

ANALISIS PENGAKTIFAN NETRON Hg, As, Sb DAN Se DALAM CUPLIKAN AIR PERMUKAAN SETELAH KOPRESIPITASI MENGUNAKAN DIBENSILDITIOKARBAMAT

Achmad Hidayat, Dadang Supriatna dan Ai Sutarsih
Pusat Penelitian Teknik Nuklir - Badan Tenaga Atom Nasional

ABSTRAK

ANALISIS PENGAKTIFAN NETRON Hg, As, Sb DAN Se DALAM CUPLIKAN AIR PERMUKAAN SETELAH KOPRESIPITASI MENGGUNAKAN DIBENSILDITIOKARBAMAT Kopresipitasi didasarkan pada pembentukan kompleks logam dengan kopresipitan. Dibensilditiokarbamat(DBDTK) digunakan untuk membentuk kompleks dengan Hg, As, Sb dan Se. Pembentukan kompleks yang optimum dicapai pada pH = 2 dengan 10 mg DBDTK. Kompleks logam - DBDTK(endapan) disaring dan dicuci dengan asam nitrat 0,01 N. Unsur-unsur yang terikat pada endapan ditentukan dengan analisis pengaktifan netron(APN). Perolehan Hg, As dan Se memberikan hasil yang kuantitatif, sedangkan perolehan Sb tidak kuantitatif. Hasil analisis cuplikan air sungai Cikapundung menunjukkan, baku mutu tiga cuplikan untuk parameter Hg berada pada batas maksimum yang diperbolehkan, sedangkan tujuh cuplikan lain melewati batas maksimum yang diperbolehkan untuk golongan B. Di pihak lain kandungan As dan Se berada jauh di bawah batas maksimum yang diperbolehkan untuk golongan B.

ABSTRACT

NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS OF Hg, As, Sb AND Se IN SURFACE WATER SAMPLES AFTER COPRECIPITATION USING DIBENZYL DITHIOCARBAMATE. Coprecipitation is based on the formation of a metal complex with the coprecipitating. Dibenzyl dithiocarbamate (DBDTC) is used to form complexes with Hg, As, Sb and Se. The optimum complex formation is attained at pH = 2 using 10 mg DBDTC. Metal - DBDTC complex (precipitate) is filtered and washed using 0.01 N nitric acid. The element content in the precipitate are determined by neutron activation analysis(NAA). Recovery of Hg, As and Se are quantitative, whereas that of Sb is not. The analysis results of Cikapundung river water indicate that the standard quality of three samples is within tolerable limits for group B, whereas the other seven samples exceed the tolerable maximum level for group B. On the other hand, the arsenic and the selenium element content in all samples are much lower than the tolerable maximum level for group B.

PENDAHULUAN

Analisis pengaktifan netron(APN) mempunyai kepekaan tinggi dalam menentukan unsur runtuhan, serta dapat menentukan unsur-unsur tersebut secara serentak (1). Akan tetapi jika kita akan menentukan unsur runtuhan secara langsung dalam cuplikan air agak sulit dilaksanakan. Kandungan Na dan Br yang tinggi dalam air akan menghasilkan latar belakang yang tinggi. Hal ini akan menutupi spektrum unsur lain yang mempunyai waktu paruh pendek(1). Untuk menentukan unsur runtuhan yang mengandung Na dan Br tinggi, diperlukan proses pemisahan agar unsur-unsur tersebut tidak mengganggu analisis(2). Salah satu cara pemisahan yang banyak digunakan adalah teknik prekonsentrasi.

Prekonsentrasi adalah memekatkan unsur (analit) yang diinginkan yang berasal dari sejumlah volume yang besar (3). Teknik prekonsentrasi yang dipilih pada penelitian ini adalah kopresipitasi menggunakan dibensilditiokarbamat (DBDTK). Kopresipitasi ini mula-mula diperkenalkan oleh Linder dkk. untuk prekonsentrasi logam-logam berat, yang didasarkan pada pengendapan pereaksi dan pembentukan kompleks khelat antara logam dengan endapan (4). Karena Na dan Br tidak dapat membentuk kompleks, maka dengan mudah dapat dibebaskan dari endapan melalui pencucian. Unsur-unsur yang terikat pada endapan DBDTK ini selanjutnya ditentukan dengan analisis pengaktifan netron.

