

## IDENTIFIKASI KADAR UNSUR YANG TERKANDUNG DALAM HEWAN DI SUNGAI GAJAHWONG YOGYAKARTA DENGAN METODE AANC (ANALISIS AKTIVASI NEUTRON CEPAT)

Cahaya Rosyidan<sup>1\*</sup>, Sunardi<sup>2</sup> dan Dwi Yulianti<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Perminyakan-FTKE, Universitas Trisakti  
Kampus A, Jl. Kyai Tapa No. 1, Jakarta 11440

<sup>2</sup>PTAPB BATAN, Yogyakarta

<sup>3</sup>Jurusan Fisika-FMIPA, Universitas Negeri Semarang  
Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang

\* Email: [cahayarosyidan@gmail.com](mailto:cahayarosyidan@gmail.com)

### Abstrak

Sungai Gajahwong merupakan salah satu sungai besar yang ada di Yogyakarta. Sungai Gajahwong sangat rentan sekali tercemar beberapa zat logam berat dikarenakan daerah aliran sungai ini melewati rumah sakit, pabrik- pabrik, hotel, limbah dosmetik bahkan pabrik pewarnaan kulit hewan yang secara kumulatif berdampak pada lingkungan. Pengawasan atau monitoring terhadap sungai Gajahwong diperlukan untuk mendukung program Prokasih ( Program Kali Bersih ) yang telah ditetapkan oleh pemerintah Yogyakarta. Permasalahan yang dibahas pada penelitian ini adalah unsur apa saja yang dapat dideteksi pada sampel hewan, berapa kadarnya dan apakah ada hubungan antar lokasi pengambilan sampel?. Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi unsur-unsur yang terkandung pada sampel hewan yang hidup di bantaran sungai Gajahwong kemudian menentukan kadarnya serta menentukan hubungan antar lokasi dengan metode ANOVA. Metode analisis yang digunakan yaitu analisis kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif untuk menentukan jenis unsur dan analisis kuantitatif untuk menghitung kadarnya. Hasil analisis kualitatif berhasil mengidentifikasi 5 unsur pada sampel hewan di sungai Gajahwong Yogyakarta. Kelima unsur tersebut adalah nitrogen (N), ferrum (Fe), magnesium (Mg), fospor (P), dan klorin (Cl). Analisis kuantitatif menunjukkan bahwa kadar N adalah 7166 - 105119 ppm, kadar Fe 58 - 301 ppm, kadar Mg 180 - 1209 ppm, kadar P 5293 - 49844 ppm, kadar Cl 772 - 4099 ppm. Penentuan hubungan antar lokasi secara statistik menggunakan ANOVA menunjukkan nilai F hitung sebesar 0,866 dengan nilai signifikansi sebesar 0,532.

**Kata kunci:** analisis kualitatif dan kuantitatif, kadar unsur, metode analisis aktivasi neutron cepat, sampel hewan.

### PENDAHULUAN

Sungai Gajahwong merupakan salah satu sungai besar yang ada di Yogyakarta. Sungai Gajahwong juga masih dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar bantaran sungai tersebut. Sungai Gajahwong sangat rentan sekali tercemar beberapa zat logam berat dikarenakan daerah aliran sungai ini melewati rumah sakit, pabrik-pabrik, hotel, limbah dosmetik bahkan pabrik pewarnaan kulit hewan yang secara kumulatif berdampak pada lingkungan.

Sedimen, tanaman dan biota sepanjang bantaran sungai tersebut dapat digunakan sebagai indikator pencemaran lingkungan. Dari indikator inilah dapat diketahui kualitas air sungai. Informasi dari kandungan logam berat ini dapat digunakan untuk evaluasi tinggi rendahnya pencemaran sungai.

