

Penentuan karakteristik cacahan pada counter dengan menggunakan sumber standar ^{152}Eu , ^{60}Co dan ^{137}Cs

Hendrika Liana Sari dan Wahyu Setia Budi

Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

E-mail: hendrikalianasari@st.fisika.undip.ac.id

ABSTRACT

The determination count of characteristics on a counter using the standard source ^{152}Eu , ^{60}Co and ^{137}Cs . The calibration in Counter A due measurement activity source of Europium-152 (^{152}Eu), Cobalt-60 (^{60}Co) and Cesium-137 (^{137}Cs), because Cesium has one peak of energy. From the calculation on obtained efficiency the average of a sistem when using counter DIN711 is $0,0237 \pm 0,0028$ and efficiency the average for each Counter A is $0,0243 \pm 0,0029$. Of the value of activity between the two source measurable by both counter can be seen that counter DIN711 having results activity that were more accessible activity on certificates. To deviation of 19,71 % in counter DIN711 and 19,92 % in counter a. But counter a has deviation of 0.45 % of the measurement result of counter DIN711.

Keywords: Spektrometer Nuklir, Counter, Calibration Spektrometer, Uji Banding, Calibration Linierityes, Stabilitas Test

ABSTRAK

Penentuan karakteristik cacahan pada counter dengan menggunakan sumber standar ^{152}Eu , ^{60}Co dan ^{137}Cs . kalibrasi pada Counter A dilakukan dengan metode pengukuran aktivitas sumber Europium-152 (^{152}Eu), Cobalt-60 (^{60}Co) dan Cesium-137 (^{137}Cs). ^{137}Cs memiliki satu puncak energi sehingga baik digunakan untuk kalibrator pada SCA. Dari hasil perhitungan diperoleh efisiensi rata-rata dari sistem ketika menggunakan counter DIN711 adalah $0,0237 \pm 0,0028$ dan nilai efisiensi rata-rata pada Counter A adalah $0,0243 \pm 0,0029$. Dari nilai aktivitas antara kedua sumber yang terukur oleh kedua counter dapat dilihat bahwa counter DIN711 memiliki hasil aktivitas yang lebih mendekati aktivitas pada sertifikat. Dengan penyimpangan sebesar 19,71% pada counter DIN711 dan 19,92% pada counter A. Namun counter a memiliki penyimpangan sebesar 0,45% dari hasil pengukuran dari counter DIN711.

Kata Kunci : Spektrometer Nuklir, Pencacah, Kalibrasi Spektrometer, Uji Banding, Kalibrasi Linierites, Uji Stabilitas

PENDAHULUAN

Sebagian besar bangunan di Indonesia Spektrometer adalah alat untuk mengukur spektrum energi yang digunakan dalam spektroskopi. Spektrometer gamma adalah suatu alat yang dapat digunakan untuk melakukan analisis zat radioaktif yang memancarkan radiasi gamma. Setiap radionuklida mempunyai tenaga yang berbeda dan tertentu dan bersifat spesifik. Hal ini digunakan sebagai dasar dalam analisis secara kualitatif. Analisis secara kuantitatif dilakukan berdasarkan nilai cacahan dari spektrum yang dipancarkan. Sistem spektrometer gamma bekerja berdasarkan pada pembentukan ion

pada bahan semikonduktor yang menggunakan kristal atau cairan pendar cahaya. Sistem spektroskopi gamma mencacah setiap radiasi yang masuk kedalam detektor [1].

Pada Laboratorium Radioekologi Departemen Fisika Fakultas Sains dan Matematika terdapat seperangkat spektrometer gamma buatan BATAN. Selain itu terdapat sebuah pencacah (*Counter*) yang telah dibuat. Setiap alat baru perlu dilakukan kalibrasi terlebih dahulu begitu pula dengan *counter*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi dari *counter* tersebut. Untuk mengetahui efisiensi cacahan dapat dilakukan dengan cara menguji hasil cacahan dari *counter*,

mengkalibrasi cacahan dan menguji linieritas hasil cacahan. Pengujian efisiensi ini dilakukan untuk dapat memperoleh hasil pengukuran yang lebih akurat. Dengan kalibrasi yang dilakukan dapat diketahui keandalan sistem spektrometer sehingga dapat dipergunakan sebagai dasar evaluasi terhadap pelaksanaan pengukuran dan analisis.

