

PEMBUATAN PROGRAM UNTUK MENENTUKAN PUNCAK SPEKTRUM PADA RADIATION PORTAL MONITOR SPEKTROSKOPI

¹Ismet Isnaini, ²Panggalih Sako Denta, ²Rahmat Sabar Hakiki, ¹Mohamad Amin
1) Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir – BATAN
Gedung 71, Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan 15314
2) Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah
Jln. Cempaka Putih Tengah 27, No 47, Jakarta Pusat
ismeth@batan.go.id

ABSTRAK

PEMBUATAN PROGRAM UNTUK MENENTUKAN PUNCAK SPEKTRUM PADA PORTAL MONITOR RADIASI SPEKTROSKOPI. Portal Monitor Radiasi (PMR) adalah sebuah alat yang sangat penting dalam meningkatkan pertahanan dan keamanan sebuah negara. Dengan PMR yang dipasang di pelabuhan laut dan udara, bahaya atau ancaman radiasi dapat terdeteksi dari barang-barang yang mengandung radiasi baik secara yang dibawa secara legal apalagi illegal. PRFN BATAN telah membuat PMR yang dapat mendeteksi radiasi secara gross, namun jenis sumber radiasi belum dapat diketahui. Untuk itu diperlukan sebuah program untuk dapat menampilkan spektrum radionuklida hasil pencacahan PMR Spektrometri. Program ini juga telah berhasil menentukan puncak-puncak pada spektrum radiasi tersebut, dan energi pada puncak tersebut. Juga ditunjukkan bahwa keakuratan pendeteksian radionuklida bergantung kepada lamanya dan jarak akuisisi data yang dilakukan oleh detektor. Selanjutnya energi tersebut akan di cocokkan kepada daftar energi sumber radiasi untuk mengetahui radionuklida yang terdeteksi.

Kata kunci : Portal Monitor Radiasi, Spektrum, Spektroskopi, Radionuklida.

ABSTRACT

A PROGRAM DEVELOPMENT TO DETERMINE THE PEAK OF SPECTRUM ON RADIATION PORTAL MONITOR SPECTROSCOPY. The Radiation Portal Monitor (RPM) is a very important device in enhancing a country's defense and security. With RPM installed at sea and airports, it can detect the danger or threat of radiation from goods containing radiation which is brought legally, moreover illegally. PRFN BATAN has developed an RPM that detects radiation in a gross manner, but the type of radiation source is unknown. For this reason, a program is needed to be able to plot the spectrum of the corresponding source so that accurate radiation sources can be detected. This program has been able not only to display but also determine the peaks in the radiation spectrum with its corresponding energy. It is also shown that the accuracy of radionuclide's detection depends on the distance as well as period of data acquisition done by the detector. Furthermore, the energy will be matched to the list of energy sources of radiation to find out the source of radioactive.

Keywords: Radiation Portal Monitor, Spectrum, Spectroscopy, Radionuclide.

1. PENDAHULUAN

Di era globalisasi pada zaman sekarang kejahatan Ancaman aksi terorisme akan semakin berbahaya jika menggunakan zat radioaktif ataupun bahan nuklir dalam bentuk *radiological dispersal devices* (RDDs). RDDs disebut juga sebagai bom kotor (*dirty bomb*). Bom kotor merupakan bom konvensional yang telah dicampur dengan zat radioaktif sebagai pengotor. Di samping efek daya rusak akibat kemampuan ledaknya, bom kotor juga menimbulkan ketakutan yang luar biasa dikarenakan adanya kontaminasi dengan zat radioaktif.

