

KAJIAN KINERJA SISTEM DETEKSI ANTARA DETEKTOR NaI(Tl) DAN CsI(Tl) UNTUK PERANGKAT RENOGRAF PORTABEL JINJING

Joko Sumanto, Sigit Bachtiar, Abdul Jalil
Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir-BATAN-Kawasan Puspiptek, Serpong

ABSTRAK

KAJIAN KINERJA SISTEM DETEKSI ANTARA DETEKTOR NaI(Tl) DAN CsI(Tl) UNTUK PERANGKAT RENOGRAF PORTABEL JINJING. Telah dilakukan kajian kinerja sistem deteksi antara detektor NaI(Tl) dan CsI(Tl) untuk perangkat renograf portabel jinjing. Kegiatan ini dimaksudkan untuk menggantikan sistem deteksi yang lebih kecil, sehingga perangkat renograf menjadi mudah di jinjing. Metoda yang digunakan adalah dengan studi literatur dan membandingkan kinerja sistem deteksi yang meliputi pengukuran tegangan kerja, resolusi dan efisiensi detektor NaI(Tl) 2x2" PMT dan detektor CsI(Tl) 1x1" PMT dan photodiode. Hasil kajian menunjukkan bahwa detektor NaI(Tl) 2x2" memberikan efisiensi yang lebih besar dan resolusi yang cukup baik dibandingkan dengan detektor CsI(Tl) 1x1". Dengan demikian detektor CsI(Tl) yang lebih kecil belum bisa menggantikan detektor NaI(Tl) 2x2" pada perangkat renograf.

Kata kunci: Detektor, NaI(Tl), CsI(Tl), photodiode

ABSTRACT

PERFORMANCE REVIEW OF DETECTORS DETECTION SYSTEM NaI(Tl) and CSI(Tl) DEVICE FOR RENOGRAPH PORTABLE TOTE. Performance review has been conducted between the detector NaI(Tl) detection systems and portable renograph CsI(Tl) for portable devices. This activity is intended to replace a smaller detection system, so the device becomes easy renograph in tote. The method used is the study of literature and compare the performance of detection systems, including measurement of work stress, resolution and detector efficiency NaI(Tl)2x2"-PMT and CsI(Tl)1x1"-PMT and photodiode detector. The study results showed that the NaI(Tl)2x2" detectors provide greater efficiency and resolution is quite good compared to the detector CSI. Thus CSI smaller detector can not replace NaI(Tl)2x2" detector on the device renograph.

Keywords: detector, NaI(Tl), CSI(Tl), photodiode

1. PENDAHULUAN

BATAN telah berupaya untuk mengembangkan beberapa prototip peralatan kedokteran yang memanfaatkan teknologi nuklir dengan mengikuti trend teknologi komputer. Walaupun demikian peralatan-peralatan tersebut masih memerlukan pengembangan lebih lanjut agar dapat beroperasi dengan daya yang lebih rendah dan dimensi ukuran yang lebih kompak, portable jinjing. Perencanaan renograf portable jinjing dilakukan berdasarkan permintaan renograf, agar dapat dipindah-pindah dengan mudah dan ringan. Pengembangan yang akan dilakukan adalah pada sistem deteksi,

sistem akuisisi, serta menggunakan detektor yang lebih kecil. Penggunaan komponen berteknologi baru dan berdaya rendah akan digunakan sebagai inti dari sistem elektronik peralatan tersebut akan diteliti lebih jauh. Pemanfaatan komunikasi data dengan peralatan pendukungnya juga akan lebih diefisienkan. Dari segi mekanik, dimensi peralatan akan dirancang sekompak mungkin dan dapat dengan mudah dipindah-pindahkan (portable jinjing). Dengan dimensi yang kompak dan berdaya listrik rendah diharapkan peralatan ini dapat dioperasikan dengan mudah (mobile).

Oleh karena itu perlu kajian kinerja sistem deteksi antara

menggunakan detektor NaI(Tl) 2x2" dengan detektor CsI(Tl) 1/2x1". Dalam sistem spektroskopi gamma di bidang kesehatan, sistem deteksi yang digunakan biasanya menggunakan detektor NaI(Tl) 2x2" yang mempunyai efisiensi yang besar, tetapi resolusinya masih cukup baik. Namun detektor ini masih menggunakan photomultiplier-PMT dan catu daya tegangan tinggi. Sedangkan detektor CsI(Tl) 1/2x1" dapat menggunakan teknologi photodiode dimana tidak memerlukan catu daya tegangan tinggi, sehingga menjadi praktis. Dengan mengganti sistem deteksi menggunakan detektor CsI(Tl) 1/2x1" diharapkan perangkat renograf menjadi portabel jinjing.

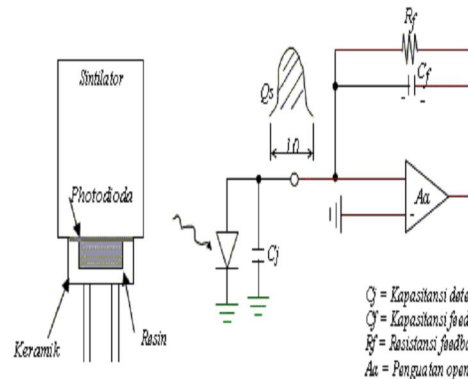
2. TEORI

Beberapa kajian tentang kemungkinan penggunaan detektor berbasis teknologi photodiode telah dilakukan.