Kalibrasi pada *counter* penting untuk dilakukan karena hasil cacahan pada *counter* sangat berpengaruh dengan analisis aktivitas sumber radiasi. Dengan demikian, jika tidak dilakukan kalibrasi akan mempengaruhi hasil perhitungan dan memiliki hasil yang menyimpang.

DASAR TEORI

Spektrometer adalah alat untuk mengukur spektrum energi yang digunakan dalam spektroskopi. Spektrometer gamma adalah suatu alat yang dapat digunakan untuk melakukan analisis zat radioaktif yang memancarkan radiasi gamma. Setiap radionuklida mempunyai tenaga yang berbeda dan tertentu dan bersifat spesifik. Hal ini digunakan sebagai dasar dalam analisis secara kualitatif. Analisis secara kuantitatif dilakukan berdasarkan nilai cacahan dari spektrum yang dipancarkan. Sistem spektrometer gamma bekerja berdasarkan pada pembentukan ion pada bahan semikonduktor yang menggunakan kristal atau cairan pendar cahaya. Sistem spektroskopi gamma mencacah setiap radiasi yang masuk kedalam detektor [1]. Perangkat spektrometer gamma biasanya terdiri dari sebuah detektor, sistem penguat awal (Pre-Amp), sistem penguat (*Amplifier*), rangkaian *single chanel analyzer* (SCA), serta rangkaian pencacah (*Counter*). Dimana masing masing perangkat memiliki peranan yang sama pentingnya dalam spektrometer gamma [1].

Kalibrasi Spektrometer gamma perlu dilakukan agar dapat memperoleh hasil pengukuran yang baik. Ada dua macam kalibrasi yang dapat dilakukan yaitu kalibrasi energi dan kalibrasi efisiensi. Pada hakekatnya

spektrometri gamma adalah pengukuran yang bersifat nisbi sehingga sebelum dilakukannya pengukuran perlu dilakukan kalibrasi terlebih dahulu.

Hubungan antar nomor atom saluran dan energi sinar gamma yang biasa disebut kalibrasi energi. Terdapat beberapa hal yang dilakukan pada kalibrasi energi ini yaitu melakukan pengukuran (pencacahan) sumber radioaktif standar dengan beberapa sumber energi dari tingkat energi rendah hingga energi tinggi agar kalibrasi yang dilakukan memiliki jangkauan energi yang cukup lebar [2]. Efisiensi deteksi merupakan ukuran hubungan antara pencacah yang dihasilkan detektor dengan aktivitas zat radioaktif. Hasil pencacahan bukan aktivitas yang sesungguhnya karena cacahan merupakan hasil pengukuran pada jarak tertentu dari detektor. Sedangkan suatu zat radioaktif selalu memancarkan sinar radioaktif ke segala arah sehingga sebenarnya hanya sebagian sinar radiasi gamma yang dipancarkan yang terdeteksi oleh detector [3].

Dalam pengukuran zat radioaktif secara spektrometri dimana pengukuran hanya ditujukan untuk salah satu energi dari sekian banyak energi yang ada, maka besarnya efisiensi deteksi juga merupakan suatu fungsi tenaga yang secara matematis dapat ditulis dengan Persamaan (1).

$$\varepsilon = \frac{cps}{A_i I_\gamma} \quad (1)$$

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Seperangkat spektrometer gamma yang terdiri dari detektor sintilasi NaI(Tl). HV, PreAmp, Amplifier, SCA, Rak/Bin Modul, Pencacah DIN711, dan *counter* A. Generator pembangkit pulsa. Bahan yang digunakan yaitu sumber radioaktif ^{60}Co , ^{137}Cs dan ^{152}Eu

Setiap zat radioaktif memiliki karakteristik dan kemampuan memancarkan radiasi berbeda satu dengan yang lain berikut

ini adalah beberapa karakteristik dari sumber yang digunakan yaitu cobalt 60 (^{60}Co), cesium 137 (^{137}Cs) dan euporium 152 (^{152}Eu). Cobalt 60 (^{60}Co) merupakan suatu isotop radioaktif sintetis dari cobalt dengan waktu paruh 5,2714 tahun. ^{60}Co dihasilkan secara *artificially* dalam reaktor nuklir. Produksi dari cobalt tergantung pada aktivitas neutron dalam suatu sampel monoisotop dan mononuklidic isotop cobalt ^{59}Co [4].

