

PENGUKURAN SPEKTRUM dan PAPARAN BREMSSTRAHLUNG dari SUMBER STANDAR BETA Sr-90/Y-90 dan Kr-85

Ayu Puspita Pradani¹⁾, Bunawas²⁾, Johan A.E Noor³⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang

²⁾PTKMR – BATAN, Jakarta Selatan

³⁾Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang

ABSTRAK

Telah dilakukan pengukuran spektrum dan paparan bremsstrahlung dari sumber standar beta $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dan ^{85}Kr dengan menggunakan spektrometer CdTe xR-100T untuk pengukuran spektrum dan berbagai jenis surveymeter untuk pengukuran paparan. Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini untuk spektrum bremsstrahlung dengan sumber terbuka dari $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ didapatkan energi maksimal sebesar 90,85 keV sedangkan ^{85}Kr energi maksimal sebesar 86,78 keV. Sedangkan hasil dari $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ didapatkan energi maksimal sebesar 89,37 keV dan energi maksimal ^{85}Kr sebesar 86,41 keV. Kemudian untuk hasil paparan bremsstrahlung didapatkan hasil untuk detektor Babyline 61A memiliki hasil pengukuran yang lebih tinggi dibandingkan dengan detektor Inspector dan detektor Atomtek. Hal ini disebabkan karena kemampuan dari detektor yang berbeda-beda. Kemudian hasil pengukuran yang diperoleh dimana spektrum dan paparan bremsstrahlung dari sumber standar beta untuk $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ memiliki radiasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan ^{85}Kr . Serta sebagai informasi yang perlu diperhatikan dari bahaya bremsstrahlung bagi para pekerja dalam bidang industri.

Kata kunci: Stronsium-90/Yttrium-90, Krypton-85, Surveymeter dan Spektrometer CdTe xR-100T.

ABSTRACT

Has been measured bremsstrahlung spectrum and exposure of a standard source of beta $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dan ^{85}Kr using CdTe xR-100T spectrometer to measure the spectrum and various types Surveymeter for exposure assessment. The results obtained in this study for bremsstrahlung spectrum with open source of energy obtained $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ maximum of 90.85 keV ^{85}Kr while the maximum energy of 86.78 keV. While the results obtained from $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ maximum energy of 89.37 keV and a maximum energy of 86.41 keV ^{85}Kr . Then for the result obtained results for the bremsstrahlung exposure Babyline 61A detector have measured higher than the detector and the detector Atomtek Inspector. This is because the ability of the different detectors. Then the results of measurements obtained in which the bremsstrahlung spectrum and exposure of a standard beta sources for $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ have higher radiation than the ^{85}Kr . As well as the information that needs to be considered from bremsstrahlung hazard for workers in the industry.

Keywords: Strontium-90/Yttrium-90, Krypton-85, Surveymeter and CdTe xR-100T Spectrometer.

PENDAHULUAN

Sinar beta merupakan radiasi partikel bermuatan negatif dan memiliki berkas elektron yang berasal dari inti atom. Energi sinar beta sangat bervariasi, mempunyai daya tembus lebih besar dari sinar alfa tetapi daya pengionnya lebih lemah.

Elektron sebagai partikel yang bergerak dengan kecepatan tinggi, apabila melintasi dekat ke inti suatu atom, maka gaya tarik elektrostatis inti atom yang kuat akan menyebabkan elektron akan membelok dengan tajam. Peristiwa itu menyebabkan elektron kehilangan energinya dengan memancarkan radiasi elektromagnetik yang dikenal sebagai sinar-X bremsstrahlung (Sommerfeld, 1931).

Jenis radiasi bremsstrahlung yang diterima para pekerja yang berhubungan dengan radiasi beta ini bergantung pada energi dan lama berada di medan radiasi tersebut. Oleh karena itu perlu dilakukan pengukuran spektrum energi bremsstrahlung dan paparan radiasi yang menggunakan spektrometer sinar-

X dan surveymeter yang peka terhadap radiasi sinar-X energi rendah.

Sumber radioaktif yang biasa digunakan untuk keperluan menentukan ketebalan plastik, kertas maupun foil aluminium yaitu $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dan ^{85}Kr . Dalam upaya untuk melindungi para pekerja dari bahaya radiasi beta, maka sumber radiasi tersebut ditempatkan dalam wadah yang terbuat dari aluminium dan stainless steel. Radiasi beta apabila menumbuk wadah tersebut akan menghasilkan radiasi bremsstrahlung dan radiasi tersebut dapat berpotensi memberikan paparan radiasi eksternal.

