

# IDENTIFIKASI PENCEMARAN LOGAM PADA SUNGAI KALIGARANG DENGAN METODE ANALISIS AKTIVASI NETRON CEPAT(AANC)

---

Dwi Yulianti<sup>1</sup> Sunardi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fisika FMIPA UNNES <sup>2</sup>PTAPB BATAN Yogyakarta, email: yulifis04@yahoo.com

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi pencemaran logam pada sungai Kaligarang dengan metode Analisis Aktivasi Neutron Cepat (AANC). Metode AANC meliputi metode kualitatif dan kuantitatif. Hasil analisis kualitatif dapat diketahui bahwa air sungai Kaligarang Semarang mengandung unsur-unsur *Mg-24*, *Cu-63*, *Zn-65*, *Al-27*, *Fe-56*, *Si-28*, *K-41*, *Mn-55*, dan *P-31* serta unsur-unsur logam tersebut terdistribusi merata ke seluruh lokasi pengambilan cuplikan air dan sedimen sungai Kaligarang. Kadar unsur-unsur tersebut belum melebihi batas ambang .

**Kata kunci : logam, sungai, AANC**

## PENDAHULUAN

Sungai Kaligarang merupakan sungai terbesar di daerah kota Semarang, alirannya sepanjang daerah Ungaran, jembatan Kradenan Semarang, Tugu Soeharto Semarang, jl. Panjangan, muara dari Pasar Sampangan, muara dari Pasar BK dan Kimia Farma, sebelum pabrik Semarang Makmur, sebelum PDAM Kota Semarang, Petompon Semarang, Pleret Lemah Gempal Semarang. Berbagai kegiatan terdapat di sepanjang aliran sugai Kaligarang antara lain : perkampungan, pabrik dan industri, rumah makan, apotek, pertanian, perikanan memberikan kontribusi berbagai jenis polutan yang terbawa arus ke dalam aliran sungai Kaligarang, sebagian mengalami proses pengendapan bersama lumpur dalam sedimen. Dampak negatif dari pendirian pabrik/industri salah satunya adalah limbah hasil produksi dapat menimbulkan pencemaran, karena pabrik sering memanfaatkan sungai sebagai sarana untuk membuang limbah yang dihasilkan. Berdasar informasi dari Bapedal Propinsi Jawa Tengah (2008) ada 9 pabrik yang membuang limbahnya di Sungai Kaligarang, yaitu sebuah pabrik ubin, 2 pabrik tekstil, sebuah pabrik pipa, sebuah minyak goreng dan kosmetik, sebuah pabrik farmasi, sebuah pabrik keramik, sebuah pabrik baja siku, dan sebuah pabrik seng.

Pengotoran sungai oleh pengolahan limbah tak sempurna oleh pabrik dan industri dapat menyebabkan keracunan pada ikan dan manusia. Limbah dapat pula meresap ke dalam tanah dan

mencemari sumur penduduk. Pembuangan limbah yang mengandung logam-logam berat ke lingkungan sekitar, pada akhirnya sampai pada manusia melalui rantai makanan.

Ada beberapa macam metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi adanya unsur-unsur yang terdapat di Sungai yaitu metode kimia dan fisika. Metode AANC (Analisis Aktivasi Neutron Cepat) merupakan salah satu teknik analisis dengan cara membuat cuplikan menjadi radioaktif dengan diiradiasi neutron cepat yang dihasilkan oleh Generator Neutron (GN). Inti atom unsur-unsur yang berada dalam cuplikan akan menangkap neutron dan berubah menjadi radioaktif. Sinar- $\gamma$  yang dipancarkan oleh berbagai unsur dalam cuplikan dapat dianalisis dengan spektrometri- $\gamma$ . Analisis kualitatif dilakukan berdasarkan penentuan tenaga sinar- $\gamma$ , sedangkan analisis kuantitatif dilakukan dengan menentukan intensitasnya (Sunardi, 2007:17).

Tujuan penelitian adalah mengidentifikasi dan mengetahui pendistribusian dan kadar logam atau unsur lainnya pada cuplikan air dan sedimen sungai Kaligarang. Manfaat yang diharapkan adalah memberikan informasi bagi masyarakat tentang distribusi dan kadar logam pada sungai Kaligarang, memperoleh pengetahuan untuk menguji karakteristik unsur-unsur logam dalam limbah tertentu dengan menggunakan metode Analisis Aktivasi Neutron Cepat (AANC).