Metode AANC telah banyak digunakan secara luas di bidang geologi, kedokteran, pertanian, metarlugi, lingkungan dan industri. Metode ini memiliki beberapa keunggulan mampu menganalisa unsur ringan dan medium. Keunggulan lain adalah merupakan

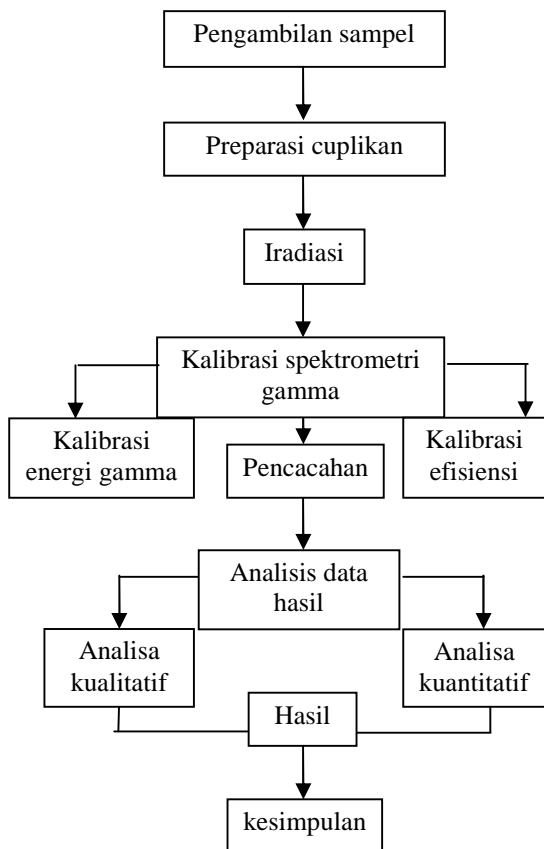
teknik analisis multi unsur, cepat, akurat, dan tidak merusak

Metode ini merupakan metode analisis unsur dalam suatu sampel dengan diiradiasi neutron cepat menggunakan akselerator generator neutron (Nargolwalla and Sam, 1998), dan (Sunardi, 2006). Radiasi neutron mengakibatkan inti-inti atom dalam sampel akan menangkap neutron sehingga menjadi radioaktif. Radioisotop yang dihasilkan tergantung pada jenis dan energi penumbuk (neutron cepat), jenis unsur yang terkandung dalam sampel serta jenis reaksi inti yang terjadi.

**METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bidang Teknologi Akselerator dan Fisika Nuklir, Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan (PTAPB) BATAN Yogyakarta.

Secara umum skema diagram alir algoritma dari percobaan ni ditunjukkan oleh gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

**1. Analisis kualitatif**

Analisis kualitatif adalah untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung dalam cuplikan dari jenis reaksi inti yang terjadi. Hal ini dapat dilakukan karena untuk setiap isotop memancarkan radisai gamma karakteristik yang berbeda-beda. Analisis pada cuplikan dapat dilakukan setelah alat dalam kondisi terkalibrasi, sehingga diperoleh hasil yang baik dan ketelitian yang baik pula. Nomor salur puncak-puncak spektrum gamma cuplikan dipakai untuk menghitung energi sinar gamma puncak-puncak tersebut dengan menggunakan persamaan kalibrasi tenaga. Energi gamma yang dipancarkan oleh radioisotop yang terbentuk mempunyai spektrum energi karakteristik dari nuklida tertentu, sehingga mengacu pada *Neutron Activation Analysis* atau *Neutron Activation Tables* dengan mempertimbangkan tampang lintang reaksi, waktu paro isotop, kelimpahan maka pada tiap-tiap puncak energi tersebut dapat ditentukan unsurnya (Darsono, 1998) dan (Djoko. 1994).

**2. Analisis kuantitatif**

Analisis kuantitatif adalah analisis untuk mengetahui besarnya kadar unsur yang terkandung dalam sampel hewan sungai Gajahwong. Analisis ini dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu :

a. Penentuan secara nisbi

Penentuan kuantitatif secara nisbi dilakukan dengan menggunakan suatu sampel standar yang telah diketahui secara pasti konsentrasinya dan matrik isotop penyusunnya. Sampel standar tersebut diradiasi bersama dengan sampel hewan, sehingga memperoleh paparan radiasi neutron yang sama banyaknya. Dengan perbandingan cps sampel (cuplikan) dengan cps sampel (standar), didapatkan persamaan sebagai berikut (Susetyo, 1988):

$$M_{(spl)} = \frac{cps_{(spl)} e^{-\lambda t_{(spl)}}}{cps_{(std)} e^{-\lambda t_{(std)}}} m_{(std)}$$

b. Penentuan secara mutlak

Analisis data secara mutlak dapat diperoleh dengan melakukan tahapan – tahapan perhitungan seperti berikut ini :