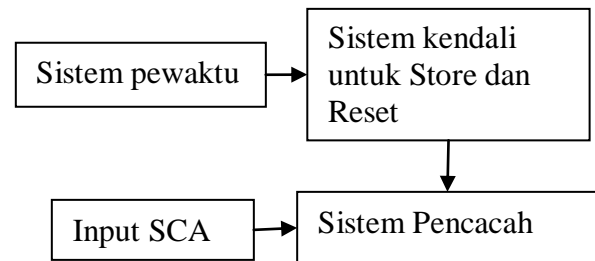
Logam Cesium sangat reaktif dan sangat piroforik. Bereaksi eksplosif dengan air bahkan pada temperatur rendah. Reaksi dengan air terjadi pada temperatur -116°C . Karena reaktivitas tinggi, logam Cesium diklasifikasikan sebagai bahan berbahaya. Cesium disimpan dan dikirim dalam hidrokarbon jenuh kering seperti minyak mineral. Demikian pula harus ditangani di bawah atmosfer inert seperti: Argon[5].

Sifat kimia dari Cesium serupa dengan logam alkali lainnya, tetapi lebih dekat mirip dengan Rubidium. Beberapa perbedaan kecil yaitu Cesium memiliki massa atom yang lebih tinggi dan lebih elektropositif dari yang lain (non-radioaktif). Cesium adalah unsur kimia yang paling elektropositif stabil [5].

Euporium adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Eu dengan nomor atom 63 dan memiliki nomor massa 152. ^{152}Eu memiliki bentuk solid atau padat, massa jenis Eu pada suhu ruangan yaitu $5,264\text{ g/cm}^3$, sedangkan massa jenis cairan Eu pada titik leburnya yaitu $5,13\text{ g/cm}^3$. Sifat atom yang dimiliki Euporium yakni memiliki bilangan oksidasi 3,2(sedikit oksida basa), memiliki energi ionisasi pertama sebesar $547,1\text{ kJ/mol}$, jari-jari atom 180 pm dan jari-jari kovalen $198\pm 6\text{ pm}$. Peluruhan dari ^{152}Eu ditunjukkan pada Tabel 1.

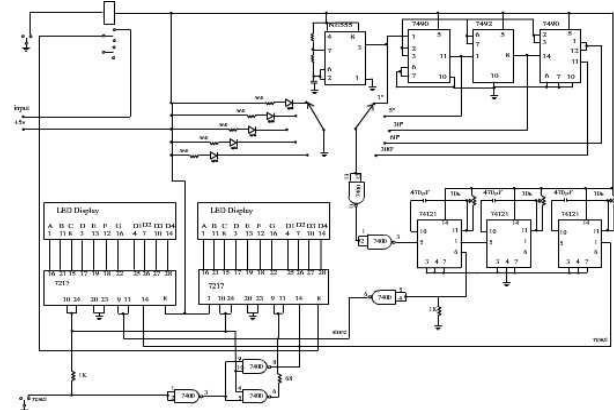
Pada rancangan *Counter A* yang dibuat terdapat tiga blok rangkaian yang memiliki fungsi tersendiri. Blok pertama merupakan blok rangkaian yang berfungsi sebagai *timer* dimana dalam blok rangkaian tersebut berisi IC NE555 yang berguna sebagai pembangkit pulsa 1 Hz yang

berfungsi juga sebagai pewaktu 1 detik. Selain itu juga terdapat IC 7490 dan 7492 yang berfungsi sebagai pembagi pulsa sehingga diperoleh waktu 5 detik, 30 detik, 60 detik dan 300 detik



Gambar 1. Skema kerja *Counter A*

Gambar 2 merupakan skema kerja *Counter A* yang terdapat 3 blok rangkaian dimana blok pertama yaitu rangkaian pewaktu yang berfungsi untuk mengatur lamanya waktu pencacahan berlangsung. Pada blok kedua merupakan blok rangkaian sebagai kendali untuk store dan reset untuk rangkaian pencacah. Dimana *store* sebagai penampil hasil cacahan dan reset sebagai penghapus data yang telah dicacah. Pada rangkaian ini waktu selang antara *store* dan reset sangat singkat. Dan terakhir adalah blok rangkaian untuk pencacah dan penampil seven segmen berfungsi untuk mencacah dan menampilkan hasil cacahan.