## **METODE**

Penelitian ini dilaksanakan di Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan (PTAPB) BATAN Yogyakarta, yang beralamatkan di jalan Babarsari PO BOX 1101 Yogyakarta.. Waktu penelitian Mei - Juli tahun 2009. Cuplikan air dan sedimen sungai Kaligarang diambil 10 titik sepanjang sungai, pengambilan cuplikan dilakukan dari Ungaran sampai Pleret sungai Banjir Kanal Barat. Kesepuluh titik lokasi tersebut adalah: Ungaran, jembatan Krad enan Semarang, Tugu Soeharto Semarang, Panjangan, muara dari pasar Sampangan, muara dari pasar BK dan Kimia Farma, sebelum pabrik Semarang Makmur, sebelum masuk PDAM, Petompon Semarang, dan Pleret.

Bahan berupa cuplikan air dan sedimen Sungai Kaligarang. Alat yang digunakan terdiri dari Sumber standar *Eu-152*, untuk kalibrasi efisiensi. *Foil activation standard Cu-63*, untuk menentukan fluks neutron dari Generator Neutron. *Foil activation standard Co-60, Ba-133*, dan *Cs-137* untuk kalibrasi energi. Standar *Zn, Mg, Cd, Fe, Si, Pb*, dan *Mn* untuk menghitung kadar cuplikan. Alat pengambilan cuplikan terdiri atas : ember plastik, gayung, botol plastik 1.5 liter. Alat preparasi cuplikan terdiri dari : beker gelas 1 liter, kompor listrik, *vial polyetilene*. Alat iradiasi cuplikan menggunakan akselerator Generator Neutron Sames J-25 Alat pencacah menggunakan seperangkat spektrometri gamma dengan spesifikasi sebagai berikut : detektor,

sumber tegangan tinggi (*HV*), *preamplifier*, *amplifier*, *MCA*, komputer alat pengukur waktu digunakan *stopwatch*. Desain dan alur penelitian disajikan pada gambar Gambar 1

### Analisis kualitatif

Analisis kualitatif dilakukan untuk mengetahui jenis isotop atau unsur-unsur apa saja yang terdapat dalam cuplikan air sungai Kaligarang Semarang. Penentuan jenis unsur ini dilakukan dengan menentukan puncak spektrum energi gamma cuplikan. Besarnya energi gamma tersebut dicocokkan dengan tabel isotop (*Neutron Activation Tables*). Energi gamma yang terpancar oleh suatu radionuklida akan menggambarkan sifat karakteristik dari radionuklida tersebut (Susetyo, 1998:68)

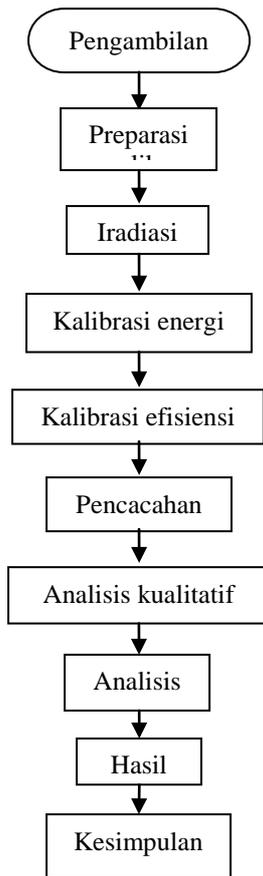
### Analisis kuantitatif

Analisis ini dilakukan dengan persamaan :

$$m = \frac{C B_A \ln 2}{N_A a \phi \sigma \varepsilon Y T_{1/2}} \times \frac{1}{(1 - e^{-\lambda t_a}) e^{-\lambda t_d} (1 - e^{-\lambda t_c})}$$

Menurut Tsoufanidis (1983: 35) ralat terhadap hasil hitungan fluks neutron ( $\phi$ ) dan kadar ( $m$ ) menggunakan ralat relatif terhadap pencacahan yang dilakukan pada cuplikan, dengan standar deviasi dari cacah  $C$  adalah  $\sqrt{C}$ , sehingga kesalahan relatif dari pencacahan  $C$  adalah :

$$\frac{\sqrt{C}}{C} = \frac{1}{\sqrt{C}}$$



**Gambar 1. Skema Penelitian**

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Kualitatif

Hasil analisis kualitatif unsur-unsur pada cuplikan air Sungai Kaligarang yang disajikan dalam tabel 1 ,

