

## PENENTUAN UNSUR LOGAM PADA TANAH DAN RUMPUT DI BANTARAN SUNGAI BENGAWAN SOLO DENGAN NEUTRON CEPAT

Sunardi, Elin Nuraini, Elisabeth Supriyatni, Agus Tri Purwanto  
Puslitbang Teknologi Maju - BATAN

### ABSTRAK

*PENENTUAN UNSUR LOGAM PADA TANAH DAN RUMPUT BANTARAN SUNGAI BENGAWAN SOLO DENGAN APNC. Telah dilakukan penentuan secara kualitatif dan kuantitatif unsur-unsur yang terkandung dalam tanah dan rumput di bantaran sungai Bengawan Solo dengan aktivasi neutron cepat 14 MeV. Beberapa cuplikan tanah dan rumput diambil pada sisi kiri dan kanan tepian sungai Bengawan Solo dengan variasi tempat. Cuplikan tanah dikeringkan pada sinar matahari dan cuplikan rumput beserta akarnya dibersihkan dengan air dan dikeringkan, kemudian digerus sampai halus dan diayak dibuat pelet dengan diameter 1 cm dengan tebal 0,5 cm. Cuplikan tanah diiradiasi dengan neutron cepat 14 MeV dari generator neutron dan dilakukan pencacahan dengan alat spektrometri gamma. Hasil analisis kualitatif menunjukkan bahwa cuplikan tanah mengandung unsur Cu, Al, Fe, Na, Mg, Si, sedangkan cuplikan rumput mengandung unsur N, Al, Fe, Na, Mg, P. Secara kuantitatif kadar unsur tanah pada sisi kiri maupun kanan pada lokasi I, II, III, IV bervariasi sebagai berikut: kadar Cu = (65 - 179) ppm, Al = (22043 - 40522) ppm, Fe = (2548 - 7785) ppm, Na = (191 - 734) ppm, Mg = (1675 - 3495) ppm, Si = (20978 - 43538) ppm. Hasil secara kuantitatif cuplikan rumput bervariasi sebagai berikut: kadar N = (1640 - 7411) ppm, Al = (311 - 1788) ppm, Fe = (92 - 427) ppm, Na = (18 - 131) ppm, Mg = (419 - 3201) ppm, P = (1057 - 3075) ppm.*

**Kata kunci :** Generator Neutron, Analisis unsur, APNC

### ABSTRACTS

*DETERMINATION OF METAL CONTENTS ON THE SOIL AND GRASS AT BENGAWAN SOLO FLOOD PLAIN USING FAST NEUTRON. Qualitatively and quantitatively determination of metal content on the soil and grass at Bengawan Solo flood plain using fast neutron have been done. Samples was taken from several places along Bengawan Solo flood plain. Soil samples and grass were dried out on sun light. The samples were grinded and made as a pellet with 1 cm diameter and 0.5 cm thickness. The samples then were irradiated by 14 MeV neutron from neutron generator and then were analyzed by gamma spectrometries. The qualitative result shown that the soil samples contents Cu, Fe, Al, Na, Mg, Si., and grass samples contents N, Al, Fe, Na, Mg, P. The quantitative result shown that soil samples content of Cu was (65 - 179) ppm, Al was (22043 - 40522) ppm, Fe was (2548 - 7785) ppm, Na was (191 - 734) ppm, Mg was (1675 - 3495) ppm, and Si was (20978 - 43538) ppm. While the quantitative result from grass samples varied as follows: concentration of N was (1640 - 7411) ppm, Al was (311 - 1788) ppm, Fe was (92 - 427) ppm, Na was (18 - 131) ppm, Mg was (419 - 3201) ppm, P was (1057 - 3075) ppm*

**Key words :** Neutron Generator, analysis element contents, FNA

### PENDAHULUAN

Semakin pesatnya perkembangan penduduk Indonesia akan mempengaruhi terjadinya masalah pencemaran lingkungan yang akan berakibat menurunnya kualitas lingkungan. Pencemaran yang dihadapi akibat pertambahan penduduk pada mulanya disebabkan oleh limbah rumah tangga dan seiring dengan meningkatnya kegiatan ekonomi juga memberikan sumbangan

pencemaran yang berasal dari limbah industri maupun transportasi.

Bila limbah yang dibuang ke lingkungan tidak mengandung unsur berbahaya, atau mengandung unsur yang mungkin dapat menyuburkan tanah pertanian, maka tidak akan menimbulkan masalah bagi lingkungan hidup, tetapi sebaliknya bila limbah yang dibuang mengandung unsur yang berbahaya bagi manusia maupun hewan, dapat menimbulkan masalah bagi lingkungan, sebab tanaman dapat

menyerap bahan berbahaya dari dalam tanah di sekitarnya.

