

# DISTRIBUSI DAN KORELASI KANDUNGAN UNSUR DALAM SEDIMEN SUNGAI CODE TERHADAP TEMPAT SAMPLING MENGGUNAKAN GENERATOR NEUTRON

Sunardi, Elin Nuraini, Rany Septaaji

P3TM BATAN

## ABSTRAK

*DISTRIBUSI DAN KORELASI KANDUNGAN UNSUR DALAM SEDIMEN SUNGAI CODE TERHADAP TEMPAT SAMPLING MENGGUNAKAN GENERATOR NEUTRON.* Telah dilakukan penentuan distribusi dan korelasi kandungan unsur dalam sedimen sungai Code terhadap tempat sampling menggunakan akselerator generator neutron. Cuplikan diambil kurang lebih 1 kilogram di beberapa tempat sepanjang sungai Code. Cuplikan dibersihkan dari kotoran batu, rumput, kerikil kemudian dikeringkan dengan panas matahari, kemudian digerus hingga halus dan disaring agar homogen. Cuplikan diaktivasi dengan neutron cepat 14 MeV menggunakan generator neutron kemudian dicacah dengan spektrometer gamma. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa cuplikan mengandung unsur Zn-64, Al-27, Fe-56, P-31, Mg-24, Cr-52, Si-28. Hasil analisis kuantitatif menunjukkan kadar Zn-64= ( 212,11 - 312,17) ppm, kadar Al-27= ( 1,98 % - 3,75) % berat, kadar Fe-56 = (1,08 - 2,74) % berat, kadar P-31= ( 58,34 - 887,9) ppm, kadar Mg-24= ( 0,11 - 0,93) % berat, kadar Cr-52= ( 36,81 - 296,22) ppm, kadar Si-28= ( 3,09 % - 5,72) % berat. Hampir semua kadar unsur mempunyai koefisien korelasi positif, sehingga dapat diperkirakan bahwa kandungan unsur makin ke hulu kadarnya makin besar yang bervariasi dan fluktuatif.

*Kata kunci : Generator neutron, distribusi dan korelasi, endapan Sungai Code*

## ABSTRACT

*DISTRIBUTION AND CORRELATION OF ELEMENT CONTENT IN SEDIMENT AT CODE RIVER TOWARD SAMPLING LOCATION BY USING NEUTRON GENERATOR.* Distribution and correlation of element contents in sediment at Code river toward sampling location by using neutron generator have been done. The samples were taken about 1 kilogram from several location around Code river. The samples were cleaned from stone, grass and then dried under sun light and grinded until homogen. The samples were activated with 14 MeV fast neutron of neutron generator and counted with gamma spectrometer. The experiment result showed that several element found in the samples i.e : Zn-64, Al-27, Fe-56, P-31, Mg-24, Cr-52, Si-28. The quantitative result shown that the concentration of element respectively are Zn-64= ( 212,11 - 312,17) ppm, Al-27= ( 1,98 % - 3,75) %, Fe-56 = (1,08 - 2,74) %, P-31= ( 58,34 - 887,9) ppm, Mg-24= ( 0,11 - 0,93) %, Cr-52= (36,81 - 296,22) ppm, Si-28= ( 3,09 % - 5,72). The concentration of element in sediment have a positive correlation coefficient, so it can be predicted that concentration of sediment was vary along the river and fluctuative.

*Key word: Neutron generator, distribution and correlation, sediment's Code river*

## PENDAHULUAN

Air sungai merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki peranan sangat penting dalam kehidupan manusia, terutama dalam bidang pertanian, industri maupun pariwisata. Sungai sebagai badan air sekaligus sumber daya air yang

bersifat terbuka tentu mudah sekali tercemar limbah cair buangan baik dari limbah rumah tangga, industri maupun sumber lainnya.

Seiring dengan pembangunan perkotaan yang pesat dibidang industri, perhotelan, rumah sakit atau usaha kecil lainnya serta semakin bertambahnya jumlah penduduk, maka sungai

menjadi tempat alternatif yang sangat strategis untuk membuang limbah, sehingga akan mengubah kualitas air sedemikian rupa, sehingga air tidak dapat dimanfaatkan bagi keperluan pertanian, perikanan, penyediaan air bersih dan industri.

Dengan pesatnya pembangunan di sekitar sungai Code, maka muncul beberapa dampak positif maupun negatif. Salah satu dampak negatif antara lain semakin banyaknya bahan buangan dari limbah rumah tangga, industri, rumah sakit maupun hotel yang masuk ke dalam badan air, sehingga menyebabkan menurunnya kualitas air sungai Code. Limbah yang berasal dari kegiatan rumah tangga dan industri tersebut sebagian atau seluruhnya akan sampai ke sungai. Sungai sebagai badan air sekaligus sumber daya air yang bersifat terbuka tentu mudah sekali tercemar oleh berbagai sumber pencemar. Seperti kita ketahui bahwa sungai mempunyai kapasitas terima (*receiving capacity*) yang terbatas terhadap pencemar. Limbah yang terbawa arus ke dalam badan sungai sebagian akan mengalami proses pengendapan bersama lumpur dalam sedimen pada tempat-tempat tertentu<sup>[1]</sup>.