Penelitian ini dilakukan dengan maksud untuk mempelajari dan menguasai teknik kopresipitasi sehingga dapat digunakan untuk analisis air. Unsur-unsur yang ditentukan dalam penelitian ini adalah As total(III/V), Hg, Sb dan Se. Kondisi optimum percobaan ditentukan menggunakan perunut sebelum analisis cuplikan dilaksanakan. Khusus untuk penentuan As total dilakukan proses reduksi dari As (V) menjadi As(III). Hal ini dilakukan karena yang dapat berikatan dengan DBDTK adalah As valensi tiga (7). Proses reduksi dilakukan dengan penambahan larutan KI 20% dan Natriumtiosulfat 25%.

Mengingat kandungan unsur yang ditentukan sangat rendah (ng/ml), maka perlakuan terhadap cuplikan selama kopresipitasi dijaga agar tidak terkontaminasi. Penyimpanan dan perlakuan terhadap cuplikan dikerjakan dalam wadah polietilen di dalam ruangan bebas debu. Pereaksi yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai kemurnian yang cukup tinggi untuk menghindari blangko yang tinggi.

Kondisi percobaan diperoleh dengan menentukan kondisi pH dan jumlah DBDTK yang optimum. Perolehan (recovery) unsur-unsur ditentukan dengan menggunakan perunut radioaktif ^{203}Hg , ^{124}Sb , ^{76}Se dan standar Titrisol. Perunut Hg, Se dan Sb semuanya dibuat di PPTN dengan melakukan iradiasi HgO, Sb_2O_5 dan logam Se selama satu periode operasi reaktor. Pembuatan perunut ^{76}As tidak dilakukan karena hasil pengaktifan As dengan neutron termal akan menghasilkan ^{76}As yang mempunyai waktu paruh pendek (26,3 jam). Oleh karena itu, penentuan perolehan menggunakan ^{76}As tidak dapat dilaksanakan.

BAHAN DAN PERALATAN

Bahan yang digunakan

- Air yang digunakan untuk menyiapkan/membuat larutan pereaksi dan standar diperoleh dari Bidang Reaktor PPTN dengan daya hantar sebesar $4 \mu\text{s}$
- Asam nitrat 65% , 1 M dan 0,01 M p.a E.Merck
- Amonium hidroksida 28% dan 2 M ACS
- Asam klorida 1M p.a E. Merck
- Natrium tiosulfat 25% s.p E. Merck
- Kalium Iodida 20 % p.a E. Merck
- Dibensilditiokarbamat (DBDTK) 1% Fluka, Larutan ini selalu dibuat baru setiap akan digunakan

- Larutan standar Hg, As, Sb dan Se Titrisol E Merck
- ^{203}Hg dibuat dengan mengiradiasi 0,03907 g HgO, didinginkan satu minggu dan dilarutkan dengan asam nitrat encer hingga 100 ml dalam labu takar(larutan stok). Dari larutan stok diambil 5 ml dan diencerkan dengan asam nitrat 1M hingga 100 ml. ^{124}Sb dibuat dengan mengiradiasi 0,04855 g Sb_2O_5 selama 1 periode operasi, didinginkan 1 minggu dilarutkan dengan NH_4OH dan dinetralkan dengan HNO_3 encer hingga 100 ml. Dari larutan stok ini diambil 10 ml dan diencerkan hingga 100 ml dengan HNO_3 encer. ^{76}Se dibuat dengan mengiradiasi 0,0062g logam Se, didinginkan 1 minggu dan dilarutkan dengan asam nitrat pekat sambil dipanaskan hingga hampir kihat di atas pemanas NUOVA II. Setelah dingin diencerkan dengan HNO_3 1 M hingga 100 ml. Dari larutan stok ini diambil 25 ml dan diencerkan hingga 100 ml.
- Kertas saring membran yang digunakan mempunyai diameter pori-pori $0,45 \mu\text{m}$ (Millipore)
- Wadah yang digunakan : beaker, gelas ukur, vial dan wadah untuk iradiasi adalah polietilen. Pinset terbuat dari senyawa poli- amid.