Logam-logam berat biasanya mengakibatkan keracunan pada makhluk hidup, jika dosisnya melebihi batas yang ditetapkan. Diantara efek racun yang ditimbulkan adalah sifat lekas marah, kerusakan kromosom, kerusakan sistem saraf dan depresi. Menurut DARMONO<sup>[1]</sup> pencemaran logam berat pada tanah atau daratan sangat erat hubungannya dengan pencemaran lingkungan udara dan air. Partikel udara yang mengandung logam berat akan terbawa oleh air hujan yang jatuh ke tanah, sehingga menimbulkan pencemaran tanah. Yang tidak kalah penting bahayanya adalah limbah cair yang dibuang ke sungai oleh pabrik-pabrik yang menghasilkan limbah. Akibat yang ditimbulkan cukup berat antara lain air sungai tidak dapat dipakai untuk keperluan rumah tangga, kurang baik untuk irigasi dan ikan-ikan yang hidup di sungai itu akan mati. Sebenarnya pemerintah sudah mengharuskan pabrik-pabrik untuk mengolah limbahnya terlebih dahulu sebelum di buang ke sungai, tetapi banyak diantara pabrik itu masih tetap membuang limbah cairnya ke sungai secara sembunyi-sembunyi.

Kandungan logam dalam tanah ditepi sungai sangat berpengaruh terhadap kandungan logam dalam tanaman yang tumbuh di atasnya, sehingga kandungan logam yang berlebihan dalam tanaman akan mencerminkan kandungan logam dalam tanah. Sebagian unsur logam memang dibutuhkan oleh organisme dalam berbagai metabolisme, akan tetapi unsur logam dalam jumlah yang berlebihan bersifat racun.<sup>[2]</sup>

Metode aktivasi neutron cepat telah banyak digunakan secara luas dalam bidang geologi, kedokteran, pertanian, metalurgi, lingkungan dan industri. Metode ini juga telah dikembangkan dalam bidang pengetahuan lingkungan dan ilmu forensik.

Sebagian besar air sungai Bengawan Solo digunakan untuk perikanan, pengairan sawah dan ladang, sehingga untuk memantau konsentrasi unsur logam berat pada air Bengawan Solo, perlu dilakukan analisis kandungan unsur pada tanah dan rumput di sekitar bantaranya.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan unsur logam yang terdapat dalam tanah dan rumput ditepi sungai Bengawan Solo, sehingga dapat diperkirakan unsur-unsur pencemar yang terdapat di sungai Bengawan Solo. Metode yang digunakan adalah dengan aktivasi neutron cepat 14 MeV yang dihasilkan dari akselerator generator neutron SAMES J-25.

## DASAR TEORI

### Prinsip Dasar Analisis Pengaktifan Neutron Cepat (APNC)

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

Dengan pengukuran energi sinar gamma dan intensitas yang terbentuk, maka dapat ditetapkan jenis unsur dan massa yang terkandung di dalam cuplikan. Untuk cuplikan yang mengandung massa tertentu, setelah diirradiasi dengan neutron cepat akan menghasilkan radioaktivitas sesuai persamaan<sup>[3]</sup>.

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

dengan

- $C$  = cacah per detik (cps),
- $m$  = massa cuplikan (gram),
- $N_A$  = bilangan avogadro ( $\text{mol}^{-1}$ ),
- $a$  = kelimpahan isotop,
- $\phi$  = fluks neutron ( $\text{n/cm}^2 \cdot \text{dtk}$ ),
- $\sigma$  = tampang lintang reaksi ( $\text{cm}^2$ ),
- $\lambda$  = ketetapan peluruhan ( $\text{detik}^{-1}$ ),
- $Y$  = yield gamma,  $\varepsilon$  = efisiensi,
- $BA$  = berat atom cuplikan (gram/mol),
- $t_a$  = waktu yang diperlukan untuk iradiasi,
- $t_d$  = waktu tunda (*cooling time*),
- $t_c$  = waktu yang diperlukan untuk pencacahan.

