
EVALUASI SENSITIVITAS, PRESISI dan AKURASI SOFTWARE KOMPARTIF

Sunarko, Sri Wardani
Pusat Pengembangan Teknologi Reaktor Riset – BATAN

ABSTRAK

EVALUASI SENSITIVITAS , PRESISI DAN AKURASI *SOFTWARE* KOMPARTIF.

Software komparatif adalah perangkat lunak yang digunakan untuk mengolah data secara komparatif pada kegiatan AAN di RSG-GAS. Untuk menjamin sensitivitas, presisi dan akurasi data yang diolah dalam *software* ini, maka perlu dievaluasi *software* tersebut. Evaluasi dilakukan dengan pengujian *software* komparatif PASAN-K untuk analisis data yang telah diakusisi dalam metode analisis AAN. Data dari hasil analisis kualitatif kemudian diolah dengan mempergunakan *Microsoft EXCELL*[®] untuk memperoleh hasil analisis secara kuantitatif. Dengan evaluasi yang dilakukan diperoleh tingkat sensitivitas (0,1 – 2) keV. Tingkat presisi dari data radionuklida yang diolah telah lolos kriteria, namun tingkat akurasi belum sesuai dengan yang diharapkan.

Kata kunci: metode komparatif, presisi, akurasi

ABSTRACT

EVALUATION OF SENSITIVITY, PRECISION AND ACCURACY COMPARATIVE SOFTWARE.

Comparative software is software that used for processing the data with comparative at the AAN activity in RSG-GAS. For certify of sensitivity, precision and accuracy the data that processed in this software, then need evaluation the software above mentioned. Evaluation is doing with testing of comparative software PASAN-K for analysis of data that acquisition in AAN metode analysis. The data from the result of qualitative analysis and then be calculated with using *Microsoft EXCELL*[®] software for getting quantitative analysis. With evaluation have be done get level of sensitivity (0.1-2) keV. Level of precision from radionuclide data that processed have been pass criteria, nevertheless level of accuracy not yet pass criteria.

Keywords: comparative method, precision, accuracy

PENDAHULUAN

Penerapan metode AAN komparatif di P2TRR telah dilaksanakan dengan menggunakan sistem perangkat lunak Gamma Trac untuk analisis multi-unsur dari berbagai jenis cuplikan. Untuk peningkatan kualitas hasil penelitian dengan metode AAN komparatif, maka telah dilakukan pengembangan sistem perangkat lunak baru yang disebut **Program Analisis Spektrum Aktivasi Neutron Komparatif (PASAN-K)**^[4]. *Software* tersebut sebagai sistem analisis yang diinstalasikan pada komputer dan sistem pengukuran spektrum- γ dengan menggunakan spektrometer- γ dan detektor HPGe.

Untuk evaluasi keandalan sistem perangkat lunak PASAN-K akan dilakukan analisis akurasi, presisi dan sensitivitas dari system^[6]. Material yang dianalisis berupa bahan-bahan standar acuan dari SRM 1648 (NIST), dan CRM 8 (NIES). Metode analisis yang digunakan adalah secara komparatif dengan pengolahan data pada program PASAN-K dan Gamma Trac. Hasil analisis yang dicapai oleh kedua program tersebut selanjutnya diolah dengan Microsoft EXCELL untuk mendapatkan konsentrasi dari masing-masing cuplikan bahan standar acuan. Sebagai evaluasi keandalannya maka hasil analisis software PASAN-K akan dibandingkan dengan harga konsentrasi dari sertifikat. Pada penelitian ini akan diperoleh nilai akurasi, presisi dan sensitivitas dari kedua sistim perangkat lunak tersebut. Dari semua hasil perhitungan akan dapat ditentukan tingkat penerimaan (*acceptance criteria*) yang dapat dicapai oleh software teruji.