1. Menentukan efisiensi detektor dengan

persamaan :

$$\epsilon(E) = \frac{cps}{dps Y(E)}$$

2. Menentukan fluks neutron dengan persamaan (Susetyo, 1988):

$$\Phi = \frac{cps B_A \ln 2}{m N_A \uparrow \nu a Y T_{1/2} (1 - e^{-\lambda t_r}) e^{-\lambda t_d} (1 - e^{-\lambda t_c})}$$

3. Menentukan  $cps_o$  dari  $cps_t$  hasil pencacahan terhadap koreksi waktu tunda ( $t_d$ ). Nilai  $cps_o$  dihitung dengan persamaan (Susetyo, 1988):

$$cps_o = cps_t e^{\lambda t_d}$$

4. Menentukan masa unsur – unsur dalam sampel hewan (Susetyo, 1988):

Aktivitas yang didapatkan adalah aktivitas pada saat pengukuran dilakukan. Penentuan secara mutlak dapat ditentukan jika parameter-parameter pada persamaan

$$C = \frac{m N_A}{B_A} a \frac{\{ \uparrow Y \nu \}}{\{ \}} (1 - e^{-\lambda t_r}) e^{-\lambda t_d} (1 - e^{-\lambda t_c})$$

sudah diketahui. Perhitungan dapat dihitung dengan rumus (Susetyo, 1988):

$$m = \frac{cps B_A \ln 2}{N_A a \uparrow \nu Y T_{1/2}} \frac{1}{(1 - e^{-\lambda t_r}) e^{-\lambda t_d} (1 - e^{-\lambda t_c})}$$

Perambatan ralat untuk persamaan di atas adalah (Permatasari, 2004):

$$\Delta w_c = \sqrt{a + b + c}$$

$$\text{dengan } a = \left( \frac{w_{std}}{cps_{(std)}} \right)^2 (\Delta cps_{(spl)})^2,$$

$$b = \left( \frac{cps_{(spl)}}{cps_{(std)}} w_{std} \right)^2 (\Delta cps_{(std)})^2, \text{ dan}$$

$$c = \left( \frac{cps_{(spl)}}{cps_{(std)}} \right)^2 (\Delta w_{std})^2.$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Pencacahan

Sampel hewan yang telah diiradiasi kemudian dicacah menggunakan detektor NaI(Tl), hasil dari pencacahan tersebut akan muncul puncak – puncak spektrum gamma pada layar komputer. Hasil dari layar komputer kemudian kita catat berapa besar energinya, berapa cacah per sekonnnya dan data-data lainnya yang berkaitan dengan penelitian ini.

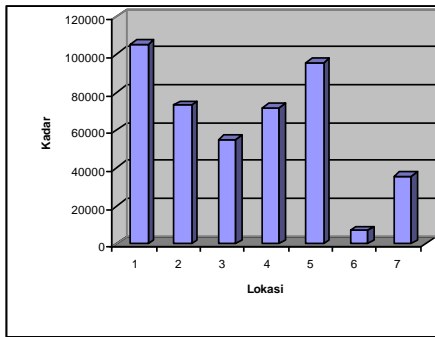
Adapun lokasi yang digunakan sebagai tempat pengambilan sampel sebagai berikut : Lokasi 1 adalah jembatan Ringroad utara, Lokasi 2 adalah jembatan Afandi ( sebelah UIN Sunan Kalijaga ), Lokasi 3 adalah dekat SGM, Lokasi 4 adalah jembatan Rejowinangun, Lokasi 5 adalah jembatan Winong, Lokasi 6 adalah pertigaan jl. Pramuka, dan Lokasi 7 adalah jembatan Ringroad selatan.

Unsur-unsur yang telah teridentifikasi, kemudian di analisis. Hasil analisis unsur-unsur sampel hewan di sajikan pada Tabel 1.

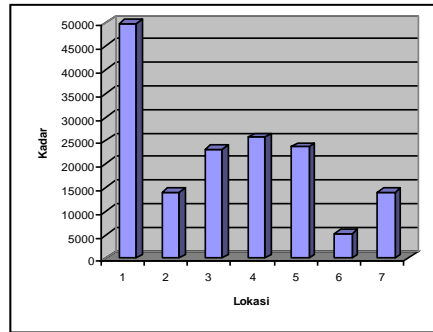
Tabel 1. Data kuantitatif unsur-unsur yang terkandung dalam sampel hewan.

