

## **PENENTUAN NILAI KOEFISIEN SERAPAN BAHAN PADA BESI, TEMBAGA DAN STAINLESS STEEL SEBAGAI BAHAN PERISAI RADIASI**

**Iwan Setiyawan, Heri Sutanto, dan K.Sofjan Firdausi**

*Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang*

*E-mail : setiyawan\_joglo@yahoo.com*

### **ABSTRACT**

*Radiation shield is used to protect both workers and the general public from radiation. In Indonesia there are a lot of potential materials to be used as radiation shielding materials, such as iron, stainless steel and copper which these metals have a certain density and atomic number above 26. For the determination of the value of research material absorption coefficient and radiation dose on ferrous materials, stainless steel and copper as a radiation shield. The study was conducted at RS Happy land Yogyakarta using x-ray radiation source. In testing the absorption coefficient of the material in lead, iron, copper and stainless steel : The plane was set at a voltage, current and time on the conditions of 80 kV 32 mAs and 90 kV 40 mAs were fixed and the distance between the focus to the object as far as 100 cm, Multi Purpose Detector ( MPD ) was placed under the object, wide open field irradiation 5 cm x 5 cm, the center beam was placed right in the middle of the next object do exposure for each thickness of lead, iron, copper and stainless steel was done in sequence according to the thickness variation material. From the test results coefficient absorption material ( $\mu$ ) in iron, copper and stainless steel on condition exposure factor 80 kV 32 mAs showed  $\mu$  for iron absorption coefficient of 0,76 / mm, copper of 1,16 / mm and stainless steel for 0,83 / mm. Results equality between iron, copper and stainless steel with lead to 1,3 mm thickness. Iron 8,9 mm, 5,8 mm copper and stainless steel 8,1 mm. Lead to a thickness of 2 mm, 13,7 mm iron, copper, stainless steel 8,9 mm and 12,5 mm. On condition exposure factor 90 kV 40 mAs showed  $\mu$  for iron of 0,56 / mm, copper 0,92 / mm and stainless steel of 0,62 / mm. Results equality between iron, copper and stainless steel with Lead to a thickness of 2 mm, 17,5 mm iron, copper and stainless steel 10,6 mm 15,7 mm.*

**Keywords:** X - ray Unit, Multi Purpose Detector ( MPD ), Absorption Coefficient, Iron, Copper, Stainless Steel

### **ABSTRAK**

*Perisai radiasi digunakan untuk melindungi pekerja radiasi maupun masyarakat umum. Di Indonesia terdapat banyak bahan yang sangat potensial untuk dijadikan bahan perisai radiasi, diantaranya adalah besi, stainless steel dan tembaga yang mana logam-logam tersebut mempunyai rapat jenis tertentu dan nomor atom diatas 26. Untuk itu dilakukan penelitian penentuan nilai koefisien serapan bahan dan dosis radiasi pada bahan besi, tembaga dan stainless steel sebagai perisai radiasi. Penelitian tersebut dilakukan di RS Happy Land Yogyakarta dengan menggunakan sumber radiasi sinar-x. Dalam pengujian koefisien serapan bahan pada timbal, besi, stainless steel dan tembaga, Pesawat diatur pada tegangan, arus dan waktu pada kondisi faktor ekposi 80 kV 32 mAs dan 90 kV 40 mAs yang tetap serta jarak antara fokus dengan objek sejauh 100 cm, Multi Purpose Detector (MPD) ditempatkan di bawah objek, luas lapangan penyinaran dibuka 5 cm x 5 cm, pusat sinar ditempatkan tepat di tengah-tengah objek selanjutnya dilakukan ekposi untuk masing-masing ketebalan timbal, besi, stainless steel dan tembaga dilakukan secara berurutan sesuai variasi ketebalan bahan. Dari hasil pengujian koefisien serapan bahan pada besi, stainless steel dan tembaga pada kondisi faktor ekposi 80 kV 32 mAs didapatkan hasil nilai koefisien serapan ( $\mu$ ) untuk besi 0,7569/mm, stainless steel sebesar 0,83/mm dan tembaga sebesar 1,16/mm. Hasil kesetaraan antara besi, stainless steel dan tembaga dengan timbal untuk ketebalan 1,3 mm. Besi 8,9 mm, tembaga 5,8 mm dan stainless steel 8,1 mm. Timbal untuk ketebalan 2 mm, besi 13,7 mm, stainless steel 12,5 mm dan tembaga 8,9 mm. Pada kondisi faktor ekposi 90 kV 40 mAs didapatkan hasil nilai ( $\mu$ ) untuk besi 0,56/mm, stainless steel sebesar 0,62/mm, tembaga sebesar 0,92/mm. Hasil kesetaraan antara besi, stainless steel dan tembaga dengan Timbal untuk ketebalan 2 mm, besi 17,5 mm, stainless steel 15,7 mm dan tembaga 10,6 mm.*