### 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<sup>[4]</sup> :

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

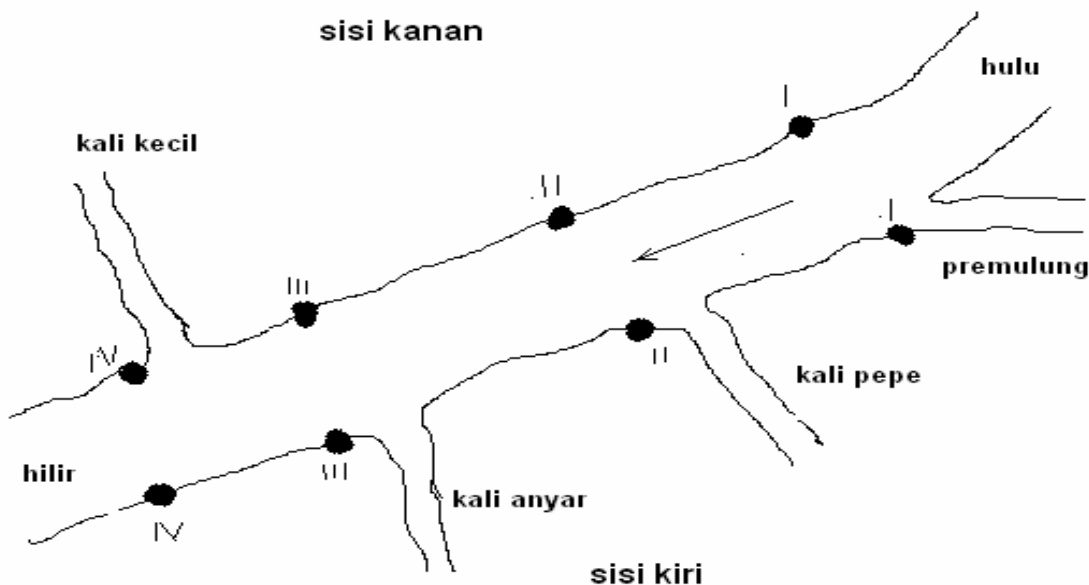
dengan  $W$  = berat unsur yang diselidiki,  $W_{standar}$  = berat unsur standar.

## TATA KERJA DAN PERCOBAAN

### Pengambilan dan Preparasi Cuplikan

Cuplikan tanah dan rumput diambil pada sisi kiri dan kanan sungai Bengawan Solo masing-

masing pada lokasi yang berbeda. Posisi antar lokasi relatif terhadap sungai dapat dilihat pada Gambar 1. Cuplikan tanah diambil pada kedalaman antara 5 cm sampai 20 cm, sedangkan cuplikan rumput beserta akarnya diambil pada lokasi ditepian sungai Bengawan Solo, rumput beserta akarnya dengan air hingga bersih. Cuplikan dikeringkan pada sinar matahari dan ditumbuk dengan mortir porselin sampai halus dan homogen. Cuplikan yang telah dihaluskan dipres dengan alat pengepres dibuat pelet dengan tebal 0,5 cm, diameter 1 cm dan dimasukkan dalam wadah plastik, diberi label, kemudian ditimbang. Cuplikan standar disiapkan dari *Standart Reference Material 1515 (Apple Leaves)* dan *Standart Reference Material 2704 (BRS)* dengan berat masing-masing 0,5 gram.



Lokasi kanan I = Ds. Mojo, Kec. Mojolaban.  
 Lokasi kanan II = Ds. Gadingan, Kec. Mojolaban  
 Lokasi kanan III = Ds. Tundungan, Kec. Kalioso  
 Lokasi kanan IV = Ds. Kemiri, Karanganyar

Lokasi kiri I = Ds. Semanggi, Kec. Pasar Kliwon  
 Lokasi kiri II = Ds. Kampungsewu, Kec. Jebres  
 Lokasi kiri III = Ds. Gulon, Kec. Kalioso  
 Lokasi kiri IV = Ds. Kemiri, Karanganyar

**Gambar 1. Lokasi pengambilan cuplikan relatif terhadap sungai.**

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil eksperimen ditampilkan pada Tabel 1 sampai Tabel 4, sedang Gambar 2a dan

Gambar 2b adalah contoh spektrum energi dari cuplikan tanah dan rumput yang diiradiasi dengan neutron cepat.

**Tabel 1. Data hasil pencacahan cuplikan tanah sebelah kiri sungai.**

No	Spektrum energi (keV)	Jumlah cacah (cps)			
		Lokasi I	Lokasi II	Lokasi III	Lokasi IV
1	511,22	7,48	16,74	10,87	16,79
2	756,16	-	3,95	2,02	3,5
3	843,59	95,25	125,09	106,6	145,51
4	846,03	8,91	7,97	18,78	16,01
5	1014,45	31,78	40,89	35,12	38,86
6	1274,41	4,10	9,63	10,58	12,38
7	1369,04	5,44	6,05	4,34	6,75
8	1778,43	133,44	364,55	389,33	556,25

**Tabel 2. Data hasil pencacahan cuplikan tanah sebelah kanan sungai.**

No	Spektrum energi (keV)	Jumlah cacah (cps)			
		Lokasi I	Lokasi II	Lokasi III	Lokasi IV
1	511,08	8,64	7,18	10,19	20,71
2	756,25	1,55	1,83	1,54	5,27
3	843,14	65,69	83,23	67,96	126,82
4	846,78	6,01	11,31	4,51	17,52
5	1014,63	20,19	27,66	21,78	40,34
6	1274,17	5,43	5,27	6,18	16,04
7	1369,53	3,23	4,26	3,23	4,29
8	1778,11	314,80	293,97	342,67	555,35

