



**PENGUKURAN RADIOAKTIVITAS Pb-210, Pb-212 DAN Pb-214
DALAM CUPLIKAN DEBU VULKANIK PASCA GUNUNG
MERAPI MELETUS**

Iswantoro, Muljono, Sihono, Sutanto W.W. Suhardi
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan-BATAN Yogyakarta
Jl Babarsari Nomor 21, Kotak pos 6101 Ykbb 55281
e-mail : ptapb@batan.go.id

ABSTRAK

PENGUKURAN RADIOAKTIVITAS Pb-210, Pb-212 DAN Pb-214 DALAM CUPLIKAN DEBU VULKANIK PASCA GUNUNG MERAPI MELETUS. Telah dilakukan pengukuran radioaktivitas Pb-210, Pb-212 dan Pb-214 dalam debu vulkanik pasca letusan Merapi di daerah Bedoyo (kec.Cangkringan) dan Hargo Binangun (kec.Pakem), Yogyakarta dengan menggunakan metoda spektrometer gamma. Instrumen yang digunakan adalah Maestro II EG&G spektrometer gamma Ortec dengan detektor Ge(Li). Tujuan penelitian ini adalah, identifikasi radionuklida alam dalam cuplikan debu vulkanik pasca letusan Gunung Merapi. Ukuran butir debu vulkanik mempengaruhi konsentrasi radionuklida yang terukur, makin kecil ukuran butir maka makin besar konsentrasi kandungan radionuklida dalam debu vulkanik. Hasil identifikasi radionuklida Pb-210 dalam debu vulkanik melalui tenaga 46,52 keV dengan teknik spektrometri γ , daerah Bedoyo berkisar (32,098-68,598) Bq/kg dan daerah Hargo Binangun berkisar (29,641-52,449) Bq/kg.

Kata kunci : Radioanuklida Pb-210, Pb-212, Pb-214, debu vulkanik, spektrometri gamma

ABSTRACT

RADIOACTIVITY MEASUREMENT OF Pb-210, Pb-212 AND Pb-214 SAMPLES IN VOLCANIC DUST AFTER THE ERUPTION OF MERAPI MOUNT. Measurements the radioactivity of Pb-210, Pb-212 and Pb-214 in the volcanic ash after the eruption of Merapi in Bedoyo (Cangkringan sub district) and Hargo Binangun (Pakem sub district) area has been carried out by using the gamma spectrometry method. The analysis of radioactivity used Maestro II EG&G spectrometer of gamma Ortec with Ge(Li) detector.. Grain size of volcanic influence the measured concentrations of Ra-226 radionuclides, the smaller the size of dust grains the greater the concentration of Ra-266 content of radionuclides in the volcanic dust. The radioactivity Pb-210 in the energy peak of 46.52 keV in The Bedoyo area of (32.098-68.598) Bq/kg and Hargo Binangun area of (29.641-52.449) Bq/kg

Keyword : Radioanuclide of Pb-210, Pb-212, Pb-214, volcanic dust, spectrometry of gamma

PENDAHULUAN

Di alam ini terdapat berbagai radionuklida alam. Secara kuantitas yang paling banyak keberadaannya adalah kalium-40 (K-40), nuklida deret uranium-238 (U-238), nuklida deret thorium (Th-232) dan semuanya itu disebut radionuklida primordial, yaitu radionuklida yang sudah ada di

kerak bumi sejak terbentuknya alam semesta. Selain itu ada radionuklida alam yang lain jumlahnya relatif kecil yaitu berbagai radionuklida seperti nuklida kosmoetik (nuklida hasil interaksi dari radiasi kosmik), yang terjadi karena interaksi kosmik dengan udara dan nuklida produk peluruhan spontan nuklida dapat belah^[1,2].