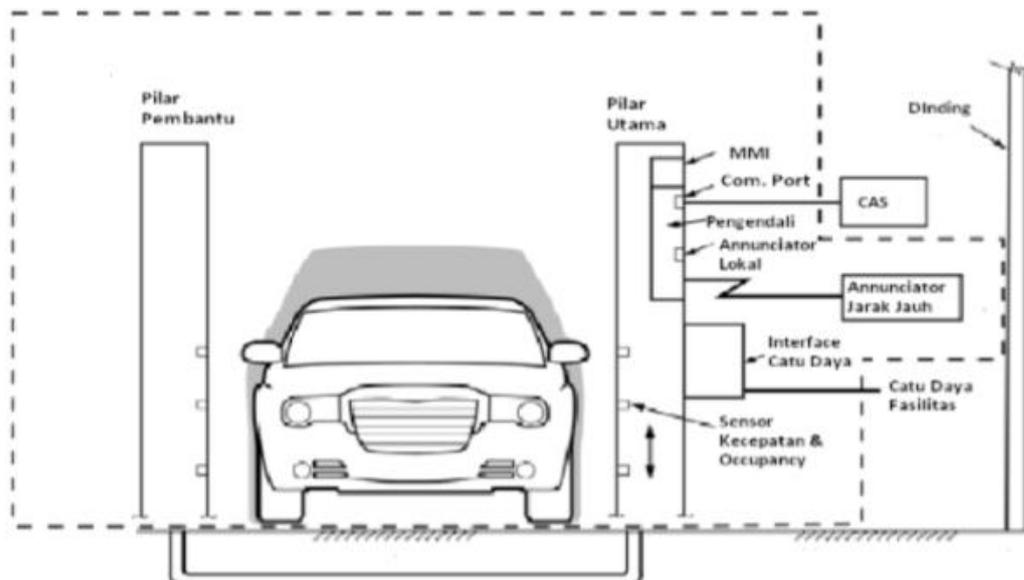
Dalam peraturan International perpindahan zat radioaktif harus memenuhi peraturan standar persyaratan administrasi, teknis serta keselamatan di dalam maupun di luar negara untuk memastikan kegiatan yang dilakukan secara aman dan selamat. Zat radioaktif sangat rawan apabila sampai terjatuh ke tangan orang atau kelompok yang tidak bertanggung jawab, sehingga menuntut pengawasan di lapangan dalam mencegah penyelundupan, perdagangan gelap zat radioaktif dan tindakan ilegal lainnya [1].

Beberapa pengawasan terhadap zat radiokatif untuk skala lingkungan telah dilakukan [2-4], baik itu di kawasan nuklir ataupun di tempat-tempat lainnya. Sedangkan salah satu penerapan pengawasan lalu lintas keluar masuk zat radioaktif adalah dengan penggunaan peralatan *Portal Monitor Radiasi* (PMR) [5] yang dapat dipasang di pelabuhan laut ataupun udara. PMR berfungsi untuk mendeteksi dan memeriksa radiasi yang terpancar dari muatan barang yang dibawa oleh kendaraan angkut tanpa harus membongkar kendaraan tersebut. PMR juga merupakan salah satu peralatan yang bisa digunakan untuk pencegahan penyelundupan misalnya di daerah perbatasan [6].

Penelitian ini menampilkan hasil akusisi data menggunakan detektor yang terdapat dalam PMR, dalam bentuk sebuah spektrum energi. Dari spektrum tersebut, kemudian akan ditentukan puncak dan nilai energi pada puncak spektrum tersebut, sehingga sumber radiasi dapat diketahui.

