

PEMANFAATAN PENCACAHAN MONOTONIK DETEKTOR UNTUK MEMINIMALKAN ALARM PALSU PADA PORTAL MONITOR RADIASI

Ahmad Rifai, Agus Cahyono
Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir (PRFN) – BATAN
Email : ahrifai@yahoo.com

ABSTRAK

PEMANFAATAN PENCACAHAN MONOTONIK DETEKTOR UNTUK MEMINIMALKAN ALARM PALSU PADA PORTAL MONITOR RADIASI. Portal monitor radiasi (PMR) berperan penting dalam pencegahan penyalahgunaan dan penyelundupan bahan radioaktif melalui pendeteksian terhadap kendaraan di titik-titik pemeriksaan, seperti pelabuhan laut dan udara, serta fasilitas-fasilitas industri, kesehatan, dan nuklir. Kinerja PMR dicirikan oleh rendahnya kejadian alarm palsu. Penentuan batas ambang alarm pada PMR bersifat variatif dan subyektif, karena banyak faktor yang harus diperhitungkan. Salah satunya adalah cacah latar yang berfluktuasi. Penetapan batas ambang alarm dapat dilakukan dengan memanfaatkan sifat monotonik pencacahan dari detektor. Makalah ini menguraikan suatu simulasi sumber radioaktif yang bergerak mendekati/menjauhi detektor portal monitor. Teknik Moving Average Filter digunakan pada analisis statistik dalam simulasi ini untuk memperoleh deretan data (data series). Perbedaan (difference) intensitas radiasi menentukan kemiringan (slope) deret data pencacahan yang dibangkitkan. Hasil yang diperoleh menunjukkan apakah detektor mencacah monotonik naik atau turun, sehingga batas ambang alarm dapat ditetapkan dalam rangka untuk meminimalkan terjadinya alarm palsu.

Kata kunci: Alarm palsu, portal monitor radiasi, pencacahan monotonik

ABSTRACT

THE USE OF DETECTOR'S MONOTONIC COUNTING TO MINIMIZE FALSE ALARM ON RADIATION PORTAL MONITOR. Radiation portal monitor (RPM) has essential role in preventing the diversion and smuggling of radioactive material by detection of vehicles at check-points, such as seaport and airport, as well as industrial, health, and nuclear facilities. The RPM performance is characterized by low number of false alarm occurrences. The alarm threshold setting varies and is subjective, because there are many factors that should be considered. One of them is fluctuating background. The alarm threshold can be set by using detector's monotonic counting. This paper describes a simulation of a radioactive source moving toward/leaving from the detector of RPM. The moving average filter is used in the statistical analysis. The difference of radiation intensity defines the slope of the generated data. The results obtained indicate whether the detector is counting monotonically increasing or decreasing, so that the alarm threshold can be set in order to minimize the occurrence of false alarm.

Keywords: False alarm, radiation portal monitor, monotonic counting

1. PENDAHULUAN

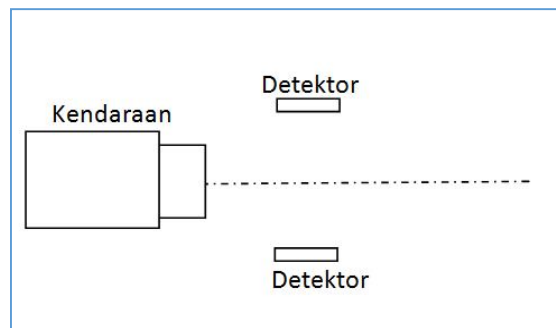
Perpindahan bahan radioaktif (bahan nuklir dan sumber radioaktif) harus diawasi secara ketat untuk mencegah penyalahgunaan bahan tersebut oleh pihak yang tidak berwenang. Deteksi terhadap bahan radioaktif perlu dilakukan di titik-titik pemeriksaan penting seperti pelabuhan laut dan udara serta fasilitas-fasilitas industri, kesehatan, dan nuklir. Untuk keperluan tersebut, pemanfaatan portal monitor radiasi (PMR) menjadi sangat penting untuk mendeteksi keberadaan bahan radioaktif yang melalui di titik-titik pemeriksaan, misalkan untuk mendeteksi adanya muatan kargo bahan radioaktif yang berpotensi bahaya dalam bentuk pancaran radiasi gamma dan/atau neutron. Gambar 1 mengilustrasikan sebuah kendaraan yang bergerak melalui PMR untuk menjalani deteksi bahan radioaktif.