TEORI

Prinsip dasar

Penentuan kadar unsur dalam cuplikan dengan metode komparasi dilakukan dengan membandingkan aktivitas unsur dalam cuplikan terhadap aktivitas unsur standar persamaan (1) dikalikan dengan massa unsur standar. Karena aktivitas unsur yang dibandingkan tersebut berasal dari unsur yang sejenis baik yang di cuplikan maupun yang di standar, maka parameter efisiensi dan kelimpahan gamma dapat saling dihilangkan^[1]. Dengan demikian besarnya kadar unsur dalam cuplikan ditentukan dengan persamaan (2).

$$W_u = \frac{A_u}{A_{st}} W_{st} \dots\dots\dots (1)$$

dimana : W_u = massa unsur yang tidak diketahui,
 W_{st} = massa unsur standar,
 A_u = aktivitas unsur yang tidak diketahui,
 A_{st} = aktivitas unsur standar,

$$W_u = \frac{R_u \cdot e^{\lambda t_{du}} \cdot (1 - e^{-\lambda t_{cst}})}{R_{st} \cdot e^{\lambda t_{dst}} \cdot (1 - e^{-\lambda t_{cu}})} W_{st} \dots\dots\dots (2)$$

dimana : W_u = massa unsur yang tidak diketahui,
 W_{st} = massa unsur standar,

- R_u = luas puncak dari spektrum gamma unsur yang tidak diketahui,
- R_{st} = luas puncak dari spektrum gamma unsur standar,
- t_{du} = waktu peluruhan unsur yang tidak diketahui,
- t_{cu} = waktu pencacahan unsur yang tidak diketahui,
- t_{dst} = waktu peluruhan unsur standar,
- t_{cst} = waktu pencacahan unsur standar.

Metode komparasi dengan persamaan (2) menjanjikan hasil yang memiliki ketelitian yang tinggi, akan tetapi relatif lebih mahal dalam pengadaan bahan standarnya disamping biaya lainnya. Metode AAN ini menjadi metode analisis kimia unsur yang sangat luas penerapannya karena hampir semua unsur bereaksi terhadap neutron dengan hasil yang sangat akurat dan sensitif (hingga orde pbb)^[4]. Disamping itu metode AAN menjanjikan kemudahan dalam pelaksanaannya karena tidak memerlukan suatu perlakuan kimiawi terhadap cuplikan. Bentuk cuplikan yang dapat dianalisis dengan metode ini dapat berupa padatan, cairan maupun gas.

Perhitungan akurasi dan presisi pada kriteria penerimaan

Perhitungan akurasi dari metode AAN pada analisis multi-unsur dalam cuplikan dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$|Value_{target} - Value_{analyst}| \leq 1.95 \times \sqrt{Unc^2_{target} + Unc^2_{analyst}} \dots\dots\dots(3)$$

Sedangkan untuk perhitungan presisi dari metode AAN pada analisis multi-unsur dalam cuplikan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\sqrt{\left(\frac{Unc_{target}}{Value_{target}}\right)^2 + \left(\frac{Unc_{analyst}}{Value_{analyst}}\right)^2} \times 100\% \leq \sqrt{\left(\frac{Unc_{target}}{Value_{target}}\right)^2 + (\sigma_H)^2} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

Perhitungan relatif bias

Untuk perhitungan relatif bias konsentrasi unsur yang terkandung dalam cuplikan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Relatif bias} = \frac{Haga_{analisis} - H\ arg\ a_{sasaran}}{H\ arg\ a_{sasaran}} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

METODOLOGI

Metodologi penelitian tahun ini digambarkan dengan diagram alir seperti di bawah, yang meliputi : pengadaan bahan, persiapan cuplikan, pengambilan data, pengolahan data dan pengujian akurasi serta presisi^[3].

a). Bahan-bahan yang Digunakan

Pada penelitian ini digunakan bahan acuan standar dari NBS-USA dan NIES-JAPAN sebagai berikut:

1. Cuplikan acuan standar lingkungan dari NBS-USA, yaitu: NBS-SRM No. 1648 (*Urban Particulate Matter*).
2. NIES-CRM No. 8 (*Vehicle Exhaust Particulates*).