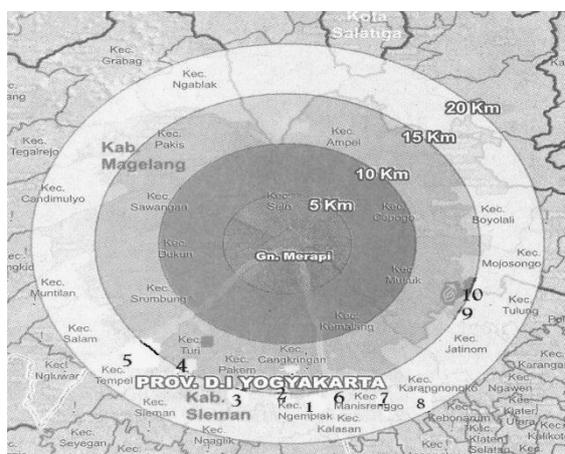
Sumber-sumber radiasi yang berasal dari alam memberikan sumbangan paparan radiasi terbesar pada kehidupan manusia. Lebih dari 85 % dosis rata-rata efektif yang diterima manusia radiasi dari radionuklida alam^[2,3]. Sumber radiasi alam tersebut meliputi sumber yang berasal dari kosmik yaitu hasil dari interaksi sinar kosmik dengan atom-atom di atmosfer, ini disebut radionuklida kosmogenik, dan sumber radiasi alam lainnya adalah deret uranium, deret thorium, deret aktinium dan hasil anak luruhnya serta K-40, radionuklida ini disebut radionuklida primodial yang sudah ada sejak terbentuknya alam semesta.

Timbal atau dalam kesehariannya lebih dikenal dengan nama timah hitam dalam bahasa ilmiahnya dinamakan plumbum dan logam ini disimbolkan dengan Pb. Di alam terdapat 4 macam isotop timbal yang stabil^[4] yaitu: (1) Timbal-204 atau Pb-204 (keberadaannya 1,48 %), (2) Pb-206 (keberadaannya 23,60 %), Pb-207 (keberadaannya 22,60 %) dan (4) timbal 208 atau Pb-208 ditemukan sebanyak 52,32 % dari seluruh isotop timbal stabil yang terdapat di alam^[5].

Isotop timbal yang aktif ada 3 isotop yaitu Pb-210, Pb-212 dan Pb-214. Salah satu anak luruh dari deret uranium (U-238) adalah Pb-214 dan Pb-210 dan menjadi stabil pada nuklida Pb-206. Anak luruh deret thorium adalah Pb-212 dan menjadi stabil pada nuklida Pb-208. Pb-214 mempunyai probabilitas 19,2 % dan 37,10 % masing-masing pada tenaga 295,2 keV dan 351,9 keV dan mempunyai umur paro sangat singkat atau pendek yaitu 26,8 menit^[5]. Pb-212 mempunyai probabilitas 53,10 % pada tenaga karakteristik 238,6 keV dan mempunyai umur paro 10,64 jam^[5].

Dari ketiga isotop Pb (timbal) yang terpenting diperhatikan adalah Pb-210. Radionuklida Pb-210 merupakan radiasi alam memancarkan partikel beta dan gamma pada energi 46,52 keV dan mempunyai probabilitas isotopik 4 %, dan umur paro 20,4 tahun^[2,5], yang berasal dari kerak bumi. Ada dua sumber pokok Pb-210 yaitu berasal dari udara sebagai partikel aerosol yang berterbangan dan jatuh ke permukaan dan berasal dari tanah (debu) atau kerak bumi itu sendiri. Sumber Pb-210 dari udara disebut sebagai *unsupported* sedangkan dari tanah atau batu-batuan disebut sebagai *supported*^[6]. Pb-210 *unsupported* di udara biasanya berasal dari kegiatan instalasi nuklir, industri yang menggunakan bahan alam maupun instalasi PLTU batu bara dan lain-lain. Sifat kimia Pb-210 sama dengan Pb stabil, mudah teradsorpsi oleh hampir semua padatan alamiah seperti lempung, oksida sulfida, maupun zat-zat organik sehingga kecil kemungkinan untuk termobilisasi.