Fraksi energi (f_{β}) dari sinar-X bremsstrahlung yang dihasilkan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan empiris berikut ini :

$$f_{\beta} = 3,5 \times 10^{-4} \cdot Z \cdot E_{\max}$$

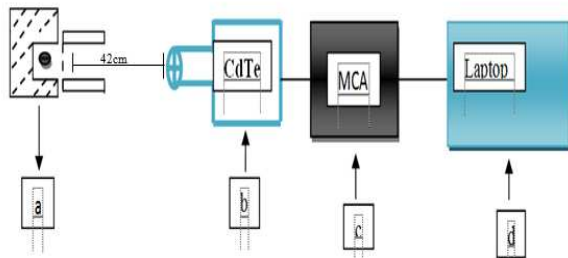
Dengan Z adalah nomor atom bahan penyerap dan E_{\max} adalah energi maksimal dari partikel β (MeV) (Herman, 1996).

Dapat dilihat dari persamaan diatas dapat disimpulkan bahwa energi partikel β yang lebih besar akan menghasilkan radiasi bremsstrahlung yang lebih besar. Sedangkan, apabila semakin besar nomor atombahan penyerap (semakin berat) akan menghasilkan radiasi sinar-X yang lebih besar (Herman, 1996).

Radiasi bremsstrahlung merupakan hal yang penting didalam proteksi radiasi. Hal ini perlu mendapat perhatian khusus bagi organisasi/perorangan pemilik pesawat sinar-X untuk berusaha meminimalkan munculnya radiasi bremsstrahlung di ruang pesawat sinar-X dalam rangka keselamatan radiasi terhadap operator dan konsumen yang dilayani (Anonymous, 2013).

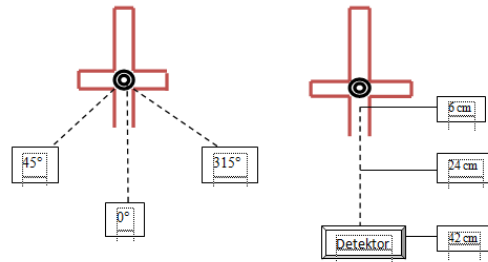
METODE PENELITIAN

Pengukuran spektrum bremsstrahlung dilakukan dengan menggunakan spektrometer sinar-X dengan detektor CdTe model xR-100T dengan menggunakan jarak 42 cm. Pada pengukuran ini dilakukan dua variasi keadaan yaitu dengan *shutter* terbuka dan tertutup. Sumber beta yang digunakan dalam penelitian ini yaitu $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dan ^{85}Kr . Dimana dalam setiap satu jenis sumber dilakukan tiga kali pengulangan data. Dapat diketahui, untuk spektrometer sinar-X ini memiliki kemampuan mendeteksi spektrum pada energi 1 μSv , sehingga pada penelitian ini didapatkan fungsi jarak 42 cm dari detektor ke titik pusat sumber.

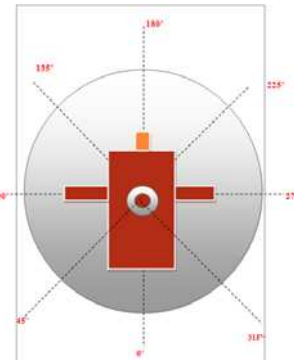


Gambar 1. Skema Akuisisi data

Pengukuran paparan bremsstrahlung dilakukan pengukuran dengan berbagai variasi sudut diantaranya 0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° , 315° dengan jarak masing-masing sudut (6 cm, 24 cm dan 42 cm). Untuk pengukuran dengan surveymeter babyline 61A dan atomtex 1103 dilakukan dengan dua variasi keadaan yaitu dengan *shielding* terbuka dan *shielding* tertutup. Sedangkan untuk inspector dilakukan satu kali pengambilan data saja.



