

KAJIAN KESELAMATAN RADIASI PENGGUNAAN IRIDIUM-192 DAN SELENIUM-75 UNTUK PRAKTEK RADIOGRAFI INDUSTRI DI POLITEKNIK

**Mochamad Yusuf Santoso¹, Mohammad Thoriq Wahyudi², Mochammad Karim Al
Amin², Haidar Natsir Amrullah¹, Edy Setiawan³**

- 1) Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia, yusuf.santoso@ppns.ac.id
- 2) Teknik Pengelasan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia
- 3) Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

ABSTRAK

KAJIAN KESELAMATAN RADIASI PENGGUNAAN IR-192 DAN SE-75 UNTUK PRAKTEK RADIOGRAFI INDUSTRI DI POLITEKNIK. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran disebutkan bahwa salah satu jenis pemanfaatan tenaga nuklir adalah radiografi dengan sumber radiasi gamma. Kegiatan radiografi industri tidak hanya dilaksanakan di lingkungan industri, tetapi juga untuk kegiatan pendidikan dan pelatihan (diklat), termasuk di politeknik. Aspek keselamatan praktek radiografi industri menjadi perhatian serius karena radiografi memiliki potensi bahaya radiasi terhadap pekerja, anggota masyarakat, dan lingkungan. Pada makalah ini, kajian akan dititikberatkan pada penentuan daerah kerja untuk praktek radiografi industri menggunakan sumber Iridium-192 dan Selenium-75 di politeknik yang sesuai dengan standar keselamatan kerja. Pembagian daerah kerja terdiri dari daerah pekerja radiasi, peserta pendidikan dan pelatihan (diklat), dan masyarakat. Hasil perhitungan jarak aman menggunakan sumber Ir-192 aktivitas 22,1 Ci adalah 140,67 m untuk pekerja radiasi, 74,14 m untuk peserta diklat, dan 574,28 m untuk masyarakat. Sedangkan untuk sumber Se-75 aktivitas 16 Ci, jarak aman untuk pekerja radiasi, peserta diklat, dan masyarakat berturut-turut adalah 77,86 m; 41,04 m; dan 317,86 m. Berdasarkan hasil tersebut, maka kegiatan radiografi industri di politeknik memerlukan area yang sangat luas. Untuk mereduksi area tersebut, dapat digunakan kolimator sebagai bahan penahan radiasi.

Kata kunci: keselamatan radiasi, radiografi industri, Iridium-192, Selenium-75, politeknik

ABSTRACT

STUDY OF RADIATION SAFETY FOR INDUSTRIAL RADIOGRAPHY PRACTICE USING IR-192 AND SE-75 IN POLYTECHNIC. According to the Law of the Republic of Indonesia Number 10 of 1997 concerning Nuclear Power, it is stated that one type of use of nuclear power is radiography with gamma radiation sources. Industrial radiography activities are implemented not only in industrial environments, but also for education and training, including in polytechnic. Safety aspect of industrial radiography practice become a serious concern because it has radiation hazards potential to workers, society and the environment. In this paper, the study will be focused on determination of work area for industrial radiography practices using Iridium-192 and Selenium-75 sources at the polytechnic in accordance with work safety standards. The work area consists of the radiation workers area, education and training participants area, and the society area. The calculation results for the safe distance using the source Ir-192 (activity 22.1 Ci) is 140.67 m for radiation workers, 74.14 m for training participants, and 574.28 m for the community. Whereas for Se-75 (activity 16 Ci), the safe distance for radiation workers, training participants, and the community are 77.86 m, 41.04 m and 317.86 m, respectively. Based on these results, industrial radiography activities at polytechnics require a very large area. To reduce the area, collimator can be used as a shielding of radiation.

Key words: radiation safety, industrial radiography, Iridium-192, Selenium-75, polytechnic

PENDAHULUAN

Dewasa ini pemanfaatan tenaga nuklir semakin berkembang [1]. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran disebutkan bahwa salah satu jenis pemanfaatan tenaga nuklir adalah radiografi dengan sumber radiasi gamma. Radiografi merupakan salah satu teknik pengujian material tak merusak yang dapat digunakan untuk mendeteksi suatu cacat pada sambungan pengelasan, seperti porositas atau retakan [2]. Pengujian dilakukan dengan cara menembakkan sumber radiasi pada daerah pengelasan yang kemudian dihasilkan gambar hasil radiografi.

