

VALIDASI METODE ANALISIS AKTIVASI NEUTRON CEPAT (AANC) UNTUK UNSUR N, P, K, Si, Al, Cu, Cd, Fe MENGUNAKAN GENERATOR NEUTRON

Sunardi, Samin dan Elin Nuraini

P3TM – BATAN

ABSTRAKS

VALIDASI METODE ANALISIS AKTIVASI NEUTRON CEPAT (AANC) UNTUK UNSUR N, P, K, Si, Al, Cu, Cd, Fe. MENGGUNAKAN GENERATOR NEUTRON. Telah dilakukan uji validasi metode AANC untuk unsur N, P, K, Si, Cd, Al, Cu, Fe pada cuplikan produksi Merck, SRM 2704, foil activation dengan generator neutron. Cuplikan ditimbang dengan berat tertentu dan dilakukan iradiasi selama 30 menit dengan neutron cepat 14 MeV dari generator neutron. Uji validasi meliputi kalibrasi energi, kalibrasi efisiensi, uji akurasi dan presisi. Hasil perhitungan fluks neutron yang dihasilkan generator neutron pada kondisi optimum adalah $3,28 \cdot 10^7$ n/cm².dk. Dari hasil uji kuantitatif cuplikan N, P, K, Si, Al, Cu, Cd, Fe diperoleh nilai akurasi dalam kisaran 95,21 % sampai dengan 98,68 %, sedang nilai presisi dalam kisaran 1,13 % sampai 2,78 %. Besarnya nilai akurasi menunjukkan ada kedekatan hasil uji dengan nilai yang sebenarnya, dan nilai presisi yang kecil menunjukkan ada kesesuaian antara hasil uji dengan nilai dalam sertifikat, maka dapat disimpulkan bahwa metode AANC valid/absah dapat digunakan untuk penelitian analisis unsur dalam bahan.

ABSTRACTS

VALIDATION OF FAST NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS METHOD (FNA) FOR N, P, K, Si, Al, Cu, Cd, Fe USING NEUTRON GENERATOR. Validation of fast neutron activation analysis method for N, P, K, Si, Al, Cu, Cd, Fe in SRM 2704, foil activation samples using neutron generator has been done. Samples were weighted for certain weight and irradiated for 30 minutes using fast neutron 14 MeV from neutron generator. Validation test covers energy calibration, efficiency calibration, accurate and precision test. On the optimum condition, neutron generator produced neutron flux about $3,28 \cdot 10^7$ n/cm².s. The quantitative test result on N, P, K, Si, Al, Cu, Cd, Fe samples showed that the accurate value on the range of 95.21 % to 98.68 %, while the precision value on the range of 1.13 % until 2.78 %. The high accurate value showed that test result approached to the actual value. The low precision value showed that there is an agreement between the test and certificate values. Therefore it can be concluded that FNA is valid and can be used for element content analysis of material.

PENDAHULUAN

Suatu laboratorium perlu memiliki sertifikat penilaian hasil uji yang dikeluarkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN), yang telah menyusun pedoman tentang persyaratan pokok yang harus dipenuhi oleh laboratorium terakreditasi dengan mengacu ISO/IFG Guide 25-1990. Persyaratan ini tertuang dalam pedoman BSN 01-1991 dinyatakan juga telah memenuhi persyaratan ISO-9002. Suatu laboratorium analisis perlu melakukan penelitian dan pengujian terhadap suatu bahan untuk memperoleh data-data yang memenuhi persyaratan BSN 01-1991 atau ISO-9002, agar dapat menunjang pengakuan keberadaan laboratorium analisis dalam rangka memberikan

pelayanan kepada masyarakat yang memerlukan jasa pengujian menggunakan alat tersebut⁽¹⁾. Metode pengujian yang ada harus selalu dikembangkan dan ditingkatkan mutunya, baik jenis metode pengujiannya maupun jenis parameternya sesuai dengan perkembangan ilmu dan teknologi. Indikator mutu metode pengujian adalah ketelitian, presisi dan batas deteksinya⁽²⁾

Hasil uji suatu laboratorium dapat diakui kebenarannya jika laboratorium tersebut telah memiliki sertifikat penilaian hasil uji atau telah terakreditasi. Ketelitian hasil uji pada dasarnya didukung oleh sarana dan prasarana laboratorium yang terkalibrasi dan metode penelitian yang digunakan. Sertifikat sistem mutu laboratorium mempunyai tujuan untuk memberikan jaminan

kepada pemakai jasa laboratorium bahwa hasil uji yang dihasilkan mempunyai nilai ketepatan dan ketelitian yang baik.