Lokasi	N (ppm)	Fe (ppm)	Mg (ppm)	P (ppm)	Cl (ppm)
1	105119 ± 42	77 ± 6	1209 ± 56	49844 ± 1359	3807 ± 82
2	73282 ± 43	266 ± 21	251 ± 11	14043 ± 382	3381 ± 72
3	54906 ± 46	301 ± 24	180 ± 8	23242 ± 633	4099 ± 88
4	71990 ± 45	247 ± 20	695 ± 32	25651 ± 699	3526 ± 76
5	95784 ± 42	58 ± 4	867 ± 40	23619 ± 644	772 ± 38
6	7166 ± 42	58 ± 4	238 ± 11	5293 ± 144	2867 ± 61
7	35616 ± 49	76 ± 6	544 ± 25	13926 ± 379	1938 ± 41

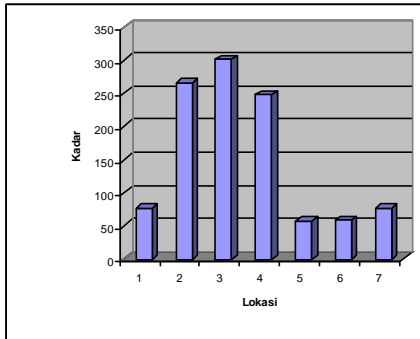
Hasil analisis di atas dapat disajikan dalam bentuk diagram batang pada Gambar 2, Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6:



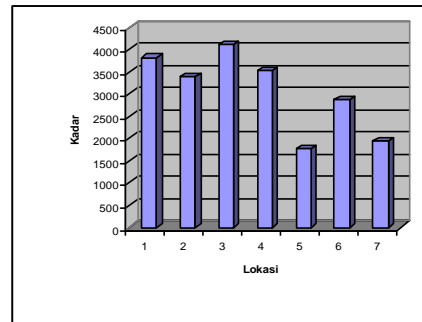
Gambar 2. Kadar nitrogen ( N ) pada sampel hewan Sungai Gajahwong Yogyakarta



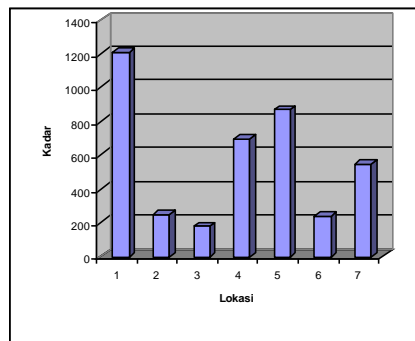
Gambar 5. Kadar fosfor ( P ) pada sampel hewan Sungai Gajahwong Yogyakarta



Gambar 3. Kadar ferrum ( Fe ) pada sampel hewan Sungai Gajahwong Yogyakarta



Gambar 6. Kadar klorin ( Cl ) pada sampel hewan Sungai Gajahwong Yogyakarta



Gambar 4. Kadar magnesium ( Mg ) pada sampel hewan Sungai Gajahwong Yogyakarta

## 2. Hasil Analisis Anova

Kadar unsur yang telah teridentifikasi secara kualitatif dan telah di analisis secara kuantitatif, kemudian di analisis menggunakan metode ANOVA dengan software SPSS [5]. Hasil dari analisis metode ANOVA secara lengkap di sajikan pada tabel 2:

Tabel 2. Perhitungan kadar unsur menggunakan metode ANOVA

	n	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
R Utara	5	66320,86	87185,379E	3864,93	-42945,4276	173688,1539	283,79	135348,3
Azardi	5	18660,90	24389,80214	10611,92	-11593,4619	48993,2538	275,15	52732,68
BGM	5	16388,72	31114,6848E	13614,91	-19245,2E27	58022,7354	282,40	73374,63
Ra. cwinangun	5	28622,90	46130,0786E	20462,78	-27433,4E7	84639,2322	248,32	135586,3
Ninong	5	24655,56	46699,9787E	21779,29	-36873,4473	85064,5759	224,23	111489,8
Panuba	5	2462,3205	2614,271E	1124,416	-833,5E65	5804,2205	57,35	5314,76
R Selaran	5	20623,48	36106,072E1	17241,65	-26461,4E46	68168,4216	77,71	88337,44
Total	35	26705,82	46789,6842E	7739,889	9973,51E0	41435,1238	57,35	135348,3

ANOVA

kadar					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1,12E+10	6	1859069996	,866	,532
Within Groups	6,01E+10	28	2147614866		
Total	7,13E+10	34			