**Tabel 1. Data kualitatif unsur-unsur yang terkandung dalam cuplikan air**

No	Unsur	Lokasi									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Mg-24	-	-	-	-	-	√	-	-	√	-
2	Al-27	√	√	√	√	√	√	√	√	√	-
3	Si-28	√	√	√	√	√	√	√	-	-	√
4	P-31	√	√	√	√	√	√	√	-	-	√
5	K-41	√	√	-	-	√	-	√	√	√	-
6	Mn-55	-	-	-	-	√	√	√	-	-	-
7	Fe-56	√	√	√	√	√	√	√	√	√	-
8	Cu-63	√	√	√	√	√	√	√	-	√	√
9	Zn-65	√	√	√	√	√	√	√	-	√	√

## Analisis kuantitatif

Hasil dari analisis kuantitatif dapat dilihat dalam tabel 2 berikut ini :

**Tabel 2. Data kuantitatif unsur-unsur yang terkandung dalam cuplikan air**

Lokasi	Kadar (mg/l)								
	Mg-24	Al-27	Si-28	P-31	K-41	Mn-55	Fe-56	Cu-63	Zn-65
1	ttd	0.69	1.74	1.83	2.43	ttd	5.61	0.40	2.63
2	ttd	0.68	1.07	2.46	13.41	ttd	4.63	0.24	1.61
3	ttd	0.88	4.75	4.98	ttd	ttd	0.66	0.34	0.73
4	ttd	0.49	0.45	0.90	ttd	ttd	2.72	0.19	1.35
5	ttd	0.47	0.29	0.57	4.74	5.15	3.52	0.12	0.96
6	2.31	1.28	2.39	4.73	ttd	6.83	9.42	0.48	1.20
7	ttd	0.26	0.55	1.10	1.05	7.34	1.54	0.32	0.35
8	ttd	0.66	ttd	ttd	5.95	ttd	5.02	ttd	ttd
9	1.71	0.38	ttd	ttd	3.46	ttd	2.73	0.12	0.53
10	ttd	ttd	1.60	3.17	ttd	ttd	ttd	0.34	0.64

ttd = tidak terdeteksi

## Hasil Cuplikan sedimen

### Analisis kualitatif

Hasil analisis kualitatif pasa sedimen dsajikan pada tabel 3 dibawah ini:

**Tabel 3. Data Kualitatif unsur-unsur yang terkandung dalam cuplikan sedimen**

No	Unsur	Lokasi									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Al-27	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
2	Si-28	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
3	Mn-55	-	-	-	√	√	√	√	√	√	√
4	Fe-56	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
5	Cu-63	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
6	Zn-65	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Keterangan :

√ = terdeteksi

- = tidak terdeteksi

### Analisis kuantitatif

Hasil dari analisis kuantitatif dapat disajikan pada tabel 4.

**Tabel 4. Data kuantitatif unsur-unsur yang terkandung dalam cuplikan sedimen**

Lokasi	Kadar (ppm)					
	Al-27	Si-28	Mn-55	Fe-56	Cu-63	Zn-65

1	41.041,2	154.401	ttd	34.079,7	28,1	202,8
2	10.836,2	110.503	ttd	7468,7	21,3	171,8
3	46.371	100.887	tdd	33.875,5	41,3	260,5
4	11.575,3	81.558,1	tdd	13.247,7	52,2	370,3
5	52.256,7	61.784,4	tdd	32.940,3	33,9	216,6
6	44.830,1	72.239,2	408	32.589,6	44,6	317,1
7	15.731	23.457,7	387,8	25.783,3	19,3	140
8	14.875,8	21.964	278,4	11.490	7,5	52,2
9	15.731,1	29.447,9	227,3	12.595,1	43,4	73,3
10	11.972,7	20.440,2	168,1	9066,4	69,7	563