Untuk menyikapi masalah di atas Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta mengadakan program kali bersih (prokasih) bekerja sama dengan Bapedalda serta BATAN Yogyakarta untuk mengadakan penelitian dan pemantauan terhadap beberapa sungai besar yang berada di Yogyakarta diantaranya sungai Code. Tujuan dari PROKASIH adalah meningkatkan kualitas air sungai, meningkatkan fungsi daya guna dan hasil guna lingkungan sungai, serta meningkatkan sumber daya dan kapasitas kelembagaan di bidang pengendalian pencemaran air<sup>[2]</sup>.

Dengan permasalahan di atas maka dalam makalah ini perlu dilakukan analisis terhadap cuplikan sedimen sungai Code Yogyakarta secara kualitatif maupun kuantitatif dengan metode aktivasi neutron cepat (AANC) dengan tujuan mengidentifikasi jenis unsur dan mengetahui kadar unsur dalam sedimen sungai Code, serta memperoleh data distribusi dan korelasi kadar unsur terhadap tempat sampling.

## TEORI

Endapan terjadi akibat pelapukan batuan yang dipengaruhi oleh iklim. Pelapukan batuan

menghasilkan partikel-partikel tanah akan hanyut ketempat yang lebih rendah dan masuk ke sungai. Endapan yang terangkut oleh aliran sungai dipengaruhi oleh ukuran endapan yang masuk ke badan sungai, tingkat kekasaran dasar sungai, kemiringan sungai. Bahan buangan industri yang berbentuk padat kalau tidak larut sempurna akan mengendap di dasar sungai dan yang larut sebagian akan menjadi koloidal. Endapan sebelum sampai ke dasar sungai akan melayang di dalam air bersama-sama koloidal, sehingga akan menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam lapisan air, akibatnya proses fotosintesis mikroorganisme terganggu<sup>[3]</sup>.

Generator neutron merupakan akselerator partikel bermuatan yang dapat menghasilkan neutron cepat 14 MeV. Neutron cepat yang dihasilkan dari reaksi inti deuterium (D) dengan tritium (T) atau dengan reaksi  $^2\text{H} + ^3\text{H} \rightarrow ^4\text{He} + n + 17,6 \text{ MeV}$ . Sedang teknik analisis AANC didasarkan pada reaksi neutron cepat dengan inti, cuplikan yang akan dianalisis diiradiasi dengan neutron cepat dari generator neutron. Inti atom unsur yang berada dalam cuplikan akan menangkap neutron dan berubah menjadi radioaktif dengan memancarkan sinar  $\gamma$ . Sinar  $\gamma$  yang dipancarkan umumnya memiliki energi yang karakteristik untuk setiap unsur/isotop, sehingga dapat diidentifikasi dengan menggunakan teknik spektroskopi *gamma*<sup>[4,5]</sup>. Jumlah cacah yang diperoleh pada alat spektrometer gamma sesuai dengan persamaan (1) :

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

dengan

- $\phi$  = fluks neutron
- $\sigma$  = tampang lintang reaksi
- $\lambda$  = tetapan peluruhan
- $t_a$  = waktu yang diperlukan untuk iradiasi
- $t_d$  = waktu tunda (*cooling time*)
- $t_c$  = waktu yang diperlukan untuk pencacahan
- $\varepsilon$  = efisiensi pencacahan
- $Y$  = prosentasi peluruhan gamma (*gamma yield*)
- $m$  = massa cuplikan

$NA$  = bilangan Avogadro  
 $BA$  = berat atom unsur cuplikan  
 $a$  = kelimpahan relatif isotop cuplikan

### 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 diaktivasi 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 persamaan<sup>[4,8]</sup>:

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

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

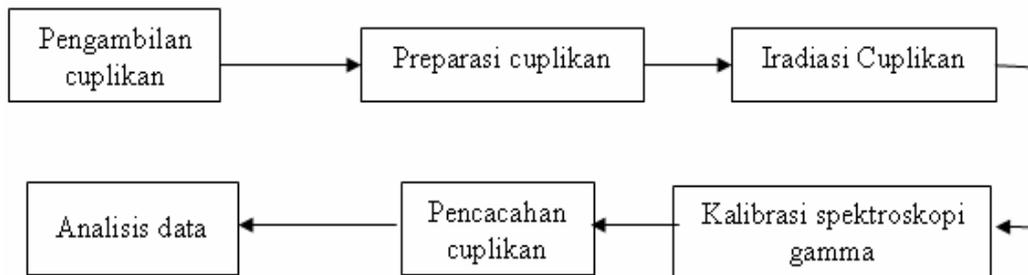
### TATA KERJA

#### Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan adalah cuplikan endapan sepanjang sungai Code dari Ringroad Utara sampai Ringroad Selatan, cuplikan standar *SRM 2704*, sumber standar Cs-137, Co-60, Eu-152, cuplikan *Cu* standar buatan San Carlos, California, sedang alat yang digunakan adalah unit generator neutron, seperangkat spektrometer gamma (accuspec) dengan detektor HPGe, ampul polyetelin, mortal porselin, ayakan, timbangan analitik dan alat bantu lain.