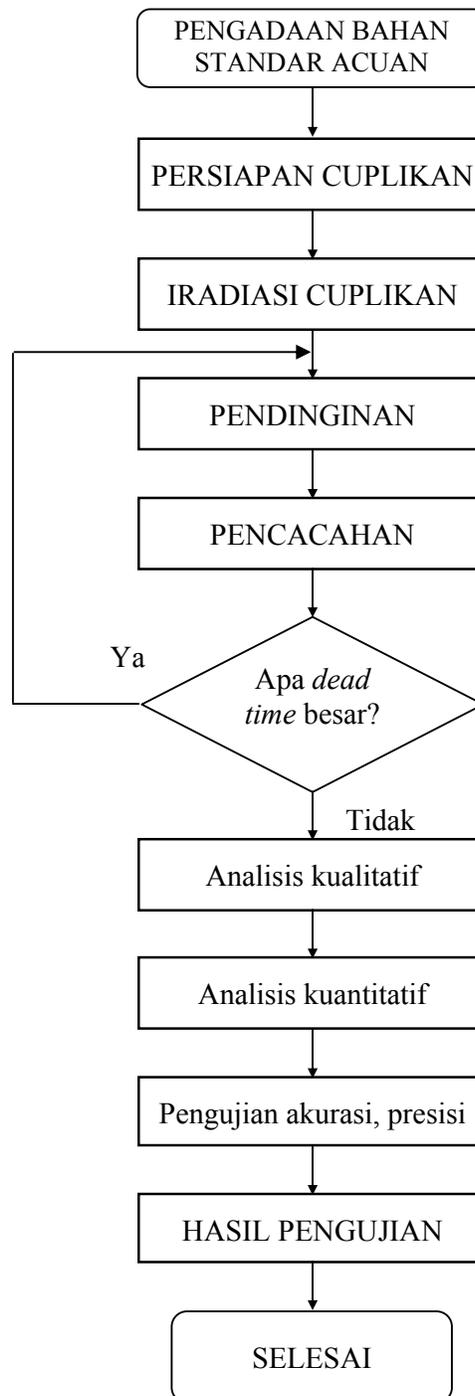
Langkah-langkah kegiatan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi :

b). Persiapan cuplikan.

Pada penelitian ini dilakukan preparasi terhadap cuplikan standard acuan dari NIST (SRM 1648 – *air particulate matter*) dan CRM No.8 (*Vehicle Exhaust Particulates*). Berat cuplikan berkisar antara 50 – 100 mg kemudian dibungkus dengan kantung *polyethylene* kemurnian tinggi yang telah dicuci dan di seal kedua sisinya. Kemudian cuplikan ini dibungkus dengan *aluminium foil* sebelum dimasukkan ke dalam kapsul iradiasi.

c). Iradiasi cuplikan.

Selanjutnya cuplikan siap diiradiasi dengan neutron *thermal/epithermal* di fasilitas sistem *rabbit* dengan waktu iradiasi yang tergantung pada jenis unsur yang akan ditentukan. Untuk analisis unsur dengan waktu paro panjang, lama iradiasi adalah 2 jam. Untuk kepentingan analisis kuantitatif, cuplikan dan unsur standar secara bersama-sama diiradiasi pada posisi iradiasi yang sama.



Gambar 1. Blok diagram pengujian presisi dan akurasi

d). Pencacahan

Cuplikan pasca iradiasi setelah mengalami pendinginan selama periode waktu tertentu (5 hari – 7 hari), kemudian dilakukan pencacahan dengan metode pengukuran spektrometri sinar gamma. Data yang diperoleh waktu pencacahan dengan format

file.SPM untuk masukan data pada software GammaTrac, sedangkan untuk software PASAN-K data dengan format *file.ASC*.

e). Pengolahan Data

Pengolahan data hasil pencacahan cuplikan bahan acuan standar pasca iradiasi meliputi analisis kualitatif dan kuantitatif.

Analisis kualitatif. Pada analisis kualitatif hanya menentukan banyaknya unsur yang terkandung dalam cuplikan bahan acuan standar. Hasil dari pencarian puncak foto dan spektrum gamma berdasarkan kalibrasi kanal-energi dan FWHM, maka akan diperoleh parameter energi berupa luas daerah puncak foto. Dengan diketahuinya energi tiap puncak foto dan dicocokkan dengan pustaka nuklida, maka dapat diketahui bahwa puncak foto yang terdeteksi berasal dari pancaran sinar gamma yang berasal dari nuklida tertentu.

Analisis kuantitatif. Pada analisis kuantitatif menentukan kuantitas dari unsur-unsur yang terkandung dalam cuplikan dengan metode perbandingan (komparatif) antara spektrum cuplikan dan standar dari unsur yang akan dianalisis.

f). Evaluasi Presisi dan Akurasi

Pada aplikasi software PASAN-K dilakukan evaluasi presisi dan akurasi dari perangkat yang digunakan dengan melakukan analisis cuplikan standar acuan yang diperoleh dari suatu badan standarisasi internasional. Hasil analisis cuplikan acuan ini akan memberikan data akurasi dan presisi dari software yang digunakan dengan membandingkan pada harga sertifikat yang ada. Presisi dan akurasi hasil yang diperoleh tergantung pada keandalan metode perhitungan software yang digunakan. Sebagai perbandingan dalam penelitian ini dilakukan juga pengukuran/pengujian dengan sistem perangkat lunak lainnya yang selama ini digunakan yaitu *Gamma Trac*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengolahan data pada perangkat lunak tersebut, kemudian dilakukan pengujian terhadap keandalannya dengan mengevaluasi presisi dan akurasi. Sebagai bahan acuan yang dianalisis pada pengujian ini, yaitu : SRM 1648 (*Urban Particulate Matter*) dan NIES CRM No.8 (*Vehicle Exhaust Particulates*).