Photodiode bekerja atas dasar perubahan cahaya tampak yang mengenai photokatoda sehingga menghasilkan elektron. Dengan tegangan bias yang diberikan antara katoda dan anoda, elektron tersebut akan mengalir sehingga diperoleh arus listrik dan selanjutnya diubah menjadi tegangan. Besarnya tegangan yang dihasilkan tergantung pada kuat cahaya yang mengenai photokatoda. Secara umum photokatoda memiliki *dark current* yang kecil orde nano ampere. *Dark current* merupakan arus yang timbul pada photokatoda untuk keadaan gelap atau tanpa dikenai cahaya sama sekali. Photokatoda mempunyai waktu tanggap yang cepat dan responsif pada wilayah panjang gelombang cahaya tampak yaitu antara 200nm sampai 1100nm dengan panjang gelombang efektif pada 800nm.^[1,2]

CsI(Tl) adalah sintilator anorganik yang sangat cocok untuk digandengkan dengan photodiode karena memiliki *yield* cahaya yang paling tinggi, kuantum efisiensi sebesar 69% sepanjang spektrumnya dibandingkan dengan 49% pada NaI(Tl).

Kristal sintilator CsI(Tl) berbentuk kubus dengan dimensi 10 x 10 x 10 mm³ dan diletakkan pada photodiode dengan menggunakan teflon tape dan silicon oil. Kristal sintilator CsI(Tl) bersama photodiode dan penguat hibride dikemas dalam aluminium berbentuk silinder yang kedap cahaya. Hal ini dilakukan untuk menghindari kesalahan deteksi pada saat digunakan untuk mendeteksi foton.



Gambar 1. Kristal sintilator dan penguat awal peka muatan^[2]

Photodiode adalah dioda semikonduktor yang khusus dirancang untuk keperluan pembangkitan energi listrik karena penyinaran. Photodiode yang dikopel dengan sintilator dibuat dari silikon dengan resistivitas tinggi, biasanya dari tipe N dengan resistivitas sekitar 5000 Ωcm sampai dengan 10.000 Ωcm untuk mendapatkan kapasitansi yang rendah pada tegangan bias yang rendah.

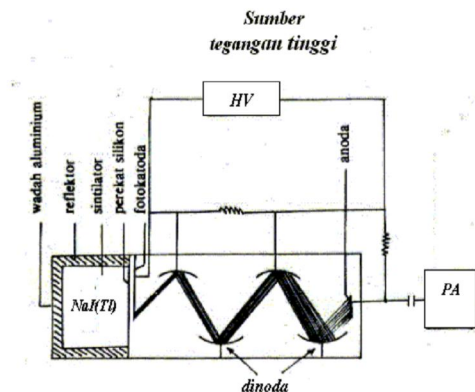
Jika sumber radiasi pengion melewati kristal maka tingkat energi elektron pada kristal akan meningkat sampai ke tingkat eksitasi di bawah *conduction band* sehingga pada pita valensi terbentuk *hole-hole*, yang menyebabkan terjadinya eksitasi, yang pada eksitasinya dipancarkan foton-foton.

Keluaran dari detektor ini berupa pulsa yang lemah dan lebarnya beberapa nano detik. Oleh karena itu pada detektor ini ditambahkan rangkaian penguat operasional dalam mode integrator dengan menggunakan

kapasitor umpan balik. Penguat ini memiliki impedansi masukan tinggi dan mengintegrasikan pulsa-pulsa listrik yang lemah serta mengubahnya menjadi pulsa tegangan sehingga dihasilkan impedansi keluaran yang rendah. Penguat ini disebut penguat awal peka muatan.

Jika radiasi gamma menumbuk detektor maka muatan Q dihasilkan dengan amplitudo yang setara dengan energi partikel. Sehubungan dengan muatan yang timbul, keluaran penguat peka muatan naik dan bersamaan itu, tegangan dengan polarisasi terbalik muncul pada keluarannya. Penguat ini memiliki *open loop gain* besar sehingga melalui rangkaian *feedback* seolah-olah tegangan pada ujung masukan adalah nol. Akibatnya pulsa-pulsa muatan semuanya diintegrasikan terhadap kapasitor *feedback* dan menimbulkan tegangan keluaran. Pada titik ini tahanan *feedback* untuk arus searah dihubungkan paralel dengan kapasitor *feedback* dan tegangan keluaran menjadi pulsa-pulsa tegangan yang meluruh secara perlahan.

Nal(Tl) adalah sintilator yang paling banyak digunakan untuk mendeteksi sinar γ . Dalam bentuk kristal tunggal berdiameter 0,75 m dan tebal 0,25 m serta memiliki tingkat kerapatan sebesar $3,67 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$. Karena rapat massanya yang besar, nomor atom yang tinggi dan ukuran yang besar maka Nal(Tl) sangat efisien untuk mendeteksi radiasi gamma.