**Kata Kunci:** Pesawat sinar-X, Multi Purpose Detector (MPD), Koefisien Serapan, Besi, Tembaga, Stainless Steel

## **PENDAHULUAN**

Instalasi nuklir dan unit radiologi harus memperhatikan proteksi radiasi untuk melindungi pekerja radiasi dan masyarakat umum. Untuk memproteksi diri dari sumber radiasi, maka diterapkan tiga strategi dasar yang dikenal sebagai prinsip proteksi radiasi: mengurangi waktu berada di sekitar sumber radiasi, memposisikan diri sejauh mungkin dari sumber radiasi dan menggunakan perisai radiasi [1].

Program proteksi radiasi bertujuan melindungi para pekerja radiasi serta masyarakat umum dari bahaya radiasi yang ditimbulkan akibat penggunaan zat radioaktif dan atau sumber radiasi lainnya. Penggunaan perisai radiasi sangat penting untuk melindungi dari radiasi baik pekerja maupun masyarakat umum. Untuk mencapai kondisi ruangan radiologi yang aman bagi pekerja radiasi, pasien dan masyarakat, telah ditetapkan standar oleh Badan Pengawasan Tenaga Nuklir, yaitu digunakan bahan yang setara dengan 2 mm timbal. Dengan mempertimbangkan sifat dan penggunaannya yang mudah, materi yang digunakan sebagai bahan penahan sinar-X misalnya timbal dengan ketebalan 2 mm [2-4].

Akan tetapi bahan timbal mempunyai kelemahan dan perlu dipertimbangkan juga bahwa timbal mempunyai tingkat toksisitas yang tinggi, Timbal merupakan zat yang sangat beracun jika terserap ke dalam tubuh. Pengaruh timbal pada kesehatan sangat banyak sekali termasuk diantaranya mengurangi perkembangan IQ, hiperaktif, susah dalam belajar, masalah dalam bersikap seperti kurang peduli dan agresif, rusak alat pendengaran dan lemah pertumbuhan[5,6].

Sebelumnya telah dilakukan penelitian bahwa hasil kesetaraan antara kayu bangkirai tanpa dipanaskan dengan timbal Pb pada ketebalan 1,3 mm setara dengan kayu tanpa perlakuan sebesar 254 mm. Sementara untuk kayu yang mendapat perlakuan pemanasan didapatkan hasil kesetaraan untuk ketebalan 1,3 mm setara dengan 273 mm. Untuk mencapai 2 mm timbal digunakan ketebalan kayu bangkirai

tanpa perlakuan sebesar 391 mm sementara untuk kayu yang mengalami perlakuan dibutuhkan ketebalan sebesar 420 mm. Sedangkan dari penelitian yang lain, kesetaraan ketebalan bahan dengan timbal untuk ketebalan 1,3 mm setara dengan kayu jati 320 mm, kayu ulin 237 mm dan alumunium 72 mm. Dan untuk mencapai ketebalan 2 mm timbal dibutuhkan kayu jati setebal 472 mm, kayu ulin 350 mm dan alumunium 106 mm [7,8].

