

ANALISIS AKTIVASI NEUTRON DALAM SAMPEL LINGKUNGAN

Sugino, Anda Sanusi, Tulisna

Pusat Pendidikan dan Pelatihan BATAN

Jl. Lebak Bulus Raya, Pasar Jumat, Jakarta 12440

e-mail: sugino@batan.ga.id

ABSTRAK

Analisis Aktivasi Neutron Dalam Sampel Lingkungan. Lingkungan sangat mendukung kehidupan manusia, sehingga perlu dijaga, dipantau dan bila ada perubahan perlu dievaluasi dampaknya pada kehidupan manusia dan makhluk hidup. Konsentrasi unsur dalam sampel lingkungan merupakan salah satu parameter yang perlu dianalisis. AAN merupakan analisis unsur yang bersifat multiunsur, selektif dan sangat sensitif yang sudah diaplikasikan secara luas dalam bidang lingkungan. Meletusnya Gunung Merapi menumpahkan abu dan pasir dalam jumlah besar yang menyebar luas ke wilayah Yogyakarta dan Jawa Tengah. Lingkungan Tanah merupakan media hidup tanaman. Tanaman akan tumbuh dengan baik apabila media dan iklimnya sesuai kebutuhan tanaman tersebut. Untuk mengevaluasi dampaknya, perlu dianalisis kandungan unsur kelumit dalam pasir tersebut, karena perbedaan kandungan unsur dalam abu dan pasir tersebut mengubah kondisi media, sehingga mempengaruhi kesehatan dan pemilihan jenis tanaman yang sesuai untuk dibudidayakan. Analisis unsur dengan metode AAN dilakukan terhadap pasir Merapi, dan memberikan konsentrasi unsur As, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Hf, La, Sc, Sr, Th, U, V, Zn, Mn, Mg, Fe berturut-turut sebesar 4.0 ppm, 22.2 ppm, 17.8 ppm, 8.2 ppm, 4.3 ppm, 1.5 ppm, 2.7 ppm, 15.9 ppm, 12.4 ppm, 745.4 ppm, 6.3 ppm, 2.3 ppm, 5.3 ppm, 56.6 ppm, 0.16 %, 3.166.25%. Data kandungan unsur dalam pasir Merapi tersebut dapat dimanfaatkan oleh pihak yang membutuhkan dalam kaitannya dengan evaluasi dampak lingkungan yang bisa ditimbulkannya, baik dari segi kesehatan maupun budidaya tanaman.

Kata kunci : Analisis Aktivasi Neutron, pasir merapi, sampel lingkungan, unsur

ABSTRACT

Neutron Activation Analysis In Environmental Sample. Environment mostly support man live, it need maintenance, monitoring and impact assesmnet for organism if any change. The element concentration in environmental sample is a parameter that need to analyzed. Neutron Activation Analysis (NAA) is a multielemental, selective, and sensitive analysis that already applied broadly in environment. The eruption of Mount Merapi spilled a lot of ash and sand spread widely to Yogyakarta and Central Java area. Soil is a media for plant. Plant will grow well in the adequate media and climate. To evaluate the impact, it need to analysis the elements concentration in the sand, because the difference of elements composition will influent the health and agriculture. Merapi sand was anlyed by NAA. The concentration of As, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Hf, La, Sc, Sr, Th, U, V, Zn, Mn, Mg, Fe were 4.0 ppm, 22.2 ppm, 17.8 ppm, 8.2 ppm, 4.3 ppm, 1.5 ppm, 2.7 ppm, 15.9 ppm, 12.4 ppm, 745.4 ppm, 6.3 ppm, 2.3 ppm, 5.3 ppm, 56.6 ppm, 0.16 %, 3.16%, 6.25%, respectively. The data can be utilized to evaluate the environmental impacts related to health and cultivation.