Gambar 2. Skema detektor sintilasi Nal(Tl) [3]

Sintilator Nal(Tl) mempunyai banyak sifat yang merugikan seperti rapuh dan sensitif terhadap temperatur tinggi dan panas mendadak. Selain itu juga bersifat higroskopik sehingga harus terlindung setiap saat. Nal(Tl) selalu mengandung sejumlah kecil potasium yang memberikan efek tertentu karena radioaktivitas.

Detektor Nal(Tl) terdiri dari dua bagian. Bagian pertama adalah medium sintilasi berupa sintilator Nal(Tl) dimana partikel yang terdeteksi akan menimbulkan pulsa cahaya. Bagian kedua adalah tabung pengubah pancaran cahaya menjadi pulsa listrik setelah proses penggandaan yaitu Photo Multiplier Tube (PMT).

Kelebihan dan kekurangan detektor CsI(Tl) photodiode

- Dimensi kecil
- Dioperasikan pada tegangan rendah (tidak perlu tegangan tinggi)
- Tinggi sinyal sangat stabil
- Kokoh (rugged)
- Tidak terpengaruh oleh medan magnet

Karakteristik yang memungkinkan penggunaan jenis Photodiode dapat dilihat dari grafik di bawah ini:

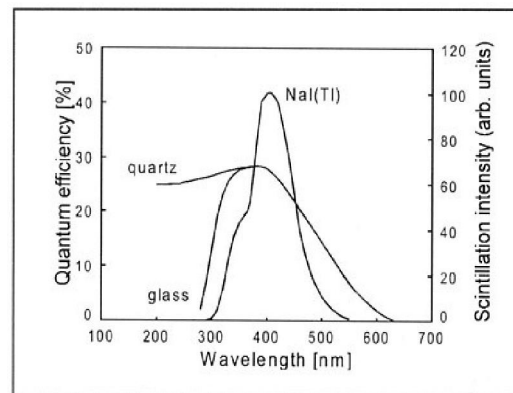


Fig. 4.2 Quantum efficiency curve of a standard bialkali photocathode together with the scintillation emission spectrum of NaI(Tl).

Gambar 3a. Karakteristik Photokatoda.[4]

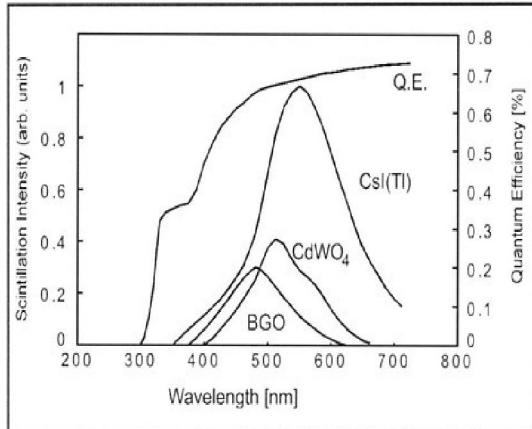


Fig. 4.3 Quantum efficiency curve of a silicon photodiode together with the emission spectrum of CsI(Tl), CdWO₄ and BGO.

Gambar 3b. Karakteristik Photodioda.^[4]

Spektrum Energi

Spektrum energi terdiri dari latar dan suatu luasan pada puncak energi dengan besar energi tertentu yang sesuai dengan energi sumber radiasi yang digunakan. Setiap sumber radiasi memiliki jumlah puncak energi spektrum yang berbeda-beda tergantung pada banyaknya energi yang dimiliki sumber radiasi tersebut.

Resolusi detektor

Resolusi detektor dinyatakan dengan lebar setengah tinggi maksimum dimana satuan yang digunakan adalah keV atau dinyatakan dalam % terhadap energi dan dinyatakan dengan persamaan:

$$\text{Resolusi} = \frac{FWHM}{E} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Dimana E adalah energi puncak dari sumber referensi. Nilai resolusi yang semakin kecil menunjukkan resolusi yang semakin baik untuk memisahkan puncak energi yang berdekatan. Artinya detektor yang memiliki resolusi yang baik adalah detektor yang mampu memisahkan dua puncak energi yang sangat berdekatan.

Efisiensi detektor

Effisiensi detektor dinyatakan sebagai perbandingan antara banyaknya cacah dengan aktivitas mutlak sumber yaitu cacah pancaran radiasi yang dihasilkan oleh sumber ke segala arah (4π). Kemampuan detektor untuk menerima pancaran radiasi dapat dipengaruhi oleh jarak sumber radiasi dengan detektor, medium antara detektor dengan sumber radiasi dan besarnya volume aktif detektor (sintilator). Makin besar volume aktifnya makin banyak jumlah cacah radiasi yang dapat diterima oleh detektor. Dengan memperhatikan faktor geometri dan faktor dari sumber, efisiensi detektor dinyatakan dengan persamaan:

$$E = (n / 3,7 \cdot 10^4 \cdot s \cdot f \cdot a) 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