Gambar 2. Skema Rangkaian *Counter A*

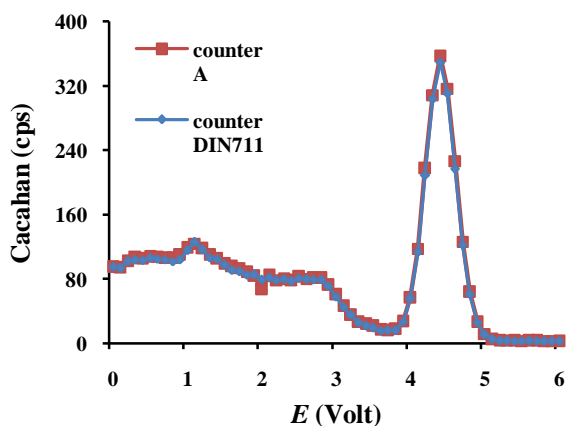
Setelah alat selesai dibuat perlu dilakukan pengujian alat tersebut agar ketika digunakan dapat diperoleh hasil yang sesuai. Hal pertama yang dilakukan dalam pengujian

alat adalah merangkai semua peralatan yang mendukung pengukuran dan menyiapkan bahan yang digunakan. Pada penelitian ini dilakukan pencacahan dengan besar tegangan 800 volt. Penggunaan 800 volt disebabkan oleh spesifikasi dari detektor yang memiliki tegangan kerja maksimum 900 volt. Sebelum dilakukan cacahan sumber radioaktif pertama-tama melakukan cacahan terhadap *background*. Setelah selesai melakukan pencacahan terhadap *background* barulah dilakukan cacahan pada sumber radioaktif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kalibrasi Energi

Pada kalibrasi energi ini dilakukan dengan satu perangkat spektrometer gamma dengan dua counter yang berbeda yaitu counter DIN711 dan *Counter A*. Dilakukan penyacahan sumber ¹³⁷Cs sebagai kalibrator, serta ¹⁵²Eu dan ⁶⁰Co sebagai sumber yang di uji, penyacahan dilakukan dengan kedua counter secara bersama sama pada sumber radiasi secara bergantian. Dari hasil pencacahan diperoleh grafik spektrum energi untuk masing masing sumber.

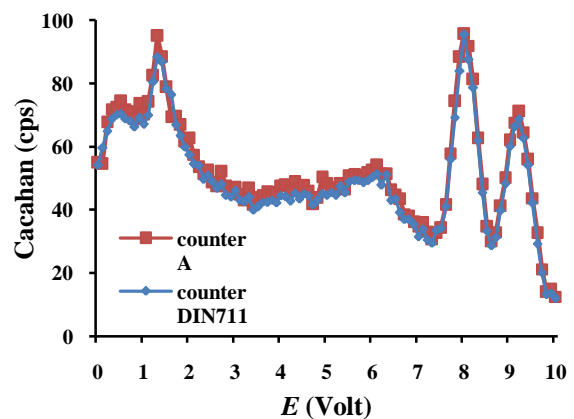


Gambar 3. Spektrum energi ¹³⁷Cs dari hasil cacahan kedua *counter*

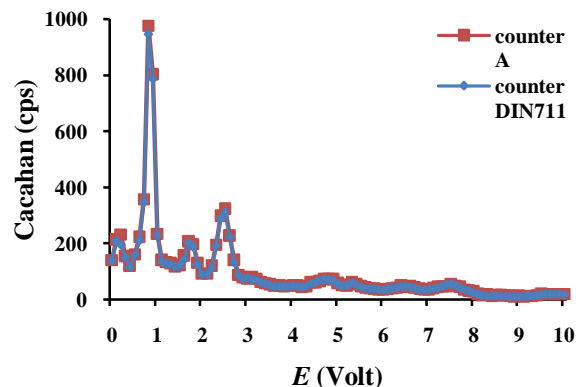
Dari grafik spektrum energi ¹³⁷Cs untuk kedua *counter* dapat dilihat bahwa terdapat satu puncak energy pada 4,4 Volt, maka dapat dihitung nilai tetapan (*k*) dengan menggunakan persamaan (2).