Suatu desain dasar PMR untuk kendaraan telah dibuat^[1]. Sejumlah persyaratan desain PMR juga telah ditetapkan. Salah satunya adalah alarm palsu (*false alarm*) harus kurang dari 1 per 1000 pengukuran^[1, 2, 3]. Sementara itu, pembacaan cacah dari detektor PMR sangat dipengaruhi oleh cacah latar yang bervariasi dari waktu ke waktu. Intensitas

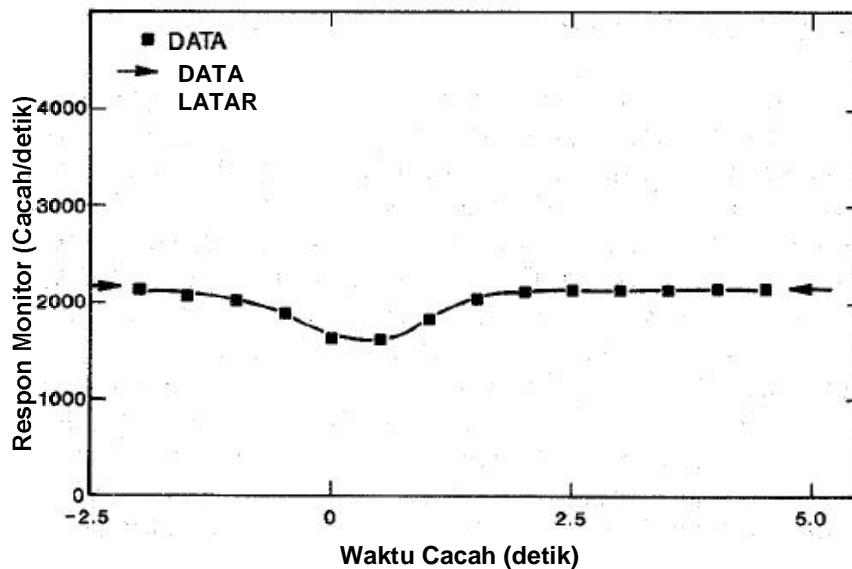
cacah latar mempengaruhi efektivitas deteksi bahan nuklir. Dengan demikian, batas ambang (*threshold*) alarm harus diatur sedemikian sehingga tepat di atas rata-rata intensitas cacah latar untuk menghindari terjadinya alarm palsu akibat fluktuasi nilai statistik.

Permasalahannya adalah intensitas cacah latar dapat mengalami fluktuasi^[4]. Cacah latar dapat meningkat akibat kondisi latar di sekitar PMR, seperti aspal, bebatuan, bangunan, maupun air hujan serta lepasan gas ^{222}Rn dari tanah. Di sisi lain, keberadaan kendaraan itu sendiri membuat cacah latar berkurang karena ia menyerap radiasi^[4]. Gambar 2 menunjukkan intensitas cacah latar yang berkurang akibat kendaraan yang melewati PMR^[5].

Fluktuasi intensitas cacah ini selanjutnya berdampak pada kejadian alarm palsu. Makalah ini menyajikan suatu metode analisis data secara statistik untuk meminimalkan terjadinya alarm palsu pada portal monitor radiasi. Teknik yang digunakan adalah identifikasi pencacahan monotonik.