Program P3TM yang sedang dilakukan adalah perluasan akreditasi beberapa laboratorium, salah satunya laboratorium analisis unsur menggunakan generator neutron dengan metode analisis aktivasi neutron cepat (AANC). Untuk mendukung program tersebut laboratorium generator neutron melakukan uji validasi metode AANC untuk analisis unsur dalam bahan, sehingga laboratorium tersebut menghasilkan laporan hasil pengujian yang dapat dipercaya dan hasilnya absah atau valid sesuai dengan akreditasi yang telah ditetapkan.

Analisis aktivasi neutron cepat (AANC) adalah analisis unsur dalam suatu bahan dengan diiradiasi neutron cepat dari akselerator generator neutron. Dalam metode ini cuplikan yang dianalisis diaktivasi dengan neutron cepat yang dihasilkan oleh akselerator generator neutron. Akibat radiasi neutron maka inti-inti atom dalam cuplikan akan menangkap neutron dan menjadi radioaktif. Radioisotop yang dihasilkan tergantung pada jenis dan energi penumbuk (neutron cepat), jenis unsur yang terkandung dalam cuplikan serta jenis reaksi inti yang terjadi

Setelah paparan radiasi dianggap cukup, cuplikan dikeluarkan dari ruang iradiasi generator neutron. Sinar gamma yang dipancarkan dari berbagai radioisotop dalam cuplikan dapat dianalisis dengan menggunakan alat spektrometer gamma, analisis dapat

dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif adalah untuk mengetahui jenis unsur yang terkandung dalam cuplikan, sedangkan analisis kuantitatif untuk menentukan kadar atau konsentrasi unsur yang terkandung dalam cuplikan.

Validasi suatu metode merupakan suatu kondisi optimum dimana hasil uji pada cuplikan dengan masa tertentu yang dianalisis kuantitatif masih menunjukkan massa yang bersesuaian dengan yang ada pada sertifikat cuplikan. Pada penelitian ini dilakukan pengujian/validasi metode AANC terhadap unsur *N, P, K, Si, Al, Cu, Cd, Fe* yang diaktivasi dengan neutron cepat dengan membandingkan terhadap cuplikan acuan standar.

TEORI AANC

Teknik analisis APNC didasarkan pada reaksi neutron cepat dengan inti, cuplikan yang akan dianalisis diirradiasi dengan menggunakan generator neutron. Inti atom unsur yang berada dalam cuplikan akan menangkap neutron dan berubah menjadi radioaktif dengan memancarkan sinar γ . Sinar γ yang dipancarkan umumnya memiliki energi yang karakteristik untuk setiap unsur/isotop, sehingga dapat diidentifikasi dengan menggunakan teknik spektroskopi *gamma*.

Jumlah cacah kejadian yang diperoleh spektrometer gamma peluruhan selama waktu pencacahan (t_c) adalah⁽³⁾:

$$C = \frac{mN_A}{BA} a \frac{\phi \sigma \lambda}{\lambda} (1 - e^{-\lambda t_a}) e^{-\lambda t_d} (1 - e^{-\lambda t_c}) \quad (1)$$

Dengan

N_A = bilangan Avogadro, BA = berat atom unsur cuplikan, ϕ = fluks neutron

A = kelimpahan relatif isotop cuplikan, σ = tampang lintang reaksi, λ = ketetapan peluruhan, t_a = waktu yang diperlukan untuk iradiasi, t_d = waktu tunda (*cooling time*) t_c = waktu yang diperlukan untuk pencacahan

Persamaan (2) tersebut adakah sebagai dasar dan persamaan akhir analisis aktivasi.