$$E = k.V \quad (2)$$

dengan, *E* adalah energi radiasi (eV) dan *V* adalah tinggi pulsa yang tercacah (V). Pada penelitian ini menggunakan ¹³⁷Cs sebagai kalibrator dimana ¹³⁷Cs memiliki satu puncak energi yang bernilai 661,6 keV, sehingga diperoleh nilai *k* sebesar 150,45. Nantinya nilai *k* tersebut akan digunakan untuk menentuka nilai energi puncak untuk ⁶⁰Co dan ¹⁵²Eu. Dari hasil pencacahan Co dan Eu diperoleh grafik spektrum energi seperti tampak pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Spektrum energi ⁶⁰Co dari hasil cacahan kedua *counter*



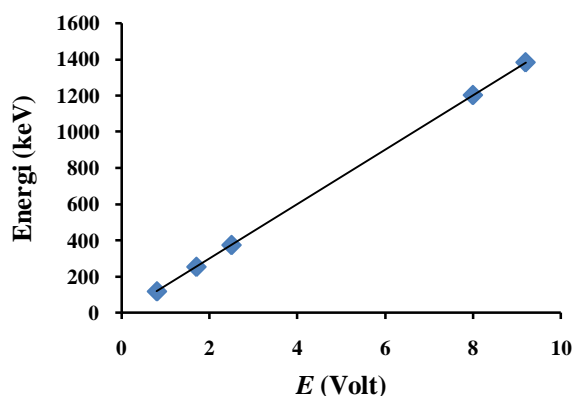
Gambar 5. Spektrum energi ¹⁵²Eu dari hasil cacahan kedua *counter*

Pada kalibrasi energi ini kedua *counter* yang digunakan menunjukkan energi puncak yang sama yaitu pada *E* dengan nilai 8 Volt dan 9,2 Volt untuk ⁶⁰Co dan pada *E* dengan nilai 0,8 Volt, 1,7 Volt dan 2,5 Volt untuk ¹⁵²Eu. Namun jumlah cacahan pada setiap puncak energi berbeda beda. Dari nilai puncak

tersebut dapat diperoleh nilai energi dari ^{60}Co dan ^{152}Eu seperti terangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan energi puncak ^{152}Eu dan ^{60}Co

Sumber	E (Volt)	Energi teori (keV)	Energi terukur (keV)
^{60}Co	8	1173,2	1202,909
	9,2	1332,5	1383,345
^{152}Eu	0,8	121,782	120,291
	1,7	251,633	255,618
	2,5	367,789	376,909



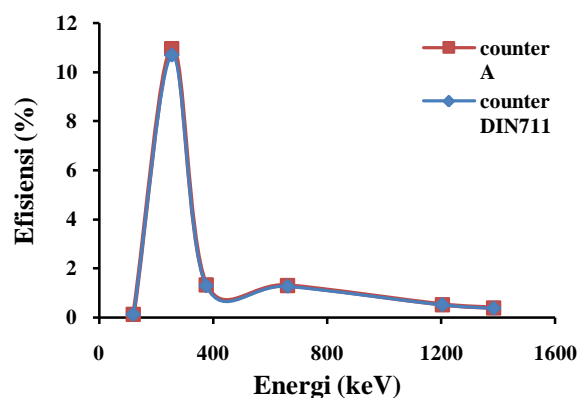
Gambar 6. Grafik kalibrasi energi

Perbedaan nilai energi terukur dengan nilai berdasarkan teori ini disebabkan karena daya pisa detektor yang berbeda. Serta lebar saluran yang cukup lebar membuat puncak energi tidak begitu jelas. Namun jika lebar saluran dipersempit maka hasil pengukuran akan lebih baik, karena energi yang disaring lebih spesifik. Dari data hasil cacahan yang diperoleh maka nilai FWHM untuk ^{137}Cs adalah sebesar 0,4802 volt, untuk ^{60}Co dalah 0,59 Volt pada puncak pertama dan 0,55 Volt untuk puncak kedua. Dalam keV nilai FWHM yang diperoleh untuk ^{137}Cs adalah 72,16 keV dan untuk ^{60}Co adalah 89,14 keV dan 82,78 keV. Dengan diperolehnya nilai FWHM maka dapat diperoleh nilai resolusi dengan menggunakan persamaan. Dari data yang ada maka diperoleh nilai resolusi sebesar 10,91% untuk ^{137}Cs serta 13,47% dan 12,51% pada

^{60}Co sehingga diperoleh nilai rata-rata daya pisah adalah 12,297%.