Gambar 1. Skema gerakan kendaraan pada portal monitor radiasi



Gambar 2. Intensitas cacah latar akibat adanya kendaraan yang melewati PMR^[5]

1.1. TEORI

Pemantauan radiasi menggunakan teknik analisis sinyal untuk menentukan apakah pengukuran mengindikasikan adanya radiasi yang hanya berasal dari cacah latar

atau gabungan dari cacah latar dan suatu sumber radioaktif. Adanya fluktuasi statistik cacah latar akan mempersulit pendeteksian ada tidaknya cacahan sebagai akibat dari suatu sumber radioaktif. Cacah latar dapat diperoleh secara lebih akurat melalui pengukuran berulang-ulang dan dalam waktu yang panjang. Namun demikian, pemantauan radiasi pada PMR dilakukan hanya dalam waktu yang relatif singkat, yaitu selama kendaraan masih berada dalam ruang jangkauan sensitivitas detektor PMR. Jika nilai ekpektasi cacah latar adalah B dan standar deviasinya adalah \sqrt{B} , maka hasil pengukuran portal monitor dapat menunjukkan selisih nilai beberapa kali lebih tinggi dari standar deviasi tersebut. Alarm akan berbunyi jika hasil pengukuran sama dengan atau melampaui batas ambang M , seperti dinyatakan pada Persamaan 1^[5].

$$M = B + N\sqrt{B} \dots \dots \dots (1)$$

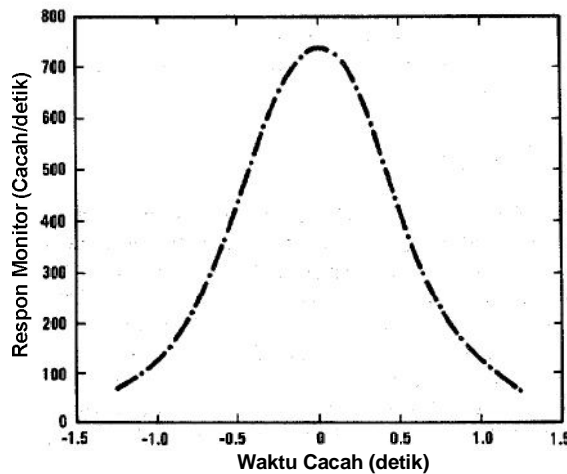
di mana

- M : Batas ambang alarm
- B : Cacah latar
- \sqrt{B} : Deviasi cacah latar
- N : Konstanta, biasanya 2 – 4

Pada PMR, cacah hasil pengukuran akan menyalakan alarm, jika nilainya melebihi N -kali standar deviasi cacah latar, di mana N dapat ditetapkan secara eksperimental. Penentuan alarm dengan cara membandingkan langsung nilai pengukuran terhadap batas ambang alarm dapat menghasilkan alarm palsu. Alarm palsu adalah suatu alarm yang dipicu oleh informasi yang salah atau keliru. Ini dapat terjadi jika variasi statistik latar menjadi lebih tinggi karena dipicu adanya radiasi sinar kosmis dalam waktu yang singkat (*burst cosmic radiation*) atau adanya perubahan radiasi alam.

Pencacahan terhadap sumber radiasi pada PMR ini memiliki sifat monotonik. Sumber radiasi yang bergerak mendekati/menjauhi detektor menyebabkan peningkatan/penurunan cacahan. Sifat monotonik naik/turun dari pencacahan sumber radiasi ini dapat digunakan untuk mengurangi jumlah kejadian alarm palsu pada portal monitor melalui penentuan kemiringan deret data pencacahan.

Hasil tipikal pencacahan terhadap kendaraan yang membawa bahan radioaktif yang berjalan menuju portal dan kemudian meninggalkannya ditunjukkan pada Gambar 3. Tampak bahwa Intensitas cacahan semakin tinggi sampai titik terdekat detektor dan kemudian menurun ketika kendaraan meninggalkan detektor.