Secara kualitatif, pengujian perangkat lunak PASAN-K terhadap spektrum gamma yang berasal dari bahan acuan standar tersebut di atas dimuat dalam Tabel 1. dan Tabel 2. di bawah. Jika dibandingkan dengan perangkat lunak *Gamma Trac*, perangkat lunak PASAN-K dapat mendeteksi unsur yang lebih banyak. Untuk cuplikan bahan acuan CRM no.8 dengan perangkat lunak GammaTrac dapat mendeteksi sebanyak 8 unsur, sedangkan PASAN-K dapat mendeteksi sebanyak 10 unsur. Sedangkan untuk cuplikan bahan acuan SRM 1648 dengan perangkat lunak GammaTrac dapat mendeteksi sebanyak 8 unsur, sedangkan PASAN-K dapat mendeteksi sebanyak 9 unsur.

Tabel 1. Hasil analisis kualitatif cuplikan bahan acuan standar CRM No.8

NO.	UNSUR	WAKTU PARO	ENERGI (keV)	GAMMATRAC	PASAN-K
1.	Sc-46	83,8 hari	1120.50 889.30	√	√
2.	Cr-51	27,7 hari	320.08	√	√
3.	Fe-59	44,5 hari	1099.30 1291.60 192.40	√	√
4.	Co-60	5,27 tahun	1332.50 1173.24	√	√
5.	Ni-65	2,52 jam	1481.90 1115.60	√	√
6.	Zn-65	244 hari	1115.50	√	√
7.	Eu-152	13,3 tahun	1408.02 244.70 411.12 1299.15	-	√
8.	Eu-154	8,6 tahun	123.06 692.42 1596.45	√	√
9.	Au-198	2,7 hari	411.80 675.88	√	√
10.	Tl-201	3,04 hari	167.43 135.34	-	√
Tanda √ : berarti teridentifikasi					

Tabel 2. Hasil analisis kualitatif cuplikan bahan acuan standar SRM 1648

NO.	UNSUR	WAKTU PARO	ENERGI (keV)	GAMMATRAC	PASAN-K
1.	Sc-46	83,8 hari	1120.50 889.30	√	√
2.	Cr-51	27,7 hari	320.08	√	√
3.	Fe-59	44,5 hari	1099.30 1291.60 192.40	√	√
4.	Co-60	5,27 tahun	1332.50 1173.24	√	√
5.	Ni-65	2,52 jam	1481.90 1115.60	√	√
6.	Zn-65	244 hari	1115.50	√	√
7.	Eu-152	13,3 tahun	1408.02 244.70 411.12 1299.15	-	√
8.	Hg-197	2,67 hari	77.35 78.00 80.20	√	√
9.	Tl-201	3,04 hari	167.43 135.34	√	√
Tanda √ : berarti teridentifikasi					

Tabel 3. Hasil analisis kuantitatif cuplikan bahan acuan standar CRM 8

Cuplikan	Radio Nuklida	GAMMATRAC			PASAN-K		
		C (µg/g)	Ketidakpastian	%	C (µg/g)	Ketidakpastian	%
VEP2	Cr-51	28.85	0.19	0.65	28.96	0.19	0.65
	Zn-65	1295.66	9.25	0.71	1283.26	9.16	0.71
	Co-60	4.04	0.12	2.90	3.92	0.11	2.90
VEP3	Cr-51	2.77	0.01	0.42	2.79	0.01	0.42
	Zn-65	154.52	0.80	0.52	158.22	0.82	0.52
	Co-60	0.47	0.01	2.02	0.47	0.01	2.02

