

## **PENENTUAN NILAI KOEFISIEN SERAPAN BAHAN DAN DOSIS RADIASI PADA VARIASI KOMBINASI KAYU DAN ALUMINIUM**

**Andri Yanyah dan Heri Sutanto**

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

*E-mail : [ayansyah92@gmail.com](mailto:ayansyah92@gmail.com)*

### **ABSTRACT**

*In testing the material absorption coefficient of lead Pb, teak, ironwood and aluminum: The X-ray unit is set at a fixed voltage, current and time on the conditions of 81 kV and 32 mAs. The distance between the tube to the object as far as 100 cm, Multi Purpose Detector (MPD) is placed under the object, size of field radiation is 5 cm x 5 cm, the center beam is placed right in the middle of the object, then do exposure for each thickness of lead Pb, teak, ironwood, aluminum, combination of aluminum and teak, then combination of ironwood with aluminum performed in sequence according to the variations thickness of the material. The results of material coefficient absorption testing for teak wood, ironwood and aluminum, showed the value of the absorption coefficient ( $\mu$ ) for teak 0,023 /mm, ironwood 0,031 /mm and aluminum 0,102 /mm. Equality results between teak, ironwood and aluminum to the lead Pb at thickness of 2 mm, teak wood 472 mm, ironwood 350 mm and for aluminum 102 mm. In thickness combination of 30 mm teak and 30 mm aluminum, absorbed dose that passes material is 0,042 mGy. For the thickness combination of 30 mm ironwood with 30 mm aluminum, the absorbed dose that passes through the material is 0,035 mGy. To be equal with the lead Pb at 1,3 mm thickness, each material has very far equality value due to the thickness of 1,3 mm Pb can absorb dose that passes through the material equal with 0,001 mGy.*

**Keywords:** X-ray mobile, Multi Purpose Detector (MPD), Absorption Coefficient ( $\mu$ ), Pb, Jati, Ulin, Aluminium

### **ABSTRAK**

*Dalam pengujian koefisien serapan bahan pada timbal Pb, kayu jati, kayu ulin dan aluminium : Pesawat diatur pada tegangan, arus dan waktu pada kondisi 81 kV 32 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 timbal Pb, kayu jati, kayu ulin, aluminium, serta kombinasi kayu jati dengan aluminium dan kombinasi kayu ulin dengan aluminium dilakukan secara berurutan sesuai variasi ketebalan bahan. Dari hasil pengujian koefisiens serapan bahan pada kayu jati, kayu ulin dan aluminium, didapatkan hasil nilai koefisien serapan ( $\mu$ ) untuk koefisien serapan kayu jati 0,023/mm, kayu ulin sebesar 0,031/mm dan aluminium sebesar 0,102/mm. Hasil kesetaraan antara kayu jati, kayu ulin dan aluminium dengan timbal Pb untuk ketebalan 2 mm. Kayu jati 472 mm, kayu ulin 350 mm dan untuk aluminium 102 mm. Pada kombinasi ketebalan 30 mm kayu jati dengan 30 mm aluminium dosis serapan yang melewati bahan sebesar 0,042 mGy dan pada kombinasi ketebalan 30 mm kayu ulin dengan 30 mm aluminium dosis serapan yang melewati bahan sebesar 0,035 mGy. Untuk menyetarakan dengan timbal Pb pada ketebalan 1,3 mm masing sangat jauh dikarenakan timbal Pb pada ketebalan 1,3 mm dosis serapan yang melewati bahan tersebut sebesar 0,001 mGy.*

**Kata Kunci:** Pesawat X-ray, Multi Purpose Detector (MPD), Koefisien Serapan ( $\mu$ ), Pb, Jati, Ulin, Aluminium

### **PENDAHULUAN**

Prinsip penahan radiasi adalah mengurangi intensitas radiasi yang didasarkan pada interaksi radiasi dengan materi, yaitu dengan mengubah energi radiasi menjadi energi panas sehingga paparan radiasinya menjadi berkurang. Oleh sebab itu setiap instalasi unit radiologi harus memperhatikan proteksi radiasi

untuk melindungi pekerja radiasi dan masyarakat umum<sup>[4,6]</sup>.