Di Indonesia banyak bahan alami yang sebenarnya cukup potensial menjadi bahan perisai radiasi, diantaranya adalah besi, stainless steel dan tembaga dikarenakan bahan tersebut lebih ekonomis dari pada timbal selain itu nomor atom bahan tersebut lebih besar dari pada bahan yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Bahan besi mempunyai nomor atom 26 dan tembaga mempunyai nomor atom 29, kedua bahan ini mempunyai nomor atom yang lebih besar dari pada aluminium yang digunakan oleh penelitian sebelumnya.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perlu dilakukan penelitian perbandingan nilai koefisiensi serapan bahan pengganti timbal tersebut dengan bahan logam lain yaitu besi, tembaga dan stainless steel.

## **DASAR TEORI**

Pembangkit sinar-x berupa tabung hampa udara yang di dalamnya terdapat filamen yang juga sebagai katoda dan terdapat komponen anoda. Jika filamen dipanaskan maka akan keluar elektron dan apabila antara katoda dan anoda diberi beda potensial yang tinggi, elektron akan dipercepat menuju keanoda. Dengan percepatan elektron tersebut maka akan terjadi tumbukan tak sempurna antara elektron dengan anoda, akibatnya terjadi pancaran radiasi sinar-X [9].

Salah satu sifat sinar-X yang paling berharga dan menguntungkan adalah dapat menembus bahan dan mengalami atenuasi (diserap) oleh bahan yang dilaluinya, sehingga intensitas

radiasi setelah melewati bahan akan lebih kecil dibandingkan intensitas mula-mula

Sedangkan radiasi elektromagnetik hanya dapat dikurangi intensitasnya bila perisai ini dipertebal. Adapun atenuasi sinar-x kedalam suatu bahan tergantung dari nomor atom, kerapatan bahan, ketebalan bahan, kekerasan bahan atau kalau dinyatakan dalam rumus:

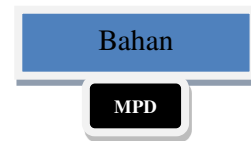
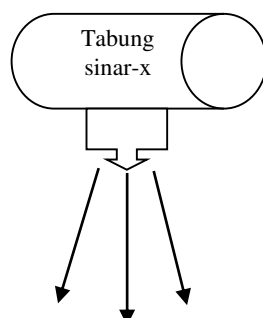
$$I = I_0 \exp(-\mu x) \quad (1)$$

dengan  $I$  sebagai intensitas radiasi setelah menembus bahan,  $I_0$  sebagai intensitas radiasi sebelum menembus bahan,  $\mu$  sebagai koefisien serapan linier bahan dan  $x$  adalah sebagai tebal bahan yang digunakan.

## METODE PENELITIAN

Pesawat sinar-X yang digunakan merupakan pesawat *rontgen* dengan tipe Digital Fluoro Radiografi (DFR) merk Toshiba sebagai sumber radiasi. Detektor yang digunakan *Black Piranha* type Piranha 657. Besi, tembaga dan stainless steel masing-masing dengan 1mm. Timbal dengan ketebalan 0,3 mm sampai 2 mm

Dalam pengujian koefisien serapan bahan pada besi, tembaga, stainless steel dan timbal : Pesawat diatur pada tegangan, arus dan waktu pada dua kondisi yaitu 80 kV 32 mAs dan 90 kV 40 mAs yang tetap serta jarak antara fokus dengan objek sejauh 100 cm, *Multi Purpose Detector* (MPD) ditempatkan di bawah objek, luas lapangan penyinaran dibuka 5 cm x 5 cm, pusat sinar ditempatkan tepat di tengah-tengah objek selanjutnya dilakukan eksposi untuk masing-masing ketebalan bahan besi, tembaga, stainless steel dan timbal dilakukan secara berurutan sesuai variasi ketebalan bahan seperti ditunjukkan gambar 1.