Metode Relatif

Penentuan nilai konsentrasi atau kadar dalam cuplikan dapat dilakukan dengan metode

mutlak atau dengan metode relatif. Dalam penelitian ini, untuk menghitung kadar cuplikan digunakan metode relatif atau komparatif, untuk itu diperlukan cuplikan standar yang mengandung unsur yang akan ditentukan, yang jumlah dan komposisi telah diketahui dengan pasti. Cuplikan standar tersebut dipersiapkan dengan perlakuan yang sama seperti cuplikan yang diselidiki dan diiradiasi bersama-sama, sehingga mengalami paparan neutron yang sama besarnya. Dengan jalan membandingkan laju cacah cuplikan dan standar dapat dihitung kadar unsur di dalam cuplikan. Untuk menghitung kadar cuplikan yang diselidiki, dihitung dengan rumus⁽⁴⁾:

$$W = \frac{(cps)_{cuplikan}}{(cps)_{standar}} \times W_{standar} \quad (2)$$

dengan :

W = berat unsur yang diselidiki

$W_{standar}$ = berat unsur standar

TATA KERJA

Alat dan bahan

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah unsur standar SRM 2704 dan 1577b (*Standart Reference Materials*)⁽⁴⁾, cuplikan N dari NH₄F buatan Merck, cuplikan P dari KH₂PO₄, cuplikan K dari KCl buatan Merck, cuplikan Si, Fe, Al buatan Merck, dan cuplikan Cu, Cd, dari *Standart Activation Foil* buatan San Carlos, California. Tiap-tiap cuplikan N, P, K, Si, Al, Cu, Cd, Fe. ditimbang dengan tiga variasi berat dan masing-masing diberi label, sedang cuplikan SRM 2704 dan 1577 b masing-masing seberat 1 gram.

Peralatan yang digunakan adalah unit generator neutron SAMES J-25, PC/AT dan AccuSpec, perangkat spektrometer gamma dengan detektor HPGe, wadah ampul

polyethelin, timbangan analitik, *stopwatch* dan alat bantu lain

Cara kerja

Iradiasi dan pencacahan

Wadah polyetelin yang berisi cuplikan dengan tiga variasi berat diiradiasi bersama-sama dengan neutron cepat yang dihasilkan oleh generator neutron, dengan arus deuteron 1 mA, tegangan operasi generator neutron adalah 110 kV, kemudian segera dicacah dengan *accuspec/MCA* dengan detektor HPGe,

Validasi metode AANC dilakukan dengan menguji unsur-unsur N, P, K, Si, Al, Cu, Cd, Fe dengan aktivasi neutron cepat 14 MeV dari generator neutron. Hasil uji kuantitatif yang diperoleh dibandingkan dengan data dalam sertifikat.

Presisi menunjukkan kesesuaian antara beberapa hasil pengujian yang diukur dengan cara yang sama, dinyatakan dalam bentuk nilai *relative standart deviation (RSD)*⁽⁶⁾

$$RSD = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\% \quad \text{dengan : } s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (3)$$

Sedang nilai akurasi adalah kedekatan hasil analisis rata-rata dengan nilai sebenarnya, yaitu dengan mengukur kesesuaian antara hasil dan nilai sebenarnya dan dapat dinyatakan :

HASIL DAN PEMBAHASAN

$$Akurasi = \frac{W_{terukur}}{W_{sesungguhnya}} \times 100\%$$

Kalibrasi Energi

Sebelum dilakukan pencacahan dengan spektrometer gamma (*accuspec*), terlebih dahulu dilakukan kalibrasi energi pada PC-MCA *accuspec*. Kalibrasi energi dilakukan dengan tujuan agar dalam pencacahan cuplikan diperoleh hubungan antara nomor salur yang bersesuaian dengan energi. Dalam kalibrasi energi digunakan sumber standar pemancar gamma Co-60 dan Cs-137, dengan mengikuti program

(*software grecal* yang ada pada AccuSpec, maka dapat ditentukan kalibrasi energi pada alat spektroskopi gamma (AccuSpec). Tabel 1 ditampilkan hasil kalibrasi energi pada alat spektrometri gamma.