Keywords : Neutron Activation Analysis, element, environmental sample, Merapi sand

PENDAHULUAN

AAN merupakan analisis unsur yang bersifat multiunsur, selektif dan sangat sensitif yang sudah diaplikasikan antara lain dalam bidang lingkungan, kesehatan dan industri. Dalam AAN, sampel diiradiasi, sehingga menghasilkan radionuklida. Iradiasi sampel AAN di BATAN dilakukan dalam reaktor nuklir. Radiasi gamma tunda diukur menggunakan spektrometer gamma dengan detektor HPGe.

Dalam bidang lingkungan, AAN dapat dimanfaatkan untuk analisis unsur pencemar dalam udara, tanah dan sedimen, sehingga sumber pencemarannya dapat identifikasi. Karena sensitivitasnya untuk sejumlah unsur sangat baik, teknik analisis yang lain tidak mampu mendeteksinya. Hasil identifikasi tersebut dapat digunakan sebagai dasar pengambilan kebijakan oleh instansi yang berwenang.

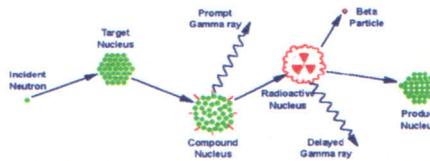
TEORIDASAR

AAN berdasarkan pada reaksi inti berupa reaksi penangkapan neutron yang dituliskan (n,y) ditunjukkan pada Gambar 1, atau ditulis sebagai berikut:



Keterangan :

- X = nuklida
- A = nomor massa
- n = neutron
- y = radiasi gamma



Gambar 1. Mekanisme Analisis Aktivasi Neutron

Reaksi inti dengan neutron dapat dilakukan baik dalam reaktor, maupun dengan sumber neutron berupa radionuklida seperti ²⁵²Cf, ²⁴Am-Be. Probabilitas terjadinya reaksi dinyatakan dalam nilai tampang lintang mikroskopis yang bergantung pada energi neutron, dan paling efektif terjadi dengan neutron thermal. Aktivitas radionuklida yang terbentuk bergantung pada jumlah nuklida, tampang lintang mikroskopis, fluks neutron, waktu iradiasi dan waktu paro radionuklida yang terbentuk yang dapat ditentukan dengan persamaan :

$$A = N\phi\sigma(1 - e^{-\lambda t_r})$$

$$A = \frac{mN_{AV}}{M} \phi\sigma(1 - e^{-\lambda t_r})$$

Keterangan :

- A = aktivitas radionuklida
- N = jumlah nuklida
- m = massa unsur
- N_{AV} = bilangan avogadro
- M = massa atom
- (j) = tampang lintang mikroskopis
- φ = fluks neutron
- λ = tetapan peluruhan radionuklida yang terbentuk
- t_r = waktu iradiasi

Analisis kualitatif dilakukan berdasarkan energi radiasi gamma dari spektrum hasil pengukuran. Beberapa unsur, radionuklida yang terbentuk dan energi radiasi gamma yang dipancarkan yang biasa dianalisis dalam sampel lingkungan ditunjukkan pada (Lampiran 1).

Analisis kuantitatif bisa dilakukan dengan beberapa metode, yang sering digunakan metode komparatif dan metode absolut (tanpa standar) yang disebut dengan kO. Pada analisis kuantitatif dengan metode komparatif, perbandingan dilakukan terhadap standar dengan kondisi sampel dan standar diiradiasi bersama. Konsentrasi dalam sampel dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$k = \frac{n_a D_a C_a m_s}{a n_s D_s C_s W_s}$$

Keterangan :

- k_s : konsentrasi unsur dalam cuplikan
- n_s : laju cacah cuplikan
- n_s : laju cacah standar
- D_a : faktor peluruhan untuk cuplikan
- D_s : faktor peluruhan untuk standar
- C_a : faktor pencacahan untuk cuplikan
- C_s : faktor pencacahan untuk standar
- m_s : massa unsur dalam standar
- w_s : massa cuplikan

Dalam kondisi lama pencacahan cuplikan dan standar sama, akan memberikan faktor pencacahan yang

sama, sehingga faktor pencacahan dapat dihilangkan. Pada pengukuran radionuklida berumur paro panjang, perbedaan waktu pencacahan dapat diabaikan, sehingga faktor peluruhan dapat diabaikan.