### 3. Pembahasan

Terdapat 5 unsur yang teridentifikasi pada sampel hewan yaitu nitrogen (N), ferrum (Fe), magnesium (Mg), phosphorus (P) dan klorin (Cl). Unsur-unsur tersebut merupakan unsur makro yang terdapat dalam hewan. Sebenarnya unsur mikro juga terdeteksi dan muncul pada puncak spektrum gamma yang terlihat pada layar komputer, namun unsur – unsur mikro tersebut memiliki waktu paruh dalam orde detik, sehingga sebelum berhasil dicacah menggunakan detektor NaI(Tl) sudah habis meluruh.

Unsur-unsur tersebut tersebar merata di setiap lokasi pengambilan sampel. Dalam penghitungan membuktikan tidak ada akumulasi unsur logam dari hulu (jembatan ringroad utara) menuju hilir (jembatan ringroad selatan).

Berdasarkan *Certified Concentration of Constituent Element Table*, unsur-unsur yang terkandung pada hewan dalam jumlah besar yaitu klorin (Cl), magnesium (Mg), nitrogen (N), phosphorus (P), ferrum (Fe), calcium (Ca) dan mercury (Hg). Semua unsur ini berhasil teridentifikasi tetapi calcium (Ca) dan mercury (Hg) tidak terdeteksi dengan neutron cepat tapi bisa dideteksi dengan neutron thermal.

Metode analisis kualitatif yang digunakan untuk menganalisis unsur N, Cl, Mg, P dan Fe adalah metode relatif karena ralatnya kecil dan lebih mudah karena sudah ada nilai standard dalam *certificate of analysis standard reference material*. Tabel standar baku mutu untuk hewan tidak tersedia, karena itu yang dapat diamati adalah kenaikan kadar unsur dari tiap lokasi pengambilan sampel.

#### a. Nitrogen

Nitrogen yang teridentifikasi di lokasi 1 (jembatan Ringroad utara) paling tinggi dibandingkan lokasi lainnya. Hal ini dikarenakan pada lokasi tersebut dekat dengan usaha perkebunan warga yaitu perkebunan buah naga,

usaha tanaman hias dan dekat sekali dengan pemukiman warga, sehingga terdapat banyak sumber pencemar yaitu yang berasal dari pupuk, pestisida dan limbah dari rembesan tandon limbah manusia. Sedangkan untuk lokasi 6 (pertigaan jl. Pramuka) unsur nitrogen paling rendah diantara lokasi lainnya. Pada lokasi 6 jauh dengan pertanian maupun perkebunan, sehingga sumber pencemarnya lebih sedikit dibandingkan lokasi lainnya.

#### b. Ferrum

Kadar ferrum yang teridentifikasi di lokasi 2 (jembatan Afandi sebelah UIN Sunan Kalijaga ) dan lokasi 3 (dekat SGM) pada Gambar 3 paling tinggi dibandingkan lokasi lainnya. Lokasi tersebut berada pada tengah kota yang sangat padat dengan tempat pemukiman, terdapat beberapa pusat pembelanjaan (*mall*), usaha percetakan, beberapa rumah sakit, perusahaan kulit, hotel – hotel yang dekat lokasi pengambilan lokasi serta dekat kebun binatang yang terbesar di Yogyakarta, sehingga terdapat banyak sumber pencemar yang berasal dari limbah industri dan limbah pemukiman tersebut. Sedangkan untuk lokasi 5 (jembatan Winong) unsur ferrum paling rendah diantara lokasi lainnya. Lokasi 5 jauh dengan pusat perdagangan maupun pusat industri, sehingga sumber pencemarnya lebih sedikit dibandingkan lokasi lainnya.

#### c. Magnesium

Kadar magnesium yang teridentifikasi di lokasi 1 (jembatan Ringroad utara) pada Gambar 4. paling tinggi dibandingkan lokasi lainnya. Karena pada lokasi tersebut dekat dengan usaha perkebunan warga yaitu terdapat perkebunan buah naga, berada dekat sekali dengan pemukiman warga, terdapat banyak sekali ruko - ruko dan di sekitar jembatan terdapat usaha peternakan susu kambing milik warga setempat, sehingga terdapat banyak sumber pencemar yaitu yang berasal dari pupuk, pestisida dan limbah dari rembesan tandon limbah manusia. Pencemaran oleh sampah organik hewan maupun manusia, dapat meningkatkan kadar nitrat di dalam air. Senyawa yang mengandung nitrat di dalam tanah biasanya larut dan dengan mudah bermigrasi dengan air bawah tanah.