Radiografi industri dengan sumber gamma menjadi salah satu teknik yang sudah lama digunakan karena sifatnya yang portable [3]. Sumber radiasi gamma yang banyak digunakan untuk radiografi industri antara lain Iridium-192 (Ir-192) dan Selenium-75 (Se-75). Kedua sumber digunakan untuk pengujian tak merusak pada sambungan pengelasan plat dan pipa [4]–[6].

Kegiatan radiografi industri tidak hanya dilaksanakan di lingkungan industri. Radiografi industri juga dimanfaatkan untuk kegiatan pendidikan dan pelatihan (diklat) [7]. Salah satu tempat yang digunakan untuk kegiatan praktek radiografi industri untuk kepentingan pendidikan dan pelatihan adalah politeknik[8].

Aspek keselamatan radiografi untuk praktek radiografi industri menjadi perhatian serius. Hal ini karena radiografi memiliki potensi bahaya radiasi terhadap pekerja, anggota masyarakat, dan lingkungan[9]–[11]. Menurut Badan Energi Atom Internasional, sekitar separo dari kecelakaan pada penggunaan nuklir untuk industri terjadi pada radiografi, baik di negara maju maupun negara berkembang[12]. Di Indonesia, kecelakaan nuklir sedikitnya terjadi tujuh kali pada tahun 2008[13].

Penelitian tentang keselamatan radiografi sudah pernah dilakukan. Namun, umumnya kajian dilakukan untuk kegiatan radiografi yang ada di rumah sakit atau klinik kesehatan[9], [14], [15]. Pada makalah ini, kajian akan dititikberatkan pada penentuan daerah kerja radiografi industri untuk praktek radiografi industri menggunakan sumber Ir-192 dan Se-75 di politeknik yang sesuai dengan standar keselamatan kerja. Harapannya, kegiatan

praktek radiografi dapat dilakukan dengan aman, baik untuk kegiatan pendidikan atau pelatihan bagi peserta didik dan masyarakat.

METODE

Penentuan daerah kerja praktek radiografi yang aman didasarkan pada prinsip proteksi radiasi eksternal untuk kegiatan radiografi industri sesuai dengan Peraturan Kepala BAPETEN No. 8 Tahun 2014. Sumber radiasi gamma yang digunakan adalah Ir-192 dan Se-75 yang banyak digunakan untuk kegiatan radiografi industri [4].

Jarak Aman Radiasi

Perhitungan jarak aman radiasi dilakukan berdasarkan informasi aktivitas sumber radiasi dan pembatas dosis. Nilai aktivitas sumber yang digunakan ditunjukkan pada Tabel. 1. Sedangkan nilai pembatas dosis untuk pekerja radiasi, peserta diklat dan masyarakat berturut-turut adalah 5 $\mu\text{Sv/jam}$, 18 $\mu\text{Sv/jam}$ dan 0,3 $\mu\text{Sv/jam}$ [7]. Jarak aman kegiatan praktek radiografi dihitung menggunakan persamaan laju dosis yang telah diubah dalam bentuk persamaan jarak yang ditunjukkan pada Pers (1).

$$r = \sqrt{\frac{\Gamma \times A}{\dot{H}}} \quad (1)$$

Tabel. 1. Nilai aktivitas sumber radiasi[4]

Sumber	Aktivitas (Ci)	Faktor Gamma, Γ ($\mu\text{Sv/jam} \cdot \text{m}^2/\text{MBq}$)
Ir-192	22,1	0,121
Se-75	16	0,0512

Penahan Radiasi

Penahan radiasi berupa kolimator diperlukan dalam kegiatan radiografi industri menggunakan sumber radiasi gamma [16]. Penahan radiasi dapat mengurangi laju dosis ekuivalen yang diterima oleh pekerja radiasi dan masyarakat. Laju dosis ekuivalen setelah melewati penahan radiasi dihitung menggunakan Pers. (2).

$$\dot{H} = \dot{H}_0 \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{x}{HVL}} \quad (2)$$

Pada penelitian ini digunakan material penahan yang sudah umum digunakan untuk kolimator, yaitu baja, timbal dan tungsten [17].

Nilai HVL untuk masing-masing jenis sumber dan bahan penahan ditampilkan pada Tabel. 2.