Limit deteksi pengukuran ditetapkan pada kondisi pengukuran tertentu yang dilakukan oleh suatu laboratorium. AAN merupakan metode analisis unsur yang memiliki keunggulan sensitivitas yang tinggi. Nilai limit deteksi dalam AAN ditentukan berdasarkan area *compton continue* atau latar belakang yang berasal dari efek *compton* dengan perhitungan area limit deteksi menggunakan metode Currie dengan persamaan sebagai berikut:

$$L_C = k \cdot \sigma_0 = k \sqrt{B \left(1 + \frac{n}{2m} \right)}$$

$$L_D = k^2 + 2L_C$$

Keterangan :

- L_C = *Limit of critical*
- L_D = Limit atau batas bawah pengukuran
- σ_0 = deviasi standar dari cacah latar belakang
- k = konstanta dalam Distribusi Normal yang berkaitan dengan tingkat kepercayaan
- B = cacah latar belakang, bisa dihitung dengan metode Covell
- n, m berkaitan dengan kondisi pengambilan data spektrum.

Dengan mengambil tingkat kepercayaan 95 %, maka $k = 1,645$, maka persamaan menjadi :

$$L_C = 1,645 \cdot \sigma_0 = 1,645 \sqrt{B \left(1 + \frac{n}{2m} \right)}$$

$$L_D = 2,71 + 3,29 \sqrt{B \left(1 + \frac{n}{2m} \right)}$$

Dengan metode komparatif AAN, maka nilai limit deteksi dalam area dihitung menjadi nilai limit deteksi konsentrasi dengan perbandingan terhadap area dan konsentrasi standar untuk unsur yang ditentukan. Nilai limit deteksi dalam AAN bergantung pada matriks atau jenis sampel, massa sampel, fluks neutron, waktu iradiasi, waktu pendinginan, waktu pencacahan.

Limit deteksi konsentrasi untuk sampel tanah dan sedimen yang diukur di Laboratorium Pusdiklat, dengan iradiasi di RSG telah dilakukan [Yustina, 2010], ditunjukkan pada Tabel 2.

STUDIKASUS

Abu vulkanik atau pasir vulkanik adalah bahan material vulkanik jatuhnya yang disemburkan ke udara saat terjadi suatu letusan Gunung. Abu maupun pasir vulkanik terdiri

dari batuan berukuran besar sampai berukuran halus, yang berukuran besar biasanya jatuh disekitar kawah sampai radius 5-7 km dari kawah, sedangkan yang berukuran halus dapat jatuh pada jarak mencapai ratusan kilometer bahkan ribuan kilometer dari kawah disebabkan oleh adanya hembusan angin. Letusan Gunung Merapi pada November 2010 mengakibatkan lokasi di sekelilingnya sampai jarak 20 Km tertutup abu vulkanik. Tanah merupakan media hidup tanaman. Tanaman akan tumbuh dengan baik apabila media dan iklimnya sesuai kebutuhan tanaman tersebut.. Meletusnya Gunung Merapi menumpahkan abu dan pasir dalam jumlah besar yang menyebar luas ke wilayah Yogyakarta dan Jawa Tengah. Untuk mengetahui dampaknya terhadap kesehatan, dan pertanian, perlu dilakukan berbagai analisis, baik sifat kimia, fisika maupun biologi. Salah satu analisis yang diperlukan adalah unsur yang dapat dilakukan dengan berbagai metode analisis kimia. perbedaan kandungan unsur dalam abu dan pasir tersebut mengubah kondisi media, sehingga mempengaruhi pemilihan jenis tanaman yang sesuai untuk dibudidayakan. AAN dapat diterapkan untuk analisis unsur mikro dalam sampel pasir Gunung Merapi.