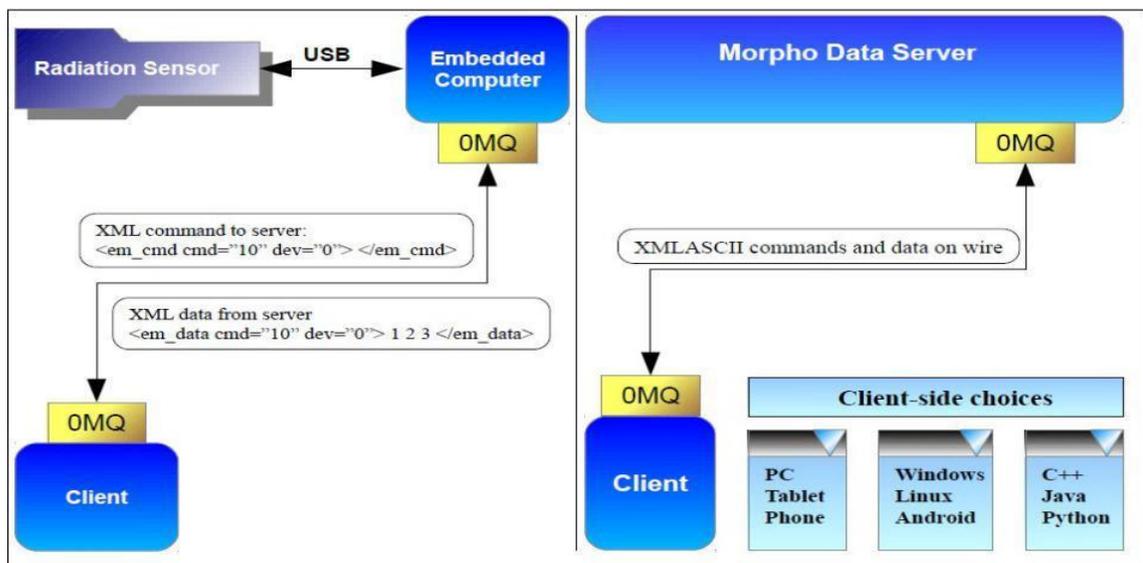
2. DASAR TEORI

Beberapa hasil simulasi telah menunjukkan unjuk kerja yang baik dari peralatan PMR [7] dalam mendeteksi keberadaan sumber radiasi di dalam sebuah material. Hal ini banyak tergantung kepada jenis detektor yang digunakan. Salah satu bahan detektor yang kerap digunakan dalam fasilitas PMR adalah Sintilator. Sintilator adalah suatu bahan yang dapat memancarkan kelipan cahaya (sintilasi) apabila berinteraksi dengan sinar-gamma atau partikel alpha dan beta. Bahan ini dapat berupa zat padat atau cair, baik zat organik maupun anorganik. Secara umum, gambaran sebuah sistem PMR dapat dilihat di Gambar 1.



Gambar 1. Sistem keseluruhan Portal Monitor Radiasi.

Sintilator yang paling sering digunakan untuk spektroskopi gamma adalah detektor Nal(Tl). Detektor sintilasi mampu mencacah jumlah partikel radioaktif dan energinya, dimana partikel yang terdeteksi akan menimbulkan sintilasi. Detektor sintilasi inorganik yang sering digunakan untuk spektroskopi gamma adalah kristal tunggal alkali halida seperti Nal (Natrium Iodida). Walaupun demikian, harga detektor ini termasuk lebih mahal dibandingkan dengan detektor lain yang terbuat dari bahan plastik atau organik [8, 9]. Selain faktor detektor, keakuratan PMR juga dapat dipengaruhi oleh radiasi intrinsik bumi yang biasanya meningkat ketika turun hujan [10].



Gambar 2. Sistemika *Morpho Data Server* (MDS) beserta sistem komunikasi dengan client menggunakan *ZeroMQ* dgn *XML tags syntax*.

Detektor yang digunakan dalam peralatan PMR adalah detektor *eMorpho*, yang di dalamnya terdapat *Morpho Data Server* (MDS). *Server* ini dengan perantara USB menghubungkan antara sensor radiasi dengan *embedded* komputer. Dalam hal ini yang berperan sebagai *client* adalah *Raspberry Pi 3* yang berkomunikasi dengan MDS menggunakan protokol *ZeroMQ* (OMQ atau ZMQ) sebagai broker dengan *format command* berupa *XML Tags*. Selain *Raspberry Pi 3*, *client* pun dapat berupa PC, tablet, maupun *smartphone* dengan OS yang didukung adalah *Windows*, *Linux*, dan *Android* dan menggunakan *C++*, *Java*, *Python* atau Bahasa pemrograman lainnya. Skema dari sistem deteksi ini dapat dilihat dari Gambar 2.