Keterangan:

ttd =tidak terdeteksi

## Pembahasan Cuplikan Air

Unsur *Si-28* terdeteksi paling tinggi terlihat pada lokasi 3, hal ini ini disebabkan karena letak titik pengambilan cuplikan yaitu berada di daerah sekitar sebelum pabrik seng, adanya unsur ini dimungkinkan karena adanya limbah-limbah yang berasal dari limbah rumah tangga (perkampungan), limbah industri kecil, limbah industri-industri berat. *Silikon* dapat dimanfaatkan untuk pelapis logam (*coating*); sebagai cairan hidrolik, *antifoam agent*: merawat kulit sebagai bahan anti air (diperuntukan kulit pada tekstil, bangunan batu dan preparat kosmetika). *Si-28* teridentifikasi di lokasi ini disebabkan oleh letak pengambilan cuplikan yang telah dikotori oleh limbah-limbah industri di sepanjang sungai Kaligarang. Hasil ini tak jauh beda dengan hasil penelitian Ayu (2007), karena selama dua tahun tak ada perkembangan pembangunan industri di wilayah tersebut

Besi adalah logam yang dihasilkan dari bijih besi, dan jarang dijumpai dalam keadaan unsur bebas serta besi merupakan salah satu unsur paling biasa di Bumi, membentuk 5% kerak Bumi. Kebanyakan besi ini hadir dalam pelbagai jenis oksida besi, seperti bahan galian hematit, magnetit, dan takonit. Sebahagian besar permukaan bumi dipercayai mengandungi aloi logam besi-nikel. Sekitar 5% daripada meteorit juga mengandungi aloi besi-nikel. *Fe-56* yang tertinggi dalam ditunjukkan pada lokasi 6, karena lokasi 6 merupakan muara sungai dari pasar BK dan Kimia Farma yang dimungkinkan banyak terjadi pencemaran oleh limbah-limbah industri dan limbah rumah tangga. Pendistribusian *Fe-56* yang lainnya di sepanjang sungai disebabkan industri yang berada sekitar sungai, seperti industri besi, seng, kayu, pipa. Menurut WHO standar air minum dengan syarat-syarat air minum dengan kandungan besi yang diperbolehkan 0.3-1 mg/liter, tetapi menurut Kepmen Kesehatan Indonesia 0.1-1 mg/liter. Jika dilihat pada tabel 2 maka kadar *Fe-56* sudah tidak diperkenankan lagi tetapi cuplikan ini masih berupa air baku untuk air minum dan belum diolah.

Kalium sering disebut *Potassium*, kadar unsurnyaterdeteksi cukup tinggi untuk setiap lokasi. Jumlah unsur *K-41* yang paling tinggi terdeteksi pada lokasi 2 yaitu jembatan Kradenan

Semarang, kemudian disusul oleh lokasi sebelum masuk ke PDAM sebagai sumber air baku air minum, muara sungai yang berasal dari pasar Sampangan, di daerah Petompon, dari gunung Ungaran, dan sebelum pabrik seng. Pendistribusian *K-41* di setiap lokasi tersebut disebabkan oleh pencemaran limbah-limbah yang berasal dari pabrik-pabrik industri baik yang ringan maupun berat, pertanian, dan perkampungan. Karena *K-41* dalam berbagai senyawa dan campuran digunakan sebagai rabuk, pembuatan sabun cair, sabun lunak, dan digunakan pada industri kaca serta dapat digunakan untuk bahan campuran obat.

Kadar *Cu-63* berkadar rendah tersebar merata pada setiap lokasi cuplikan. Hal ini dikarenakan oleh limbah-limbah yang dibuang ke sungai Kaligarang berasal dari industri-industri, perkampungan, rumah sakit, pertanian dan peternakan. Biasanya tembaga digunakan untuk jaring-jaring kawat listrik, pemanas listrik, sebagai campuran bahan pembuat uang logam, sebagai bahan campuran dalam pembuatan mesin-mesin industri kimia dan farmasi, serta untuk pemberantas hama. Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan RI No 907 Tahun 2002 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum, bahan kimia anorganik yang memiliki pengaruh langsung pada kesehatan kadar maksimum yang diperbolehkan untuk tembaga (*Cu*) sebesar 2 mg/liter serta berdasarkan bahan kimia anorganik yang kemungkinan dapat menimbulkan keluhan pada konsumen kadar maksimum yang diperbolehkan sebesar 1 mg/liter. Jadi kadar *Cu-63* dalam cuplikan air sungai Kaligarang Semarang masih diperkenankan.