Tabel 2. Limit Deteksi Pengukuran Sampel Tanah dan Sedimen di Laboratoriwn .Pusdiklat

| Unsur | Kondisi | Limit Deteksi Sedimen (ppm) |
|-------|--|-----------------------------|
| Al | Massa cuplikan: 15 mg Lama iradiasi : 1 menit. Waktu pendinginan: 5 menit Lama pengukuran: 2 menit | 240 |
| V | | 27 |
| Mg | | 2.600 |
| Ca | | 4.750 |
| Cu | | > 98,6 |
| Mn | | 21 |
| K | | 75 |
| As | Massa cuplikan : 50 mg Lama iradiasi : 20 menit Waktu pendinginan: 2 hari Lama pengukuran : 20 menit | 3,3 |
| Na | | 1,4 |
| | | |
| Cr | Massa cuplikan : 30 mg Lama iradiasi : 60 menit Waktu pendinginan: 14 hari Lama pengukuran : 60 menit | 2,7 |
| Fe | | 29 |
| Co | | 0,5 |
| Zn | | 37 |
| Ce | | 1,8 |
| La | | 1 |
| Sc | | 0,05 |

Peralatan dan Bahan:

1. Spektrometer γ HPGe dengan resolusi 1,8 KeV
2. Sumber standar Eu-152, Ba-133, Cs-137, Co-60 untuk kalibrasi energi
3. Timbangan analitik
4. Oven
5. Lumpang dan mortar porselen
6. Ayakan
7. Sampel pasir vulkanik yang diambil pada bulan Mei 2010 yang di Iokasi Kaliurang, Yogyakarta
8. Standard Material Reference (SRM) Soil 7
9. Vial Polietilena 0,27 mL
10. Asamnitrat

11. Sarung tangan

12. Pinset

13. Alummunium foil

Prosedur Analisis

Sampel dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 4jam. Selanjutnya dihaluskan dengan lwnpang dan mortar porselen. Sampel diayak untuk mendapatkan ukuran 200 mesh. Cuplikan ditimbang dan dimasukkan ke dalam vial polietilena. Massa Iradiasi dilakukan di RSG pada daya reaktor 15 MW dengan fluks neutron $\sim 10^{13}$ neutron/s.cm². Kondisi preparasi, iradiasi, pendinginan dan lama pencacahan seperti disebutkan pada Tabel2.

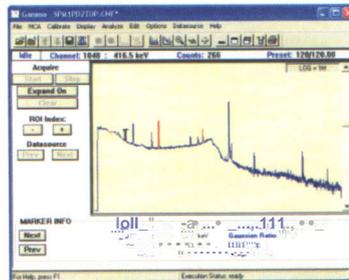
Hasil Analisis

Pengukuran sampel dengan spektrometer gamma (Gambar 2) diperoleh spektrum untuk analisis kualitatif dan kuantitatif. Contoh spektrum yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 3. Dari hasil analisis diperoleh unsur dan konsentrasi kadar unsur yang terkandung dalam sampel pasir Merapi ditunjukkan pada Tabe13.

Data kandungan unsur dalam pasir Merapi tersebut dapat dimanfaatkan oleh pihak yang membutuhkan dalam kaitannya dengan dampak lingkungan yang bisa ditimbulkannya, baik dari segi kesehatan maupun budidaya tanaman.



Gambar 2



Gambar 3

Tabe13

| Iradiasi | Unsur | Konsentrasi |
|--------------------|-------|-------------|
| Pendek(1 menit) | Mg | 3,16 % |
| | Mn | 0.16% |
| | V | 5.3 ppm |
| Sedang(10 menit) | As | 4.0 ppm |
| | U | 2,27 ppm |
| Panjang (60 rnnt) | Ce | 22,2 ppm |
| | Co | 17.8 ppm |
| | Cr | 8.18 ppm |
| | Cs | 4.3 ppm |
| | Eu | 1,5 ppm |
| | Fe | 6.25 % |
| | Hf | 2.7 ppm |
| | La | 15.9 ppm |
| | Sc | 12,4 ppm |
| | Sr | 745 ppm |
| | Th | 6.3 ppm |
| | Zn | 56.6 ppm |

KESIMPULAN

AAN dapat dapat memberikan 17 nilai konsentrasi unsur dalam Pasir Merapi yang dapat digunakan untuk mengevaluasi dampak lingkungan.