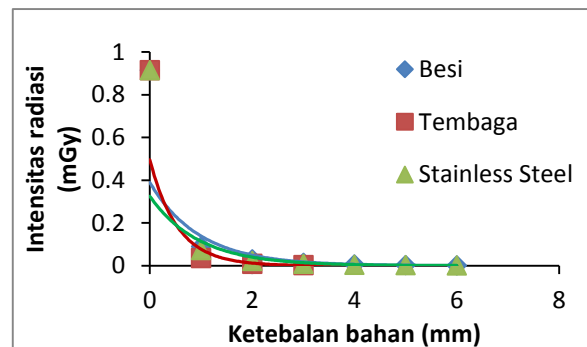


**Gambar 1.** Skema pengukuran paparan radiasi sinar-X.

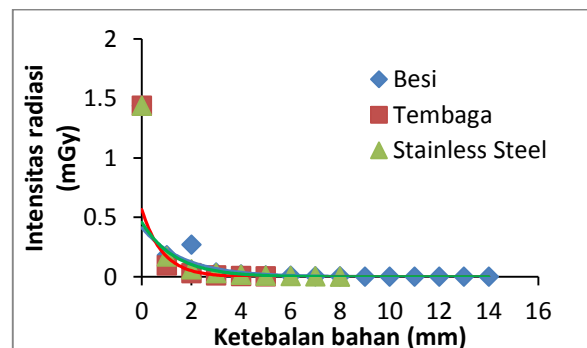
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hubungan intensitas radiasi dengan ketebalan bahan

Dilakukan pengujian serapan radiasi dengan menggunakan bahan besi, stainless steel dan tembaga dengan berbagai variasi ketebalan. Pengujian dilakukan dengan dua kondisi faktor ekposi yaitu 80 kV 32 mAs dan 90 kV 40 mAs. Hubungan antara intensitas radiasi dengan ketebalan bahan dapat dilihat pada gambar 2 dan 3.



**Gambar 2.** Hubungan antara intensitas radiasi dengan ketebalan bahan

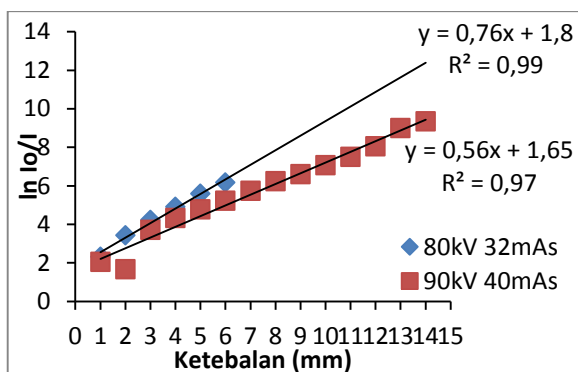


**Gambar 3.** Hubungan antara intensitas radiasi dengan ketebalan bahan kondisi 90kV 40mAs

Dari gambar 2 dan 3 terlihat bahwa secara umum intensitas radiasi dari sinar-x dengan ketebalan bahan besi, tembaga dan stainless steel terjadi pola intensitas secara ekponensial menurun sebanding dengan bertambahnya ketebalan bahan.

#### B. Koefisien Serapan Besi Terhadap Radiasi Sinar-x

Telah dilakukan pengujian serapan radiasi menggunakan bahan perisai yaitu besi dengan beberapa variasi ketebalan yaitu antara 1mm – 7mm pada kondisi faktor ekposi 80 kV dan 32 mAs. Dan dilakukan pengujian serapan radiasi menggunakan bahan perisai yaitu besi dengan variasi ketebalan antara 1mm – 14mm pada kondisi factor ekposi 90 kV dan 40 mAs. Pengukuran dosis radiasi menggunakan elektrometer piranha. Hasil pengukuran dosis radiasi yang telah melewati bahan dapat ditunjukkan dengan gambar 4.