3. TATA KERJA

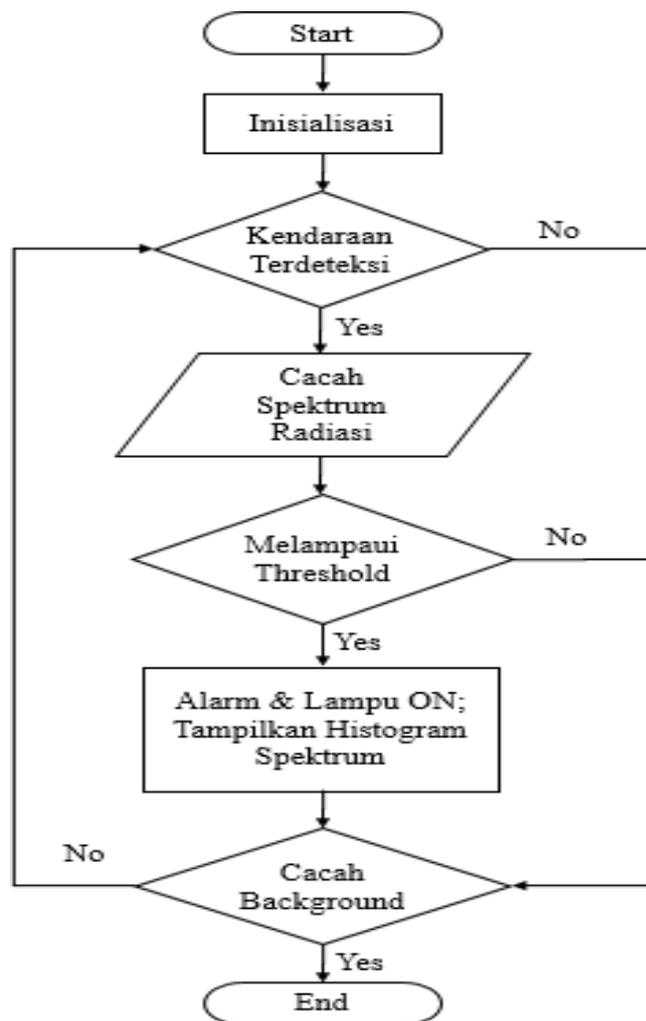
Program untuk menampilkan spektrum sebuah sumber beserta puncaknya, ditulis dalam bahasa pemrograman python 3. Gambar 3 menunjukkan diagram alir perangkat sebuah *Portal Monitor Radiasi*.

Dari diagram alir tersebut, dapat diketahui alur kerja perangkat PMR adalah sebagai berikut:

1. Inisialisasi, proses PMR melakukan inisialisasi sistem dan memastikan bahwa detektor telah terhubung dengan kontroller dan juga mini komputer *Raspberry pi*.
2. Deteksi kendaraan. Sebuah sensor akan mendeteksi apakah ada kendaraan yang masuk area deteksi PMR atau moda okupansi. Pada moda ini, perangkat akan melakukan cacah untuk dapat menghasilkan spektrum radiasi. Apabila tidak

ada kendaraan terdeteksi, maka perangkat akan mencacah latar atau *background*.

3. Proses pendeteksian radiasi, pembacaan spektrum serta penentuan puncak spektrum radiasi pada muatan kendaraan yang berada dalam moda okupansi.
4. Apabila cacahan melampaui *threshold* atau ambang batas yang telah ditentukan maka alarm dan lampu indikator radiasi akan menyala serta histogram spektrum akan ditampilkan. Kendaraan akan diperiksa lebih lanjut, baik secara manual menggunakan detektor genggam, ataupun di lewatkan kembali pada *portal monitor* untuk waktu yang lebih lama.
5. Setelah proses selesai dan kendaraan keluar dari wilayah okupansi, perangkat kembali ke moda Cacah *background*, yakni proses pencacahan data spektrum pada latar tanpa radiasi.



Gambar 3. Diagram alur sistem *Portal Monitor Radiasi*.

Adapun pada tahapan ke 3 atau pembacaan spektrum, langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Sumber sample di dekatkan kepada detektor dalam berbagai jarak. Lamanya pencacahan rata-rata adalah 5 menit.
2. Menginisialisasi komunikasi antara detektor *eMorpho* dengan *Raspberry Pi 3* dengan menjalankan program *Morpho Data Server* (dalam program *MDS.py*) yang kemudian akan dikembalikan oleh server dengan data sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.

```
w_dir /home/pi/BPI/mds_py_universal
/Tib/arm-linux-gnueabi/hf/Tibusb-0.1.so.4
number of eMorphos: 1
S/N: eRC1653
Listening on: tcp://0.0.0.0:5507
ZMQ version: 4.2.1
Morpho Data Server, version = 2.4.0.linux.2819
```

Gambar 4. Hasil perolehan data dari MDS.

Pada perolehan data dari MDS, dapat kita ketahui lokasi file MDS.py, pustaka yang digunakan, jumlah perangkat *eMorpho* yang terhubung, *serial number* perangkat *eMorpho*, kanal tcp, versi ZMQ yang digunakan, dan versi MDS yang digunakan. Apabila perangkat belum terhubung, maka lakukan inisialisasi kembali sampai perangkat terhubung.