Kadar cuplikan air untuk *Al-27* dalam jumlah yang rendah dan tersebar merata keseluruhan lokasi kecuali Pleret Sungai Banjir Kanal Barat. Nilai yang tertinggi pada lokasi muara sungai dari pasar BK dan Kimia Farma serta yang terendah pada lokasi sebelum pabrik seng. Ini semua kemungkinan dikarenakan pembuangan limbah-limbah yang berasal dari perkampungan (rumah tangga), peternakan, pertanian dan industri-industri baik berat maupun ringan sehingga kondisi sungai yang berbeda pula. Bila dibandingkan dengan nilai kandungan logam dalam air berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan RI No 907 Tahun 2002, kadar cuplikan air sungai Kaligarang sudah melebihi batas. Walaupun masih ditemukan, cuplikan air ini hanya berupa bahan baku air minum dan masih diolah lebih lanjut agar dapat memenuhi syarat-syarat air minum .

Setiap cuplikan air sungai Kaligarang terdapat kadar logam *Zn* kecuali pada lokasi sebelum masuk ke PDAM kota Semarang. Kadar *Zn* paling banyak terdeteksi pada lokasi Ungaran, karena lokasi tersebut adalah ujung dari lokasi-lokasi yang lainnya dan berasal dari gunung Ungaran. Pada lokasi-lokasi lain diperkirakan logam *Zn* berasal dari limbah industri yang ada di sekitar sungai Kaligarang, seperti limbah dari industri besi dan baja, industri kayu, industri obat, industri seng, dan limbah yang berasal dari rumah tangga sendiri.

Lokasi 6 merupakan lokasi titik pengambilan sampel pada muara sungai Kaligarang dengan sungai yang berasal dari limbah industri obat dan pasar BK menunjukkan kadar logam *Mg* tertinggi. Lokasi lainnya yang terdeteksi ialah lokasi di daerah Petompon, ini dimungkinkan karena letak titik pengambilan cuplikan air sungai Kaligarang yaitu setelah pabrik-pabrik industri yang membuang limbah ke sungai tersebut serta waktu pengambilan cuplikan yang berbeda. Hal ini juga dimungkinkan karena *Mg* digunakan untuk kesuburan tanah, garam pendingin, mencegah kebakaran, penyamak kulit, perekat kertas, pencelupan dan pencetakan pada pabrik tekstil, dan keramik serta digunakan pada bidang kedokteran dan farmasi.

Mangan terdapat dalam bentuk kompleks dengan bikarbonat, mineral dan organik. Unsur mangan pada "air permukaan" berupa ion bervalensi empat dalam bentuk organik kompleks. Pada "air permukaan" yang belum diolah ditemukan konsentrasi mangan rata-rata lebih dari 1 mg/liter, walaupun demikian dalam keadaan tertentu unsur mangan dapat timbul dalam konsentrasi besar dalam suatu tandon atau sungai pada kedalaman dan saat tertentu. Hal ini terjadi akibat adanya aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan dan mereduksi bahan organik dan mangan (IV) menjadi mangan (II) pada kondisi *hypolimnion* (kondisi adanya cahaya matahari). Tabel 2. menunjukkan bahwa lokasi 5 sampai lokasi 7 terdeteksi logam *Mn*, ini dikarenakan lokasi tersebut berada pada muara sungai dari pasar Sampangan, muara dari pasar BK dan Kimia Farma, sebelum pabrik seng dan di daerah tersebut terdapat warga yang menambang pasir di sekitarnya. Kadar yang tertinggi berada pada lokasi 7 yaitu sebelum pabrik seng dan di sekitar banyak masyarakat yang menambang pasir. Hal ini disebabkan oleh mangan sebagai pengering, katalisator pada pengecatan dan vernis, sebagai zat penghilang warna pada gelas, untuk baterai, sebagai zat pemutih, penghilang warna pada minyak, dan lain sebagainya. Konsentrasi mangan yang berlebihan dapat menyebabkan rasa pahit pada minuman dan meninggalkan noda kecoklat-coklatan pada pakaian. Keracunan kronis memberi gejala susunan syaraf : insomnia, kemudian lemah pada kaki dan otot muka seperti beku sehingga tampak seperti topeng, bila terpapar terus maka bicaranya lambat, monoton, terjadi *hyper-refleksi*, dan berjalan seperti penderita *parkinsonism*.