#### Prosedur Kerja

Tahapan dari penelitian disajikan pada diagram alir penelitian Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

#### Penyiapan Cuplikan

Pengambilan cuplikan endapan sungai Code dilakukan sepanjang sungai Code pada 9 lokasi dari Ringroad utara sampai Ringroad selatan. Setiap lokasi sampling diambil tiga pengambilan sampel, sehingga dapat mewakili kondisi endapan pada lokasi tersebut. Cuplikan endapan dibersihkan dari batu, kerikil, rumput atau tumbuhan lain dan dikeringkan pada sinar matahari, setelah itu cuplikan digerus dengan mortal porselin hingga halus dan homogen, kemudian diayak dan ditempatkan wadah polyethelen dan diberi label.

#### Iradiasi dan Pencacahan Cuplikan

Cuplikan endapan dan standar *SRM* diiradiasi dengan neutron cepat 14 MeV dari generator neutron J-25 yang dimiliki P3TM BATAN. Masing-masing cuplikan diletakkan tepat dimuka titik sumber neutron. Proses iradiasi dilakukan selama 30 menit dengan arus deuteron 1 mA, tegangan operasi generator neutron sebesar 110 kV, tegangan pemfokus 14 kV, tegangan ekstraktor 7 kV, tegangan lensa kuadropol 8 kV. Setelah iradiasi selesai kemudian dilakukan pencacahan radionuklida yang terbentuk dengan alat spektrometer gamma

(AccuSpec) menggunakan detektor HPGe dengan waktu pencacahan masing-masing cuplikan adalah 120 detik.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

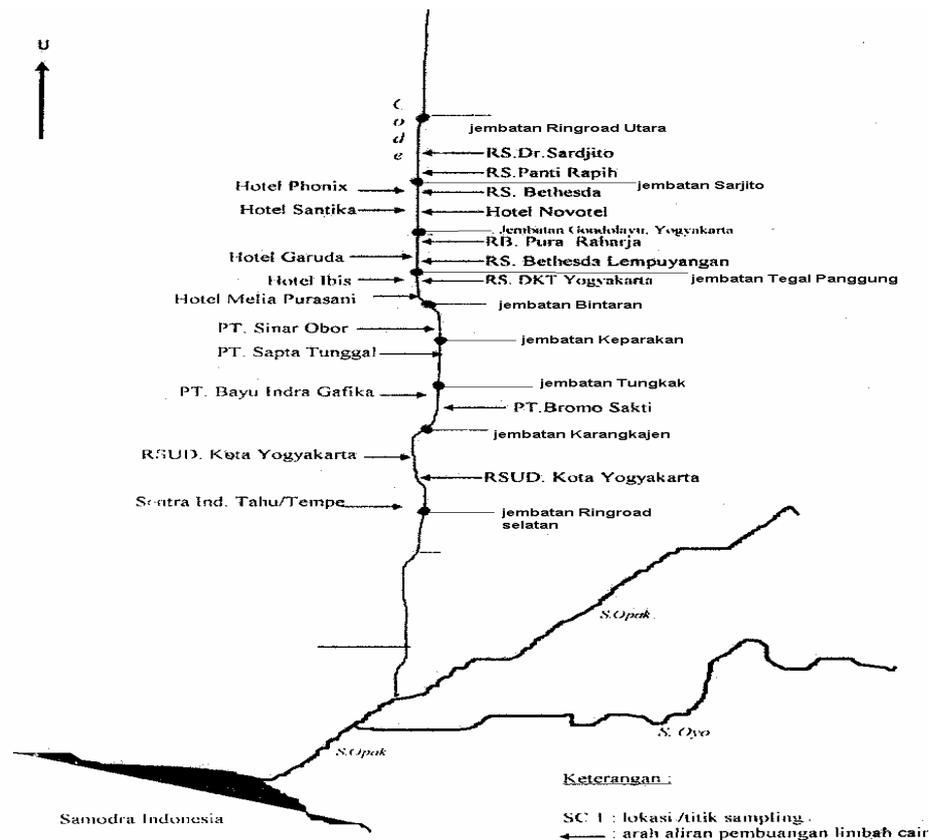
Kondisi optimun generator neutron dicapai pada tegangan pemercepat 110 kV, tegangan pemfokus 12 - 14 kV, tegangan kua-drupol 1 dan 2 adalah 8 kV dan 8 kV, tegangan ekstraktor 7-8 kV, tingkat kehampaan minimum adalah 10<sup>-5</sup> torr. Dengan menggunakan *activation foil copper* buatan San Caros, USA dengan massa 0,5752 gram, waktu iradiasi 30 menit, waktu tunda 588 detik, waktu pencacahan 2 menit, diperoleh jumlah cacah 2772 cps, dengan data-data nuklir, kelimpahan isotop (a) = 100 %, waktu paro isotop = 9,45 menit, *Yield gamma (Y)* = 100 %, tampang lintang reaksi (σ) = 522 mbarn, maka nilai fluks neutron dari generator neutron dapat dihitung dengan persamaan (1) yang dapat diubah menjadi:

$$\phi = \frac{C.BA \ln 2}{mN_A a \sigma \epsilon Y t_{1/2}} \cdot \frac{1}{(1 - e^{-\lambda t_{1/2}})(e^{-\lambda t_{1/2}})(1 - e^{-\lambda t_c})}$$

Dengan data yang ada diperoleh nilai fluks neutron saat dilakukan untuk aktivasi cuplikan adalah 5,47.10<sup>7</sup> neutron/cm<sup>2</sup>.detik

Lokasi pengambilan cuplikan disajikan pada Gambar 2. Data hasil pencacahan cuplikan endapan sungai Code yang diaktivasi dengan neutron cepat 14 MeV dari generator neutron disajikan pada Tabel 1

Untuk menentukan distribusi dan korelasi kandungan unsur, dilakukan analisis kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif dengan mengamati puncak foto dari unsur dalam cuplikan, sedang analisis kuantitatif dilakukan dengan membandingkan kadar unsur yang terkandung dalam cuplikan dengan kadar unsur dalam standar *SRM (Standart Reference Material)*



**Gambar 2. Lokasi pengambilan cuplikan endapan di sepanjang sungai Code.**

**Tabel 1. Data pencacahan endapan sungai Code.**

No	Energi (keV)	Jumlah cacah (cps)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	390	89	-	142	-	-	33	-	102	76
2	511	68	75	164	265	187	218	275	264	442
5	669	-	95	-	-	114	-	124	249	130
6	845	2117	1015	1375	2053	1970	3105	1841	2215	2374
7	1014	539	330	321	592	476	746	403	583	635
8	1266	81	413	375	170	451	279	251	357	559
9	1368	14	75	-	136	-	-	215	187	210
10	1434	39	-	115	-	166	261	238	-	369
11	1778	143	1591	1299	1817	1828	2273	1871	1778	1929

Keterangan:

1. lokasi sampling Ringroad utara
2. lokasi sampling Sarjito
3. lokasi sampling Gondolayu
4. lokasi sampling Tegal Panggung
5. lokasi sampling Bintaran
6. lokasi sampling Keparakan
7. lokasi sampling Tungkak
8. lokasi sampling Jembatan Karang Kajen
9. lokasi sampling Ringroad selatan

Dengan data-data seperti pada Tabel 1, dilakukan analisis kualitatif untuk menentukan unsur yang terkandung pada tiap-tiap lokasi sampling. Energi 511 keV berasal dari proses anihilasi, yaitu proses bergabungnya zarah dengan anti zarahnya (elektron dan positron) yang kemudian musnah dan muncul kembali menjadi 2 buah foton gamma yang masing-masing energinya sama yaitu 511 keV. Hasil analisis kualitatif yang lain disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Unsur yang dapat teridentifikasi dalam cuplikan endapan sungai Code adalah *Zn-64*,

*Al-27*, *Fe-56*, *P-31*, *Mg-24*, *Cr-52*, *Si-28*. Sebetulnya masih banyak unsur yang terkandung dalam cuplikan endapan, tetapi dalam penelitian ini tidak teramati, dimungkinkan kadar sangat rendah, atau umur paroh isotop kecil sehingga sewaktu dilakukan pencacahan dengan spektrometri gamma unsur-unsur tersebut tidak teramati. Tabel 4 menunjukkan hasil analisis kuantitatif kadar unsur dan nilai korelasi pada masing-masing lokasi pengambilan cuplikan. Nilai koefisien korelasi dihitung dengan *software harvard graphic* dan hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 4

**Tabel 2. Hasil analisis kualitatif cuplikan endapan sungai Code.**

No	Reaksi	Energi (keV)	Unsur
1	Proses anihilasi	511	-
2.	Zn-64 (n,2n) Zn-63	669	<b>Zn-64</b>
3	Al-27 (n,p) Mg-27	843 dan 1014	Al-27
3.	Fe-56 (n,p) Mn-56	846	Fe-56
4.	P-31 (n,p) Si-31	1266	P-31
5.	Mg-24 (n,p) Na-24	1369 dan 390	Mg-24
6	Cr-52 (n,p) V-52	1434	Cr-52
7.	Si-28 (n,p) Al-28	1778 dan 1270	Si-28