- 3 Memulai *Multi Channel Analyzer (MCA)* dan mengambil data histogram hasil pembacaan spektrum sumber radiasi yang dikirimkan oleh MDS dengan menggunakan *syntax XML tags* sederhana sebagaimana tampak pada Gambar 5 dan Tabel 1. MDS Server dari *eMorpho* kemudian akan mengembalikan data akuisisi dengan format seperti pada Tabel 2.

```
#In this part, clear the volatile memory
startMca_cmd = "<em_cmd cmd='start_mca' engage='0' sn='eRC1653'> 1 0 0 1 1 1 0 1 </em_cmd>"
socket.send (startMca_cmd )
xml_data0 = socket.recv()
time.sleep(2)
# perform a finite acquisition. We give time for the acquisition to finish, then start reading the hist
startMca_cmd = "<em_cmd cmd='start_mca' engage='0' sn='eRC1653'> 1 300 1 0 0 0 0 1 </em_cmd>"
socket.send (startMca_cmd )
xml_data0 = socket.recv()
time.sleep(13)
xml_cmd = "<em_cmd cmd='read_histo' engage='0' sn='eRC1660'> 1 2000</em_cmd>"
socket.send (xml_cmd)
xml_data = socket.recv()
```

Gambar 5. Start MCA dan membaca histogram.

Tabel 1 Format perintah untuk meminta data dari MDS serta format data yang akan diterima dari MDS

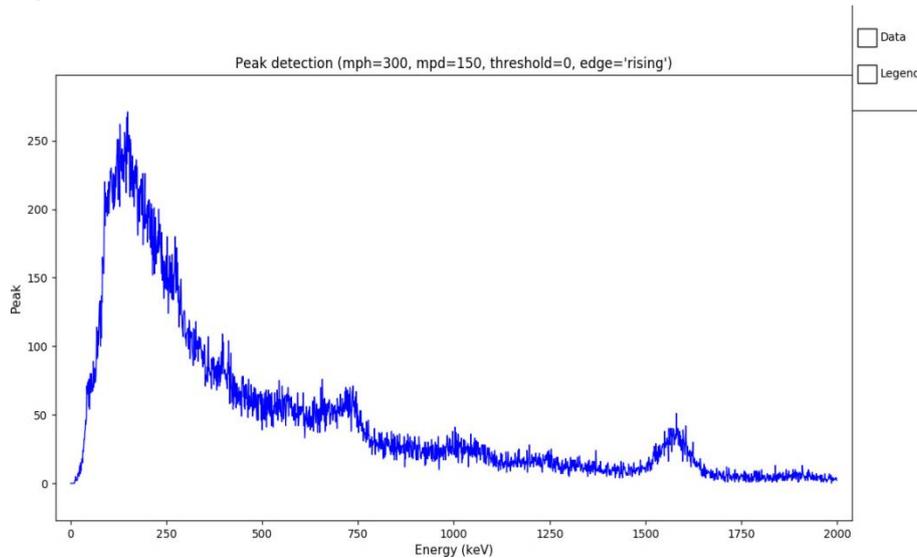
Read_histo	XML tag
Client to Server	<em_cmd cmd="read_histo" engage="0" sn="eRCXXXX"> Read_Histo_Record </em_cmd>
Server to Client	<em_data cmd="read_histo"> Detector-record Histogram_Record </em_data>

Tabel 2 Format data dari Histogram Record

Parameter	Precision	Explanation
num_read_data	int	num_read_data = 1, Number of data in this record.
num_bins	32-bit	Number of histogram bins requested; for standard devices the maximum is 4096.

- 4 Data histogram yang diperoleh kemudian ditampilkan oleh *Matplotlib* dalam bentuk grafik plot spektrum seperti pada gambar 6. Proses pembacaan data histo

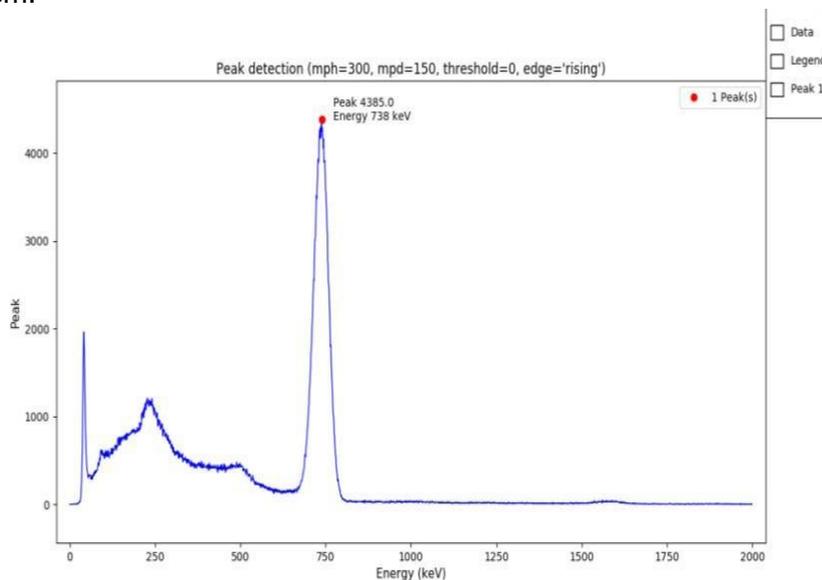
spektrum dan tampilan dengan *Matplotlib* akan berulang sampai batas yang diinginkan.