Alat yang digunakan

- pH meter, Hanna Instrument.
- Pengaduk magnet, NUOVA II dengan stirring bar.
- Seal device, tanpa merk
- Satu unit Spektrometer γ , penganalisis multi saluran dari Tennelec dilengkapi dengan perangkat lunak PCA II
- Antlia Pressure Filtration System, Schleicher & Schull.

TATAKERJA

Preparasi cuplikan

Penyiapan cuplikan, pereaksi dan seluruh proses prekonsentrasi dilaksanakan di dalam ruangan bebas debu. Cuplikan air yang digunakan untuk analisis diambil dari sungai Cikapundung Bandung. Untuk memudahkan, pengambilan cuplikan dilakukan dari atas jembatan. Lokasi pengambilan adalah jembatan jalan Siliwangi, jembatan jalan Kebon Sirih, di belakang Gedung Merdeka, jembatan jalan Pasar Ancol, jembatan jalan Lengkong Besar (dekat Universitas Pasundan), jembatan jalan Sasak Gan-

tung, jembatan jalan Dalem Kaum, jembatan jalan BKR, jembatan di komplek perumahan Pasirluyu dan jembatan jalan Soekarno-Hatta (depan kantor Sumber Daya Mineral). Pengambilan cuplikan yang terakhir dilakukan pada tanggal 14 April 1993 sedangkan pengambilan di jembatan jalan Siliwangi dan di belakang gedung Merdeka dilaksanakan pada tanggal 14 Oktober 1992. Cara pengambilan cuplikan dilakukan dengan menggunakan botol polietilen (p.e) yang diikat dengan benang dan ditambahkan pemberat agar botol cepat terisi penuh. Cuplikan air diambil sebanyak 1 liter dan disaring menggunakan kertas saring Whatman 42. Cuplikan hasil penyaringan disimpan dalam botol polietilen dan ditambahkan 30 ml HNO_3 untuk menjaga kestabilan kandungan unsur dalam cuplikan (1).

Preparasi standar

Larutan standar Hg, As, Sb dan Se dibuat dengan mengencerkan larutan stok (1000 $\mu\text{g}/\text{ml}$). Larutan standar ini dibuat dalam bentuk campuran hingga diperoleh konsentrasi akhir 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$. Dari larutan standar campuran ini dipipet sebanyak 100 l dan diteteskan pada kertas saring membran dalam vial p.e.. Standar dalam vial lalu dikeringkan pada temperatur kamar kemudian ditutup (heat sealed) menggunakan batang kuarsa yang dipanaskan. Standar campuran ini masing-masing mengandung Hg, As, Sb dan Se sebanyak 1 μg .

Penentuan kondisi percobaan

Sebelum penentuan unsur dilaksanakan maka perolehan unsur tersebut diselidiki terlebih dahulu. Untuk mencapai maksud ini dilakukan studi dengan perunut radioaktif. Perunut yang digunakan adalah ^{203}Hg dengan konsentrasi Hg = 18 $\mu\text{g}/\text{ml}$, ^{124}Sb dengan konsentrasi Sb = 20,2 $\mu\text{g}/\text{ml}$ dan ^{76}Se dengan konsentrasi Se = 15,5 $\mu\text{g}/\text{ml}$. Penentuan perolehan dengan perunut arsen tidak dilakukan karena hanya tersedia ^{76}As yang waktu paruhnya 26,3 jam.

Penentuan pH optimum dilakukan dengan kopresipitasi pada pH :1, 2, 3, 4, 5 dan 6. Dari masing-masing perunut di atas dipipet 100 μl dan ditambahkan ke dalam 100 ml air bebas mineral dan dilakukan kopresipitasi. Endapan yang terbentuk dimasukkan ke dalam wadah pencacah (counting vial). Perbandingan dibuat dengan memipet 100 μl perunut ^{203}Hg , ^{124}Sb dan ^{76}Se lalu diteteskan pada kertas saring

membran dalam wadah pencacah dan dibiarkan kering. Perolehan unsur dihitung dengan membandingkan keaktifan pada endapan perunut terhadap keaktifan pembanding.