E = Counting Effisiensi (%)

n = count rate yang telah dikoreksi background (c/s)

s = aktivitas sumber standar pada sertifikat (μCi)

f = Decay factor for source to day of measurement

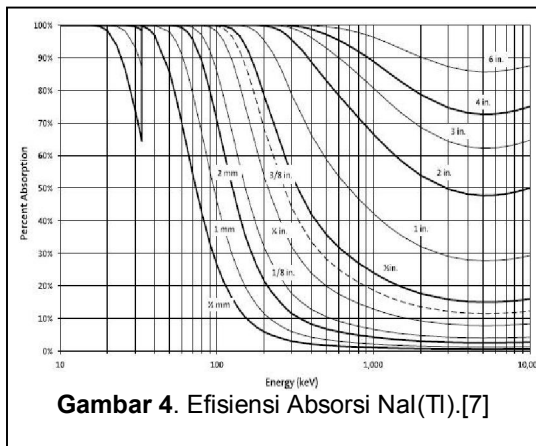
a = Fractional abundance of detected radiation per desintegrasi (for Cs-137 this factor is 0,832)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

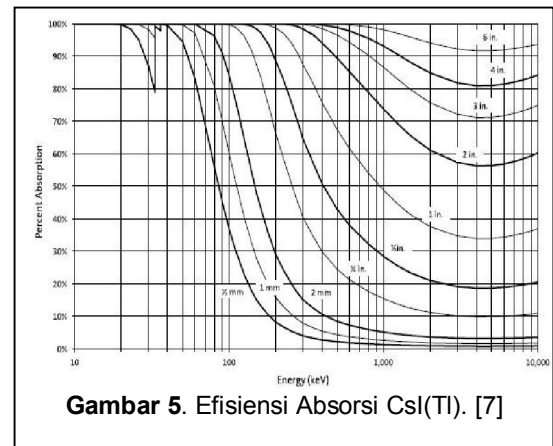
Komparasi Spektrum sumber standar Cs-137 (662keV) menggunakan sistem deteksi dari detektor NaI(Tl) 2x2" dan detektor CsI(Tl) Photodiode 10x10mm, masing-masing diperlihatkan pada Gambar 6 dan Gambar 7. Sedangkan Spektrum sumber standar Co-60 (1173,1keV dan 1332,4keV) menggunakan sistem deteksi dari detektor NaI(Tl) 2x2" dan detektor CsI(Tl) Photodiode 10x10mm, masing-masing diperlihatkan pada Gambar 8 dan Gambar 9^[5].

Tabel 1. Karakteristik Detektor sintilasi ^[6]

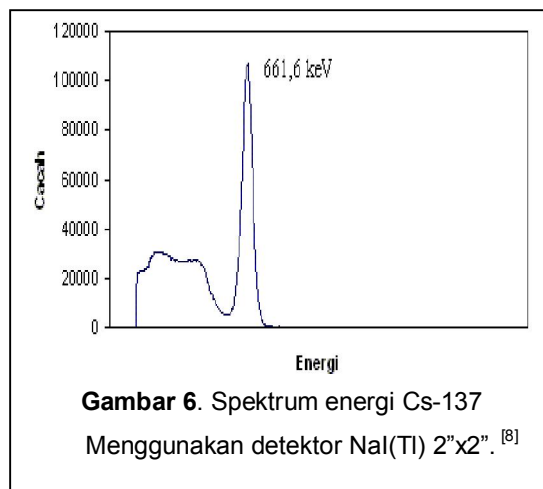
Material	Max Wavelength λ_{max} (nm)	Decay Constant (μ S)	Refracti-on Index λ_{max}	Conversion Efficiency (%)	Total Attenuation Coefficient (cm^{-1})		Density (gr/cm^3)	Hygros copic ?
					150keV	500keV		
Nal(Tl)	415	0.23	1.85	100	2.3	0.37	3.67	Yes
Cal(Na)	420	0.63	1.83	85	4.2	0.55	4.51	Yes
CsI(Tl)	550	1.00	1.80	45	4.2	0.55	4.51	Rather
BGO	480	0.30	2.15	12	9.6	0.96	7.13	No
GSO(Ce)	430	0.06	1.90	16	-	-	6.71	No
CdWO ₄	540	5.00	2.30	40	9.2	0.94	7.90	No
ZnWO ₄	480	5.00	2.20	26	-	-	7.87	No
CaF ₂ (Eu)	435	0.94	1.44	50	0.49	0.28	3.19	No
BaF ₂	325	0.63	1.49	20	3.90	0.43	4.88	No
CaF	390	0.006	1.48	3-5	3.30	0.45	4.64	Yes



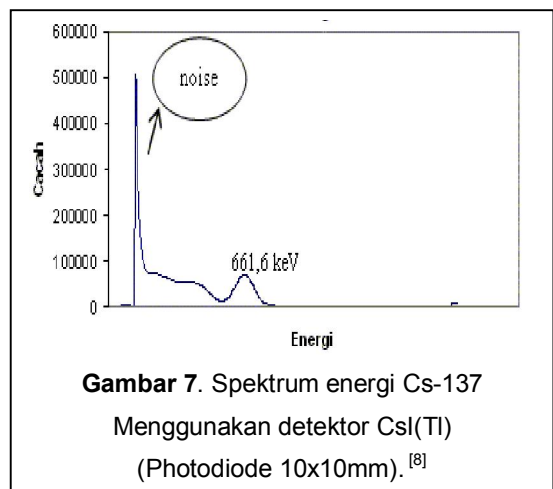
Gambar 4. Efisiensi Absorsi Nal(Tl).[7]