**Tabel 3. Hasil analisis kualitatif unsur yang terkandung dalam cuplikan 1 sampai 9.**

Lokasi	Zn-64	Al-27	Fe-56	P-31	Mg-24	Cr-52	Si-28
1	ttd	√	√	√	√	√	√
2	√	√	√	√	√	ttd	√
3	ttd	√	√	√	ttd	√	√
4	ttd	√	√	√	√	ttd	√
5	√	√	√	√	ttd	√	√
6	ttd	√	√	√	ttd	√	√
7	√	√	√	√	√	√	√
8	√	√	√	√	√	ttd	√
9	√	√	√	√	√	√	√

Keterangan

√ = terdeteksi

ttd = tak terdeteksi

**Tabel 4. Hasil analisis kuantitatif cuplikan endapan sungai Code.**

No	Unsur	Kadar cuplikan (ppm)				
		Lokasi 1	Lokasi 2	Lokasi 3	Lokasi 4	Lokasi 5
1	Zn-64	-	212,11 ± 5,88	-	-	268,72 ± 7,43
2	Al-27*	1,98 ± 0,06	2,282 ± 0,061	2,11 ± 0,06	2,97 ± 0,08	2,771 ± 0,073
3	Fe-56*	1,081 ± 0,026	1,281 ± 0,031	1,91 ± 0,05	1,61 ± 0,04	1,75 ± 0,04
4	P-31	58,34 ± 1,67	551,60 ± 15,31	481,25 ± 13,74	171,72 ± 4,88	658,7 ± 18,28
5	Mg-24*	0,110 ± 0,002	0,270 ± 0,004	-	0,420 ± 0,007	-
6	Cr-52	36,81 ± 1,36	-	66,64 ± 2,47	-	117 ± 4,33
7	Si-28*	3,091 ± 0,014	4,33 ± 0,02	3,71 ± 0,02	4,690 ± 0,021	4,911 ± 0,022

**Hasil analisis kuantitatif (lanjutan)**

No	Unsur	Kadar cuplikan (ppm)				Koefisien korelasi
		Lokasi 6	Lokasi 7	Lokasi 8	Lokasi 9	
1	Zn-64	-	279,82 ± 7,74	312,17 ± 8,65	299,16 ± 8,31	0,637
2	Al-27*	2,961 ± 0,078	3,75 ± 0,10	2,290 ± 0,063	3,540 ± 0,095	0,695
3	Fe-56*	2,09 ± 0,05	2,281 ± 0,056	2,741 ± 0,067	2,520 ± 0,061	0,939
4	P-31	152,75 ± 4,34	149,53 ± 4,32	274,60 ± 7,83	887,9 ± 24,64	0,290
5	Mg-24*	-	0,881 ± 0,015	0,711 ± 0,012	0,931 ± 0,016	0,706
6	Cr-52	282,79 ± 9,44	51,85 ± 1,89	-	296,22 ± 9,96	0,253
7	Si-28*	5,720 ± 0,026	4,931 ± 0,022	4,621 ± 0,021	5,091 ± 0,023	0,724

Keterangan

\* = satuan % berat

Pada Tabel 4 terlihat bahwa kandungan unsur tiap lokasi besarnya tidak sama atau berbeda-beda, hal ini dapat disebabkan oleh

kondisi permukaan sungai yang tidak sama yang menyebabkan terjadinya pengendapan di beberapa tempat, juga dipengaruhi oleh ukuran

endapan yang masuk ke sungai serta dipengaruhi oleh aliran sungai, tingkat kekasaran dasar sungai dan kemiringan sungai.

Dari Tabel 4. terlihat bahwa unsur *Al-27*, *Fe-56*, *P-31*, *Si-28*, *Cu-63* terdistribusi merata pada semua lokasi sampling 1 sampai lokasi 9, unsur-unsur tersebut mempunyai konsentrasi atau kadar bervariasi yaitu kadar unsur *Al* antara 1,98 % sampai 3,75 %, kadar unsur *Fe-56* antara 1,08 % sampai 2,74 %, kadar unsur *P-31* antara 58,34 ppm sampai 887,9 ppm, kadar unsur *Si-28* antara 3,09 % sampai 5,72 %, dan kadar unsur *Cu-63* antara 13,99 ppm, sampai 115,8 ppm. Gambar 3 memperlihatkan distribusi unsur *Al-27*, *Fe-56*, *P-31*, *Si-28*, *Cu-63* dalam cuplikan endapan sungai Code dari lokasi sampling 1 sampai lokasi 9.