Gambar 6. Contoh tampilan data histogram spektrum untuk sebuah sumber dengan modul *Matplotlib*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dua buah sumber radiasi telah digunakan dalam menguji program ini, yakni Cs-137 dan Co-60. Gambar 7 adalah tampilan hasil pembacaan data spektrum radiasi Cs-137 dengan *Matplotlib* dimana pembacaan data spektrum radiasi Cs-137 dilakukan selama 5 menit setiap pembacaan dengan jarak antara sumber radiasi dan detektor sejauh 30 cm.



Gambar 7. Pembacaan Cs-137

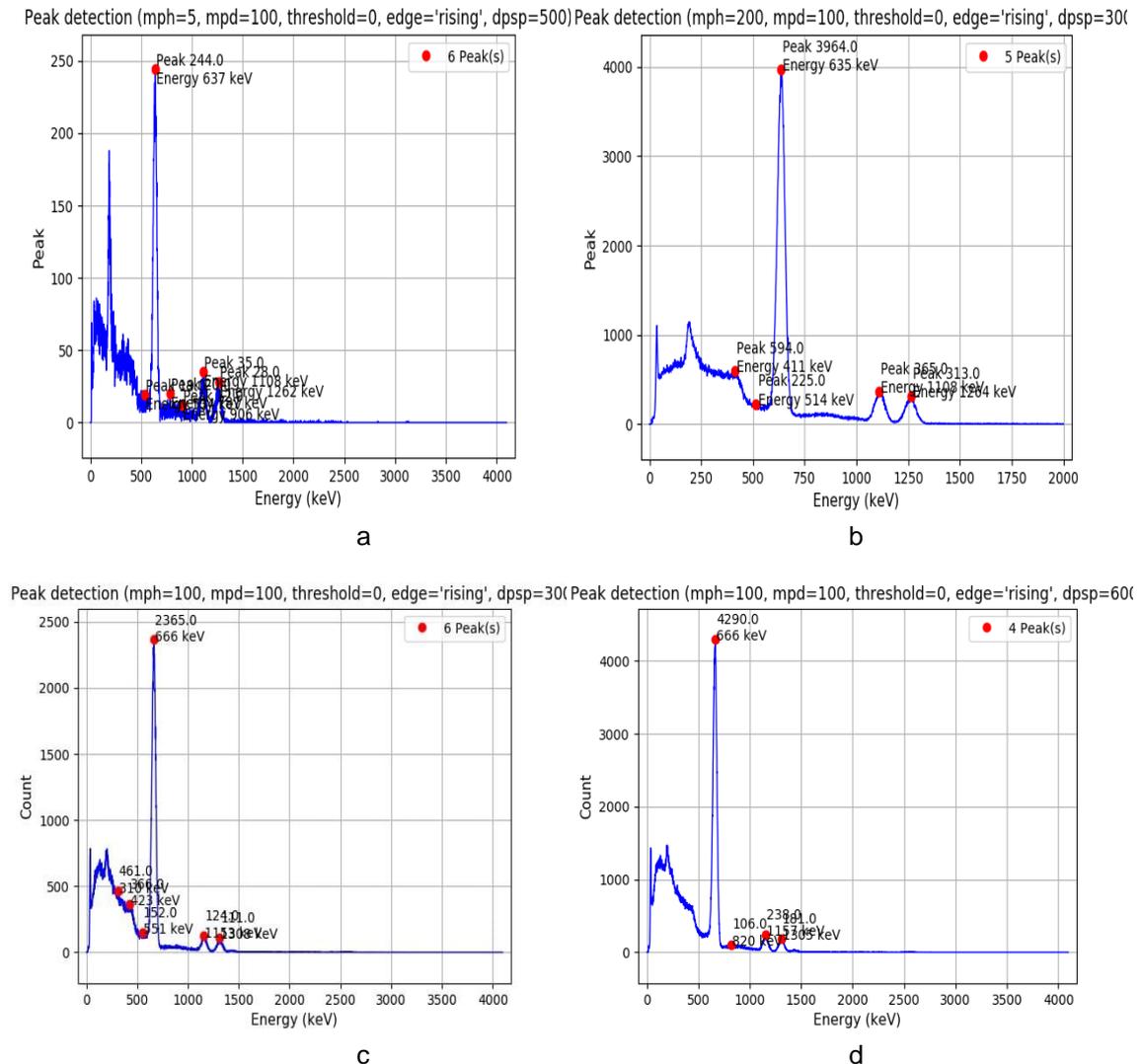
Dari Gambar 7 dapat kita ketahui bahwa nilai puncak Cs-137 yang dideteksi terdapat pada energi 738 keV sebesar 4.385. Seharusnya puncak Cs-137 terdapat pada energi 662 keV. Hal ini disebabkan oleh belum dilakukannya kalibrasi *eMorpho* yang dilakukan sebelum pengukuran.