Karena interaksi radiasi dengan materi berbeda menurut jenis materi dan energi radiasi, maka tebal penahan yang digunakan juga berbeda. Umumnya intensitas radiasi dapat dikurangi dengan menambah tebal materi yang digunakan sebagai penahan. Jika radiasi sinar-x dengan intensitas tertentu menembus

bahan penahan, maka intensitas radiasinya akan berkurang secara eksponensial sebanding dengan tebal bahan penahan. Sehingga dapat dianggap bahwa kemampuan penahanan hanya berkaitan dengan rapat jenis materi. Dengan mempertimbangkan sifat dan penggunaannya yang mudah, materi yang digunakan sebagai bahan penahan sinar-x misalnya timbal dengan ketebalan 2 mm<sup>[1,3,4,8,9]</sup>

Di Indonesia banyak bahan alami yang sebenarnya cukup potensial menjadi bahan perisai radiasi, diantaranya adalah kayu yang memiliki tingkat kekerasan tertentu. Untuk itu perlu dilakukan penelitian terhadap tingkat penyerapan beberapa kayu yang potensial digunakan sebagai perisai radiasi. Penggunaan kayu sebagai bahan konstruksi tidak hanya didasari oleh kekuatannya saja, akan tetapi juga didasari oleh segi keindahannya. Pada kayu terdapat hubungan antara berat jenis, kuat lentur dan kuat tekan<sup>[9]</sup>

Sebelumnya telah dilakukan penelitian kesetaraan antara kayu bangkirai dengan timbal Pb pada ketebalan 1,3 mm pb setara dengan kayu bangkirai sebesar 254 mm. Untuk mencapai 2 mm Pb digunakan ketebalan kayu bangkirai sebesar 391 mm<sup>[2]</sup>.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penulis tertarik mengganti timbal Pb tersebut dengan kombinasi kayu dengan alumunium sebagai penahan radiasi sinar-x. Karena pada umumnya penahan radiasi menggunakan timbal Pb. Alumunium bernomor atom 13, kayu jati dan kayu ulin mempunyai tingkat pemakaian I, tingkat keawetan I, dan tingkat kekuatan I.

## TEORI

### A. Sinar-x

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 kenyal sempurna antara elektron dengan anoda, akibatnya terjadi pancaran radiasi sinar-x<sup>[7]</sup>

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:

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (1)$$

Dengan  $I$  sebagai intensitas radiasi setelah menembus bahan,  $I_0$  sebagai intensitas radiasi sebelum menembus bahan, sedangkan  $\mu$  sebagai koefisien serapan linier bahan dan  $x$  adalah sebagai tebal bahan yang digunakan. Untuk memperoleh nilai  $\mu$  dapat diturunkan dari persamaan (1) sehingga di peroleh persamaan:

$$\mu = \frac{1}{x} \ln \frac{I_0}{I} \quad (2)$$

Untuk mencari  $x$  maka dengan cara menurunkan persamaan (1) menjadi:

$$x = \frac{1}{\mu} \ln \frac{I_0}{I} \quad (3)$$

## METODE PENELITIAN

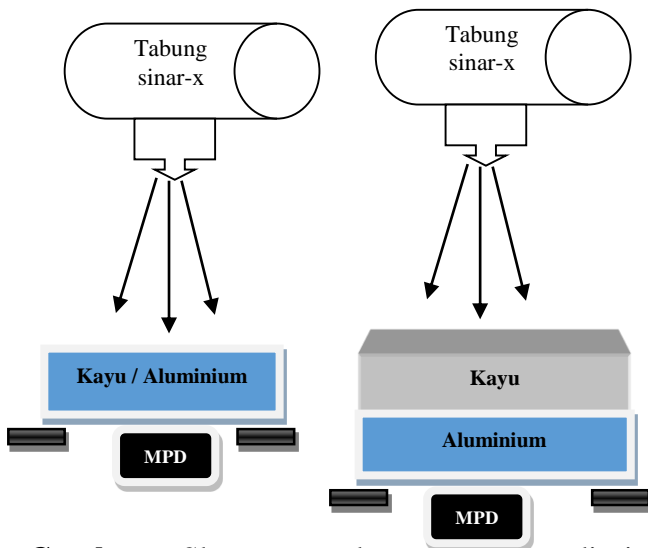
### A. Alat dan Bahan

pesawat sinar-x yang digunakan merupakan pesawat *rontgen* dengan tipe Digital Fluoro Radiografi (DFR) merk Siemens AG sebagai sumber radiasi. Detektor yang digunakan *Black Piranha* type Piranha 657. Timbal Pb dengan ketebalan 0,3 mm sampai 2 mm, kayu jati dan kayu ulin dengan ketebalan 20 mm, 25 mm dan 30 mm, sedangkan untuk aluminium berketebalan 0,5 mm sampai 30 mm.

### B. Tata Kerja

Dalam pengujian koefisien serapan bahan pada timbal Pb, kayu jati, kayu ulin dan aluminium : Pesawat diatur pada tegangan, arus dan waktu pada kondisi 81 kV 32 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 timbal Pb, kayu jati, kayu ulin, aluminium, serta kombinasi kayu jati dengan aluminium dan kombinasi kayu ulin dengan aluminium dilakukan secara berurutan sesuai variasi ketebalan bahan.

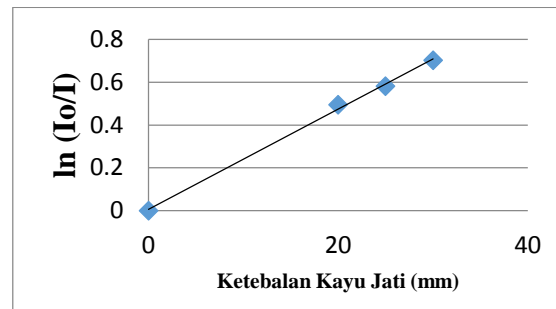


**Gambar 1.** Skema pengukuran paparan radiasi sinar-x.

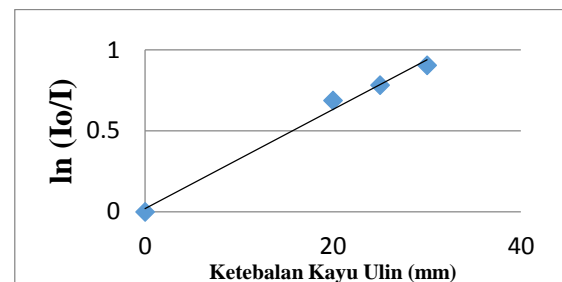
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Koefisien Serapan Kayu Jati dan Kayu Ulin Terhadap Radiasi Sinar-x

Setelah dilakukan pengujian serapan radiasi sinar-x oleh bahan kayu jati dan kayu ulin untuk beberapa ketebalan, yaitu dari ketebalan 20 mm, 25 mm dan 30 mm. Pengukuran dosis dilakukan menggunakan elektrometer Piranha. Hasil radiasi yang melewati bahan kayu jati secara visual ditunjukkan oleh Gambar 2 dan untuk kayu ulin secara visual ditunjukkan oleh Gambar 3.



**Gambar 2.** Grafik dosis sinar-x sebelum dan setelah melewati bahan kayu jati.



**Gambar 3.** Grafik dosis sinar-x sebelum dan setelah melewati bahan kayu ulin.

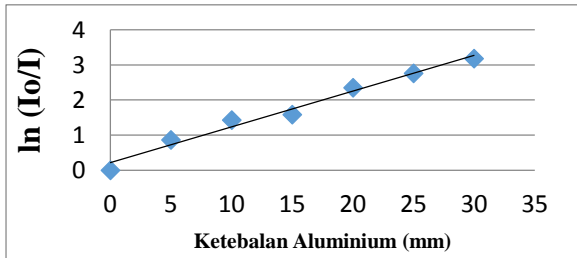
Dari gambar 2 dan 3 terlihat bahwa secara umum intensitas radiasi dari sinar-x dengan ketebalan bahan kayu terjadi pola intensitas secara linier dengan persamaan pada gambar 2  $y = 0,0235x + 0,0053$  dengan  $\mu = 0,23$  dan pada gambar 3  $y = 0,0317x + 0,018$  dengan  $\mu = 0,31$ .