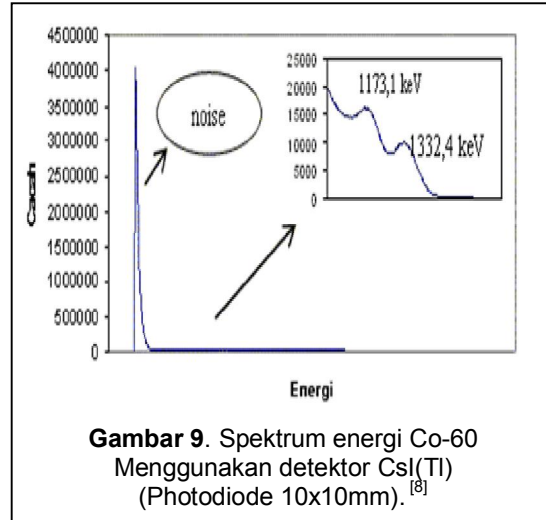
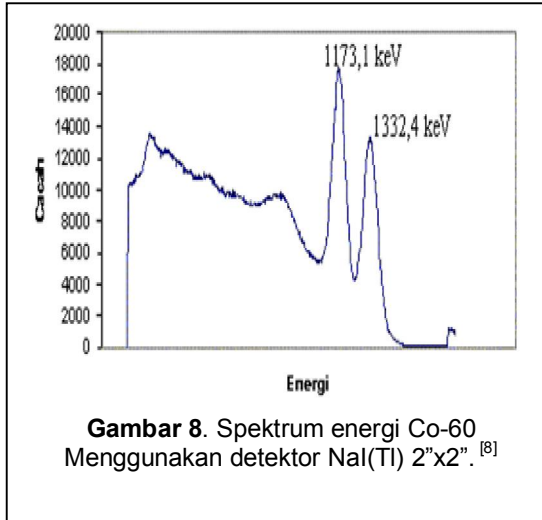
Gambar 5. Efisiensi Absorsi Csl(Tl). [7]



Gambar 6. Spektrum energi Cs-137 Menggunakan detektor Nal(Tl) 2"x2". ^[8]



Gambar 7. Spektrum energi Cs-137 Menggunakan detektor Csl(Tl) (Photodiode 10x10mm). ^[8]



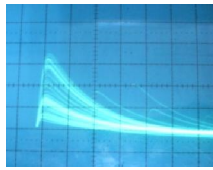
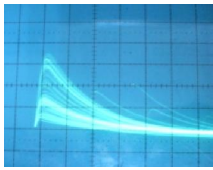
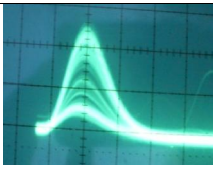
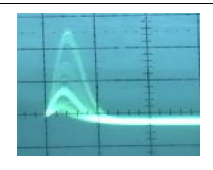
Dari Gambar 6. sampai dengan Gambar 9. menunjukkan komparasi kinerja sistem deteksi radiasi gamma dari detektor NaI(Tl) 2x2" dan detektor CsI(Tl) Photodiode 10x10mm. Dari Gambar tersebut terlihat bahwa detektor NaI(Tl) 2x2" mempunyai resolusi / daya pisah yang baik serta efisiensi yang lebih besar dibandingkan dengan detektor CsI(Tl) photodiode 10x10mm. Sedangkan dari Tabel 1. menunjukkan bahwa efisiensi detektor NaI(Tl) dan detektor CsI(Tl) berbanding 100% dan 45%. Jika akan digunakan detektor CsI(Tl) photodiode dengan ukuran kristal yang lebih kecil, maka efisiensinya juga akan semakin menurun. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.

Tabel 2. Karakteristik sistem deteksi dari detektor NaI(Tl) dan CsI(Tl)

No	Karakter	NaI(Tl)	CsI(Tl)
1	Max wavelength λ_{max} (nm)	415	550
2	Decay constan θ (μ s)	0,23	1,00
3	Refrection Index n_{max}	1,85	1,80
4	Conversi Efficiency (%)	100	45
5	Atteuation Coefficient (cm ⁻¹)	2,30	4,2
	a. 150 Kev	0,37	0,55
	b. 500 Kev		
6	Density (gr/cm ³)	3,67	4,51
7	Hygroscopic	Yes	Rather

Hasil pengujian dengan sinyal keluaran amplifier menggunakan sumber standar Ba-133 antara detektor NaI(Tl) 2"x2" PMT buatan Bicon dan detektor CsI(Tl) 1"x1" PMT buatan Hilger type W556 7699 diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian sinyal keluaran dengan menggunakan sumber ^{133}Ba