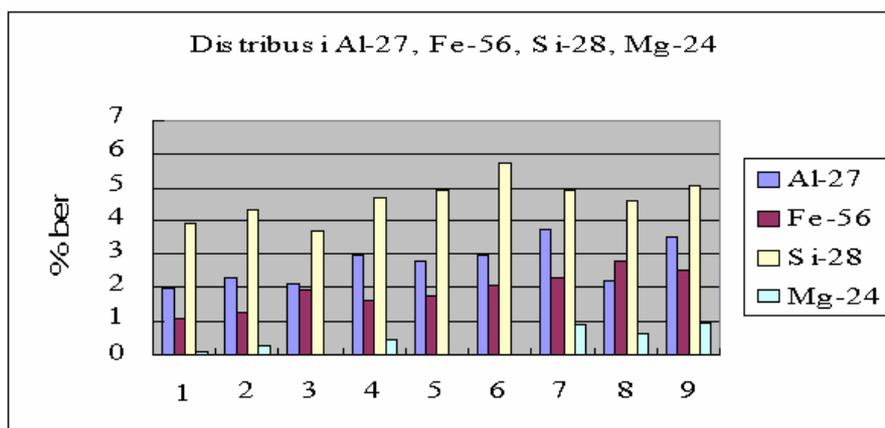
Unsur *Al-27* terbesar terletak pada lokasi sampling 7 dan terkecil pada lokasi sampling 1, keberadaan unsur *Al* dimungkinkan adanya curah hujan yang mempengaruhi reaksi tanah. Curah hujan yang tinggi dapat mencuci kation-kation basa dari lapisan permukaan tanah ke lapisan yang lebih dalam, akibatnya tanah permukaan lebih banyak didominasi oleh ion  $Al$  dan  $H^{(6)}$ . Lapisan tanah ini akan terbawa ke sungai yang akhirnya menjadi endapan didasar sungai. Kadar *Al* terbesar pada lokasi sampling 7 sebesar 3,75 % berat, hal ini merupakan akumulasi dari lokasi sampling 1 sampai lokasi 7.

Diperoleh data unsur *Fe-56* terbesar pada lokasi sampling 8 yaitu sebesar 2,52 % dan terkecil pada lokasi sampling 1 sebesar 1,08 %.

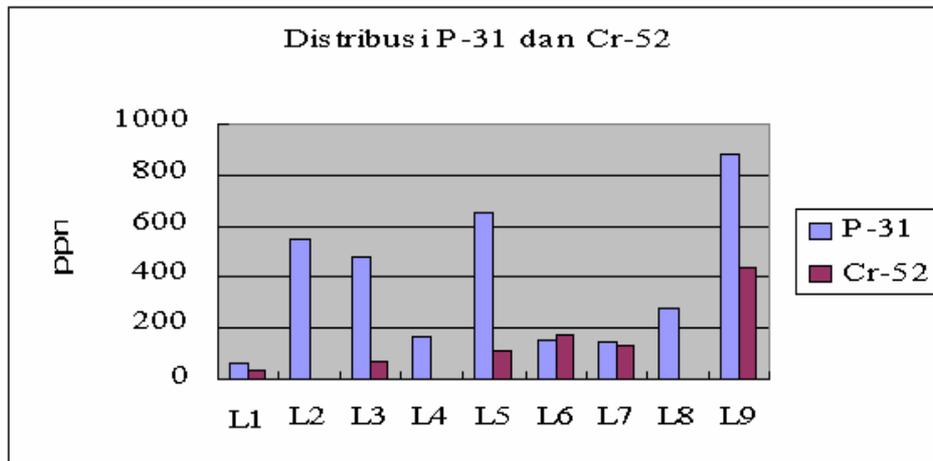
Unsur *Fe-56* merupakan unsur mikro yang banyak terdapat di dalam tanah, sehingga dimungkinkan lapisan tanah yang tererosi oleh hujan dan terbawa ke sungai, unsur *Fe-56* diperlukan oleh tanaman dalam jumlah sedikit. Besar kecilnya unsur *Fe* dapat dipengaruhi oleh kondisi tanah, pada tanah yang jenuh air memberikan sejumlah kecil oksigen, sehingga hanya jasad anaerob yang dapat berfungsi secara wajar. Kegiatan jasad anaerob mengakibatkan dihasilkannya unsur besi ( $Fe$ )<sup>[6]</sup>.

Unsur *Si* terbesar pada lokasi sampling 6 sebesar 5,72 % dan terkecil pada lokasi sampling 1 sebesar 3,09 %, unsur *Si* merupakan komponen dasar dari pasir dalam bentuk silika ( $SiO_2$ ) juga dimungkinkan adanya sedimen nonorganik yang berasal dari pengikisan batuan, diperoleh unsur *Si* yang besar, dimungkinkan dalam cuplikan sedimen juga terdapat pasir atau batuan.