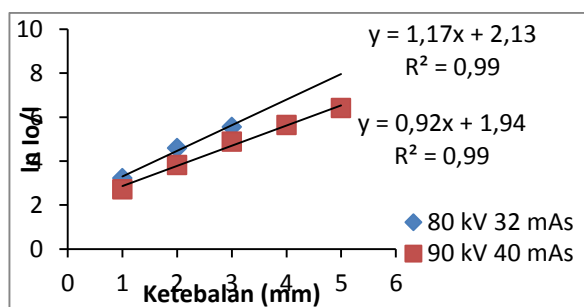


**Gambar 4.** Grafik dosis sinar-x sebelum dan setelah melewati bahan besi

Dari gambar 4 terlihat bahwa secara umum intensitas radiasi dari sinar-X dengan ketebalan bahan besi terjadi pola ekponensial naik dari hubungan ketebalan besi dengan nilai  $\ln I_0/I$ . berdasarkan grafik diatas dapat di ketahui bahwa nilai koefisiensi serapan bahan besi untuk kondisi 80 kV 32 mAs adalah 0,76/mm. Sedangkan untuk kondisi 90 kV 40 mAs koefisien serapan nya sebesar 0,56/mm.

#### C. Koefisien Serapan Tembaga Terhadap Radiasi Sinar-x

Telah dilakukan pengujian serapan radiasi menggunakan bahan perisai yaitu tembaga dengan beberapa variasi ketebalan yaitu antara 1mm – 3mm pada kondisi faktor ekposi 80 kV dan 32 mAs. Dan dilakukan pengujian serapan radiasi menggunakan bahan perisai yaitu tembaga dengan variasi ketebalan antara 1mm – 5mm pada kondisi faktor ekposi 90 kV dan 40 mAs. Pengukuran dosis radiasi menggunakan elektrometer piranha. Hasil pengukuran dosis radiasi yang telah melewati bahan dapat ditunjukkan dengan gambar 5.



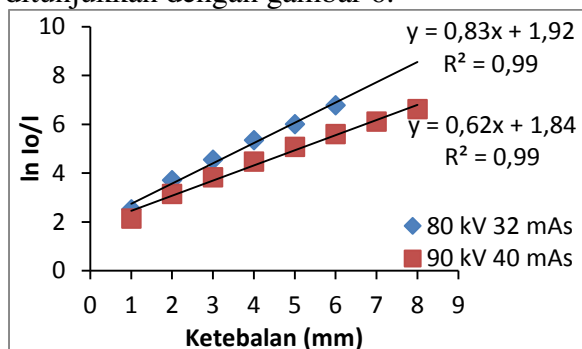
**Gambar 5.** Grafik dosis sinar-x sebelum dan setelah melewati bahan tembaga

Dari gambar 5 terlihat bahwa secara umum intensitas radiasi dari sinar-x dengan ketebalan bahan tembaga terjadi pola ekponensial naik dari hubungan ketebalan besi dengan nilai  $\ln I_0/I$ . berdasarkan grafik diatas dapat di ketahui bahwa nilai koefisiensi serapan bahan tembaga pada kondisi 80 kV 32 mAs adalah 1,17/mm. Sedangkan nilai koefisien serapan bahan tembaga untuk kondisi 90 kV 40 mAs sebesar 0,92/mm.

#### D. Koefisien Serapan Stainless Steel Terhadap Radiasi Sinar-x

Telah dilakukan pengujian serapan radiasi menggunakan bahan perisai yaitu stainless steel dengan beberapa variasi ketebalan yaitu antara 1mm – 6mm pada kondisi faktor ekposi 80 kV dan 32 mAs. Dan dilakukan pengujian serapan radiasi menggunakan bahan perisai yaitu besi dengan variasi ketebalan antara 1mm – 8mm pada kondisi faktor ekposi 90 kV dan 40 mAs. Pengukuran dosis radiasi menggunakan

elektrometer piranha. Hasil pengukuran dosis radiasi yang telah melewati bahan dapat ditunjukkan dengan gambar 6.