Gambar 3. Kurva respons detektor pada portal monitor radiasi^[5]

2. METODOLOGI

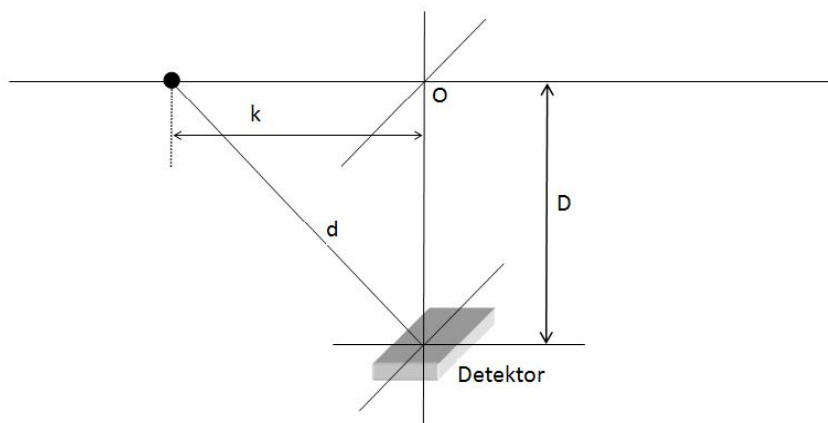
Untuk meminimalkan terjadinya alarm palsu pada PMR dengan identifikasi pencacahan monotonik, suatu simulasi respon detektor PMR terhadap suatu sumber radioaktif yang bergerak perlu dilakukan. Gambar 4 menunjukkan skema simulasi tersebut.

Pada simulasi ini diasumsikan bahwa sumber radiasi tidak mengalami atenuasi, sehingga intensitas radiasi yang mencapai detektor akan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak sumber ke detektor. Jika jarak aksial sumber adalah k , dan jarak sumbu aksial ke detektor adalah D , maka jarak sumber ke detektor adalah:

$$d = \sqrt{k^2 + D^2} \dots\dots\dots(2)$$

Jika sumber radioaktif tersebut memiliki intensitas radiasi I_0 , maka intensitas tersebut saat mencapai detektor adalah ^[4]:

$$I(k) = \frac{\eta I_0}{k^2 + D^2} \dots\dots\dots(3)$$



Gambar 4. Skema deteksi terhadap sumber radioaktif yang bergerak di mana η adalah faktor efisiensi detektor. Pada setiap unit jarak k , pencuplikan data intensitas radiasi dari detektor dilakukan, sehingga deretan data yang diperoleh dapat ditunjukkan oleh Persamaan 4^[4].

$$I(k) = M_b + \eta I_0 \sum_{k=-\infty}^{k=\infty} \frac{\delta(k)}{k^2 + D^2} \dots\dots\dots(4)$$

di mana $\delta(k)$ adalah fungsi Dirac dan M_b adalah intensitas cacah latar. Nilai $I(k)$ akan maksimum untuk $k=0$ atau sumber radioaktif berada pada posisi terdekat dari detektor dan akan semakin menurun ketika sumber radioaktif menjauhi detektor. Intensitas $I(k)$ ini berbanding terbalik terhadap kuadrat jarak.

Keberadaan variasi statistik membuat fungsi $I(k)$ perlu dirata-ratakan melalui proses penghalusan (*smoothing*). Teknik yang digunakan adalah tapis rata-rata (*averaging filter*) atas N titik untuk memperoleh deretan data $I_{avg}(k)$, seperti ditunjukkan pada Persamaan 5^[4].

$$I_{avg}(k) = M_b + \eta I_0 \sum_{k=-\infty}^{\infty} \frac{1}{N} \sum_{j=k-N}^{j=k} I(j) \dots\dots\dots(5)$$