Pada penelitian kali ini akan dikaji mengenai kualitas radionuklida pada debu vulkanik pasca letusan Gunung Merapi Yogyakarta dan akan ditinjau pengukuran radioaktivitas berdasarkan butiran debu vulkanik. Debu vulkanik dari gunung Merapi yang terbawa angin ke berbagai arah membahayakan warga sekitar, terutama pada kesehatan. Keberadaan isotop Pb-210, Pb-214 dan Pb-212, menyebabkan lingkungan menerima konskuensi ekologis yang berdampak pada kesehatan makhluk hidup. Abu vulkanik diketahui bisa menyebabkan iritasi mata, penyakit infeksi saluran pernafasan akut (ISPA), hingga gangguan pada kulit^[7].



Gambar 1. Peta Merapi (lokasi sampling).

TATA KERJA

Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan adalah sampel debu vulkanik Gunung Merapi Yogyakarta di daerah sampling lokasi Bedoyo (kec.Cangkringan) dan Hargo Binangun (kec.Pakem), berjarak dari sumber debu pada lingkaran 5 km sampai 10 km, standar multigamma Eu-152. Bahan standar acuan IAEA-315.

Peralatan yang digunakan adalah seperangkat Spektrometer Gamma (γ), nampan penjemuran sampel, wadah pencacahan, ayakan dari 50 mesh sampai dengan 200 mesh.

Cara Kerja

1. Sampel debu vulkanik Gunung Merapi yang ada di dalam plastik klip dikeluarkan dan dipindahkan kedalam nampan plastik kemudian dibiarkan hingga kering dalam beberapa hari dan dibersihkan dari kotoran yang ada.
2. Sampel debu vulkanik Gunung Merapi kering dilakukan pengayakan hingga lolos dengan ukuran butir 200 mesh (-200 mesh), -100+200 mesh, -50+100 mesh dan tidak lolos 50 mesh (+50 mesh).



**PROSIDING SEMINAR
PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan
Yogyakarta, 26 September 2012**

3. Ukuran butir yang telah terpisahkan kemudian ditimbang 100 g dalam wadah pencacahan yang berlabel dan ditutup rapat.
4. Sampel tersebut siap dilakukan pencacahan dengan menggunakan alat Spektrometer Gamma, dengan detektor Ge(Li) selama 14400 detik, 21600 detik dan 28800 detik.
5. Identifikasi isotop Pb-210, Pb-212 dan Pb-214 berdasarkan tenaga karakteristik masing-masing radionuklida.
6. Pengukuran radioaktivitas Pb-210 dilakukan pada tenaga karakteristik 46,7 keV perhitungan dilakukan dengan metoda komparatif.
7. Pengukuran radioaktivitas Pb-212 dan Pb-210 dilakukan pada tenaga karakteristik 238,6 keV dan 295,2 keV perhitungan dilakukan dengan metoda absolut.
8. Aktivitas spesifik radionuklida ($A = \text{Bq/kg}$) dengan metoda absolut^[1,2] menggunakan persamaan (1)
$$A = \frac{C_{\text{net}}}{P_y \cdot E \cdot t \cdot m} \quad (1)$$
dimana, C_{net} = cacah sampel setelah dikurangi blanko, P_y adalah probabilitas emisi absolut radionuklida, E adalah efisiensi absolute, t adalah waktu pencacahan dan m adalah berat sampel kering (kg)
9. Sampel, standar dan blangko secara bergantian dilakukan pencacahan dengan waktu yang sama. Radionuklida alam yang ditentukan aktivitasnya pada penelitian ini adalah Pb-212 dan 214

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persentasi (%) berat ukuran butiran debu

Persentasi (%) berat ukuran butiran debu vulkanik pasca meletusnya gunung Merapi dapat dilihat pada perbandingan histogram Gambar 1, atau pada Tabel 2 dilampiran hahaman belakang. Untuk daerah sampling Hargo Binangun presentasi ukuran butiran terbanyak 42,56 % dari keseluruhan yaitu pada ukuran butir -100+200 mesh (lolos 100 mesh dan tertahan 200 mesh) dibandingkan daerah sampling Bedoyo sebanyak 29,04 %. Untuk daerah Bedoyo ukuran butir -50+100 terlihat tertinggi yaitu sebanyak 39,60 % sedang daerah Hargo Binangun hanya ada 11,10 %.