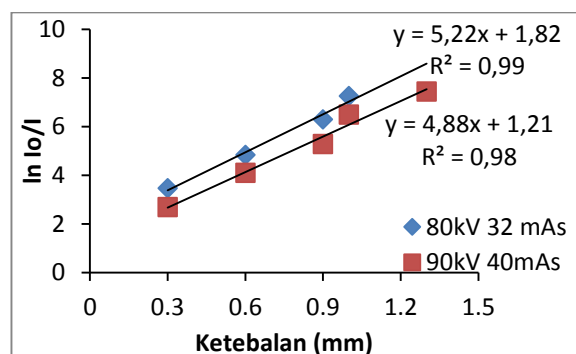


**Gambar 6.** Grafik dosis sinar-x sebelum dan setelah melewati bahan stainless steel

Dari gambar 4.4 terlihat bahwa secara umum intensitas radiasi dari sinar-x dengan ketebalan bahan stainless steel terjadi pola ekponensial naik dari hubungan ketebalan besi dengan nilai  $\ln I_0/I$ . berdasarkan grafik diatas dapat di ketahui bahwa nilai koefisiensi serapan bahan stainless steel pada kondisi 80 kV 32 mAs adalah 0,83/mm. Sedangkan untuk kondisi 90 kV 40 mAs nilai koefisien serapan nya sebesar 0,62/mm.

#### E. Koefisien Serapan Timbal Terhadap Radiasi Sinar-x

Telah dilakukan pengujian serapan radiasi menggunakan bahan perisai yaitu timbal dengan beberapa variasi ketebalan yaitu antara 0,3mm – 1,3mm pada kondisi faktor ekposi 80 kV dan 32 mAs. Dan dilakukan pengujian serapan radiasi menggunakan bahan perisai yaitu timbal dengan variasi ketebalan antara 0,3mm – 1,6mm pada kondisi faktor ekposi 90 kV dan 40 mAs. Pengukuran dosis radiasi menggunakan elektrometer piranha. Hasil pengukuran dosis radiasi yang telah melewati bahan dapat ditunjukkan dengan gambar 7.



**Gambar 7.** Grafik dosis sinar-x setelah melewati bahan timbal

#### F. Kesetaraan Bahan Terhadap Timbal kondisi 80 kV 32 mAs

G.

**Tabel 1** tabel kesetaraan bahan terhadap timbal kondisi 80kV 32mAs

No	Timbal (mm)	Besi (mm)	Tembaga (mm)	Stainless steel (mm)
1	0.3	4	2.6	3.6
2	0.6	5.8	3.8	5.3
3	0.9	7.5	5.2	7.3
4	1	8.4	5.5	7.6
5	1.3	8.9	5.8	8.1
6	2	13.77	8.9	12.5

Dari tabel 1 diatas dapat dilihat kesetaraan bahan besi, stainless steel dan tembaga yang digunakan dengan bahan timbal. kesetaraan bahan dengan timbal 1,3 mm sebagai berikut : besi 8,9 mm, tembaga 5,8 mm, 8,1 mm setara dengan timbal 1,3 mm. Dan untuk kesetaraan bahan dengan timbal pada ketebalan 2 mm sebagai berikut : besi 13,7 mm, tembaga 8,9 mm, stainless steel 12,5 mm setara dengan timbal 2 mm.

#### H. Kesetaraan Bahan Terhadap Timbal kondisi 80 kV 32 mAs

I.