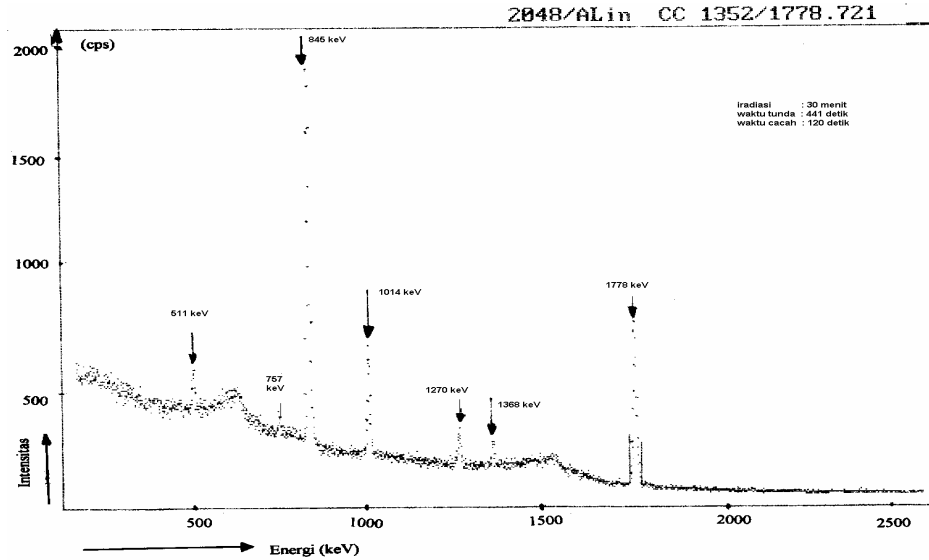
**Tabel 3. Data hasil pencacahan cuplikan rumput sebelah kiri sungai.**

No	Spektrum energi (keV)	Jumlah cacah (cps)			
		Lokasi I	Lokasi II	Lokasi III	Lokasi IV
1	511,02	3,94	8,03	27,58	22,55
2	756,44	-	-	-	2,82
3	843,98	4,04	24,36	29,10	40,64
4	846,56	0,46	1,12	5,74	6,34
5	1014,94	1,13	8,06	9,34	12,89
6	1274,48	-	2,26	-	6,53
7	1368,87	-	1,76	-	2,77
8	1778,64	10,36	99,71	133,52	190,59

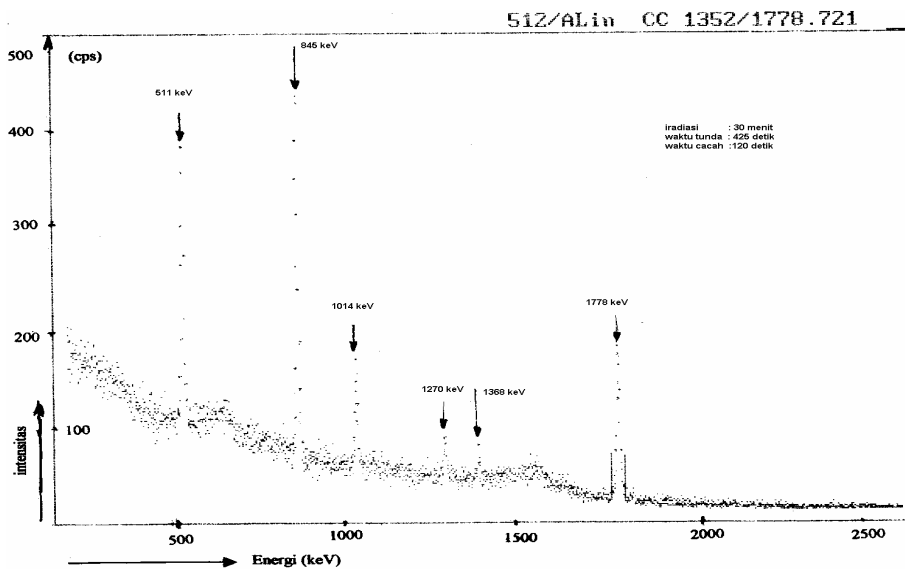
**Tabel 4. Data hasil pencacahan cuplikan rumput sebelah kanan sungai.**

No	Spektrum energi (keV)	Jumlah cacah (cps)			
		Lokasi I	Lokasi II	Lokasi III	Lokasi IV
1	511,16	6,82	7,55	9,77	8,56
2	756,29	-	-	0,54	0,78
3	843,10	10,25	18,84	13,60	7,05
4	846,27	0,4	1,38	2,22	3,61
5	1014,19	3,53	5,95	4,41	2,31
6	1274,46	1,14	0,93	0,96	0,90
7	1368,45	0,80	0,86	0,79	0,35

8	1778,14	27,31	48,38	41,73	33,33
---	---------	-------	-------	-------	-------



Gambar 2a. Spektrum tanah tepian Bengawan Solo.