Gambar 2. Skema pengukuran paparan

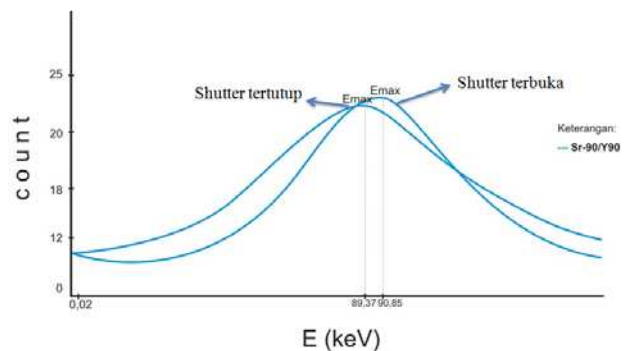


Gambar 3. Variasi sudut paparan

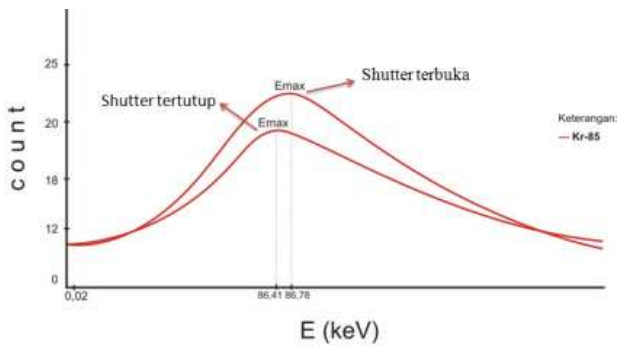
Kemudian dalam pengukuran spekturm dan paparan bremsstrahlung ini dilakukan dengan menggunakan sumber beta $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dan ^{85}Kr . Dimana $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ memiliki waktu paruh 28,9 tahun dengan energi maksimal 2.274 MeV sedangkan ^{85}Kr memiliki waktu paruh 10.756 tahun dengan energi maksimal 687 keV.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan dari spektrometer ini dimaksudkan untuk mengetahui besar energi yang dipancarkan suatu material yang memancarkan radiasi, dimana energi dapat digunakan untuk mengetahui dosis radiasi dari material tersebut. Penggunaan dari spektrometer ini lebih dikhususkan untuk pengukuran spektrum energi. Sehingga didapatkan hasil pengukuran spektrum bramsstrahlung dengan sumber beta $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dan ^{85}Kr seperti pada gambar 1 dan gambar 2 berikut ini :



Gambar 4. Hasil spektrum bremsstrahlung dari $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dengan *shutter* tertutup dan *shutter* terbuka



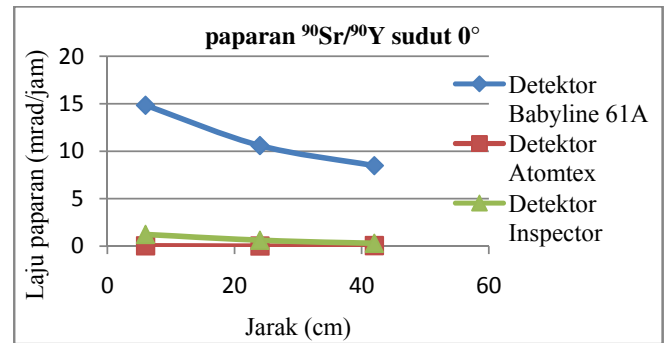
Gambar 5. Hasil spektrum bremsstrahlung dari ^{85}Kr dengan *shutter* tertutup dan *shutter* terbuka

Hasil dari penelitian ini didapatkan grafik seperti pada gambar 4 dan 5 dapat diketahui bahwa spektrum bremsstrahlung dari sumber $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dan ^{85}Kr untuk kondisi *shutter* tertutup lebih rendah dibandingkan dengan *shutter* terbuka. Hal ini dikarenakan proses terjadinya bremsstrahlung internal maupun eksternal yang sebagian intensitas radiasinya diserap (absorpsi) oleh tempat dudukan sumber yang terbuat dari Aluminium yang mempunyai ketebalan antara 3 sampai 5 mm.

Kemudian hasil pengukuran spektrum Bremsstrahlung untuk sumber $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dan ^{85}Kr dapat dilihat pada gambar 4 dan gambar 5. Dimana pada gambar 4 merupakan hasil perbandingan dari energi bremsstrahlung dari sumber $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dengan keadaan *shutter* terbuka dan tertutup dan gambar 5 merupakan hasil dari grafik ^{85}Kr dengan keadaan *shutter* terbuka dan tertutup. Sehingga dapat disimpulkan dari gambar 4 dan 5 tersebut bahwa, hasil dari *shutter* terbuka lebih tinggi dibandingkan dengan *shutter* tertutup dan energi yang dihasilkan dari $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ lebih tinggi dibandingkan dengan hasil energi dari ^{85}Kr . Hal ini dikarenakan energi dari $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ sebesar 1,410 keV sedangkan ^{85}Kr sebesar 687 keV.