Analisis kualitatif

Pengukuran cuplikan dilakukan pada kondisi alat yang tepat sama dengan kondisi kalibrasi. Puncak spektrum γ untuk Pb-210, dapat dicatat nomor salurnya. Setelah mendapat harga tenaga karakteristik tetap (E), maka dengan menggunakan tabel isotop dari Erdtman dan Soyka^[5], diperoleh radionuklida Pb-210 yang diinginkan.

Karena radionuklida yang diamati Pb-210 mempunyai tenaga 46,7 keV atau lebih kecil dari 100 keV, untuk menentukan efisiensi melalui persamaan garis kalibrasi efisiensi tidak dapat dipergunakan. Maka dilakukan perhitungan radioaktivitas dengan metoda komparatif dengan menggunakan reference material IAEA 315 marine sediment yang telah diketahui aktifitasnya.

Identifikasi radionuklida Pb-212 dan Pb-214 berdasarkan masing-masing tenaga karakteristik 238,6 keV dan 295,2 keV. Dari tenaga masing masing radionuklida maka dapat ditentukan tentukan radioaktivitas secara kuantitatif. Hasil identifikasi isotop Pb dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengamatan secara kualitatif debu vulkanik gunung Merapi.

No	Radionuklida	Energi	Probilitas	Umur Paro
1	Pb-210	46,5	4,00	20,4 tahun
2	Pb-212	238,6	53,10	10,64 hari
3	Pb-214	295,2; 351,9	19,2; 37,10	26,8 menit

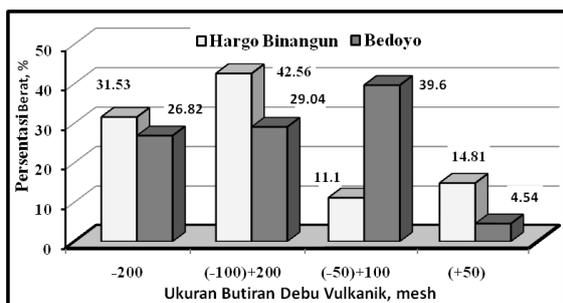
Analisis kuantitatif

Setelah ditetapkan analisis kualitatif maka akan ditentukan aktivitas kuantitatif, diambil contoh radionuklida atau isotop Pb-212, untuk ukuran 200 mesh lolos debu berasal dari Hargo Binangun, seperti terlihat pada Tabel 1, data cacah yang ada dapat ditentukan cps atau cacah per detik, setelah ditentukan cps dengan menggunakan persamaan (1) dapat ditentukan radioaktivitas Pb-210 pada pencacahan 14400 detik dengan aktivitas adalah 21,056 Bq/kg. Dengan cara yang sama ditentukan pada pencacahan 21600 detik dan 28800 detik, hasil radioaktivitas setelah melalui perhitungan didapat masing-masing adalah 24,126 Bq/kg dan 20,744 Bq/kg. Setelah dirata-rata dari ketiga beda lama pencacahan didapatkan hasil 21,998 \pm 1,85 Bq/kg. Hasil radioaktivitas debu vulkanik pasca meletusnya gunung Merapi terhadap ukuran butir secara kuantitatif disajikan pada Tabel 4 di lampiran.

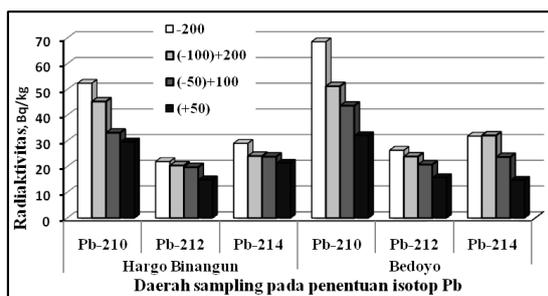
Histogram konsentrasi radioaktivitas Pb-210, Pb-212 dan Pb-214 dalam debu vulkanik dapat dilihat bahwa terlihat nyata radionuklida Pb-210 di daerah sampling radioaktivitas lebih tinggi terutama daerah Bedoyo lebih besar mempunyai konsentrasi radioaktivitas. Radioaktivitas Pb-212 dan 214 mempunyai konsentrasi hampir merata dalam kandungan yang ada terhadap ukuran butir debu. Konsentrasi radioaktivitas daerah Bedoyo untuk radionuklida Pb-210 dari 32,098 Bq/kg sampai dengan 68,598 Bq/kg sedangkan daerah Hargo