Gambar 2b. Spektrum rumput tepian Bengawan Solo.

**Analisis Kualitatif Cuplikan**

Data hasil eksperimen aktivasi neutron cepat 14 MeV pada cuplikan tanah dan rumput pada bantaran sungai Bengawan Solo, disajikan pada Tabel 1 sampai Tabel 4, Sedangkan Gambar 2a dan 2b, memperlihatkan spektrum energi yang

dipancarkan oleh cuplikan dengan energi 511 keV, 756, keV, 843 keV, 846 keV, 1014 keV, 1274 keV, 1368 keV, dan 1778 keV.

Dengan mengacu *Neutron Activation Tables*<sup>[5]</sup> dan *NAA (Neutron Activation Analysis)* dengan mempertimbangkan waktu paro isotop,

tampang lintang reaksi, kelimpahan radionuklida maka energi 511 keV tersebut berasal dari radionuklida Cu-62 hasil reaksi Cu-63 (n,n) Cu-62, sehingga dapat diduga bahwa energi 511 keV berasal dari unsur Cu-63. Energi 756 keV disebut puncak lolos ganda (*double escape*) dari isotop Al-28, yaitu energi dari 1778 keV – 1022 keV = 756 keV. Sedang energi 843 keV dan 1014 keV adalah energi gamma yang dipancarkan oleh radioisotop Mg-27 dari hasil reaksi Al-27 (n,p) Mg-27, sehingga diduga energi 843 keV dan 1014 berasal dari unsur Al-27. Energi 846 keV berasal dari radioisotop Mn-56 hasil reaksi Fe-56 (n,p) Mn-56, sehingga energi 846 keV berasal dari unsur Fe-56. Untuk energi 1274 keV berasal dari nuklida Na-22 hasil reaksi Na-23 (n,2n)Na-22, sedangkan energi 1369 keV berasal dari nuklida Na-24 hasil reaksi Mg-24 (n,p) Na-24, sehingga energi 1369 keV diduga dari unsur Mg-24. Energi 1778 keV berasal dari nuklida Al-28 hasil dari reaksi Si-28 (n,p) Al-28, sehingga energi 1778 keV dari unsur Si-28.

Dengan langkah yang sama dapat ditentukan unsur-unsur yang terkandung dalam cuplikan rumput di bantaran sungai Bengawan Solo dan hasil analisis diketahui bahwa cuplikan rumput mengandung unsur *N, Al, Fe, Na, Mg, P*.

#### Analisis Kuantitatif

Untuk menentukan kadar unsur yang terkandung dalam cuplikan tanah dan rumput dapat digunakan persamaan (2), dengan standar pembanding atau unsur standar untuk menghitung kadar tanah adalah *SRM 2704*, sedang untuk penghitungan kadar dalam rumput adalah *SRM 1515*. Tabel 5a. dan 5b. adalah hasil perhitungan kadar tanah pada bantaran sungai Bengawan Solo pada sisi sebelah kiri dan kanan, sedang Tabel 6a. dan 6b. adalah hasil perhitungan kadar pada rumput pada sisi sebelah kiri dan kanan sungai.

**Tabel 5a. Hasil perhitungan kadar unsur cuplikan tanah sebelah kiri.**

Unsur	Kadar cuplikan tanah sisi sebelah kiri sungai (ppm)			
	Lokasi I	Lokasi II	Lokasi III	Lokasi IV
Tembaga(Cu)	65 ± 1,53	145 ± 3,21	94 ± 2,10	146 ± 3,21
Aluminium (Al)	32301 ± 846	41990 ± 1099	36014 ± 943	40522 ± 1061
Besi (Fe)	3690 ± 89	3351 ± 81	7785 ± 189	6564 ± 160
Sodium (Na)	191 ± 4,9	441 ± 11	478 ± 12	557 ± 14
Magnesium (Mg)	2810 ± 47	3112 ± 52	2232 ± 37	3495 ± 58
Silikon (Si)	20978 ± 94	28525 ± 127	30139 ± 135	43538 ± 195