Data unsur *Mg* teramati pada lokasi sampling 1, 2, 4, 7, 8, 9, sedang pada lokasi sampling 3, 5, 6 tidak teramati unsur *Mg*, kemungkinan pada lokasi tersebut unsur *Mg* mempunyai kadar sangat kecil. Kadar *Mg* terbesar terletak pada lokasi sampling 9 sebesar 0,93 %, keberadaan unsur *Mg* dimungkinkan adanya limbah pertanian yang berasal dari pupuk pertanian, sedang unsur tidak teramati di seluruh lokasi sampling disebabkan terjadi pengendapan di beberapa lokasi sebelum terbawa arus sungai. Gambar 4 memperlihatkan distribusi unsur *P-31* dan *Cr-52* pada setiap lokasi sampling.



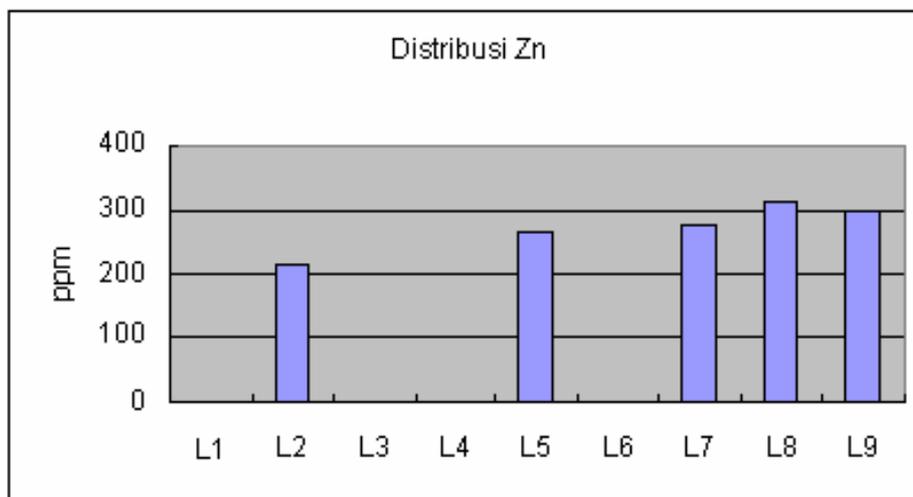
**Gambar 3. Distribusi unsur Al-27, Fe-56, P-31, Si-28, Cu-63.**



Gambar 4. Distribusi unsur P-31 dan Cr-52.

Juga teridentifikasi unsur P-31 dan Cr-52 pada cuplikan endapan, unsur P-31 teramati pada semua lokasi sampling tetapi unsur Cr-52 teramati pada lokasi 1, lokasi 3, lokasi 5, lokasi 6, lokasi 7 dan lokasi 9. Kadar P-31 tertinggi pada lokasi 9 sebesar 887,9 ppm dan terkecil pada lokasi 1 sebesar 58,34 ppm, unsur P secara alamiah berada dalam tanah dengan kadar antara 100 – 2000 ppm,<sup>[7]</sup> sehingga dalam endapan juga secara alamiah ada unsur P yang berasal dari pengikisan tanah yang larut ke sungai,

juga disebabkan adanya limbah pertanian atau berasal dari pupuk tanaman. Sedang kadar unsur Cr-52 tertinggi pada lokasi sampling 9 dengan kadar 296,22 ppm, hal ini dapat terjadi karena adanya limbah penyamaan kulit yang dibuang ke sungai yang akhirnya akan terakumulasi pada sungai Code. Gambar 5 menunjukkan distribusi kadar unsur Zn pada pengambilan cuplikan dari lokasi 1 sampai lokasi 9.



Gambar 5. Distribusi unsur Zn dalam endapan sungai Code.

Dari Gambar 5 terlihat bahwa tidak semua lokasi sampling teramati unsur Zn, hanya lokasi 2, lokasi 5, lokasi 7, lokasi 8, lokasi 9, teramati unsur Zn, sedang kadar Zn terbesar pada lokasi sampling 8 yaitu sebesar 312,17 ppm. Pada lokasi yang lain tidak teramati unsur Zn, hal ini dimungkinkan kadar unsur tersebut terlalu kecil. Sumber pencemar Zn berasal dari rumah tangga atau sampah yang mengandung unsur Zn.

Masing-masing data kadar unsur *Zn-64*, *Al-27*, *Fe-56*, *P-31*, *Mg-24*, *Cr-52*, *Si-28* pada sungai Code mempunyai koefisien korelasi positif terhadap tempat sampling masing-masing 0,637, 0,695, 0,939, 0,290, 0,706, 0,253, 0,724., sehingga kadar unsur *Zn-64*, *Al-27*, *Fe-56*, *P-31*, *Mg-24*, *Cr-52*, *Si-28* semakin ke hilir akan semakin besar, karena akumulasi dari tempat lokasi sampling yang berada di hilir, tetapi kenaikan kadar unsur sangat bervariasi dan fluktuatif yang dipengaruhi oleh kondisi permukaan sungai yang tidak sama yang menyebabkan terjadinya pengendapan di beberapa tempat, juga dipengaruhi oleh ukuran endapan yang masuk ke sungai serta dipengaruhi oleh aliran sungai, tingkat kekasaran dasar sungai dan kemiringan sungai.