Tabel. 1. Data kalibrasi energi dengan sumber gamma Cs-137 dan Co-60

Sumber gamma standar	Energi gamma (keV)	Nomor salur
Cs-137	662	497
Co-60	1173	993
	1332	1146

Dengan fasilitas *software grecal* yang tersedia dalam *accuspec* akan didapatkan nilai *slope* = 1,00964 dan nilai *offset* = 156,7937, sehingga

diperoleh persamaan regresi linear dalam kalibrasi energi adalah:

$$Y = aX + b \\ = 1,00964 X + 156,7937$$

Dengan

Y = energi gamma
X = nomor salur

Kalibrasi efisiensi

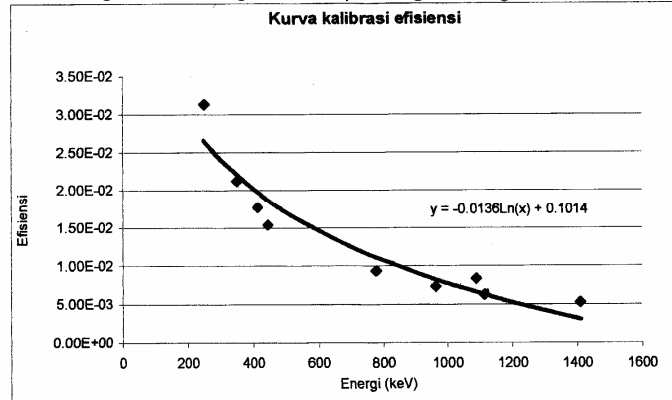
Juga dilakukan kalibrasi efisiensi dengan tujuan untuk mencari efisiensi deteksi dari detektor yang digunakan yaitu dengan membandingkan antara laju cacah yang diterima detektor dengan laju emisi dari sumber radiasi tertentu. Dalam kalibrasi ini digunakan sumber gamma standar Eu-152 dengan aktivitas $1,975 \cdot 10^5$ dps pada tanggal 15 Juni 1979.

Tabel 2. Data kalibrasi efisiensi deteksi

Energi (keV)	cps	dps	Yield	efisiensi (%)
250,244	116,7	$5,04 \cdot 10^4$	0,0738	$3,1 \cdot 10^{-2}$
347,206	303,2	$5,04 \cdot 10^4$	0,284	$2,12 \cdot 10^{-2}$
413,608	19,72	$5,04 \cdot 10^4$	0,0221	$1,77 \cdot 10^{-2}$
445,616	23,89	$5,04 \cdot 10^4$	0,0308	$1,54 \cdot 10^{-2}$
778,148	61,28	$5,04 \cdot 10^4$	0,13	$9,35 \cdot 10^{-3}$
963,421	53,62	$5,04 \cdot 10^4$	0,1448	$7,34 \cdot 10^{-3}$
1085,696	42,61	$5,04 \cdot 10^4$	0,1014	$8,33 \cdot 10^{-3}$
1111,942	42,85	$5,04 \cdot 10^4$	0,1355	$6,27 \cdot 10^{-3}$
1407,943	55,13	$5,04 \cdot 10^4$	0,207	$5,28 \cdot 10^{-3}$

Data hasil perhitungan efisiensi, kemudian dengan program Excel dituangkan dalam grafik

efisiensi versus energi gamma, sehingga diperoleh persamaan $Y = -0,0136 \ln(x) + 0,1014$



Perhitungan fluks neutron dari generator neutron

Harga fluks neutron dari generator neutron merupakan besaran pokok yang menentukan perhitungan hasil uji, oleh karena itu harga fluks neutron harus diketahui nilainya dengan melakukan percobaan aktivasi foil standar aluminium pada kondisi optimum generator neutron, yaitu arus ion = 1 mA, tegangan tinggi pemercepat = 110 kV, tegangan pemfokus = 14 kV, tegangan ekstraktor = 7 kV dan tegangan

lensa kuadropol doublet = ± 6 kV, tingkat kehampaan $8 \cdot 10^{-6}$ mbar

Dengan menggunakan *activation foil Aluminium standart* yang memiliki berat 1,0181 gram dengan kelimpahan (a) = 100 %, waktu paro ($T_{1/2}$) = 567 detik, waktu aktivasi = 30 menit, dengan tampang lintang reaksi 75 mbarn, maka fluks neutron generator neutron dapat dihitung dengan persamaan (1) yang dapat diubah menjadi:

$$\phi = \frac{C B A \ln 2}{N_A a m \sigma \varepsilon Y T_{1/2} \left(1 - e^{-\lambda t_{ir}}\right) \left(e^{-\lambda t_d}\right) \left(1 - e^{-\lambda t_c}\right)}$$

Dengan data dari eksperimen dan data nuklir diperoleh nilai fluks neutron yang dihasilkan generator neutron sebesar $3,28 \cdot 10^7$ neutron/cm² detik.