Tabel. 2. Nilai HVL untuk Ir-192 [17] dan Se-75 [18]

Sumber	HVL (mm)		
	Baja	Timbal	Tungsten
Ir-192	12,7	4,8	3,3
Se-75	8	1	0,8

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Daerah Kerja

Perhitungan jarak pekerja radiasi, peserta diklat, dan masyarakat dari sumber radiografi dihitung Pers (1). Hasil perhitungan untuk masing-masing sumber ditunjukkan pada Tabel. 3. Berdasarkan hasil tersebut, didapatkan bahwa jarak aman radiasi sangat panjang. Artinya, area kerja ketika praktek radiografi sangat luas. Hal ini tentu saja akan menyulitkan mencari tempat untuk praktek, mengingat area yang paling luas pada suatu politeknik biasanya adalah lapangan basket dengan lebar terluar adalah 15 meter [19]. Jika dipaksakan untuk dilaksanakan, maka kegiatan ini akan menjadi tidak aman.

Tabel. 3. Hasil perhitungan jarak aman praktek radiografi

Sumber	Jarak aman, r (m)		
	Pekerja Radiasi	Peserta Diklat	Masyarakat
Ir-192	140,67	74,14	574,28
Se-75	77,86	41,035	317,86

Tebal Penahan Radiasi

Penentuan tebal penahan radiasi mengacu pada ukuran lebar terluar dari lapangan basket, yaitu 15 meter[19]. Hasil perhitungan penahan radiasi untuk sumber Ir-192 dan Se-75 masing-masing ditunjukkan pada Tabel. 4 dan Tabel. 5.

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan bahwa kegiatan praktek radiografi yang aman harus menggunakan kolimator dengan tebal minimal seperti pada hasil tebal penahan untuk pekerja radiasi. Sehingga kegiatan praktek radiografi industri dapat dilaksanakan di lapangan basket atau area lain yang dimiliki oleh politeknik. Hasil pada Tabel. 4 dan Tabel. 5 juga menunjukkan bahwa sumber

Se-75 membutuhkan tebal kolimator yang lebih tipis daripada sumber Ir-192.

Tabel. 4. Hasil perhitungan tebal penahan radiasi untuk sumber Ir-192

Bahan Penahan Radiasi	Tebal penahan, x (mm)		
	Pekerja Radiasi	Peserta Diklat	Masyarakat
Baja	82,042	58,547	133,61
Timbal	31,008	22,128	50,496
Tungsten	21,318	15,213	34,716

Tabel. 5. Hasil perhitungan tebal penahan radiasi untuk sumber Se-75

Bahan Penahan Radiasi	Tebal penahan, x (mm)		
	Pekerja Radiasi	Peserta Diklat	Masyarakat
Baja	38	23,28	70,48
Timbal	4,75	2,91	8,81
Tungsten	3,8	2,328	7,048

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil kajian ini adalah sebagai berikut:

1. Daerah aman kegiatan praktek radiografi industri menggunakan sumber gamma di politeknik membutuhkan area yang luas, lebih luas dari lapangan basket
2. Penahan radiasi yang dapat digunakan untuk kegiatan praktek radiografi industri memiliki tebal minimal yang sesuai dengan hasil perhitungan laju dosis aman untuk pekerja radiasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS) yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR LAMBANG