Perhitungan Efisiensi

Kalibrasi efisiensi detektor dilakukan dengan menggunakan nilai energi yang diperoleh dari puncak puncak hasil pencacahan ^{137}Cs , ^{60}Co dan ^{152}Eu . Dari puncak puncak energi dan besarnya nilai cacahan tersebut dapat diketahui nilai efisiensi detektor sebagai berikut. Dengan nilai Yeild untuk sumber Eu diperoleh dari Tabel Monografi BIPM yang sudah tertera pada lampiran.



Gambar 7. Grafik kalibrasi efisiensi

Dari hasil tersebut diperoleh nilai efisiensi rata rata dari sistem spektrometer dengan menggunakan *Counter* DIN711 adalah $(2,37 \pm 0,28)\%$ dan nilai efisiensi spektrometer dengan menggunakan *Counter* A adalah $(2,43 \pm 0,29)\%$. dalam bentuk grafik dapat digambarkan sebagai berikut.

Evaluasi Uji Banding

Uji banding pada penelitian ini dilakukan terhadap suatu sistem spektrometer gamma yang terdiri dari satu perangkat spektrometer buatan batan dimana pada spektrometer ini menggunakan counter DIN711. Kemudian membandingkan perangkat spektrometer tersebut dengan sistem spektrometer yang sama namun counter DIN711 diganti dengan *Counter* A

yang telah dibuat. Dari penelitian yang dilakukan diperoleh hasil analisa aktivitas sumber ^{152}Eu dan ^{60}Co yang terukur seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Data hasil perhitungan aktivitas

Sumber	Energi	Aktivitas sertifikat (dps)	DIN 711	Counter A
			Aktivitas (dps)	Aktivitas (dps)
Eu	120,2909	28146,34	2636	2664
	255,6182		238310	230736
	375,9091		28652	28998
Co	1202,909	18530,53	7520	7429
	1383,345		5462	5494

Dari nilai aktivitas antara kedua sumber yang terukur oleh kedua counter dapat dilihat bahwa counter DIN711 memiliki hasil aktivitas yang lebih mendekati aktivitas pada sertifikat. Dengan penyimpangan sebesar 19,71% pada counter DIN711 dan 19,92% pada counter A. Namun counter A memiliki penyimpangan sebesar 0,45% dari hasil pengukuran dari counter DIN711.

KESIMPULAN

Dari hasil kalibrasi energi dimana ^{137}Cs sebagai kalibrator diperoleh energi puncak dari ^{60}Co adalah $(1203,64 \pm 23,68)$ keV dan $(1384,18 \pm 37,19)$ keV, serta energi puncak untuk ^{152}Eu adalah $(120,36 \pm 10,97)$ keV, $(255,77 \pm 15,99)$ keV, dan $(376,14 \pm 19,41)$ keV. Hasil pengukuran kalibrasi energi ini berbeda dengan yang terdapat pada referensi hal ini disebabkan oleh lebar saluran pada

SCA terlalu lebar sehingga hasil energi yang diperoleh kurang tepat. Dari perhitungan efisiensi diperoleh rata-rata untuk counter DIN711 adalah $(2,37 \pm 0,28)\%$ dan untuk Counter A $(2,43 \pm 0,29)\%$. Counter DIN711 memiliki hasil aktivitas yang lebih mendekati aktivitas pada sertifikat. Dengan penyimpangan sebesar 19,71% pada counter DIN711 dan 19,92% pada counter A. Namun counter A memiliki penyimpangan sebesar 0,45% dari hasil pengukuran dari counter DIN711. Dari keseluruhan data serta pengolahan data yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa counter A yang telah dibuat layak untuk digunakan. Dengan melakukan set alat sesuai dengan set pada saat kalibrasi alat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Swakarma, I. (2010) *Rancang Bangun Sistem Spektroskopi Radiasi nuklir Multi Detektor*, Disertasi Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- [2] Akhadi, M. (2000) *Dasar-Dasar Proteksi Radiasi*, Jakarta: PT Rineka Cipta.
- [3] Tsoufnsnidis, N. (1995) *Measurement and Detection of Radiation*, Second Edition, University of Missouri-Rolla, Hemisphere Publishing Corporation, New York.
- [4] Malkoske, G. R. *Cobalt-60 production in CANDU power reactors*.
- [5] Perry, R.H. (1999) *Chemical Engineer's Handbook*, The McGraw-Hill Companies, United States of America.