Perbedaan (*difference*) $\Delta I(k)$ Persamaan 5 dinyatakan sebagai berikut:

$$\Delta I(k) = I_{avg}(k) - I_{avg}(k-1) \dots\dots\dots(6)$$

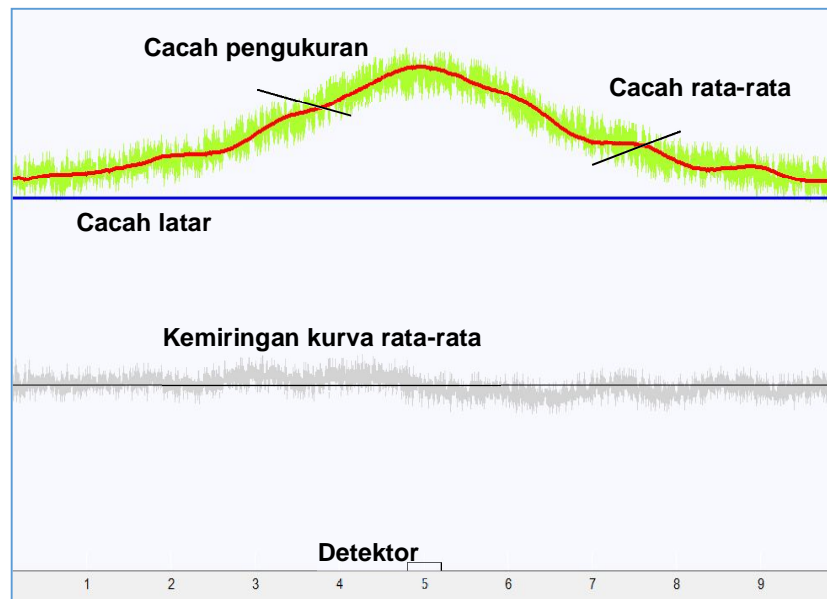
Persamaan 6 mencerminkan kemiringan (*slope*) yang mengindikasikan apakah deretan data memiliki kecenderungan monotonik naik atau turun. Selanjutnya, jumlah total (integral) nilai kurva dan prosentase jumlah titik yang memiliki nilai kemiringan (positif atau negatif) dibandingkan dengan total titik di sebelah kiri atau kanan puncak kurva. Dengan cara ini, kriteria untuk mengaktifkan alarm dapat ditetapkan secara eksperimental.

Percobaan dilakukan dengan melakukan simulasi seolah-olah kendaraan melewati portal monitor tepat pada tengah jalur, sehingga detektor yang ada di sebelah kiri dan kanan menerima intensitas radiasi yang sama. Pencacahan disimulasikan dengan Persamaan 4. Selanjutnya, cacah rata-rata dan kecenderungan monotonik naik/turun diperoleh dengan menggunakan Persamaan 5 dan 6.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

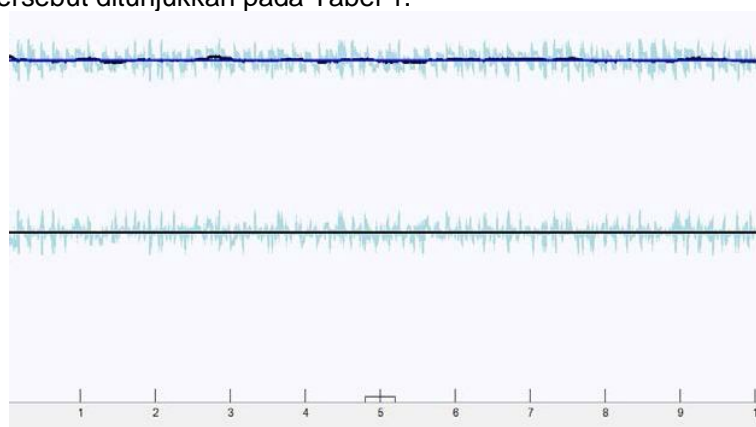
Hasil simulasi cacahan pada portal monitor ditunjukkan pada Gambar 5. Tampak bahwa hasil pengukuran meningkat/menurun selama kendaraan mendekati/menjauhi portal monitor. Kurva cacahan ini memiliki variasi statistik yang dalam analisis sinyal dikategorikan sebagai derau (*noise*). Untuk memperoleh nilai rata-rata, penghalusan (*smoothing*) terhadap data pencacahan perlu dilaksanakan, yaitu dengan menerapkan filter frekuensi rendah pada data tersebut. Setelah mengalami penghalusan ini, terlihat bahwa kurva cacahan menunjukkan kecenderungan meningkat pada saat kendaraan mendekati detektor dan mengalami penurunan pada saat kendaraan menjauhi detektor. Berdasarkan kurva yang telah dihaluskan tersebut, diperoleh grafik kemiringan kurva yang memperlihatkan bahwa kemiringan positif ketika kendaraan mendekati detektor dan negatif saat menjauhi detektor.