**Tabel 5b. Hasil perhitungan kadar unsur cuplikan tanah sebelah kanan.**

Unsur	Kadar cuplikan tanah sisi sebelah kanan sungai (ppm)			
	Lokasi I	Lokasi II	Lokasi III	Lokasi IV
Tembaga (Cu)	75 ± 1,66	62 ± 1,51	88 ± 2,01	179 ± 4,21
Aluminium (Al)	22043 ± 578	27894 ± 30	23071 ± 604	38092 ± 997
Besi (Fe)	2548 ± 62	4672 ± 114	1878 ± 45	7233 ± 176
Sodium (Na)	250 ± 6,4	242 ± 6,2	286 ± 7,3	734 ± 18,8
Magnesium (Mg)	1675 ± 28	2215 ± 37	1678 ± 28	2280 ± 38
Silikon (Si)Cu	24510 ± 109	23110 ± 103	26917 ± 120	43152 ± 193

**Tabel 6a. Hasil perhitungan kadar unsur cuplikan rumput sebelah kiri.**

Unsur	Kadar cuplikan rumput sisi sebelah kiri sungai (ppm)			
	Lokasi I	Lokasi II	Lokasi III	Lokasi IV
Nitrogen (N)	1640 ± 138	3360 ± 182	5178 ± 779	7411 ± 694
Aluminium (Al)	1078 ± 5,6	1072 ± 34	1280 ± 40	1788 ± 56
Besi (Fe)	91 ± 4,9	186 ± 9,4	383 ± 16,8	427 ± 20,9
Sodium (Na)	-	112 ± 5,5	-	131 ± 6,4

Magnesium (Mg)	-	2005 ± 59	-	3201 ± 94
Phospor (P)	2260 ± 46	2278 ± 47	2920 ± 54	3075 ± 57

**Tabel 6b. Hasil perhitungan kadar unsur cuplikan rumput sebelah kanan.**

Unsur	Kadar cuplikan rumput sisi sebelah kanan sungai (ppm)			
	Lokasi I	Lokasi II	Lokasi III	Lokasi IV
Nitrogen (N)	2860 ± 142	3161 ± 166	3987 ± 236	3605 ± 177
Aluminium (Al)	451 ± 14	1072 ± 33	598 ± 19	311 ± 10
Besi (Fe)	267 ± 14	92 ± 0,59	148 ± 7,3	241 ± 11,7
Sodium (Na)	23 ± 1,1	19 ± 0,93	20 ± 0,96	18 ± 0,89
Magnesium (Mg)	940 ± 28	1020 ± 30,1	921 ± 27	419 ± 12,4
Phospor (P)	2266 ± 47	1057 ± 23	1913 ± 36	2947 ± 54

Dari hasil analisis kualitatif bahwa cuplikan tanah disisi kiri maupun sisi kanan sungai mengandung unsur *Cu, Al, Fe, Na, Mg, Si*, sedangkan cuplikan rumput mengandung unsur *N, Al, Fe, Na, Mg, P*. Hasil analisis kuantitatif dengan menghitung kadar atau konsentrasi unsur-unsur tersebut untuk cuplikan tanah diperoleh hasil seperti dalam Table 5a. dan Tabel 5b., sedang untuk cuplikan rumput dalam Tabel 6a. dan Tabel 6b.

Dari Tabel 5a. dan 5b. tersebut terlihat bahwa tanah dibantaran sungai Bengawan Solo mengandung unsur-unsur logam berat, logam berat ini dapat disebabkan oleh buangan pabrik-pabrik ataupun limbah buangan dari rumah tangga. Logam berat akibat pencemaran limbah buangan ini juga terlihat pada rumput yang tumbuh disekitar tanah yang mengandung logam berat tersebut seperti terlihat pada Tabel 6a. dan 6b.

Dari hasil eksperimen terlihat bahwa kadar unsur akan meningkat sejalan dengan letak pengambilan cuplikan, pengambilan cuplikan makin ke bawah/ke hilir maka kandungan unsurnya semakin besar, hal ini dikarenakan adanya tambahan/akumulasi kadar unsur dari beberapa sungai kecil yang mengalir ke sungai Bengawan Solo. Sungai-sungai tersebut memungkinkan membawa unsur-unsur logam berat yang berasal dari limbah air buangan pabrik ataupun limbah dari rumah tangga, yang semuanya memberikan sumbangan pencemaran ke sungai Bengawan Solo.

Unsur-unsur logam yang terkandung dalam tanah tersebut sebagaimana diperlukan oleh tanaman untuk metabolisme atau pertumbuhan, namun jika kandungan terlalu besar akan bersifat racun dan berpengaruh negatif pada tanaman. Pada hasil pengamatan cuplikan rumput disekitar bantaran Sungai Bengawan Solo terbukti bahwa tanaman rumput di daerah tersebut juga terkandung logam

berat yang sama dengan yang terdapat ditahan sekitar bantaran sungai tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa logam berat dalam rumput adalah hasil penyerapan dari logam berat ditahan sekitarnya seperti *Al, Na, Fe, Mg*.