Nama	Keluaran Detektor NaI(Tl) 2"x2" Bicron Pada HV=638 V		Keluaran Detektor CsI(Tl) 1"x1" Hilger Pada HV=601 V	
	Bentuk	Keterangan	Bentuk	Keterangan
Sinyal Detektor		Pulsa Negatif		Pulsa Negatif
Output Pre Amplifier		Pulsa Positif Amplitudo=1,8V Periode=20-30 μs		Pulsa Positif Amplitudo=1,6V Periode=20-30 μs
Output Amplifier		Pulsa Positif Semi Gaussian Amplitudo=2,5V & 0,5V Periode=5,5 μs		Pulsa Positif Semi Gaussian Amplitudo=2,8 V & 0,8 V Periode=5,5 μs

Tabel 4. Hasil pengujian FWHM, Resolusi, Efisiensi antara detektor NaI(Tl) 2"x2" dan CsI(Tl) 1"x1".

Sumber	Ket.	Detektor	
		NaI(Tl) 2"x2"	CsI(Tl) 1"x1"
^{137}Cs	FWHM	50,312 KeV	62,16 KeV
	Resolusi	7,6 %	9,4 %
	Efisiensi	5,116 %	1,730%
^{133}Ba	FWHM	40,23 KeV	47,87KeV
	Resolusi	11,3%	13,4%
	Efisiensi	14,18%	6,79%

Dari Tabel 3. terlihat bahwa intensitas pulsa yang dihasilkan detektor NaI(Tl) 2"x2" lebih terang dibandingkan dengan intensitas pulsa yang dihasilkan detektor CsI(Tl) 1"x1". Hal tersebut dipengaruhi oleh perbedaan diameter yang dimiliki kedua detektor tersebut. Semakin besar diameter detektor semakin besar pula radiasi gamma yang tertangkap, akibatnya detektor yang memiliki diameter lebih besar akan menghasilkan intensitas yang lebih terang.

Dari data Tabel 4. di atas, diperoleh resolusi menggunakan sumber ^{137}Cs untuk detektor NaI(Tl) 2"x2" sebesar 7,6% dan untuk detektor CsI(Tl) 1" sebesar 9,4%. Sedangkan

resolusi pada saat menggunakan sumber ^{133}Ba didapatkan 11,3% untuk detektor NaI(Tl) 2"x2" dan 13,4% untuk detektor CsI(Tl) 1"x1".

Dari hasil hitungan ini dapat dikatakan bahwa resolusi detektor NaI(Tl) 2"x2" lebih baik dibandingkan dengan resolusi detektor CsI(Tl) 1"x1". Secara fisik, resolusi detektor NaI(Tl) 2"x2" lebih baik dibandingkan dengan resolusi detektor CsI(Tl) 1"x1". Kenyataan ini dapat dilihat dari FWHM yang dihasilkan pada detektor NaI(Tl) 2"x2" lebih kecil dibandingkan dengan FWHM yang dihasilkan pada detektor CsI(Tl) 1"x1" baik pada saat menggunakan sumber ^{137}Cs maupun ^{133}Ba . Spektrum energi puncak yang dihasilkan oleh detektor NaI(Tl) 2"x2" lebih ramping dibandingkan dengan

spektrum tenaga puncak yang dihasilkan oleh detektor CsI(Tl) 1"x1".

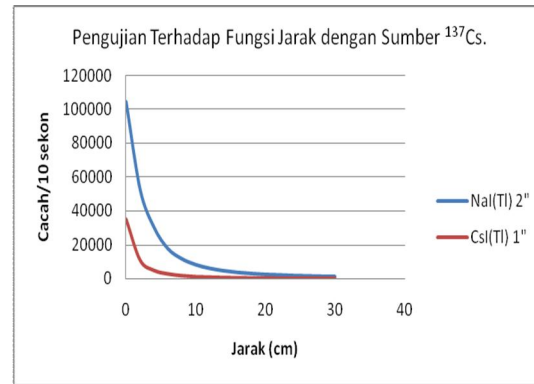
Tabel 5. Pengujian Terhadap Fungsi Jarak menggunakan Sumber ¹³³Ba.

No	Jarak (cm)	Cacah netto/10s	
		Detektor Nal(Tl) 2"x2"	Detektor CsI(Tl) 1"x1"
1	0	107773	51626
2	2	58645	14974
3	4	27386	5494
4	6	15926	3229
5	8	10452	219
6	10	7129	1518
7	12	5278	1032
8	14	4037	799
9	16	3004	657
10	18	2617	534
11	20	2135	424
12	22	1863	334
13	24	1570	294
14	26	1357	267
15	28	1163	230
16	30	1033	238

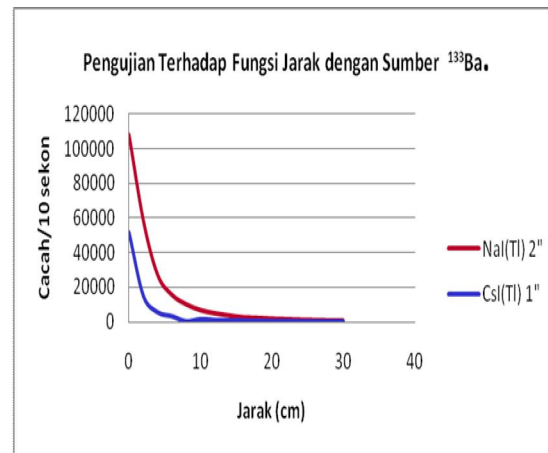
Tabel 6. Pengujian Terhadap Fungsi Jarak menggunakan Sumber ¹³⁷Cs.