Analisis kuantitatif dengan metode relatif

Nilai fluks neutron dari generator neutron merupakan besaran pokok yang menentukan perhitungan hasil uji, maka langkah awal sebelum menentukan akurasi, presisi untuk validasi metode adalah menentukan kondisi optimum operasi generator neutron, agar diperoleh nilai fluks neutron yang maksimal dan

tidak terjadi fluktuasi fluks neutron. Hasil eksperimen aktivasi neutron cepat 14,5 MeV dari generator neutron terhadap cuplikan *Cu, Cd, Al, Fe, Si, N, P, K* akan menghasilkan reaksi,⁽⁷⁾ dengan energi isotop tertentu ditampilkan pada Tabel 1. Neutron cepat 14 MeV yang dihasilkan oleh reaksi $^3\text{H}(d,n)^4\text{He}$ berinteraksi dengan cuplikan Cu-63 akan menghasilkan reaksi Cu-63 (n,2n) Cu-62. Nuklida Cu-62 yang terbentuk akan meluruh dengan waktu paro 9,78 menit, memancarkan sinar gamma dengan energi 511 keV.

Tabel 1. Hasil reaksi neutron cepat dengan unsur Cu, Cd, Al, Fe, Si, N, P, K

No	Unsur	Reaksi	Waktu paro (menit)	Energi (keV)
1	Cu	Cu-63 (n,2n) Cu-62	9,78	511
2	Cd	Cd-112 (n,2n) Cd-111	48,7	245
3	Al	Al-27 (n,p) Mg-27	9,45	843
4	Fe	Fe-56 (n,p) Mn-56	2,58*	846
5	Si	Si-28 (n,p) Al-28	2,24	1778
6	N	N-14 (n,2n) N-13	9,96	511
7	P	P-31 (n,p) Si-31	2,24	1778
8	K	K-41 (n,p) Ar-41	37,2	1460

* satuan jam

Setelah dilakukan kalibrasi energi dan kalibrasi efisiensi pada peralatan spektrometer gamma maka alat dapat digunakan untuk pencacahan cuplikan contoh uji. Setiap unsur dibuat 3 buah contoh uji dengan variasi berat dan dilakukan aktivasi dengan neutron cepat 14 MeV dari generator neutron, data yang diperoleh setelah dilakukan iradiasi pada unsur standar *Cu, Cd, Al, Fe, Si, N, P, K* tercantum pada Tabel 2.

Tabel 3 ditampilkan hasil perhitungan nilai konsentrasi unsur dalam contoh uji unsur standar *Cu, Cd, Al, Fe, Si, N, P, K* dengan metode AANC dan ditampilkan juga data dalam sertifikat SRM yang memiliki nilai yang tertelusur ke standar internasional SI dan dapat dijadikan sebagai nilai acuan untuk nilai yang sebenarnya⁽⁶⁾

Pada Tabel 3 diperlihatkan hasil uji terhadap cuplikan standar dengan berat tertentu, hasil analisis terukur contoh uji jika dibanding dengan data dalam sertifikat tidaklah berbeda jauh, besar kecilnya perbedaan ini dipengaruhi oleh besar kecilnya cacah yang diperoleh sedang nilai cacah dipengaruhi oleh kelimpahan unsur, intensitas

puncak foto, dan besar kecilnya ketidak pastian kalibrasi efisiensi, sehingga dari pengaruh tersebut akan mempengaruhi hasil uji. Nilai akurasi metode AANC seperti pada Tabel 3 diperoleh dengan persamaan

$$Akurasi = \frac{W_{terukur}}{W_{seungguhnya}} \times 100\%$$

Pada Tabel 3 terlihat bahwa nilai akurasi untuk unsur *Cu, Cd, Al, Fe, Si, N, P, K* dalam kisaran 95,21 % sampai 98,68 %, Penelitian yang baik adalah jika diperoleh nilai akurasi yang besar atau mendekati 100%, karena nilai akurasi menunjukkan kedekatan hasil uji rata-rata dengan nilai sebenarnya⁽⁶⁾. Dengan hasil akurasi seperti pada Tabel 3 terlihat bahwa hasil uji AANC ada kesesuaian antara hasil uji rerata dengan nilai sebenarnya dalam sertifikat, sehingga dalam penelitian ini akurasi metode AANC untuk analisis unsur *Cu, Cd, Al, Fe, Si, N, P, K* dapat dikatakan baik dan layak digunakan untuk penelitian.