Seperti diketahui bahwa unsur-unsur seperti *Cu, Mg*, adalah unsur hara makro yang relatif lebih banyak diperlukan oleh tanaman untuk pertumbuhan, sedang unsur *Fe, Cu, Al* adalah unsur hara mikro yang relatif sedikit diperlukan oleh tanaman.<sup>[6]</sup> sehingga keberadaan unsur ini dalam tanah tidak menjadikan permasalahan, namun dalam jumlah yang banyak akan berakibat tidak baik terhadap tanaman. Sedangkan unsur yang terkandung dalam rumput seperti *N, P* sangat penting bagi tanaman yaitu unsur Nitrogen (*N*) sangat penting dalam pembentukan protein dan merangsang pertumbuhan vegetatif sedang unsur Pospor (*P*) dapat merangsang pembungaan, jumlah buah, bobot buah dan meningkatkan ketahanan terhadap gangguan hama dan penyakit tanaman<sup>[7]</sup>.

Unsur-unsur dalam rumput tersebut sedikit banyak dipengaruhi oleh adanya kandungan unsur dalam tanah tempat rumput itu tumbuh, sehingga dapat disimpulkan bahwa kandungan unsur dalam rumput mencerminkan kandungan unsur dalam tanahnya.

Keberadaan *Al* diduga adanya curah hujan yang akan mempengaruhi reaksi tanah. Curah hujan yang tinggi dapat mencuci kation-kation basa dari lapisan tanah permukaan kelapisan tanah yang lebih dalam, akibatnya tanah permukaan lebih banyak didominasi oleh ion-ion *Al* dan  $H^{[8]}$ . Unsur *Al* juga dimungkinkan dari sisa-sisa peralatan rumah tangga yang terurai dalam tanah permukaan.

Sedangkan keberadaan *Fe, Si* berasal dari pasir (kuarsa) yaitu silisium dioksida ( $SiO_2$ ) karena proses pelapukan batuan yang terjadi secara terus

menerus. Susunan pasir tergantung dari batuan asal yang menyusunnya, biasanya berasal dari batuan yang mengandung besi seperti hematit, magnetit, andesite, dan ilminite<sup>[9]</sup>. Pada umumnya batuan mengandung  $Fe_2O_3 = 68,4\%$ ,  $SiO_2 = 4,1\%$  dan campuran  $Mn$  dan  $P$  dalam orde 0,8 %.

Berdasarkan hasil percobaan dan perhitungan yang ditampilkan pada Tabel 5a, 5b, 6a, 6b, dapat diketahui kandungan unsur dalam cuplikan tanah maupun rumput di dari arah hulu ke arah hilir pada bantaran sungai Bengawan Solo. Dari data tersebut terlihat bahwa kadar unsur akan semakin besar jika pengambilan cuplikan semakin ke hilir, karena dimungkinkan adanya akumulasi unsur-unsur dari berbagai sungai kecil yang mengalir ke sungai Bengawan Solo. Sebagian besar kandungan unsur yang terletak pada sisi sebelah kiri sungai relatif lebih besar jika dibanding dengan di sebelah kanan, hal ini diakibatkan tempat pengambilan cuplikan disebelah kiri ada sungai-sungai kecil yang mengalir ke sungai Bengawan Solo.

Selain unsur-unsur tersebut, kemungkinan masih ada unsur yang lain tetapi dalam percobaan ini tidak teramati, hal ini dapat terjadi karena kandungan unsurnya terlalu kecil atau waktu paro nuklida yang terbentuk terlalu pendek, sehingga waktu dilakukan pencacahan intensitasnya sudah habis.

Berdasarkan hasil percobaan dan perhitungan dalam Tabel 6a dan 6b, dapat disimpulkan bahwa kadar unsur akan relatif semakin besar jika pengambilan cuplikan semakin ke hilir, karena adanya akumulasi unsur dari berbagai sungai kecil yang mengalir ke sunagai Bengawan Solo

## KESIMPULAN

Setelah dilakukan aktivasi dan pencacahan dan dengan melihat spektrum yang dihasilkan, maka cuplikan tanah sebelah kiri maupun sebelah kanan sungai mempunyai energi sebagai berikut: 511 keV, 756 keV, 845 keV, 1014 keV, 1274 keV, 1369 keV dan 1778 keV, sedang cuplikan rumput sebelah kiri ataupun sebelah kanan dengan energi sebagai berikut : 511 keV, 756 keV, 845 keV, 1014 keV, 1274 keV, 1369 keV, 1778 keV. Hasil analisis kualitatif menunjukkan bahwa cuplikan tanah mengandung unsur tembaga (Cu), aluminium (Al), besi (Fe), Sodium (Na), magnesium (Mg), silicon (Si), sedang cuplikan rumput mengandung unsur nitrogen (N), aluminium (Al), besi (Fe), Sodium (Na), Magnesium (Mg), Phospor (P).