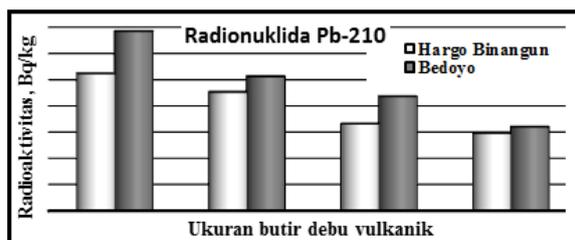
Binangun dari 29,641 Bq/kg sampai dengan 52,449 Bq/kg. Radionuklida Pb-212 daerah Bedoyo dari 15,766 Bq/kg sampai dengan 26,372 Bq/kg dan daerah Hargo Binangun 14,889 Bq/kg sampai dengan 21,988 Bq/kg. Untuk radionuklida Pb-214 daerah Bedoyo 14,735 Bq/kg sampai dengan 31,874 Bq/kg sedangkan daerah Hargo Binangun 21,365 Bq/kg sampai dengan 29,080 Bq/kg.



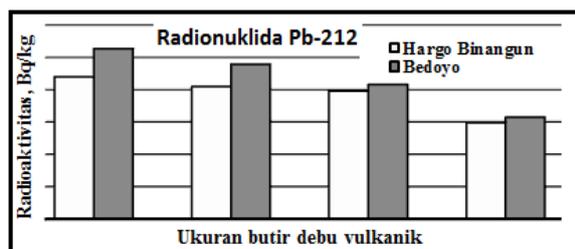
Gambar 1. Histogram persentasi (%) berat ukuran butiran debu vulkanik



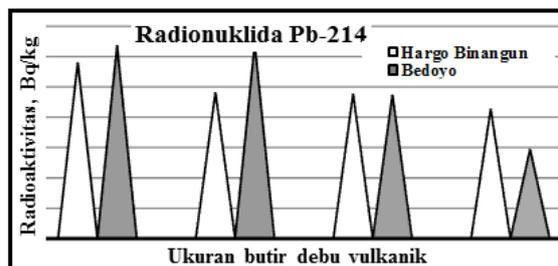
Gambar 2. Histogram konsentrasi radioaktivitas Pb-210, Pb-212 dan Pb-214



Gambar 3. Perbandingan hitogram radionuklida Pb-210 di daerah samping



Gambar 4. Perbandingan hitogram radionuklida Pb-212 di daerah samping



Gambar 5. Perbandingan hitogram radionuklida Pb-214 di daerah samping

Tabel 2. Tabel aktivitas isotop Pb-212 dengan data yang ada dan cara perhitungannya sampel debu vulkanik dengan ukuran butir -200 mesh, pencacahan 14400 detik

Hasil pencacahan			cps	efisiensi	Probabilitas	Aktivitas, Bq/kg
Cacah	Blanko	Bersih				
743	34	709	0,0492	0,0544	0,43	21,056

$$Cps = 709/14400 = 0,049236$$

$$A = \frac{C_{net}}{Py.E.t.m} = \frac{0,049236}{0,43 \times 0,05438 \times 0,1} = 21,056$$