Tabel 4. Hasil analisis kuantitatif cuplikan bahan acuan standar SRM 1648

Cuplikan	Radio Nuklida	GAMMATRAC			PASAN-K		
		C (µg/g)	Ketidakpastian	%	C (µg/g)	Ketidakpastian	%
UB2	Cr-51	385.04	5.74	1.49	401.84	5.99	1.49
	Fe-59	37023.50	656.04	1.77	37664.63	667.40	1.77
	Zn-65	4610.75	55.71	1.21	4762.53	57.54	1.21
UB3	Cr-51	409.69	6.10	1.49	421.58	6.28	1.49
	Fe-59	40218.44	712.66	1.77	40568.78	718.87	1.77
	Zn-65	4894.13	59.13	1.21	5013.39	60.57	1.21
UB4	Cr-51	426.54	6.36	1.49	438.23	6.53	1.49
	Fe-59	40329.30	714.62	1.77	39748.94	704.34	1.77
	Zn-65	5108.41	61.72	1.21	5212.23	62.98	1.21
UB5	Cr-51	413.51	6.16	1.49	419.19	6.25	1.49
	Fe-59	40494.86	717.56	1.77	39382.52	697.85	1.77
	Zn-65	4950.51	59.81	1.21	5049.79	61.01	1.21

Tabel 5. Hasil pengujian akurasi dan presisi cuplikan bahan acuan standar SRM 1648 dan CRM 8 perangkat lunak PASAN-K

CUPLIKAN	Radio NUKLIDA	SERTIFIKAT		PASAN-K		AKURASI	PREISISI
		HARGA	KETIDAK-PASTIAN	HARGA	KETIDAK-PASTIAN		
UB2	Cr-51	403.00	12.00	401.84	5.99	PASS	PASS
	Fe-59	39,100.00	39.10	37,664.63	667.40	FAILED	PASS
	Zn-65	4,760.00	0.67	4,762.53	57.54	PASS	PASS
UB3	Cr-51	403.00	12.00	421.58	6.28	PASS	PASS
	Fe-59	39,100.00	39.10	40,568.78	718.87	FAILED	PASS
	Zn-65	4,760.00	0.67	5,013.39	60.57	FAILED	PASS
UB4	Cr-51	403.00	12.00	438.23	6.53	FAILED	PASS
	Fe-59	39,100.00	39.10	39,748.94	704.34	PASS	PASS
	Zn-65	4,760.00	0.67	5,212.23	62.98	FAILED	PASS
UB5	Cr-51	403.00	12.00	419.19	6.25	PASS	PASS
	Fe-59	39,100.00	39.10	39,382.52	697.85	PASS	PASS
	Zn-65	4,760.00	0.67	5,049.79	61.01	FAILED	PASS
VEP2	Cr-51	25.50	1.50	28.96	0.19	FAILED	PASS
	Zn-65	1,040.00	0.05	1283.26	9.16	FAILED	PASS
	Co-60	3.30	0.30	3.92	0.11	PASS	PASS
VEP3	Cr-51	25.50	1.50	2.79	0.01	FAILED	PASS
	Zn-65	1,040.00	0.05	158.22	0.82	FAILED	PASS
	Co-60	3.30	0.30	0.47	0.01	FAILED	PASS

Tabel 6. Hasil pengujian realtif bias (%) cuplikan bahan acuan standar SRM 1648 dan CRM 8 perangkat lunak PASAN-K

CUPLIKAN	R. NUKLIDA	SERTIFIKAT		PASAN-K		RELATIF BIAS(%)
		HARGA	KETIDAKPASTIAN	RERATA	KETIDAKPASTIAN	
UB2	Cr-51	403.00	12.00	401.84	5.99	-0.29
	Fe-59	39,100.00	39.10	37,664.63	667.40	-3.67
	Zn-65	4,760.00	0.67	4,762.53	57.54	0.05
UB3	Cr-51	403.00	12.00	421.58	6.28	4.61
	Fe-59	39,100.00	39.10	40,568.78	718.87	3.76
	Zn-65	4,760.00	0.67	5,013.39	60.57	5.32
UB4	Cr-51	403.00	12.00	438.23	6.53	8.74
	Fe-59	39,100.00	39.10	39,748.94	704.34	1.66
	Zn-65	4,760.00	0.67	5,212.23	62.98	9.50
UB5	Cr-51	403.00	12.00	419.19	6.25	4.02
	Fe-59	39,100.00	39.10	39,382.52	697.85	0.72
	Zn-65	4,760.00	0.67	5,049.79	61.01	6.09
VEP2	Cr-51	25.50	1.50	28.96	0.19	13.58
	Zn-65	1,040.00	0.05	1283.26	9.16	23.39
	Co-60	3.30	0.30	3.92	0.11	18.80
VEP3	Cr-51	25.50	1.50	2.79	0.01	-89.05
	Zn-65	1,040.00	0.05	158.22	0.82	-84.79
	Co-60	3.30	0.30	0.47	0.01	-85.89