Tabel 2. Data eksperimen metode relatif cuplikan *Cu*, *Cd*, *Al*, *Fe*, *Si*, *N*, *P*, *K* yang diaktivasi dengan neutron cepat dari generator neutron

Cuplikan	Berat (gram)	T _{iradiasi} (detik)	T _{tunda} (detik)	T _{cacah} (detik)	Jumlah cacah (cps)
Cu	0,03919	1800	39	120	396
	0,04585		165		341
	0,04098		290		294
Cd	2,05567	1800	42	120	207
	2,06407		167		201
	2,03342		295		195
Al	0,02996	1800	40	120	162
	0,01810		166		86
	0,02119		297		43
Fe	0,05678	1800	41	120	249
	0,05129		169		242
	0,05365		298		233
Si	0,06126	600	45	120	98
	0,06530		165		51
	0,06919		287		27
N	0,02455	1800	43	120	158
	0,02061		168		151
	0,03558		295		142
P	0,01376	600	44	120	126
	0,04024		169		116
	0,01564		296		102
K	0,03469	1800	42	120	147
	0,04266		168		138
	0,03812		296		129

Tabel 3. Data hasil validasi metode uji AANC dengan generator neutron

No	Unsur	Data sertifikat (gram)	Hasil uji (gram)	Akurasi (%)	Akurasi rerata (%)	Presisi rerata (%)
1	Cu	0,03919	0,04147 ± 0,00322	94,51	96,57	1,17
		0,04585	0,04654 ± 0,00347	98,53		
		0,04098	0,04239 ± 0,00325	96,67		
2	Cd	2,05567	2,07315 ± 0,05724	99,16	98,08	2,34
		2,06407	2,10562 ± 0,06113	98,03		
		2,03342	1,98324 ± 0,05829	97,04		
3	Al	0,02996	0,03058 ± 0,00273	97,97	95,89	1,05
		0,01810	0,01640 ± 0,00157	90,61		
		0,02119	0,02098 ± 0,00183	99,10		
4	Fe	0,05678	0,05437 ± 0,00113	95,75	96,93	2,29
		0,05129	0,04997 ± 0,00157	97,42		
		0,05365	0,05495 ± 0,00183	97,63		
5	Si	0,06126	0,06087 ± 0,00210	99,36	98,68	1,57
		0,06530	0,06595 ± 0,00221	99,01		
		0,06919	0,07083 ± 0,00234	97,68		
6	N	0,02455	0,02323 ± 0,00101	94,62	95,64	1,67
		0,02061	0,02171 ± 0,00111	96,87		
		0,03558	0,03388 ± 0,00132	95,44		
7	P	0,01376	0,01426 ± 0,00087	96,49	95,21	2,78
		0,04024	0,04257 ± 0,00134	94,53		
		0,01564	0,01678 ± 0,00110	94,62		
8	K	0,03469	0,03303 ± 0,00213	95,21	95,88	1,13
		0,04266	0,04011 ± 0,00221	94,02		
		0,03812	0,03751 ± 0,00218	98,40		

Nilai presisi menunjukkan kesesuaian beberapa hasil pengukuran yang diukur dengan cara yang sama, biasanya dinyatakan dalam bentuk nilai *relative standart deviation* (RSD). Hasil perhitungan nilai RSD dari unsur standar SRM, standar foil aktivasi ataupun standar buatan Merck dengan menggunakan persamaan (3) seperti ditampilkan pada Tabel 3, diperoleh hasil nilai presisi atau nilai RSD berkisar 1,13 %, sampai 2,88 % sehingga dapat dikatakan ada kesesuaian antara hasil uji dengan nilai dalam sertifikat, sehingga metode AANC mempunyai presisi yang baik dan layak.