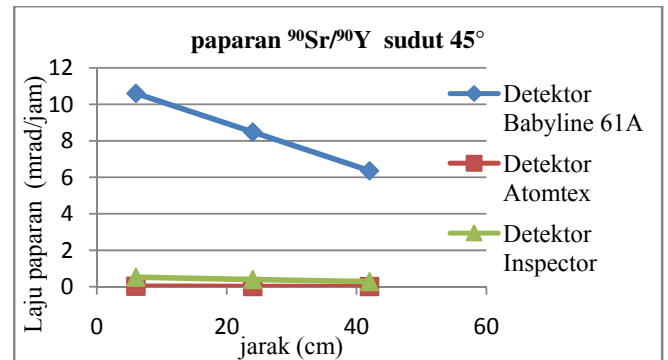
Hasil energi maksimal yang didapatkan dari ^{85}Kr dengan *shutter* terbuka yaitu 86,78 keV dan untuk *shutter* tertutup didapatkan energi maksimal sebesar 86,41 keV. Sedangkan untuk $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dengan *shutter* terbuka didapatkan hasil energi maksimal sebesar 90,85 keV dan untuk $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dengan *shutter* tertutup didapatkan hasil energi maksimal sebesar 89,37 keV.

Pengukuran paparan bremsstrahlung dengan sumber beta ($^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dan ^{85}Kr) didapatkan hasil dalam bentuk grafik seperti yang ditampilkan pada gambar berikut ini:



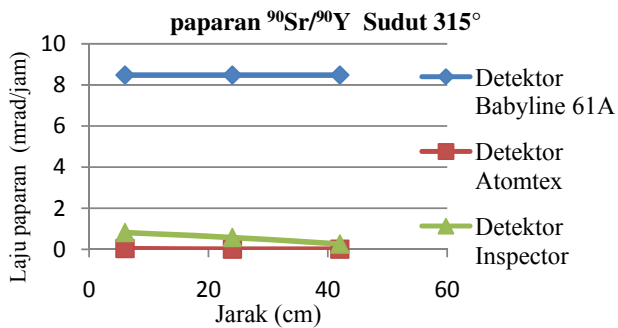
Gambar 6. Laju Paparan bremsstrahlung Sr-90 dengan sudut 0° .

Hasil grafik 6 dapat diketahui, untuk detektor babyline 61A didapatkan hasil paparan untuk jarak 6cm sebesar 14,84 mrad/jam, untuk jarak 24 cm sebesar 10,6 mrad/jam, dan untuk jarak 42 cm didapatkan hasil paparan sebesar 8,48 mrad/jam.. Kemudian untuk detektor Atomtex didapatkan hasil paparan pada jarak 6 cm sebesar 0,036 mrad/jam, untuk jarak 24 cm sebesar 0,01 mrad/jam, dan pada jarak 42 cm didapatkan hasil paparan sebesar 0,061 mrad/jam. Sedangkan untuk detektor inspektor didapatkan hasil paparan untuk jarak 6 cm sebesar 1,23 mrad/jam, kemudian untuk jarak 24 cm sebesar 0,62 mrad/jam dan pada jarak 42 cm didapatkan hasil paparan sebesar 0,296 mrad/jam.



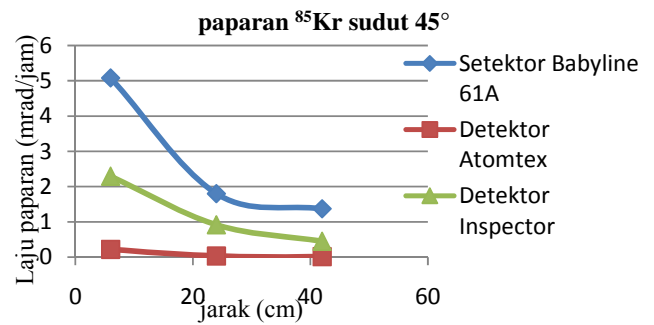
Gambar 7. Grafik $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dengan sudut 45°