Kondisi simulasi ini dimana kendaraan diasumsikan bergerak di bagian tengah jalan sebenarnya merupakan kondisi yang buruk, karena kedua detektor akan mencatat cacahan yang hampir sama dan jumlah cacah dari kedua detektor adalah minimum. Prosentase jumlah titik yang memiliki kemiringan positif terhadap total titik yang berada di sebelah kiri puncak kurva dihitung. Nilai prosentase ini perlu dibandingkan dengan prosentase jumlah titik yang memiliki kemiringan negatif terhadap total titik yang berada di kanan puncak kurva. Perbandingan ini dilakukan untuk memverifikasi bahwa peningkatan cacahan juga diikuti dengan penurunan cacahan.

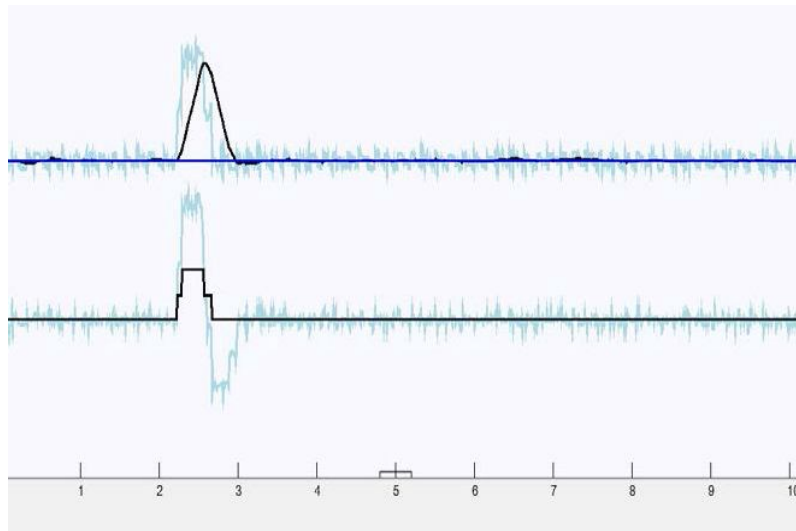


Gambar 5. Hasil simulasi pengukuran pada portal monitor

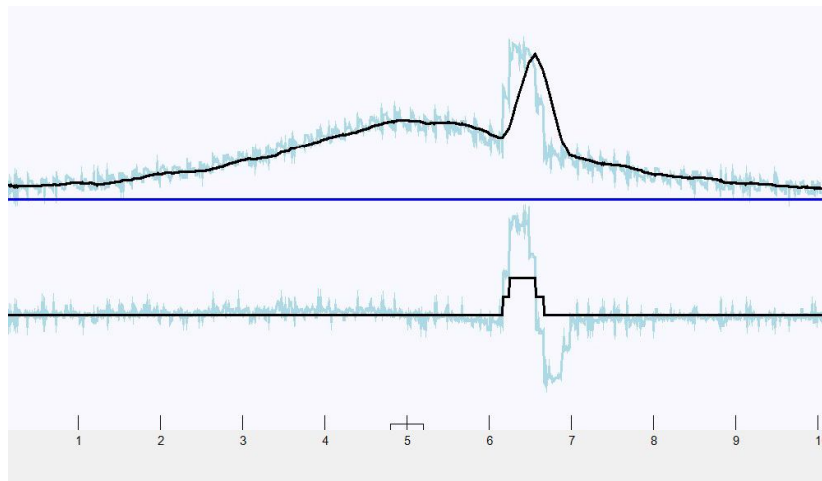
Pada simulasi pengukuran ini, Persamaan 6 digunakan untuk menghitung kemiringan hasil pencacahan. Diperoleh bahwa titik-titik dengan kemiringan positif maupun negatif mencapai lebih dari 70 persen. Hal ini menunjukkan bahwa tren pengukuran bersifat monotonik naik ketika sumber radioaktif mendekati detektor dan monotonik turun ketika sumber radioaktif menjauhi detektor. Sementara itu, pada pengukuran cacah latar saja yang ditunjukkan pada Gambar 6, diperoleh sekitar 50 persen titik yang memiliki kemiringan (*slope*) positif atau pun negatif. Hasil ini menunjukkan bahwa tren cacah latar adalah datar. Selanjutnya digunakan simulasi pencacahan latar dengan gangguan, dimana hasil pengukurannya ditunjukkan pada Gambar 7. Untuk kondisi simulasi pencacahan latar dengan gangguan ini, tampak bahwa terdapat kenaikan cacah dalam periode waktu yang pendek dan hasil yang diperoleh adalah prosentase jumlah titik yang memiliki kemiringan positif maupun negatif masih berada pada kisaran 50 persen. Simulasi berikutnya adalah pemberian gangguan pada pencacahan ketika kendaraan sedang melalui detektor. Hasil pencacahan dengan gangguan ini ditunjukkan pada Gambar 8. Tampak bahwa kemiringan positif maupun negatif lebih dari 70%. Hal ini menyiratkan bahwa adanya gangguan tidak mempengaruhi tingkat kepastian pendeteksian sumber di dalam kendaraan. Hasil ini menyiratkan bahwa cacah latar dengan gangguan tertentu masih memiliki tren yang datar. Hasil-hasil simulasi pengukuran tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 6. Pengukuran cacah latar