Sedangkan untuk lokasi 3 (dekat SGM) unsur Magnesium paling rendah diantara lokasi lainnya. Lokasi 3 jauh dengan pertanian maupun perkebunan, sehingga sumber pencemarnya lebih sedikit dibandingkan lokasi lainnya.

#### d. Fosfor

Kadar fosfor yang teridentifikasi di lokasi 1 (jembatan Ringroad utara) pada Gambar 5. paling tinggi dibandingkan lokasi lainnya. Hal ini dikarenakan pada lokasi tersebut dekat dengan usaha perkebunan warga yaitu terdapat perkebunan buah naga, usaha tanaman hias dan dekat sekali dengan pemukiman warga, sehingga terdapat banyak sumber pencemar yaitu yang berasal dari pupuk, pestisida, rembesan tandon limbah manusia, dan limbah domestik. Sedangkan untuk lokasi 6 (pertigaan jl. Pramuka) unsur fosfor paling rendah diantara lokasi lainnya. Lokasi 6 jauh dengan pertanian maupun perkebunan, sehingga sumber pencemarnya lebih sedikit dibandingkan lokasi lainnya

#### e. Klorin

Kadar klorin yang teridentifikasi di lokasi 3 (dekat SGM) pada Gambar 6 paling tinggi dibandingkan lokasi lainnya. Lokasi tersebut berada pada tengah kota yang sangat padat dengan tempat pemukiman, berada pada daerah yang dekat dengan rumah sakit, perusahaan kulit, sehingga terdapat banyak sumber pencemar yang berasal dari limbah industri dan limbah pemukiman tersebut. Sedangkan untuk lokasi 5 (jembatan Winong) kadar klorin paling rendah diantara lokasi lainnya. Lokasi 5 jauh dengan pusat perdagangan maupun pusat industri, sehingga sumber pencemarnya lebih sedikit dibandingkan lokasi lainnya.

### KESIMPULAN

Penelitian dengan metode AANC untuk mengetahui unsur – unsur yang terdapat pada sampel hewan di sungai Gajahwong Yogyakarta dengan analisis kualitatif mengidentifikasi 5 unsur, yaitu nitrogen (N), ferrum (Fe), magnesium (Mg), fosforus (P), dan klorin (Cl). Analisis kuantitatif pada sampel hewan menunjukkan bahwa kadar N adalah (7166 - 105119) ppm, kadar Fe (58 - 301) ppm, kadar Mg (180 - 1209) ppm, kadar P (5293 - 49844)

ppm, kadar Cl (772 - 4099) ppm. Penentuan hubungan antar lokasi secara statistik menggunakan ANOVA menunjukkan nilai F hitung sebesar 0,866 dengan nilai signifikansi sebesar 0,532, yang berarti bahwa tidak ada hubungan kadar unsur sampel hewan dan lokasi pengambilan sampel.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih kepada Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan (PTAPB) Yogyakarta Badan Tenaga Nuklir Nasional yang telah memberikan tempat kepada penulis untuk melakukan penelitian secara tepat, aman dan nyaman.

### DAFTAR PUSTAKA

- Darsono. 1998. *Generator Neutron dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Pusdiklat – BATAN.
- Djoko. 1994. *Petunjuk Praktikum Neutron Cepat*. Yogyakarta : Bidang Fisika Nuklir dan Atom BATAN.
- Nargolwalla and Sam. 1975. *Activation Analysis With Neutron Generators*. NewYork:John Wiley and Sons.
- Permatasari, Mercy. 2004. *Penentuan Kadar Pencemaran Merkuri pada Sedimen Sungai Kapuas dengan Analisis Pengaktifan Neutron* (Skripsi). Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Purbayu Budi Santosa dan Ashari. 2005. *Analisis Statistik dengan Microsoft Excel dan SPSS*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
- Sunardi. 2006. *Aplikasi Akselerator Generator Neutron*. Yogyakarta : BATAN.
- Susetyo, Wisnu. 1988. *Spektrometri Gamma dan Penerapannya dalam Analisis Pengaktifan Neutron*. Yogyakarta: UGM Press.