Pada grafik 7 dapat diketahui untuk sudut 45° hasil paparan yang didapatkan mengalami penurunan yaitu untuk detektor babyline 61A dengan jarak 6 cm didapatkan hasil sebesar 10,6 mrad/jam, untuk jarak 24 cm sebesar 8,48 mrad/jam dan jarak 42 cm didapatkan hasil sebesar 6,36 mrad/jam. Kemudian untuk detektor Atomtex dengan jarak 6 cm didapatkan hasil sebesar 0,028 mrad/jam, jarak 24 cm didapatkan 0,011 mrad/jam dan pada jarak 42 cm didapatkan hasil sebesar 0,0097 mrad/jam. Sedangkan untuk detektor Inspector didapatkan hasil data untuk jarak 6 cm yaitu 0,526 mrad/jam, kemudian untuk jarak 42 cm didapatkan hasil sebesar 0,397 mrad/jam dan untuk jarak 42 cm didapatkan hasil sebesar 0,284 mrad/jam.



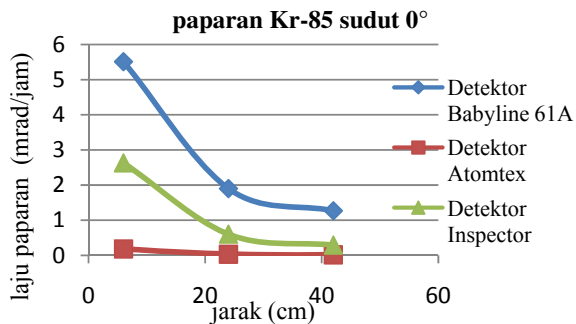
Gambar 8. Grafik $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dengan sudut 315°

Pada pengukuran $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dengan sudut 315° ini untuk detektor babyline didapatkan hasil data sebesar 8,48 mrad/jam, kemudian untuk jarak 24 cm didapatkan 8,48 mrad/jam dan untuk jarak 42 cm didapatkan hasil data 8,48 mrad/jam. Sedangkan untuk detektor Atomtex didapatkan hasil paparannya untuk jarak 6 cm sebesar 0,035 mrad/jam, kemudian untuk jarak 24 cm sebesar 0,01 mrad/jam dan untuk jarak 42 cm didapatkan hasil data sebesar 0,0072 mrad/jam. Sedangkan untuk detektor Inspector pada jarak 6 cm didapatkan hasil paparan sebesar 0,819 mrad/jam, untuk jarak 24 cm didapatkan hasil sebesar 0,58 mrad/jam dan untuk jarak 42 cm didapatkan hasil data sebesar 0,026 mrad/jam.



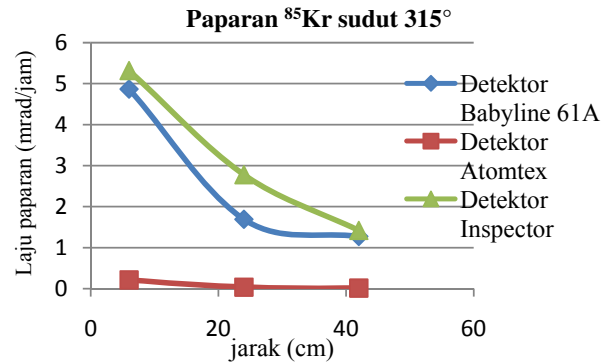
Gambar 10. ^{85}Kr dengan sudut 45°

Dari gambar grafik 10 didapatkan hasil paparan bremsstrahlung untuk detektor babyline pada jarak 6cm sebesar 5,08 mrad/jam, untuk jarak 24 cm didapatkan hasil data sebesar 1,8 mrad/jam dan pada jarak 42 cm sebesar 1,37 mrad/jam. Kemudian untuk detektor Atomtex didapatkan hasil paparan untuk jarak 6 cm sebesar 0,22 mrad/jam, untuk jarak 24 cm sebesar 0,034 mrad/jam dan pada jarak 42 cm sebesar 0,015 mrad/jam. Pengukuran dengan menggunakan detektor inspector pada jarak 6 cm didapatkan hasil sebesar 2,293 mrad/jam, untuk jarak 24 cm didapatkan hasil sebesar 0,917 mrad/jam, dan pada jarak 42 cm didapatkan hasil sebesar 0,45 mrad/jam.