Secara eksperimen didapatkan nilai koefisien serapan bahan yaitu untuk kayu jati sebesar 0,023/mm dan nilai koefisien untuk kayu ulin sebesar 0,031/mm. Dari kedua bahan kayu tersebut dapat dikatakan bahwa kayu ulin mempunyai kemampuan yang lebih baik dibanding dengan kayu jati dalam sebagai penahan radiasi.

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

Setelah dilakukan pengujian serapan radiasi sinar-x oleh bahan aluminium dengan beberapa ketebalan, yaitu dari ketebalan 5 mm sampai ketebalan 30 mm. Pengukuran dosis dilakukan menggunakan elektrometer Piranha. Hasil dosis radiasi yang melewati bahan

aluminium untuk beberapa ketebalan secara visual ditunjukkan oleh Gambar 4

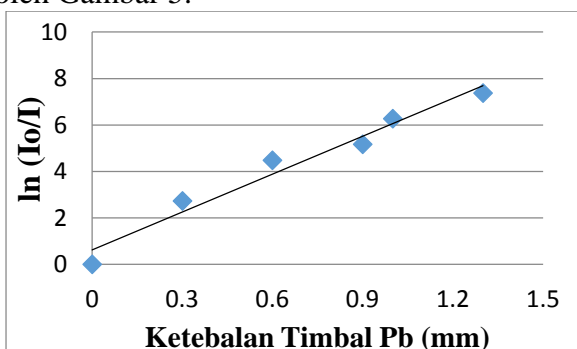


**Gambar 4.** Grafik dosis sinar-x sebelum dan setelah melewati bahan aluminium.

Dari gambar 4 terlihat bahwa secara umum intensitas radiasi dari sinar-x dengan ketebalan bahan aluminium terjadi intensitas secara linier dengan persamaan  $y = 0,102x + 0,2103$  dengan  $\mu = 0,102$ . Sehingga dapat dipastikan aluminium merupakan bahan yang dapat menyerap radiasi. Secara eksperimen dari koefisien serapan bahan untuk aluminium sebesar 0,102/mm.

*C. Koefisien Serapan Timbal Pb Terhadap Radiasi Sinar-x*

Setelah dilakukan pengujian serapan radiasi sinar-x oleh bahan timbal Pb dengan beberapa ketebalan, yaitu dari ketebalan 0,3 mm sampai ketebalan 1,3 mm. Pengukuran dosis dilakukan menggunakan elektrometer Piranha. Hasil dosis radiasi yang melewati bahan aluminium untuk beberapa ketebalan secara visual ditunjukkan oleh Gambar 5.



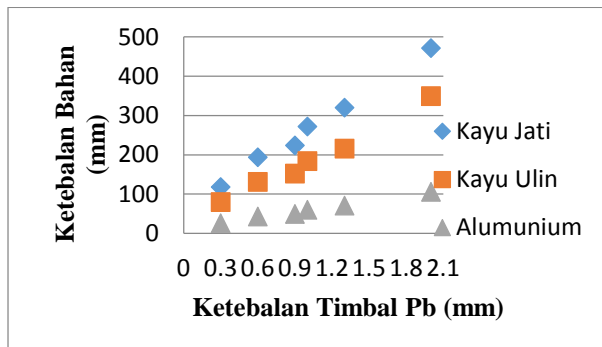
**Gambar 5.** Grafik dosis sinar-x sebelum dan setelah melewati bahan timbal Pb.