Besar kecilnya nilai presisi dipengaruhi oleh bahan uji seperti tampang lintang reaksi, waktu paro isotop yang terbentuk, kelimpahan (*abundance*), dipengaruhi juga adanya fluks neutron yang dihasilkan oleh generator neutron. Untuk meminimalkan fluktuasi fluks neutron dari generator neutron maka diusahakan kestabilan arus ion deutron dengan mengoptimalkan parameter operasi generator neutron.

Dari tabel hasil validasi diperoleh nilai yang berbeda-beda untuk setiap unsur, hal ini dimungkinkan terkait dengan besar kecilnya nilai tampang lintang reaksi, yang akan mempengaruhi besar kecilnya cacah yang diperoleh dan hal ini akan berpengaruh terhadap nilai akurasi maupun presisi juga dipengaruhi oleh ketidakpastian nilai kalibrasi efisiensi deteksi untuk tiap-tiap energi tertentu.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen dan perhitungan yang telah dilakukan meliputi kalibrasi energi, kalibrasi efisiensi, akurasi dan presisi maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut;

Diperoleh nilai akurasi dengan metode AANC pada cuplikan *Cu, Cd, Al, Fe, Si, N, P, K* adalah 96,57 %, 98,08 %, 95,89 %, 96,93 %, 98,68 %, 95,64 %, 95,21 %, 95,88 %, sedang nilai presisinya adalah 1,17 %, 2,34 %, 1,05 %, 2,29 %, 1,57 %, 1,67 %, 2,78 %, 1,13 %. Dengan hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai validasi pengujian dengan metode AANC untuk analisis unsur *N, P, K, Si, Al, Cu, Cd, Fe* memiliki nilai akurasi besar mendekati 100 % hal ini menunjukkan ada kedekatan hasil uji dengan nilai yang sebenarnya dan diperoleh nilai presisi yang kecil, menunjukkan ada kesesuaian antara hasil uji dengan data dalam sertifikat, sehingga metode AANC memenuhi standar sebagai alat uji dalam analisis unsur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Sdr Suraji dan Sdr Supriyanto yang telah membantu dalam eksperimen dan pengambilan data, sehingga penelitian ini bisa berjalan baik. Penulis berharap semoga bantuan Saudara mendapat imbalan dari Allah SWT.

DAFTAR PUSTAKA

1. BSN, Pedoman 01-1991, Persyaratan Umum Kemampuan Laboratorium Kalibrasi dan Laboratorium Pengujian, Jakarta, 1991
2. KUKUH S., Validasi Metode, Buku Panduan Pelatihan Asesor, BSN, Jakarta, 1999
3. NARGOLWALLA, SAM.S. et.al, "Activation Analysis with Neutron Generators", John Wiley and Sons, New York, 1973.
4. SUSETYA, W., "Spektrometri Gamma dan Penerapannya dalam Analisis Pengaktifan Neutron, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, 1988
5. NATIONAL INSTITUTE OF STANDART & TECHNOLOGY, Certificate Reference Material 2704, Buffalo River Sediment, 1991
6. SUMARDI, Validasi Metode Analisis, Pelatihan Asesor Laboratorium, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, 2001
7. GERHARD ERDTMANN, "Neutron Activation Tables," Kernchemie in Einzeldarstellungen Vol.6, Weinheim Verlag Chemie, New York, 1976.

TANYA JAWAB

Jumari

- Energi 6 N optimum pada 110 KeV?, mengapa hanya 110 KeV?

Sunardi

- Karena generator neutron memanfaatkan reaksi D + T, maka pada energi 110 KeV ini, diperoleh nilai tampang lintang reaksi antara D + T yang optimum / paling besar.

Subroto

- Apa tujuan penelitian Anda?
- Validasi mengacu kemana?

Sunardi

- Untuk mendapatkan hasil uji Lab. Generator neutron yang absah/valid, sehingga memberikan jaminan kepada pemakai, bahwa hasil uji mempunyai ketepatan dan ketelitian yang baik.
- Validasi metode mengacu operasional manual yang dinyatakan nilai RSD (relative standard deviation) di bawah 10% masih dikatakan valid/absah.