Dengan data dalam penelitian, dapat diperoleh fenomena adanya fluktuasi kadar unsur dalam endapan sungai Code yang cenderung meningkat dengan lokasi sampling ke arah hulu, yang fluktuatif dan bervariasi

## KESIMPULAN

Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

Secara kualitatif kandungan unsur endapan sungai Code adalah *Zn-64*, *Al-27*, *Fe-56*, *P-31*, *Mg-24*, *Cr-52*, *Si-28*, unsur-unsur tersebut hampir terdistribusi merata terhadap tempat sampling, namun ada unsur tertentu yang tidak terdistribusi merata terhadap lokasi sampling.

Hasil perhitungan menunjukkan kadar masing-masing unsur terhadap lokasi sampling adalah *Zn-64* = (212,11 – 312,17) ppm, *Al-27* = (1,98 – 3,75) %, *Fe-56* = (1,08 – 2,74) %, *P-31* = (58,34 – 887,9) ppm, *Mg-24* = (0,11 – 0,93)

%, *Cr-52* = (36,81 – 296,22) ppm, *Si-28* = (3,09 – 5,72) %. Kadar unsur tersebut mempunyai nilai koefisien korelasi positif terhadap tempat sampling, masing-masing sebesar 0,637, 0,695, 0,939, 0,290, 0,706, 0,253, 0,724, terhadap tempat sampling.

Diperoleh kadar unsur semakin ke hulu akan semakin besar, dikarenakan adanya akumulasi dari tempat lokasi sampling sebelumnya (kearah hilir), tetapi kenaikan kadar unsur sangat bervariasi dan fluktuatif yang dipengaruhi oleh kondisi permukaan sungai yang tidak sama yang menyebabkan terjadinya pengendapan di beberapa tempat, dipengaruhi juga oleh ukuran endapan yang masuk ke sungai serta dipengaruhi oleh aliran sungai, tingkat kekasaran dasar sungai dan kemiringan sungai.

Dengan data hasil penelitian, dapat diperoleh fenomena adanya fluktuasi kadar unsur dalam endapan sungai Code yang cenderung meningkat dengan lokasi sampling ke arah hulu, yang besarnya fluktuatif dan bervariasi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis sampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bpk. Suraji dan Bpk. Supriyanto yang telah banyak membantu dalam eksperimen, juga terima kasih kepada Bpk. Darsono yang telah memberikan kritik, saran, bimbingan sehingga penelitian ini bisa berhasil dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] SUGIHARTO, *Dasar-dasar Pengolahan Limbah*, UI Press, Jakarta 1987.
- [2] BAPEDALDA Yogyakarta, *Prokasih Propinsi DIY*, Badan Penanggulangan Dampak Lingkungan Derah Istimewa Yogyakarta, 2003.
- [3] WARDHANA, W., *Teknis Analisis Radioaktivitas Lingkungan*, Andi Offset, Yogyakarta, 1996.
- [4] NARGOLWALLA, SAM. S, AND PRYBYLOWICS, EDWIN P, *Activation*

*Analysis with Neutron Generator*, John Wiley and Son, New York, 1973.

- [5] J. CSIKAI, PH.D, *CRC Handbook of Fast Neutron Generator*, Vol 1. Debrecen, Hungary, 2000.
- [6] NURHAYATI HAKIM, *Dasar-dasar Ilmu Tanah*, Universitas Lampung, Lampung, 1986.
- [7] FOTH, H.,D., Alih Bahasa oleh Soenarto Adisoemarmo, *Dasar-dasar Ilmu Tanah*, Edisi ke-6, Erlangga, Jakarta, 1994.
- [8] SUSETYO, WISNU, *Spektrometri Gamma*, Universitas Gadjah Mada Press, Yogyakarta, 1988.

---

## TANYA JAWAB

### Rinanti Susilowati

- *Dari hasil analisis sedimen, apakah kandungan logam-logam tersebut masih*

*dalam batas-batas yang diijinkan seandainya masih; berapa besar ambang maksimal yang diijinkan?*

- *Dari hasil analisis logam-logam tersebut tidak terdapat logam Pb, apakah memang sedimen tidak mengandung unsur logam tersebut atau tidak ikut teranalisis?*

### Sunardi

- Batas ambang polutan hanya pada polutan cair atau gas, sehingga dalam penelitian ini tidak bisa menentukan batas yang diijinkan dalam endapan. Tetapi dalam literatur, kandungan unsur dalam endapan masih dalam kisaran yang disarankan pada tanah.
- Pb tidak teramati, karena interaksi netron cepat 14 MeV dengan Pb akan terbentuk radio isotop dengan energi 510,8 keV, sehingga susah dianalisis, karena energi ini berdekatan dengan energi 511 keV (proses anihilasi) juga karena tampang lintang dari Pb kecil, sehingga tidak teramati energi 510 keV atau unsur Pb.