Dari gambarm 5 terlihat bahwa pada bahan timbal Pb pada ketebalan 0,3 mm dosis serapan bahan setelah melewati timbal Pb lebih besar dari nilai setengahnya yaitu 50 % dari radiasi mula-mula sebelum menembus bahan timbal Pb. Dari gambar 4.3 terlihat bahwa secara umum intensitas radiasi dari sinar-x dengan ketebalan bahan timbal Pb terjadi intensitas secara linier dengan persamaan  $y = 5,4295x + 0,6282$  dengan  $\mu = 5,429$ . Secara eksperimen dari koefisien serapan bahan untuk timbal Pb sebesar 5,429/mm.

*D. Kesetaraan Kayu Jati, Kayu Ulin dan aluminium Terhadap Timbal (Pb)*

Untuk menentukan kesetaran kayu jati, kayu ulin dan aluminium dengan Pb digunakan persamaan (3). Dan untuk mencapai kesetaraan pada bahan timbal Pb hingga 2 mm, tidak bisa dilakukan pengukuran, karena detektor sudah tidak mampu membaca dosis radiasi, karena terlalu kecil untuk itu penentuan kesetaraan dilakukan dengan perhitungan.

Langkah pertama adalah menentukan koefisien serapan ( $\mu$ ) timbal Pb, dengan menggunakan persamaan (2) dari perhitungan tersebut diperoleh hasil  $\mu$  sebesar 5,429/mm berikutnya mencari nilai dosis pada ketebalan timbal Pb 2 mm dengan menggunakan persamaan (1) yaitu sebesar  $3,062 \cdot 10^{-5}$  mGy dan untuk mencapai kesetaraan kayu jati, kayu ulin dan aluminium dengan timbal Pb di gunakan perhitungan dengan menggunakan persamaan (3). Dari perhitungan diperoleh bahwa untuk kesetara dengan Pb diperlukan kayu jati, kayu ulin dan aluminium pada ketebalan tertentu secara visual ditunjukkan oleh Gambar 6.

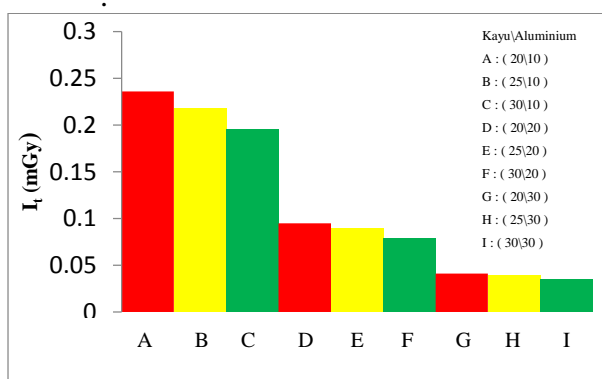


**Gambar 6.** Grafik kesetaraan kayu jati, kayuulin dan aluminium terhadap timbal (Pb)

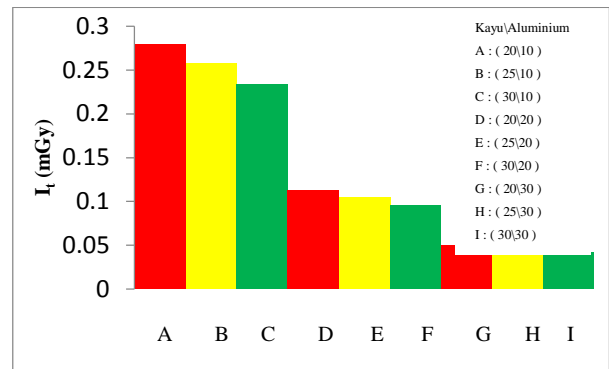
Dari gambar 6 diperoleh bahwa untuk mencapai 2 mm Pb digunakan ketebalan kayu jati 472 mm, untuk kayu ulin 350 mm dan aluminium 106 mm. Sehingga dapat dipastikan bahwa kayu jati, kayu ulin dan almunim merupakan bahan yang dapat menyerap sinar-x dengan ketebalan tertentu terlihat dari penyerapa bahan tersebut.