Logam *P-31* tersebar merata di seluruh lokasi cuplikan kecuali lokasi 8 dan 9, ini dikarenakan sepanjang sungai Kaligarang terdapat pabrik-pabrik industri yang membuang limbahnya. Limbah industri diperkirakan berasal dari pabrik obat dan pabrik besi. Selain berasal dari pabrik industri, dimungkinkan juga berasal dari limbah apotek, rumah sakit, maupun rumah tangga serta pertanian dan peternakan. Hal ini dikarenakan *phosphorous* sebagai bahan tambahan pembuat obat, bahan pembersih, penyubur tanah, insektisida, makanan tambahan pada hewan ternak, dan sebagai bahan pelapis pada permukaan logam. Walaupun demikian, *phosphorous* juga

bermanfaat untuk kehidupan sehari-hari antara lain untuk metabolisme, fotosintesis, fungsi saraf, aktivitas otot, pembentukan asam nukleat dan untuk pembentukan RNA serta DNA. (Gabriel, 2001: 62). Hasil penelitian pada cuplikan air ini tak jauh beda dengan hasil penelitian Purwandani (2007), karena selama dua tahun tak ada perkembangan pembangunan industri di wilayah tersebut

### **Pembahasan Cuplikan sedimen**

Unsur *Al-27* pada sedimen terlihat bahwa unsur ini tersebar merata pada lokasi pengambilan sample, unsur ini selain berasal dari limbah buangan juga berasal dari alam. Kadar pada lokasi 1 lebih tinggi dari pada lokasi 2. hal tersebut diakibatkan pada lokasi 1 merupakan awal pertemuan limbah tekstil dari aktivitas produksi yang ada di Ungaran dan lokasi ini dekat dengan area persawahan. Kadar *Al-27* juga terlihat tinggi pada lokasi 6 yaitu lokasi pembuangan limbah dari pasar BK dan limbah obat. Sedangkan pada lokasi yang lain mempunyai kadar rata-rata kecil. Pada Tabel 4. terlihat bahwa distribusi unsur *Al-27* terendah terdapat pada lokasi 2 (jembatan Kradenan Semarang). Lokasi ini menjadi lokasi terendah dikarenakan pada lokasi ini tidak ada aktivitas produksi atau pabrik. Pada lokasi 5 (Muara Sampangan), unsur ini mempunyai kadar yang paling tinggi dikarenakan daerah tersebut merupakan kumulatif pembuangan limbah dari pasar Sampangan Semarang yang muaranya di sungai Kaligarang. Daerah ini juga menjadi pusat pembuangan limbah rumah tangga yang berada pada sekitar aliran sungai. Menurut tabel acuan referensi *sceening* tentang baku mutu sedimen maka pada lokasi 1, 3, 5, 6 mempunyai kadar kandungan logam melebihi nilai baku mutu yaitu 30000 ppm. Hal tersebut memungkinkan bahwa unsur logam ini berpotensi untuk memberikan kontribusi sebagai sumber pencemar. Tapi dalam hal ini unsur *Al-27* bukan merupakan unsur yang beracun maka aman dalam penggunaannya.

Distribusi unsur *Si-28* pada lokasi 1,3,4,5 dan 6 mempunyai nilai kadar yang tinggi ini dikarenakan pada sekitar lokasi tersebut banyak terdapat pabrik misalnya lokasi 1 yaitu pabrik yang menghasilkan limbah besi atau dari lokasi 6 yang dekat pabrik pembuatan obat. Pada lokasi 7 sampai lokasi 10 mempunyai kondisi tanah yang berlumpur dan kondisi sungai yang cukup dalam, menyebabkan nilai kadar yang rendah. Kadar tertinggi adalah lokasi Ungaran mempunyai kondisi sungai yang berbatu dan berpasir. Pasir mempunyai rumusan kimia yaitu senyawa silica ( $SiO_2$ ). Kadar terendah terletak pada lokasi 3 (Tugu Soeharto), ini disebabkan pada daerah tersebut tidak ada kegiatan produksi. Disamping itu *Si-28* juga dapat berasal dari limbah rumah tangga. Menurut tabel acuan *sceening* tentang baku mutu sedimen maka pada unsur *Si-28* belum melebihi nilai baku mutu yaitu 200000 ppm (Nargolwalla, 1973), jadi keberadaan unsur *Si-28*

masih dikatakan dalam batas kewajaran dan mempunyai potensi yang kecil dalam pencemaran lingkungan