KESIMPULAN

1. Radionuklida alam yang teridentifikasi pada pengukuran radioaktivitas debu vulkanik pasca letusan Gunung Merapi adalah Pb-210, Pb-212 dan Pb-214 dengan tenaga karakteristik masing masing 46,52 keV (4,0 %), 238,6 keV (53,10 %) dan 295,2 keV (19,2 %)
2. Dari hasil pengukuran, ukuran butir debu vulkanik akan mempengaruhi radioaktivitas, semakin kecil ukuran butir maka konsentrasi radioaktivitas semakin besar.
3. Konsentrasi daerah Bedoyo untuk radionuklida Pb-210 dari 32,098±4,51 Bq/kg sampai dengan 68,598±7,62 Bq/kg sedangkan daerah Hargo Binangun 29,641±6,10 Bq/kg sampai dengan 52,449±6,62 Bq/kg. Radionuklida Pb-212 daerah Bedoyo 15,766±0,33 Bq/kg sampai dengan 26,372±0,48 Bq/kg dan daerah Hargo Binangun 14,889±1,22 Bq/kg sampai dengan 21,988±1,85 Bq/kg. Radionuklida Pb-214 di daerah Bedoyo 14,735±2,39 Bq/kg sampai dengan 31,874±1,56 Bq/kg sedangkan di daerah Hargo Binangun 21,365±1,35 Bq/kg sampai dengan 29,080±1,25 Bq/kg.
4. Kadar radionuklida tertinggi yang diijinkan dalam udara dan air untuk pekerja radiasi dan umum, harus mengacu pada Surat Keputusan KEPALA BAPETEN No. 02/Ka.BAPETEN/V/99 atau sama dengan Surat Keputusan Direktur Jendral BATAN No.104/DJ/5/IX/79.



PROSIDING SEMINAR
PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan
Yogyakarta, 26 September 2012

DAFTAR PUSTAKA

1. IAEA. Measurement of Radionuclides in Food and The Environment., A Guide Book., Tech Rep Ser No 295, IAEA, Vienna (1989).
2. HISWARA, E. Analysis Technique of Environment Radioactivity Samples. BATAN-JAERI Training course on Radiation Measurement and Nuclear Spectroscopy. Jakarta (1998).
3. ALAAMEER.A.S., Assesment of Human Exposures to Natural Sources of Radiation in Soil of Riyadh Saudi Arabia. Turkish J. Eng. Env. Sci. Riyadh. (2008), 229-234.
4. PALAR.H. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Penerbit RINEKA CIPTA. Jakarta (1994).
5. ERDTMANN, G., AND SOYKA. E. The Gamma Rays of the Radionuclides., New York (1979).
6. ALIYANTA BAROKAH dkk. "Penentuan Laju Infiltrasi Pb stabil Dalam Tanah Permukaan Berdasar Distribusi" Pusat Aplikasi Isotop & Radiasi., Jakarta (1999)
7. ADIPUTRI NOVI.C., Kadar Debu Vulkanik Merapi Masih Dalam Batas Normal. Detik News. Jakarta (2010).

LAMPIRAN

Tabel 3. Persentasi (%) berat ukuran butiran debu vulkanik

Ukuran butir, mesh	Hargobinangun		Bedoyo	
	Berat, g	Persentasi,%	Berat, g	Persentasi,%
-200	284,010	31,53	240,947	26,82
-100+200	383,254	42,56	2690,842	29,04
-50+100	100,000	11,10	355,698	39,60
+50	133,408	14,81	40,794	4,54
Total	900,672	100,00	898,281	100,00

Tabel 4. Radioaktivitas radionuklida Pb-210, Pb-212 dan Pb-214 dalam debu vulkanik

Sampling	Radionuklida	Konsentrasi aktivitas, Bq/kg			
		-200 mesh	-100+200 mesh	-50+100 mesh	+50 mesh
Bedoyo	Pb-210	68,598±7,62	51,302±7,10	43,728±2,24	32,098±4,51
	Pb-212	26,372±0,48	23,949±1,11	20,796±3,53	15,766±0,33
	Pb-214	31,874±1,56	32,115±1,33	23,736±0,31	14,735±2,39
Hargo	Pb-210	52,449±6,62	45,345±2,32	33,215±2,32	29,641±6,10
	Pb-212	21,988±1,85	20,460±1,38	19,790±1,72	14,889±1,22
	Pb-214	29,080±1,25	24,138±1,02	23,892±2,79	21,365±1,35