*E. Koefisien Serapan Bahan Kombinas Kayu Dengan Almuniun TerhadapRadiasi Sinar-x*

Pengukuran dosis dilakukan dengan elektrometer Piranha. Hasil radiasi yang melewati kombinasi bahan kayu dengan aluminium dengan beberapa variasi ketebalan secara visual ditunjukkan oleh Gambar 8 dan 9.



**Gambar 8.** Grafik dosis sinar-x setelah melewati bahan kombinasi kayu jati dengan aluminium.



**Gambar 9.** Grafik dosis sinar-x setelah melewati bahan kombinasi kayu ulin dengan aluminium.

Pada kombinasi ketebalan 30 mm kayu jati dengan 30 mm aluminium dosis serapan melewati bahan sebesar 0,042 mGy dan ketebalan 30 mm kayu ulin dengan 30 mm aluminium dosis serapan melewati bahan sebesar 0,035 mGy. Terlihat bahwa pada ketebalan tersebut dosis serapan setelah melewati bahan lebih besar dari nilai setengahnya yaitu 50% dari radiasi mula-mula sebelum menembus bahan sebesar 1,591mGy. Namun untuk di setarakan dengan timbal Pb pada ketebalan 1,3 mm masing sangat jauh dikarenakan timbal pb pada ketebalan 1,3 mm dosis serapan yang melewati bahan tersebut sebesar 0,001 mGy.

**KESIMPULAN**

- A. Koefisien serapan kayu jati 0,023/mm, kayu ulin sebesar 0,031/mm dan aluminium sebesar 0,102/mm.
- B. Kesetaraan ketebalan bahan antara kayu jati, kayu ulin dan aluminium dengan timbal Pb untuk ketebalan 1,3 mm yaitu kayu jati 320 mm, kayu ulin 237 mm dan aluminium 72 mm. dan untuk mencapai ketebalan 2 mm timbal Pb dibutuhkan kayu jati sebesar 472 mm, kayu ulin 350 mm dan aluminium 106 mm.
- C. Pada kombinasi ketebalan 30 mm kayu jati dengan 30 mm aluminium dosis serapan yang melewati bahan sebesar 0,042 mGy dan pada kombinasi ketebalan 30 mm kayu

ulin dengan 30 mm aluminium dosis serapan yang melewati bahan sebesar 0,035 mGy. Untuk menyetarakan dengan timbal Pb pada ketebalan 1,3 mm masih sangat jauh dikarenakan timbal Pb pada ketebalan 1,3 mm dosis serapan yang melewati bahan tersebut sebesar 0,001 mGy.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Cember Herman, 1983. *Introduction to Health Physics, second edition*, Pergamon Press, New York.
- [2]. Japeri, 2013, *Penentuan Koefesiensi Serapan Kayu Bangkirai (SHOREA LAEVIFOLIA) Dan Perbandingannya Terhadap Timbal (Pb) Sebagai Dinding Ruang Radiologi Diagnostik*, Youngster Physics Journal, Semarang
- [3]. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1087/ Menkes/ SK/VII 2010, tentang *Standar Kesehatan dan Keselamatan Kerja Di Rumah Sakit*, Jakarta.
- [4]. Laitabun, Y.M., Sutanto, H., Anam, C., 2013, *Pengukuran Laju Paparan Radiasi Sinar-x Pada Ruang Operator RSUD. Prof. DR. W. Z. Johannes Kupang*, Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [5]. Peraturan Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional, 2012, *Tentang Pedoman Penilaian Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja*, Nomor : 020/ka/i,
- [6]. 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.
- [7]. Setiawan D.D., Agustus 2011, *Modulus Of Repture Balok Laminasi Kayu Bangkirai*, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri, Semarang.
- [8]. Suyatno, F., 2008, *Aplikasi Radiasi Sinar-x Di Bidang Kedokteran Untuk Menunjang Kesehatan Masyarakat*, seminar nasional iv sdm teknologi nuklir, yogyakarta.
- [9]. Vogel. 1990. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Jakarta : PT. Kalman Media Pustaka.