Unsur *Mn-55* pada sedimen terdapat pada lokasi 6 sampai lokasi 10 dengan nilai kadar yang rendah. Sedangkan pada lokasi 1 sampai lokasi 5 tidak terdeteksi, hal ini dimungkinkan karena lokasi tersebut mempunyai kadar yang relatif sangat kecil. Logam ini kebanyakan berasal dari limbah pabrik obat. Kadar tertinggi ada pada lokasi 6 (muara dari pasar BK dan pabrik Farmasi) karena pada lokasi ini merupakan lokasi pembuangan limbah dari pabrik pembuat obat. *Mn-55* dalam obat mempunyai bentuk senyawa  $KMnO_4$  yaitu sebagai desinfektan luka dan obat kumur. Unsur ini mempunyai kadar menurun pada tiap lokasi dikarenakan unsur ini telah melalui aliran got sebelum masuk sungai. Menurut tabel referensi *sceening* tentang baku mutu sedimen, unsur ini belum melebihi nilai baku mutu yaitu 1100 ppm.

Hasil analisis kuantitatif kandungan unsur logam *Fe-56* tersebar merata diseluruh lokasi pengambilan. Sumber utama logam *Fe-56* diduga berasal dari pasir besi yang secara alami sudah ada pada dasar sungai yang berupa pelapukan batuan yang mengandung unsur tersebut. Kadar pada lokasi 1,3,5 dan 6. pada lokasi 3 yang merupakan pertemuan 2 titik sungai besar dan disekitarnya banyak tempat pemukiman warga. Sedangkan pada lokasi 1, lokasi 5 dan lokasi 6 merupakan titik awal pembuangan dari limbah hasil produksi pabrik maupun pasar. Pada lokasi yang lain terdapat unsur ini dengan nilai kadar rendah. Unsur ini mempunyai kadar tertinggi pada lokasi 1, karena lokasi tersebut merupakan titik awal penerimaan limbah buangan dari pabrik penghasil besi. Sedangkan kadar terendah terdapat pada lokasi 2 (jembatan Kradenan Semarang) ini dikarenakan pada lokasi tersebut dekat dengan pemukiman warga yang tidak ada proses produksi. Menurut tabel referensi *sceening* tentang baku mutu sedimen unsur ini mempunyai nilai lebih kecil dari baku mutu yaitu sebesar 40000 ppm. ( Nargolwalla,1973)

*Fe-56* ditemukan dalam bentuk kation ferro ( $Fe^{2+}$ ) dan ferri ( $Fe^{3+}$ ). Pada perairan alami dengan pH sama dengan 7 dan kadar oksigen terlarut cukup tinggi, ion ferro bersifat mudah larut menjadi ion ferri. Besi biasanya mempunyai sifat yang kuat dan bermagnet. *Fe-56* banyak ditemukan dalam bentuk mineral dan batuan. Besi juga banyak digunakan untuk bahan bangunan, bahan celupan magnet dan amplas besi.

Unsur *Cu-63* pada sedimen terlihat pada Tabel 4 terdapat pada semua lokasi. Hal ini menunjukkan bahwa selain dari bahan pencemar, logam *Cu-63* juga sudah ada di alam. Kadar logam tertinggi berada pada lokasi 10 (Pleret), yaitu sebagai komulatif dari titik lokasi sebelumnya. Pada lokasi 8 (sebelum Semarang Makmur) merupakan lokasi terendah, ini dimungkinkan hanya sedikit limbah dari area persawahan yang masuk pada aliran tersebut. Selain

sudah ada di alam, sumber pencemar *Cu-63* kebanyakan diduga berasal dari limbah rumah tangga.

Menurut tabel referensi *sceening* tentang baku mutu sedimen maka pada lokasi 10 mempunyai kadar kandungan logam melebihi nilai baku mutu yaitu 68 ppm. Ini berarti unsur logam ini berpotensi untuk memberi kontribusi sebagai sumber pencemar yaitu dalam jumlah yang kecil. Keracunan tembaga pada manusia menimbulkan dampak seperti kerusakan otak, demyelinasi, penurunan fungsi ginjal dan pengendapan tembaga dalam kornea mata.