No	Jarak (cm)	Cacah netto/10s	
		Detektor Nal(Tl) 2"x2"	Detektor CsI(Tl) 1"x1"
1	0	104296	35203
2	2	52781	11071
3	4	30220	4954
4	6	17612	2882
5	8	11626	1826
6	10	8148	1250
7	12	6000	934
8	14	4587	711
9	16	3612	559
10	18	2929	468
11	20	2409	383
12	22	2097	314
13	24	1730	249
14	26	1525	224
15	28	1296	218
16	30	1155	193

Grafik cacah terhadap fungsi jarak menggunakan Sumber ¹³⁷Cs, diperlihatkan pada Gambar 10. Sedangkan grafik cacah terhadap fungsi jarak menggunakan sumber ¹³³Ba, diperlihatkan pada Gambar 11.



Gambar 10. Grafik cacah terhadap fungsi jarak menggunakan sumber ¹³⁷Cs



Gambar 11. Grafik cacah terhadap fungsi jarak dengan sumber ¹³³Ba

Dari pengujian terhadap fungsi jarak dapat dilihat bahwa kemampuan cacah detektor Nal(Tl) 2"x2" lebih baik dibandingkan dengan detektor CsI(Tl)1" dengan menggunakan sumber ¹³⁷Cs ataupun ¹³³Ba. Pada jarak antara sumber dan detektor yang sama cacah yang dihasilkan detektor Nal(Tl) 2"x2" lebih besar dibanding detektor CsI(Tl) 1"x1".

Hal ini menunjukkan bahwa detektor Nal(Tl) 2"x2" mempunyai kemampuan untuk mendeteksi sumber radiasi dengan jarak yang agak jauh, seperti halnya dalam pemeriksaan dengan menggunakan metode in-vivo. Dalam pemeriksaan menggunakan metode in-vivo biasanya jarak dari detektor ke pasien yang akan diperiksa antara 20- 40 cm. Sehingga detektor Nal(Tl) 2"x2" ini cocok digunakan untuk pemeriksaan dengan metode in-vivo,

atau pemantauan yang membutuhkan jarak antara 20-40 cm.

Sedangkan, detektor CsI(Tl) 1"x1" dapat dimanfaatkan untuk pemeriksaan dengan metode in-vitro. Karena pada pemeriksaan dengan metode in-vitro tidak memerlukan jarak yang jauh.

Dari pengujian terhadap fungsi jarak juga dapat diketahui bahwa semakin jauh jarak detektor ke sumber radiasi, maka semakin kecil pula jumlah cacah yang dihasilkan.

Dari hasil perhitungan efisiensi, didapatkan efisiensi detektor NaI(Tl) 2"x2" dan CsI(Tl) 1"x1" menggunakan sumber ^{137}Cs sebesar 5,116 % dan 1,73 %. Sedangkan efisiensi detektor NaI(Tl) 2"x2" dan CsI(Tl) 1"x1" menggunakan sumber ^{133}Ba adalah 14,18% dan 6,79%. Dari hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa efisiensi detektor NaI(Tl) 2"x2" lebih baik dibandingkan detektor CsI(Tl) 1"x1". Nilai Efisiensi yang dihasilkan dipengaruhi oleh jenis detektor dan juga *setting* atau pengaturan selama melakukan pencacahan yaitu jarak antara sumber dengan detektor, tegangan kerja, faktor amplifikasi pada amplifier, serta lebar window diskriminator. Hal lain yang mempengaruhi efisiensi sistem pencacah adalah jenis radiasi, energi radiasi, dan intensitas radiasi. Sehingga Detektor NaI(Tl) 2"x2" memiliki efisiensi yang lebih besar karena memiliki ketebalan material sintilasi yang lebih besar dibanding detektor CsI(Tl) 1"x1".

Berdasarkan standart Tec-Doc IAEA 602 tahun 1991 tingkat kepercayaan yang digunakan untuk pengujian kestabilan adalah 95%. Untuk data sebanyak 20 dengan kepercayaan 95%, rentang chi kuadrat yang diperbolehkan adalah $10,117 < X^2 < 30,144$. Dari hasil pengujian chi square test dengan menggunakan detektor NaI(Tl) 2"x2" dan CsI(Tl) 1"x1", harga X^2 yang dihasilkan masih berada dalam rentang yang diizinkan. Sehingga dari informasi yang didapatkan tersebut,

menunjukkan bahwa alat yang digunakan masih dalam keadaan stabil.