Untuk pembacaan sesi berikutnya, kalibrasi dilaksanakan kemudian dilakukan pembacaan berulang dengan waktu dan posisi yang berbeda serta sumber atau Cs-137 yang berbeda. Didapatkan hasil sebagai berikut. Tampak hasil energy lebih mendekati setelah dilakukan kalibrasi terhadap detektor *eMorpho*.

Tabel 3. Data pembacaan Cs-137 dengan waktu dan posisi berbeda.

No.	Waktu (menit)	Posisi horizontal (cm)	Puncak	
			Energi (eV)	Cacah
1.	1	20 cm	664	1544
2.	10	150 cm	652	61
3.	20	20 cm	665	4134

Dari Tabel 3, dapat dilihat bahwa puncak spektrum terdeteksi hanya pada posisi yang lebih dekat dengan detektor. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti radioaktifitas sumber yang sudah melemah karena peluruhan, zona efektif pembacaan oleh detektor, *noise* yang diterima ketika pembacaan, kalibrasi yang masih kurang tepat.



Gambar 8 a,b c dan d Pembacaan spektrum radiasi Cs-137 & Co-60 masing-masing selama 1, 3, 10 dan 20 menit.

Adapun spektrum yang diperoleh dari hasil pembacaan Cs-137 dan Co-60 yang dilakukan secara bersamaan dapat dilihat di Gambar 8. Kedua sumber tersebut di gunakan namun dilakukan akusisi dengan jarak dan waktu yang berbeda. Maka tampak pada Gambar 8.b, puncak spektrum Cs-137 lebih tinggi dibandingkan dengan 3 gambar lainnya, karena sumber yang dideteksi lebih dekat dengan detektor, sedangkan Gambar 8.a, c dan d menunjukkan peningkatan cacahan yang sejalan dengan waktu cacahan.

Rangkuman dari Gambar 8.a-d dapat dilihat pada Tabel 4, yang menunjukkan bahwa nilai energi yang terdeteksi sudah mendekati energi dari masing-masing radionuklida, dengan persentasi error maksimal sekitar 5-6%. Semakin lama akusisi dilakukan, maka tingkat akurasi juga akan semakin tinggi sebagaimana ditunjukkan dalam tabel tersebut. Walaupun demikian, masih banyak perbaikan yang dapat dilakukan seperti menampilkan jenis radionuklida yang terdeteksi. Misalnya penggunaan algoritma yang lebih mutakhir seperti *pattern matching* yang juga telah banyak di lakukan [12].

Tabel 4. Data pembacaan Cs-137 dan Co-60 secara bersamaan.