Unsur *Zn-65* pada sedimen tersebar merata diseluruh titik lokasi meskipun dalam jumlah kecil. Lokasi tertinggi berada di lokasi 10 (Pleret), lokasi ini sebagai lokasi komulatif pada aliran tersebut dan unsur ini dimungkinkan dari limbah buangan dari pabrik pembuat seng. Sedangkan kadar terendah pada lokasi 8 (sebelum pabrik Semarang Makmur), hal tersebut dimungkinkan hanya sedikit limbah yang masuk pada lokasi tersebut. Menurut tabel referensi ( Nargolwalla,1973) *sceening* tentang baku mutu sedimen maka pada lokasi 10 mempunyai kadar kandungan logam melebihi nilai baku mutu yaitu 520 ppm. Hal tersebut perlu dilakukan penanganan yang lebih lanjut untuk mengurangi nilai kadar unsur logam agar tidak berbahaya bagi kelangsungan hidup. Unsur ini biasanya terdapat pada lapisan bumi atau kerak bumi. Penggunaan seng biasanya untuk membentuk alloy atau melapisi logam, misalnya logam besi atau baja dengan tujuan untuk mencegah korosif. Unsur ini merupakan unsur yang beracun tapi apabila dalam kadar yang rendah unsur tersebut dapat digunakan.

## **SIMPULAN DAN SARAN**

### **Simpulan**

Metode Analisis Aktivasi Neutron Cepat (AANC) sangat efektif dipergunakan untuk mengetahui unsur-unsur logam berat yang terkandung di dalam cuplikan maupun untuk kadar unsur-unsur logam berat. Hasil analisis kualitatif air sungai Kaligarang Semarang mengandung unsur-unsur *Mg-24*, *Cu-63*, *Zn-65*, *Al-27*, *Fe-56*, *Si-28*, *K-41*, *Mn-55*, dan *P-31* serta unsur-unsur logam tersebut terdistribusi merata ke seluruh lokasi pengambilan cuplikan air sungai Kaligarang Semarang. Hasil analisis kuantitatif diketahui kadar kandungan unsur-unsur logam yang terdeteksi pada cuplikan air sungai Kaligarang Semarang mulai dari 0.12 mg/liter sampai dengan 13.41 mg/liter dan kadar dari unsur-unsur tersebut belum melebihi batas ambang yang telah ditetapkan pemerintah dalam Surat Keputusan Menteri Kesehatan RI No 907 Tahun 2002.

Sedimen sungai Kaligarang mengandung unsur, *Al-27*, *Si-28*, *Mn-55*, *Fe-56*, *Cu-63*, *Zn-65*. Analisis kuantitatif dapat diketahui kadar unsur yang terdeteksi dari sampel sedimen sungai Kaligarang dengan nilai rentang sebagai berikut: *Al-27* (11.675,3-42.041,24) ppm, *Si-28* (20.540,2-156.401,1) ppm, *Mn-55* (167,1-406) ppm, *Fe-56* (7.466,7-34.089,7) ppm, *Cu-63*(7,6-69,8) ppm, *Zn-65* (52,7-568) ppm.

## **Saran**

Pembangunan dibidang industri terus berkembang oleh karena itu pemantauan pencemaran setiap saat harus dilakukan untuk memantau tingkat pencemaran di sungai kaligarang melalui cuplikan sedimen dan air, sehingga penelitian sejenis secara periodik harus dilakukan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Anggraeni, Dyah. 2007. Analisis Aktivasi Neutron Cepat Untuk Penentuan Distribusi Logam Pada Cuplikan Sedimen Sungai Kaligarang Semarang. Skripsi tidak dipublikasikan. Semarang: UNNES
- Gabriel, J.F. 2001. *Fisika Lingkungan*. Jakarta: Hipokrates.
- Purwandani, Ayu Setyo. 2007. Analisis Aktivasi Neutron Cepat Untuk penentuan distribusi Logam Pada Cuplikan Air Sungai Kaligarang Semarang. Skripsi tidak dipublikasikan. Semarang: UNNES.
- Sastrawijaya, T.A. 1991. *Pencemaran Lingkungan*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Sunardi, ST. 2007. *Petunjuk Praktikum Generator Neutron*. Yogyakarta: PTAPB BATAN.
- Susetyo, W. 1988. *Spektrometri Gamma dan Penerapannya dalam Analisis Pengaktifan Neutron*. Yogyakarta: UGM-Press.