Hasil analisis kuantitatif untuk tanah sebelah kiri menunjukkan kadar  $Cu$  antara (65 – 146) ppm, kadar unsur  $Al$  antara (32301 – 41990) ppm, kadar unsur  $Fe$  antara (3351 - 7785) ppm, kadar unsur  $Na$  antara (191 - 557) ppm, kadar unsur  $Mg$  antara (2232 – 3495) ppm, kadar unsur  $Si$  antara (20978 - 43538) ppm, sedang kandar unsur tanah sebelah kanan menunjukkan, kadar  $Cu$  antara (62 – 179) ppm, kadar unsur  $Al$  antara (29043 – 38092) ppm, kadar unsur  $Fe$  antara (1878 - 7233) ppm, kadar unsur  $Na$  antara (242 -734) ppm, kadar unsur  $Mg$  antara (1675 – 2280) ppm, kadar unsur  $Si$  antara (23110 - 43152) ppm.

Analisis kuantitatif cuplikan rumput sebelah kiri menunjukkan kadar  $N$  antara (1640 – 5178) ppm, kadar  $Al$  antara (1078 – 1788)ppm, kadar  $Fe$  antara (91 – 427) ppm, kadar  $Na$  antara (112 – 131) ppm, kadar  $Mg$  antara (2005 – 3201) ppm, kadar  $P$  antara (2260 – 3075) ppm, sedang kadar rumput sebelah kanan, untuk  $N$  antara (2860 – 3987) ppm, kadar  $Al$  antara (311 – 1072)ppm, kadar  $Fe$  antara (92 – 267) ppm, kadar  $Na$  antara (18 –23) ppm, kadar  $Mg$  antara (18 – 23) ppm, kadar  $P$  antara (1057 – 2947) ppm.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak Ir H. Muryono yang telah memberikan saran dan kritik demi lancarnya penelitian ini. Terima kasih juga kepada Bapak Suraji dan Bpk Supriyanto yang telah membantu dalam aktivasi cuplikan dan pencacahan. Harapan penulis, semoga bantuan tersebut menjadikan amal yang baik dan mendapat imbalan dari Allah SWT

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] DARMONO, *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*, Penerbit UI Press, Jakaerta, 1995.
- [2] NINIEK WIDYORINI dkk, *Dampak Ekologi Morfologis Pencemaran Terhadap Makrobentos di Perairan Estuarin Kabupaten Batang*, PPLH, Undip, Semarang, 1995.
- [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, Gajah Mada University Press, Yogyakarta, 1988.

- [5] GERHARD ERDTMANN, *Neutron Activation Tables*, Kernchemie in Einzeldarstellungen Vol.6, Weinheim Verlag Chemie, New York, 1976.
- [6] SETYAAMIDJAJA, D., *Pupuk dan Pemupukan*, CV. Simplex, Jakarta, 1986.
- [7] SUDJATMOKO DKK, *Analisis Kandungan Fosfor Dalam Pupuk Kompos Dengan Metoda Aktivasi Neutron Cepat Dari Generator Neutron*, Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah, PPNY-BATAN, Yogyakarta, 27-29 April 1993.
- [8] NURHAYATI HAKIM, dkk, *Dasar-dasar Ilmu Tanah*, Universitas Lampung, Lampung, 1986.
- [9] VAN BEMMELEN, H.W., *The Geology of Indonesia. Vol.I,II.*, Martinus Nijhoff. 1970.

---

## TANYA JAWAB

### Zainul Kamal

- Bagaimana rumus perhitungan kadar.

### Sunardi

- Sesuai dengan rumus 2 yaitu metode relatif, yang mana cuplikan dan standar diaktivasi bersama-

sama sehingga diperoleh rumus menghitung kadar:

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

setelah diperoleh berat unsur dalam cuplikan, lalu dibandingkan dengan berat cuplikan (diperoleh kadar).

### Budi Santoso

- Mengapa sebagai sampelnya tanah dan rumput?
- Seharusnya kondisi hulu sungai dan pencabangan juga diperhatikan. Di dalam makalah ini mengapa tidak dibahas?

### Sunardi

- Diambil tanah dan rumput karena mencerminkan keadaan air sungai, sehingga jika air tercemar limbah, maka tanah disekitar juga akan tercemar limbah. Dengan adanya tanah yang tercemar maka rumput yang tumbuh di atasnya akan mempunyai kandungan yang identik dengan tanahnya.
- Dalam pengambilan cuplikan pada lokasi yang ada pencabangan (sungai kecil yang mengalir ke Bengawan Solo). Sehingga hasil yang diperoleh sudah termasuk/akumulasi dari sungai-sungai kecil yang mengalir ke Bengawan Solo.