DAFTAR PUS TAKA

1. Yustina Tri Handayani. 2009. Bahan Ajar Coaching AAN : Analisis Spektrum. Jakarta, Pusdiklat BATAN
2. Yustina Tri Handayani. 2009. Bahan Ajar Coaching AAN : Ketidakpastian Pengukuran. Jakarta, Pusdiklat BATAN.
3. Yustina Tri Handayani. 2009. Bahan Ajar Coaching AAN : Penentuan Konsentrasi Unsur. Jakarta, Pusdiklat BATAN.
4. Sudaryo dan Sutjipto. Identifikasi dan Penentuan Logam pada Tanah Vulkanik di Daerah Cangkringan Kabupaten Sleman dengan Metode Analisis Aktivasi Neutron. Yogyakarta, STTN BATAN 721.
5. Manual Genie 2000 versi 3.2.1
6. Yustina Tri Handayani. 2011.. Bahan Ajar Pelatihan Petugas AAN.Jakarta, Pusdiklat BATAN.

Lampiran 1

| Unsur | Isotop target | Kelimpahan (%) | Tampang lintang (bam) | Nuklida hasil iradiasi | Umur Paro | Energi Radiasi (KeY) | P (%) |
|-------|-------------------|----------------|-----------------------|------------------------|-----------|----------------------|-------|
| Al | ^{27}Al | 100 | 230 | ^{28}Al | 2,25 m | 1779,0 | 100 |
| Y | ^{89}Y | 99,75 | 60 | ^{90}Y | 3,76m | 1434 | 100 |
| Mg | ^{26}Mg | 11,01 | 0,039 | ^{27}Mg | 9,45 m | 843,8 | 71,8 |
| | | | | | | 1014,4 | 28,2 |
| Ca | ^{48}Ca | 0,187 | 1,1 | ^{49}Ca | 8,72m | 3084 | 92,1 |
| Mn | ^{55}Mn | 100 | 13,3 | ^{56}Mn | 2,578 j | 846,8 | 98,9 |
| | | | | | | 1810,8 | 27,2 |
| | | | | | | 2113,1 | 14,3 |
| Cu | ^{63}Cu | 69,17 | 4,5 | ^{64}Cu | 12,7j | 1345,8 | 0,48 |
| | | | | | | ^{65}Cu | 30,85 |
| K | ^{41}K | 6,3702 | 1,46 | ^{42}K | 12,36 j | 1524,6 | 18,3 |
| Na | ^{23}Na | 100 | 40 | ^{24}Na | 14,95 j | 1368,6 | 100 |
| | | | | | | 2754,4 | 99,9 |
| As | ^{75}As | 100 | 4,2 | ^{76}As | 26,3 j | 559,1 | 44,7 |
| Cr | ^{52}Cr | 4,35 | 15,5 | ^{53}Cr | 27,7 h | 320,1 | 9,83 |
| Co | ^{59}Co | 100 | | ^{60}Co | 5,37 t | 1137,3 | 100 |
| | | | | | | 1332,5 | 100 |
| Fe | ^{58}Fe | 0,28 | 1,3 | ^{59}Fe | 44,51 h | 1099,2 | 56,5 |
| | | | | | | 1291,6 | 43,2 |
| Zn | ^{64}Zn | 48,6 | 0,76 | ^{65}Zn | 243,8 h | 1115,5 | 50,7 |
| Ce | ^{140}Ce | 88,48 | 0,58 | ^{141}Ce | 32,5 h | 145,4 | 48,4 |
| | | | | | | ^{142}Ce | 11,08 |
| La | ^{139}La | 93,91 | 9,0 | ^{140}La | 12,79 h | 1596,2 | 95,49 |
| | | | | | | 487 | 45,5 |
| Sc | ^{45}Sc | 100 | 10 | ^{46}Sc | 18,75d | 1120,5 | 99,99 |
| | | | | | | 889,3 | 99,98 |

Keterangan :

d : detik

j : jam

h : hari

t : tahun