No.	Waktu (menit)	Jenis sumber	Error Energi	Puncak	
		Energi sumber		Energi (eV)	Cacah
1.	1	Cs-137 662 keV Co-60 1173.2 keV dan 1332.5 keV	3.8 %	637	244
			5.6%	1108	35
			5.3%	1262	28
2.	3		4.07%	635	3964
			5.6%	1108	313
			5.1%	1264	365
3.	10		0.6%	666	2365
			1,7%	1153	124
			1.8%	1308	111
4.	20	0.6%	666	4290	
		1.3%	1157	238	
		2.1%	1305	181	

5. KESIMPULAN

Portal Monitor Radiasi adalah sebuah perangkat detektor radiasi pasif yang berfungsi untuk mendeteksi sumber radiasi baik sinar gamma atau neutron pada kendaraan atau kargo. Alat ini menggunakan *eMorpho* sebagai sebuah detektor untuk mendeteksi sumber radiasi. Hasil akusisi sumber tersebut, kemudian ditampilkan menggunakan modul *Matplotlib* dengan bahasa pemrograman *python* untuk menggambarkan dan menentukan puncak dari data spektrum sumber yang diperoleh. Sebelum dikalibrasi, hasil pembacaan menunjukkan kesalahan yang cukup besar dalam penentuan energi sumber. Namun setelah proses kalibrasi terhadap detektor dilakukan, program yang telah dibuat, telah berhasil menunjukkan energi beserta puncak-puncak untuk sumber Cs-137 dan Co-60 baik secara individu maupun pada saat yang bersamaan dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi. Hasil juga menunjukkan bahwa semakin lama akusisi dilakukan, semakin tinggi tingkat akurasi pendeteksian. Namun demikian, masih banyak metode lain yang mungkin dapat digunakan dalam pendeteksian radionuklida ini untuk meningkatkan akurasi dan kecepatan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Keyser, R. M., Sergent, F., Twomey, T. R., & Upp, D. L. (2006). A minimum detectable activity estimates for a germanium—detector based spectroscopic portal monitor. *INMM 47th Annual Meeting 2006*. Retrieved from <http://www.ortec-online.com/download/Minimum-Detectable-Activity-Estimates-Germanium-Detector-Based-Spectroscopic-Portal-Monitor.pdf>
- [2]. Susila IP, Istofa, Kusuma G, Sukandar, Isnaini I. Development of IoT based meteorological and environmental gamma radiation monitoring system. *AIP Conf Proc*. 2018;1977.
- [3]. Tsuda S, Yoshida T, Tsutsumi M, Saito K. Characteristics and verification of a car-borne survey system for dose rates in air: KURAMA-II. *J Environ Radioact* [Internet]. 2015;139:260–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvrad.2014.02.028>
- [4]. Kim J, Park K, Joo K. Feasibility of miniature radiation portal monitor for measurement of radioactivity contamination in flowing water in pipe. *J Instrum*. 2018;13(1).
- [5]. Livesay, R. J., Blessinger, C. S., Guzzardo, T. F., & Hausladen, P. A. (2014). Rain-induced increase in background radiation detected by Radiation Portal Monitors. *Journal of Environmental Radioactivity*, 137, 137–141. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2014.07.010>
- [6]. Geelhood BD, Ely JH, Hansen RR, Kouzes RT, Schweppe JE, Warner RA. Overview of portal monitoring at border crossings. 2008;513-517 Vol.1.
- [7]. Sagadevan A, Ruch ML, Paff M, Clarke SD, Pozzi SA. Simulation of an EJ-309 based Pedestrian Radiation Portal Monitor using MCNPX-PoliMi. *Inst Nucl Mater Manag 55th Annu Meet*. 2014;(November 2016).
- [8]. Lee HC, Shin WG, Park HJ, Yoo DH, Choi C II, Park CS, et al. Validation of energy-weighted algorithm for radiation portal monitor using plastic scintillator. *Appl Radiat Isot* [Internet]. 2016;107:160–4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apradiso.2015.10.019>
- [9]. Paff MG, Di Fulvio A, Clarke SD, Pozzi SA. Radionuclide identification algorithm for organic scintillator-based radiation portal monitor. *Nucl Instruments Methods Phys Res Sect A Accel Spectrometers, Detect Assoc Equip* [Internet]. 2017;849:41–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2017.01.009>
- [10]. Livesay RJ, Blessinger CS, Guzzardo TF, Hausladen PA. Rain-induced increase in background radiation detected by Radiation Portal Monitors. *J Environ Radioact* [Internet]. 2014;137:137–41. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvrad.2014.07.010>
- [11]. Cibils RM. Sensitivity Enhancement in Radiation Portal Monitoring using Adaptive Matched Filtering. *IEEE Trans Nucl Sci*. 2016;63(2):1162–8.