**Tabel 1** tabel kesetaraan bahan terhadap timbal kondisi 80kV 32mAs

No	Timbal (mm)	Besi (mm)	Tembaga (mm)	Stainless steel (mm)
1	0.3	4.8	2.9	4.3
2	0.6	7.4	4.5	6.6
3	0.9	9.5	5.8	8.5
4	1	11.8	7.1	10.5
5	1.3	13.4	8.1	12
6	2	17.5	10.6	15.7

Dari tabel 4.2 diatas dapat dilihat kesetaraan bahan besi, stainless steel dan tembaga yang digunakan dengan bahan timbal. Nilai kesetaraan bahan timbal 1,3 mm membutuhkan besi dengan ketebalan 13,4 mm, tembaga 8,1 mm dan stainless steel 12 mm, sedangkan kesetaraan bahan dengan timbal 2 mm sebagai berikut : besi 17,5 mm, tembaga 10,6 mm, stainless steel 15,7 mm setara dengan timbal 2 mm.

### KESIMPULAN

- A. Koefisien serapan dari ketiga bahan yang dilakukan penelitian pada faktor ekposi 80 kV 32 mAs yang paling besar adalah tembaga yaitu 1,16/mm dan yang paling kecil adalah besi yaitu 0,76/mm. Pada faktor ekposi 90 kV 40 mAs yang paling besar adalah tembaga yaitu 0,92/mm dan yang paling kecil adalah besi yaitu 0,56/mm.
- B. Kesetaraan ketebalan bahan antara besi, stainless steel dan tembaga dengan timbal pada kondisi 80 kV 32 mAs untuk ketebalan timbal 1,3 mm adalah 8,9 mm untuk besi, 8,1 mm untuk stainless steel dan 5,8 mm untuk tembaga. Sedangkan pada ketebalan timbal 2 mm adalah 13,7 mm untuk besi, 12,5 mm untuk stainless steel dan 8,9 mm untuk tembaga.
- C. Kesetaraan ketebalan bahan antara besi, stainless steel dan tembaga dengan timbal pada kondisi 90 kV 40 mAs untuk ketebalan timbal 1,3 mm adalah 13,4 mm untuk besi, 12 mm untuk stainless steel dan 8,1 mm untuk tembaga. Sedangkan pada ketebalan timbal 2 mm adalah 13,4 mm untuk besi, 12

mm untuk stainless steel dan 8,1 mm untuk tembaga.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Putra, H., Satyarno, I., dan Wijatna, A.B., 2008, *Penggunaan Pasir Besi Dari Kulon Progo Dengan Berat Jenis 4,311 Untuk Mortar Perisai Radiasi Sinar Gamma*, Forum Teknik Sipil No. XVIII, Yogyakarta.
- [2]. Akhadi, M., 2012, *Dasar-Dasar Proteksi Radiasi*. Jakarta. Rineka Cipta.
- [3]. Peraturan Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional, 2011, *Tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Pesawat Sinar-x Radiologi Diagnostik dan Intervensial*, Lampiran III, Nomor 8, Jakarta.
- [4]. Cember Herman, 1983. *Introduction to Health Physics, second edition*, Pergamon Press, New York.
- [5]. Kessel, I and O'Connor, J.T., (1997) *Getting the Lead out: The Complete Resource on How to Prevent and Cope with Lead Poisoning*, Published by Plenum Trade, New York.
- [6]. Meyer, P.A., McGeehin, M.A., and Falk, H., (2003) A global approach to childhood lead poisoning prevention, *International Journal Hygiene Environmental Health* 206, 363-369, August 2003, [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12971691](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12971691)
- [7]. Yansyah, A., 2014, *Penentuan Nilai Koefisien Serapan Bahan dan Dosis Radiasi Pada Variasi Kombinasi kayu dan Aluminium*. Youngster physics Journal, Semarang.
- [8]. Japeri, 2013, *Penentuan Koefesiensi Serapan Kayu Bangkirai (SHOREA LAEVIFOLIA) Dan Perbandingannya Terhadap Timbal (Pb) Sebagai Dinding Ruangan Radiologi Diagnostik*, Youngster Physics Journal, Semarang.
- [9]. Suyatno, F., 2008, *Aplikasi Radiasi Sinar-x Di Bidang Kedokteran Untuk Menunjang Kesehatan Masyarakat*, seminar nasional iv sdm teknologi nuklir, yogyakarta.