Penentuan jumlah DBDTK optimum dilakukan dengan kopresipitasi standar Titrisol Hg, As, Sb dan Se dengan variasi jumlah DBDTK. 100 ml air bebas mineral ditambah 100 μl standar campuran Hg, As, Sb dan Se masing-masing 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$. Larutan standar tersebut dikopresipitasi dengan 2 mg, 5 mg, 10 mg dan 20 mg DBDTK. Kopresipitasi dilakukan dengan penambahan larutan KI 20 % dan natrium tiosulfat 25 %. Endapan disaring dan dicuci dengan tiga kali 10 ml asam nitrat 0,01 N.

Kopresipitasi

Cuplikan

Cuplikan air dipipet sebanyak 100 ml kemudian dipindahkan ke dalam beaker polietilen (p.e) 250 ml. Cuplikan diatur pH nya dengan penambahan asam nitrat dan ammonia hingga pH = 2 sambil dilakukan pengadukan menggunakan pengaduk magnet. Untuk penentuan Hg, cuplikan langsung ditambah 1 ml DBDTK 1 % dalam metanol (tanpa reduksi). Endapan disaring dengan kertas saring membran 0,45 m menggunakan Antlia Pressure Filtration System, lalu dicuci dengan 3 x 10 ml asam nitrat 0,01 N. Untuk penentuan As, Sb dan Se cuplikan yang telah diatur pH nya ditambah 1 ml larutan KI 20 % dan 1 ml larutan natrium tiosulfat 25 % serta diaduk selama 20 menit. Ke dalam larutan cuplikan ditambah 1 ml larutan DBDTK 1 % dalam metanol dan diaduk selama 1 menit. Endapan yang terbentuk dibiarkan sedikitnya 5 menit sebelum penyaringan. Endapan dipindahkan ke dalam wadah (vial) p.e dan ditutup dengan batang kuarsa yang dipanaskan.

Blangko

Untuk mengetahui adanya gangguan dari blangko dilakukan analisis pada air dan pereaksi yang digunakan. 100 ml air bebas mineral ditambah 1 ml larutan KI 20 % dan 1 ml natrium tiosulfat 25 %, selanjutnya dilakukan kopresipitasi seperti di atas.

Analisis SRM (Standard Reference Materials)

Untuk menguji ketelitian dilakukan analisis terhadap standar material Open Ocean Sea Water NASS-3. Dua puluh lima ml standar material NASS-3 ditambah 1 ml larutan KI 20 %

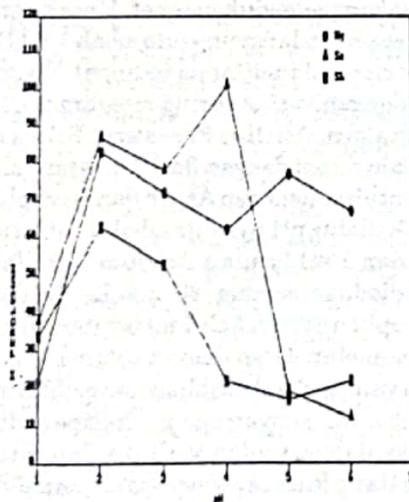
dan 1 ml natrium tiosulfat 25 %, selanjutnya dilakukan kopresipitasi seperti di atas.

Iradiasi cuplikan dan standar

Dua cuplikan dan satu standar (1 seri) ditempatkan pada satu posisi yang sama dalam wadah iradiasi dari p.e. Satu wadah iradiasi diisi dua seri cuplikan dan standar. Cuplikan serta standar diiradiasi di reaktor PPTN selama satu periode operasi (Rabu hingga Jumat). Cuplikan serta standar yang telah diiradiasi dibiarkan meluruh selama dua hari, kemudian dicacah selama 2000 detik untuk pengukuran ^{197}Hg , ^{76}As dan ^{122}Sb . Pengukuran ^{76}Se dilakukan setelah peluruhan kurang lebih satu minggu. Perhitungan dilakukan dengan membandingkan keaktifan unsur dalam cuplikan terhadap unsur standar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