- r : jarak (m)
 Γ : faktor gamma ($\mu\text{Sv}/\text{jam} \cdot \text{m}^2/\text{MBq}$)
 A : aktivitas sumber (MBq)
 $\dot{H}$: laju dosis ekuivalen ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$)
 $\dot{H}_0$: laju dosis ekuivalen sebelum diberi penahan radiasi ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$)
 x : tebal penahan (mm)
 HVL : Half Value Layer (mm)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Suryaningsih and H. Al Rasyid, "ANALISIS CACAT PADA PLAT CARBON STEEL MENGGUNAKAN SOFTWARE ISEE UNTUK HASIL FILM IMAGING PLATE (IP)," *PRIMA-Aplikasi dan Rekayasa dalam Bid. Iptek Nukl.*, vol. 14, no. 1, pp. 1–9, 2017.
- [2] A. Movafeghi, N. Mohammadzadeh, E. Yahaghi, J. Nekouei, P. Rostami, and G. Moradi, "Defect Detection of Industrial Radiography Images of Ammonia Pipes by a Sparse Coding Model," *J. Nondestruct. Eval.*, vol. 37, no. 1, p. 3, 2018.
- [3] C. Polee, N. Chankow, S. Srisatit, and D. Thong-Aram, "An industrial radiography exposure device based on measurement of transmitted gamma-ray intensity," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 611, no. 1, 2015.
- [4] Soedardjo, "KAJIAN APLIKASI RADIOGRAFI Ir 192 DAN Se 75 UNTUK INSPEKSI PIPA KETEL UAP PEMBANGKIT LISTRIK PLTU BATU BARA," in *Seminar Keselamatan Nuklir*, 2006, pp. 692–703.
- [5] P. Hayward, H. New Zealand, and D. C. S. New Zealand, "Radiography of welds using selenium 75, ir 192 and x-rays," in *12th A-PCNDT 2006 – Asia-Pacific Conference on NDT*, 2006.
- [6] D. R. Kurniawan, "Analisa Hasil Pengelasan SMAW Dengan Arus 200A Pada Material Plat ST 37 Menggunakan Elektroda E7018 Yang Di Rendam Air Dengan Pengujian Radiografi Dan Makro Etsa," *Sepuluh Nopember Institute of Technology*, 2017.
- [7] S. Wiyuniati, U. Nilai, P. Dosis, B. Pekerja, and P. Pelatihan, "Usulan Nilai Pembatas Dosis Bagi Pekerja Radiasi dan Peserta Pelatihan di Pusdiklat BATAN," *Widyanuklida*, vol. 15, no. 1, pp. 46–51, 2015.
- [8] Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS), *Informasi dan Pengenalan Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (IP3NS)*. Surabaya: PPNS, 2017.
- [9] M. R. Tekad R., G. Anindita, and M. Y. Santoso, "Perancangan Keselamatan Ruang Radiologi Pesawat Sinar-X Di PSTA BATAN Yogyakarta," in *Proceeding 1 st Conference on Safety Engineering and Its Applicationst Conference on Safety Engineering and Its Application*, 2018, no. 1, pp. 292–297.
- [10] S. Muhammad, R. D. RPS, and F. Tusafariah, "Fasilitas Penyimpanan Sumber Terbungkus Iridium-192 untuk Radiografi Industri," *Widyanuklida*, vol. 14, no. 1, pp. 22–27, 2014.
- [11] S. Hasnel and M. Akhadi, "Pengawasan untuk Optimalisasi Proteksi dalam Kegiatan Radiografi Industri," *Maj. APRI*, vol. 1, no. 1, pp. 24–32, 2014.
- [12] J. O. Aquino, F. C. A. Da Silva, A. T. Ramalho, and J. M. O. Godoy, "Evaluation of the Radiological Safety of 192 Ir Apparatus for Industrial Gamma Radiography," in *2005 International Nuclear Atlantic Conference*, 2005.
- [13] Kompas, "Tahun 2008 Minimal Terjadi 7 Kecelakaan Nuklir di Indonesia," *Kompas.com*, 2009. [Online]. Available: <https://sains.kompas.com/read/2009/02/26/08121242/tahun.2008.minimal.terjadi.7.kecelakaan.nuklir.di.indonesia>. [Accessed: 25-Jul-2018].
- [14] N. SEKARNINGRUM, "PENGARUH PAJANAN RADIASI GAMMA TERHADAP PENURUNAN LIMFOSIT, MONOSIT, IFN- γ , DAN CD4+ PADA PEKERJA RADIOGRAFI INDUSTRI," *Airlangga University*, 2016.
- [15] S. Mulyati, M. I. Katili, and Y. Kartikasari, "PENERAPAN KESELAMATAN KERJA RADIASI PADA SISTEM PELAYANAN FLUOROSKOPI BAGASI DI BANDARA INTERNASIONAL AHMAD YANI SEMARANG," *LINK*, vol. 12, no. 1, pp. 8–11, 2016.
- [16] STUK, *Radiation Safety in Industrial Radiography*. Helsinki, 2012.
- [17] NDT Resource Center, "Half-Value Layer." [Online]. Available: <https://www.nde-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/Radiography/Physics/HalfValueLayer.htm>. [Accessed: 08-Aug-2018].
- [18] High Technology Sources Ltd., "Selenium-75 (Se-75)," 2015. [Online].

- Available:
<http://hightechsource.co.uk/selenium-75-se75/>. [Accessed: 08-Aug-2018].
- [19] FIBA Central Board, *2017 Official Basketball Rules*. Mies: FIBA Central Board, 2017.

Pertanyaan dan jawaban pada saat seminar:

1. **Jenis sumber radiasi gamma yang digunakan?**
Hasil penelitian ini merupakan simulasi perhitungan menggunakan sumber radiasi pengion pada peralatan kamera *gamma*
2. **Nilai batas dosis untuk pekerja radiasi, peserta diklat dan masyarakat mengacu kemana?**
Mengacu pada usulan pembatas dosis untuk pekerja radiasi, peserta diklat dan masyarakat di Pusdiklat BATAN tahun 2015