, 18 Juli 2017, ISBN 978-602-71833-3-9.
- ICRP, 1990. *Recommendation of the international commission on radiological protection, International Commission on Radiation Protection*, Publication number 60, Pergamon Press.
- Profio, A. E., 1999. *Radiation Shielding and Dosimetry*. A Willey Interscience Publication John Willey and Sons.
- Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 4 Tahun 2013 tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir. https://jdih.bapeten.go.id/files/000322_475.pdf diunduh: 17 September 2019
- Syaifuddin, R., 2018. *Laporan Hasil Uji Tingkat Radiasi Daerah Kerja/Benda Uji*. Laporan Teknis Pengujian. Badan Tenaga Nuklir Nasional, Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi No. 006 DK/KN 02 01/KMR 4.1/IV/2018, Jakarta.
- Wiryosimin, S., 1995. *Mengenal Asas Proteksi Radiasi*. Penerbit ITB Bandung.