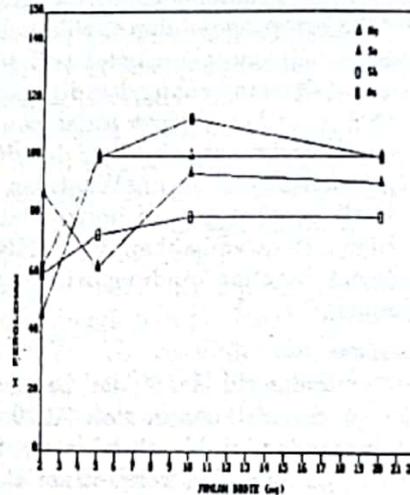
Hasil penentuan pH optimum ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Penentuan pH optimum

Dari gambar tersebut disimpulkan bahwa besarnya perolehan unsur tergantung pada pH percobaan. Semakin tinggi pH, semakin rendah perolehan. Hal ini mungkin terjadi karena pada pH tinggi As, Sb dan Se dalam air terdapat sebagai anion. Pada pH > 7,2 As(V) terdapat sebagai HAsO_4^{2-} , dan pada pH di bawahnya terdapat sebagai H_2AsO_4^- (5). Begitu pula Se(VI) di atas pH 6,6 stabil dalam bentuk SeO_3^{2-} (5). Senyawa anion ini sukar membentuk kompleks khelat dengan DBDTK.

Penentuan jumlah DBDTK optimum ditentukan dengan kopresipitasi Hg, Se, Sb dan As (Gambar 2). 10 mg DBDTK cukup digunakan untuk kopresipitasi agar mendapatkan perolehan yang tinggi.



Gambar 2. Penentuan pH optimum jumlah DBDTK optimum

Perolehan Hg, Se, Sb dan As selanjutnya dilakukan pada pH = 2 dengan 10 mg DBDTK. Hasil percobaan ditunjukkan pada Tabel 1. Tabel 1. Perolehan Hg, Se, Sb dan As pada pH=2

Cuplikan	% Perolehan			
	Hg	Se	Sb	As
Perunut	107±1,4	120±10	23,6±4,8 67,7±0,4*	-
Standar	100,5±2,1	98,8±3,1	29,3±7,6 78,7±25,7	70±1,4 100,3±5,7*

Keterangan:
* = dengan reduksi

Percobaan menunjukkan hasil yang kuantitatif untuk Hg dan Se (std Titrisol). Percobaan dengan perunut ^{203}Hg dan ^{76}Se menunjukkan hasil yang agak tinggi. Hal ini mungkin adanya kontaminasi dari satu penentuan ke penentuan yang lain. Perolehan As dengan reduksi menunjukkan hasil yang kuantitatif, sedangkan tanpa reduksi menunjukkan hasil tidak kuantitatif. Perolehan As tanpa reduksi (70 ± 1,4 %) mungkin disebabkan sebagian As terdapat sebagai As(V). Perolehan Sb dengan reduksi juga tinggi dibandingkan dengan tanpa reduksi, akan

tetapi tidak kuantitatif, oleh karena itu Sb tidak ditentukan dalam cuplikan.

Hasil analisis cuplikan air sungai Cikapundung ditunjukkan pada Tabel 2. Tiga buah cuplikan yang diambil dari bawah jembatan Jl. Siliwangi, belakang Gedung Merdeka dan kompleks Pasir Luyu memberikan kandungan Hg pada daerah maksimum yang diperbolehkan untuk baku mutu air golongan B; 0,001 mg/l.

bahkan di bawah baku mutu air golongan A (Gambar 3). Ketentuan tentang baku mutu air diambil dari KEPUTUSAN MENTERI NEGARA KEPENDUDUKAN DAN LINGKUNGAN HIDUP NOMOR: KEP-02/MENKLH/1/1988 TENTANG PEDOMAN PENETAPAN BAKU MUTU LINGKUNGAN.