Gambar 7. Pengukuran cacah latar dengan gangguan



Gambar 8. Pengukuran cacah dengan gangguan ketika kendaraan melalui detektor

Tabel 1. Prosentase kemiringan (*slope*) hasil simulasi

No.	Kondisi	Prosentase titik dengan kemiringan positif	Prosentasi titik dengan kemiringan negatif
1.	Pencacahan latar dengan sumber yang bergerak	>70 %	>70 %
2.	Pencacahan latar saja	49 %	50 %
3.	Pencacahan latar dengan gangguan	49 %	54 %
4.	Pencacahan sumber dengan gangguan	>70%	>70%

4. KESIMPULAN

Pada pembuatan portal monitor radiasi, kejadian alarm palsu (*false alarm*) harus ditekan serendah mungkin. Fluktuasi cacah latar sangat mempengaruhi terjadinya alarm palsu. Simulasi yang telah dilakukan memperlihatkan sifat monotonik sumber radioaktif yang bergerak melalui detektor PMR. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa identifikasi terhadap kemiringan (*slope*) kurva pengukuran sumber radiasi dapat digunakan untuk menetapkan ambang batas alarm dalam rangka untuk menekan terjadinya alarm palsu pada portal monitor radiasi ini.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. CAHYONO, A., dkk., Rancangan Awal Portal Monitor Radiasi untuk Kendaraan, Majalah Prima, Vol. 11 No. 1, PRFN – BATAN, Juni 2014.
- [2]. IAEA-TECDOC-1312, *Detection of Radioactive Materials at Borders*, IAEA, Wina, September 2002.
- [3]. ANSI N42.38-2006, *American National Standard Performance Criteria for Spectroscopy-Based Portal Monitors Used for Homeland Security*, IEEE, New York, AS, 2007.
- [4]. BURR, T., dan Hamada, M.S., *Data Analysis in Support of Radiation Portal Monitoring*, IJRRAS, Volume. 14, Januari 2013.
- [5]. REILLY, D., dkk., *Passive Nondestructive Assay of Nuclear Materials*, Office of Nuclear Regulatory Research U.S. Nuclear Regulatory Regulatory Commission, Washington, 1991.