Gambar 9. Laju Paparan bremsstrahlung Kr-85 dengan sudut 0°

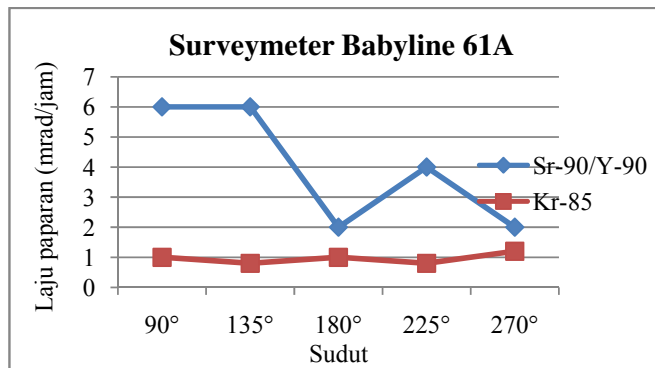
Pada gambar 9 dapat dilihat untuk detektor babyline didapatkan hasil paparan untuk jarak 6 cm sebesar 5,51 mrad/jam. Kemudian untuk jarak 24 cm didapatkan hasil paparan sebesar 1,9 mrad/jam dan pada jarak 42 cm didapatkan hasil data sebesar 1,27 mrad/jam. Pengukuran selanjutnya dilakukan dengan menggunakan detektor atomtex, sehingga didapatkan hasil paparan untuk jarak 6cm sebesar 0,18 mrad/jam. Kemudian untuk jarak 24 cm didapatkan hasil paparan sebesar 0,031 mrad/jam dan untuk jarak 42 cm didapatkan hasil paparan sebesar 0,014 mrad/jam. Kemudian pengukuran yang terakhir dilakukan dengan detektor inspector, sehingga pada jarak 6 cm didapatkan hasil paparan sebesar 2,28 mrad/jam, sedangkan pada jarak 24 cm didapatkan hasil paparan sebesar 0,52 mrad/jam dan pada jarak 42 cm sebesar 0,25 mrad/jam.



Gambar 11. ^{85}Kr dengan sudut 315°

Pada gambar 11 dapat diketahui untuk detektor babyline pada jarak 6 cm didapatkan hasil paparan sebesar 4,87 mrad/jam, kemudian untuk jarak 24 cm didapatkan hasil paparan sebesar 1,69 mrad/jam dan pada jarak 42 cm didapatkan hasil paparan sebesar 1,27 mrad/jam. Pengukuran selanjutnya dilakukan dengan menggunakan detektor atomtex, sehingga didapatkan hasil data untuk jarak 6cm didapatkan hasil paparan sebesar 0,21 mrad/jam, kemudian untuk jarak 24 cm didapatkan hasil paparan sebesar 0,034 mrad/jam dan untuk jarak 42 cm didapatkan hasil paparan sebesar 0,013 mrad/jam. Sedangkan untuk detektor inspector didapatkan hasil paparan untuk jarak 6 cm sebesar 5,32 mrad/jam, untuk jarak 24 cm didapatkan hasil paparan sebesar 2,78 mrad/jam dan

untuk jarak 42 cm didapatkan hasil paparan sebesar 1,42 mrad/jam.



Gambar 12. $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dengan variasi sudut

Seperti pada gambar 12 dimana paparan radiasi bremsstrahlung untuk sumber beta $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dan ^{85}Kr tidak homogen (seragam) kesegala arah, laju paparan arah sudut 90°, 135°, 225° dan 270° lebih besar dibandingkan dengan sudut lainnya. Hal ini disebabkan karena adanya kontribusi radiasi bremsstrahlung yang berasal dari tumbukan radiasi beta dengan material kolimator sumber. Dimana foton yang dipancarkan pada sumber berasal dari bremsstrahlung, yang mana bremsstrahlung ini berasal dari sinar-X (Da silva E.A.B, Caldas L.V.E, 2012).

Dari ketiga detektor tersebut dapat dilihat dari nilai hasil yang paling tinggi yaitu detektor babyline 61A. Hal ini dikarenakan untuk detektor babyline 61A memiliki kemampuan untuk mendeteksi beta, gamma dan xray. Sehingga dapat dilihat dari hasil grafik diatas menunjukkan terdapat hamburan balik dari beta dan gamma. Sehingga nilai paparan yang didapat lebih tinggi dibandingkan dengan detektor atomtex dan detektor inspector.