Kemudian untuk hasil analisis secara kuantitatif antara hasil analisis dari perangkat lunak GammaTrac dan PASAN-K tidak perbedaan yang berarti. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4, bahwa prosentasi penyimpangan dari kedua perangkat lunak rata-rata menunjukkan hasil yang sama, walaupun hasil rata-rata konsentrasi terdapat perbedaan. Perbedaan hasil konsentrasi ini disebabkan oleh metode interpretasi pembacaan spektrum sinar gamma dari kedua software tersebut memang berbeda, sehingga dalam pengolahannya menghasilkan luas puncak foton pada unsur yang sama akan berbeda pula.

Dari hasil analisis cuplikan bahan standar acuan (Tabel 5) dapat diketahui bahwa perangkat lunak PASAN-K masih memiliki kekurangan dalam hal akurasi. Karena masih ada unsur-unsur dalam cuplikan bahan standar acuan yang tidak lolos pada pengujian akurasi. Penyebabnya adalah nilai ketidakpastian dari perangkat lunak PASAN-K masih terlalu besar penyimpangannya. Penyimpangan ketidakpastian yang besar karena waktu pencacahan yang kurang lama, sehingga mengakibatkan dalam penentuan luas puncak suatu unsur akan mempunyai kesalahan yang besar.

Dalam pengujian nilai presisi software PASAN-K sudah memiliki kriteria lolos uji kriteria, karena semua unsur dalam cuplikan bahan acuan standar (Tabel 6) dinyatakan "PASS".

KESIMPULAN

Evaluasi presisi dan akurasi untuk penelitian tahun ini dalam cuplikan bahan standar acuan diperoleh nilai presisi yang baik, akan tetapi nilai akurasi masih kurang baik.

Dari hasil analisis kualitatif menunjukkan bahwa perangkat lunak PASAN-K memiliki nilai sensitivitas yang baik karena dalam pengolahan data menghasilkan keluaran unsur lebih banyak daripada GammaTrac.

Kelemahan perangkat lunak PASAN-K adalah masih terlalu lama dalam pengolahan data, karena didalamnya ada perhitungan langsung yang membandingkan antara luas puncak cuplikan dengan standar, walaupun belum mempunyai keluaran seperti harapan, yaitu keluaran nilai konsentrasi unsur-unsur teranalisis. Dengan demikian diperlukan penelitian ulang/lanjutan dalam hal evaluasi perangkat lunak, dan bila perlu dikembangkan lebih lanjut PASAN-K dengan versi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. IAEA-TECDOC-564, “ *Practical Aspects Of Operating A Neutron Activation Analysis Laboratory*”, A Technical Document Issued by The IAEA, Viena, 1990.
2. M. DHANDHANG PURWADI, “Petunjuk Pemakaian Program Analisis Spektrum Aktivasi Neutron Komparatif (PASAN-K)”, Laporan RUT VII, 2001.
3. SRI WARDANI, “LAPORAN RISET UNGGULAN TERPADU VII BIDANG TEKNOLOGI PERLINDUNGAN LINGKUNGAN”, Kementerian Riset dan Teknologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, 2002.
4. SRI WARDANI, M. DHANDHANG PURWADI, AMIR HAMZAH, ” Pengembangan Sistem Perangkat Pemantauan Pencemaran Lingkungan Berbasis Analisis Pengaktifan Neutron”, Laporan RUT VII, 2001.
5. SRI WARDANI, TH. RINA M, SUNARKO, E.RATNAWATI, ”Evaluasi Metode AAN Komparatif dan Kayzero Untuk Analisis Cuplikan Lingkungan”, Tri Dasa Mega, Jurnal Teknologi Reaktor Nuklir, ISSN 1411 – 240X, Vol. 5, No.2 Juni 2003.
6. SRI WARDANI, “Uji Presisi Dan Akurasi metode k_0 -AAN Pada Analisis Multi-Unsur Dalam Cuplikan Acuan”, Tri Dasa Mega, Jurnal Teknologi Reaktor Nuklir, ISSN 1411-240X, Vol.6, No 2, Juni 2004