Dari hasil pengujian diatas menunjukkan kinerja sistem deteksi menggunakan detektor NaI(Tl) 2"x2" dan detektor CsI(Tl) 1"x1" sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengamatan bentuk pulsa pada keluaran *amplifier* menggunakan detektor NaI(Tl) 2"x2" buatan Bicron type 2M2/2 dan detektor CsI(Tl) 1"x1" buatan Hilger type W556 7699 CsI(Tl) sama sama memiliki bentuk pulsa yang baik.
2. Resolusi detektor NaI(Tl) 2"x2" dari Bicron 7,6 % dan detektor CsI(Tl) adalah 9,4 % untuk ^{137}Cs (662keV). Hal ini menunjukkan bahwa sistem deteksi detektor NaI(Tl) mempunyai kemampuan yang lebih baik untuk memisahkan spektrum energi yang berdekatan. Namun keduanya masih memenuhi syarat yaitu antara 6% - 10% untuk Cs-137.
3. Efisiensi detektor NaI(Tl) 2"x2" dari Bicron 2M2/2 lebih tinggi dibandingkan efisiensi detektor CsI(Tl) 1"x1". Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi detektor berbanding lurus dengan dimensinya.
4. Pada uji fungsi jarak, semakin dekat jarak sumber dengan detektor maka jumlah cacah yang diperoleh semakin besar. Dari data-data yang telah diperoleh dapat dinyatakan bahwa pada jarak 0.5cm sampai dengan 30 cm interaksi detektor NaI(Tl) 2"x2" dari Bicron terhadap radiasi sinar gamma lebih baik dibandingkan detektor CsI(Tl) 1"x1".
5. Dari hasil uji *chi square test* menggunakan detektor NaI(Tl) 2"x2" dari Bicron 2M2/2 maupun detektor CsI(Tl) 1"x1" dari Hilger type W556 7699 telah memenuhi syarat kestabilan dengan tingkat kepercayaan 95% sesuai TECDOC IAEA 602 tentang uji kualitas peralatan kedokteran nuklir.

4. KESIMPULAN

Kajian sistem deteksi antara detektor NaI(Tl) dan detektor CsI(Tl) untuk perangkat renograf portabel jinjing telah dilakukan. Hasil kajian dari literatur menunjukkan bahwa, penggunaan jenis detektor CsI(Tl) photodiode dibandingkan dengan penggunaan detektor NaI(Tl) yaitu dapat mengurangi dimensi akibat penggunaan PMT. Disamping itu tidak memerlukan catu daya tegangan tinggi dan tidak terpengaruh medan magnet. Namun demikian perlu dipertimbangkan, bahwa efisiensi detektor CsI(Tl) photodiode lebih rendah dibandingkan dengan detektor NaI(Tl) PMT. Penggunaan kristal detektor CsI(Tl) yang lebih kecil dimensinya, menyebabkan efisiensi detektor tersebut juga bertambah rendah. Sedangkan perangkat renograf perlu efisiensi detektor yang besar disamping penggunaan kolimator. Dengan demikian detektor CsI(Tl) yang lebih kecil belum bisa menggantikan sistem deteksi dari detektor NaI(Tl) 2x2" pada perangkat renograf.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sumiardi, Y., 2003, "Sistem Sensor Optik Berbasis Photodiode Siemens BPW34", Skripsi S1, Universitas Gadjah Mada, [2003].
- [2] Setyadi, W.S., Sanyoto, N.T. dan Juningram, "Perakitan Detektor Sintilasi CsI(Tl)", Prosiding PPI-Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir, P3TM BATAN, Yogyakarta, 7-8 Agustus [2001].
- [3] Susetyo, W., Spektroskopi Gamma dan Penerapannya dalam Pengaktifan Neutron, Gajah Mada University Press, Yogyakarta, [1988].
- [4]. "SCIONIX nedherlan Detektor", <http://www.scionix.nl/>, diunduh 15 Desember 2010.
- [5]. SAMSUL BAHRI, "Perbandingan Kinerja Detektor NaI(Tl) Dengan Detektor CsI(Tl) Pada Spektroskopi Radiasi Gamma", Jurnal Gradien Vol.3 No.1 Januari 2007: 204-209, Universitas Bengkulu. <http://www.scribd.com/doc/43147515/1FC18204d01> diunduh 1 Nop 2011.
- [6]. SETYADI DAN RILL ISARIS, "Design and Construction of Renograph for Renal Function Test Using CsI(Tl) Detector and Microcontroller AT89C51", Jurnal Teknologi Academia ISTA, ISSN.1410-5829, Vol.12 No.1, Agustus 2007.
- [7]. SAINT-GOBAIN, "Efficiency Calculations for Selected Scintillators", http://WWW.detectors.saint-gobain.com/uploadedFiles/SCdetectors/Documents/Technical_information_Notes/Efficiency-Calculations.pdf, diunduh 27 Oktober [2011].
- [8]. SAMSUL BAHRI, "Perbandingan Kinerja Detektor NaI(Tl) Dengan Detektor CsI(Tl) Pada Spektroskopi Radiasi Gamma", Jurnal Gradien Vol.3 No.1 Januari 2007 : 204-209, Universitas Bengkulu. <http://www.scribd.com/doc/43147515/1FC18204d01> diunduh 1 Nop 2011.