Pada pengukuran paparan bremsstrahlung dilakukan dengan tiga variasi jarak yaitu 6 cm, 24 cm dan 42 cm. Hal ini dilakukan, karena dalam bidang industri sendiri untuk alat gauging menggunakan jarak \pm 6 cm, kemudian untuk jarak kontak dengan sumber beta sendiri menggunakan jarak 24 cm dan untuk para pekerja yang melakukan aktifitas dengan sumber beta berjarak \pm 42 cm. Sehingga pada penelitian ini dimaksudkan sebagai informasi untuk mengetahui besar paparan radiasi bremsstrahlung yang diterima para pekerja dalam bidang industri, misalkan di pabrik rokok dimana sumber beta digunakan untuk memeriksa kepadatan rokok, kemudian untuk mengukur ketebalan di pabrik kertas dan plastik.

Kemudian untuk pengukuran dengan fungsi sudut ini dimaksudkan, agar mengetahui besarnya paparan yang dipancarkan untuk setiap sudut sumber beta. Hal ini bertujuan untuk meminimalisir radiasi paparan yang diterima para pekerja dalam bidang industri.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengukuran spektrum dan paparan bremsstrahlung dengan sumber standar beta ($^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dan ^{85}Kr) dapat disimpulkan bahwa untuk hasil spektrum didapatkan untuk ^{85}Kr lebih rendah dibandingkan dengan $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$. Dan untuk paparan yang dihasilkan ^{85}Kr lebih rendah dibandingkan dengan $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$. Hal ini disebabkan karena energi rata-rata dari ^{85}Kr lebih rendah yaitu 0,687 MeV dibandingkan dengan $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ yang memiliki energi rata-rata 195,7 keV. Kemudian juga dikarenakan kemampuan dari masing-masing detektor berbeda-beda. Sehingga paparan yang diterima maupun spektrum yang didapat memiliki hasil yang berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Drs. H. Bunawas, APU di PTKMR-BATAN dan Bapak Drs. Johan A.E Noor, Ph.D di Jurusan Fisika, Fakultas Mipa, Universitas Brawijaya yang telah membantu penulis dalam membimbing selama penelitian hingga terselesainya penulisan jurnal.

DAFTAR PUSTAKA

- Amptek INC. 14 DeAngelo Drive, Bedford, MA. X-RAY and GAMMA RAY DETECTOR HIGH RESOLUTION CdTe CADMIUM TELLURIDE XR-100T-CdTe. 01730-2204. U.S.A
- Atkins, P.W. Kerajaan Periodik., 1995. Perjalanan Ke Tanah Elemen Kimia. Basic Books.
- Curtis, M.L., 1972. IJART 23, 17.
- Da Silva E.A.B, Caldas L.V.E., 2012. Applied radiation and isotope. 70.1411-1416
- Tseng, H.K., Pratt, R.H., 1971. Exact screened calculations of atomic field bremsstrahlung, Phys. Rev. A. At. Mol. Opt. Phys.3.100-115.
- Sommerfeld, A., 1931. Diffraction and scattering of electrons, Ann, Physic.11, 257-330
- Wurdiyanto, G. 2005. Pengaruh Komposisi Volume Larutan Sintilator Pada Pengukuran Aktivitas Sr^{90} . Buletin Altara 6 (2): 117-123.
- Herman, Chamber., 1996. "Introduction to Health Physics" 3rd Ed., McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Martin, Dylan. 2005. X-Ray Detection. University of Arizona Optical Sciences Center. Diakses pada 2008-12-05.

- Rantjono,Suryo,dkk. 2011. Petunjuk praktikum Aplikasi Teknologi Nuklir Level Gauging. Yogyakarta: STTN-BATAN.
- Suroso, dkk. 2007. PENGUJIAN SISTEM MEKANIKA LEVEL GAUGING. Yogyakarta. STTN-BATAN.
- Sr. Little Flower, Mukerjee, R.N., Babu, B.R.S., Indira, A.,Venkatamaiah, P., Gopala, K., Neelakandan, K., Baliga, B.B., 1992. Internal Bremsstrahlung from Ca^{45} , and Yr^{91} . Indian J. Phys. 66A, 343-353
- H.C. Manjunatha, B. Rudraswamy^b. 2012. External bremsstrahlung of ^{90}Sr - ^{90}Y , ^{147}Pm and ^{204}TI in detector compounds. Elseiver Ltd. All rights reserved.
- Inspector Handheld Radiation Alert Detektor. S.E International. Inc
- Directorate-General for energy and transport Directorate H – Nuclear Energy Unit H.4 – Radiation Protection. 2009. Technical Recomendations for monitoring Individuals Occupationally Exposed to External Radiation. Radiation Protection No. 160