Kadar unsur pada cuplikan ini hanya menggambarkan distribusi unsur yang ada

Tabel 2. Hasil analisis Hg, As dan Se dalam 100 ml air sungai Cikapundung pada pH=2

Lokasi pengambilan cuplikan	Kandungan unsur (ng/ml)		
	Hg	As	Se
Jalan Siliwangi	1,20 ± 0,3	ttd	ttd
Jalan Kebon Sirih	21,8 ± 0,4	0,13 ± 0,04	ttd
Belakang Gedung Merdeka	1,30 ± 0,1	ttd	ttd
Jalan Dalem Kaum	6,90 ± 1,6	ttd	ttd
Jalan Sasak Gantung	9,30 ± 0,6	0,31 ± 0,16	ttd
UNPAS (Jalan Lengkong)	2,30 ± 0,1	ttd	ttd
Pasar Ancol	2,30 ± 1,4	7,10 ± 5,90	ttd
Jalan BKR	5,40 ± 1,3	0,75 ± 0,53	0,93 ± 0,5
Kompleks Pasir Luyu	1,30 ± 0,4	1,40 ± 1,60	ttd
Sumber Daya Mineral	3,40 ± 0,7	0,61 ± 0,06	ttd

Keterangan: ttd = tidak terdeteksi

Dua buah cuplikan yang diambil dari bawah jembatan Jl. Lengkong dekat UNPAS dan Pasar Ancol Memberikan kandungan Hg pada daerah maksimum yang diperbolehkan untuk baku mutu air golongan C, 0,002 mg/l(Tabel 3).

pada saat itu. Pada tahap ini, analisis unsur runutan dalam cuplikan air sungai Cikapundung bertujuan untuk menajagi kemampuan teknik analisis pengaktifan netron.

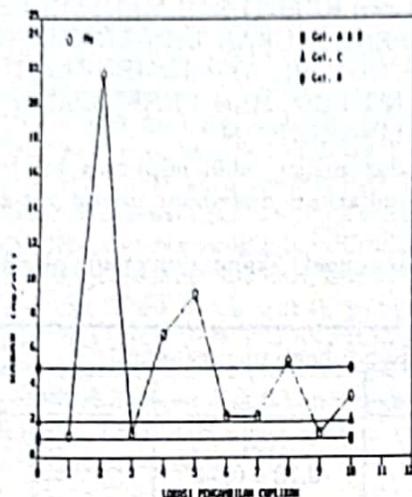
Tabel 3. Kutipan Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan (KEP-02/MENKLH/1/1988).

Parameter	Satuan	Batas maksimum yang diperbolehkan			
		Golongan A	Golongan B	Golongan C	Golongan D
Raksa (Hg)	mg/l	0,001	0,001	0,002	0,005
Arsen (As)	mg/l	0,05	0,05	1	1
Selenium (Se)	mg/l	0,01	0,01	0,05	0,05

Satu cuplikan yang diambil dari sungai Cikapundung yang memotong jalan BKR memberikan kandungan Hg pada daerah maksimum yang diperbolehkan untuk baku mutu air golongan D, 0,005 mg/l(Tabel 3). Tiga buah cuplikan yang diambil dari bawah jembatan daerah kebon Sirih, Dalem Kaum dan Sasak Gantung menunjukkan kandungan Hg melewati batas yang diperbolehkan untuk baku mutu air golongan D. Di pihak lain kandungan As dan Se berada jauh di bawah batas maksimum yang diperbolehkan untuk baku mutu air golongan B,

Pada analisis terhadap blanko ditemukan Hg pada ketiga cuplikan, As terdapat pada satu cuplikan sedangkan Se tidak terdeteksi (Tabel 4). Gangguan unsur-unsur tersebut dapat ditekan jika menggunakan air dan pereaksi dengan kemurnian lebih tinggi (Suprapur).

Uji ketelitian terhadap Open Ocean Sea Water NASS-3 memberikan hasil yang baik untuk As, sedangkan Se tidak terdeteksi. Dalam analisis NASS-3 ini ditemukan pula Hg, akan tetapi tidak terdapat dalam Sertifikat (Tabel 5).



Gambar 3. Distribusi Hg dalam cuplikan air sungai Cikapundung

Tabel 4. Hasil analisis blanko 100 ml air, 10 mg DBDTK, 1 ml KI 20 % dan sodium tiosulfat 25 %.

Unsur	Hg	As	Se
ng/ml	1,75 ± 0,16	0,11	ttd

Tabel 5. Hasil analisis Open Ocean Sea Water NASS-3

Unsur	Ditemukan (ng/ml)	NASS-3 (ng/ml)
As	1,860 ± 0,290	1,650 ± 0,190
Se	ttd	0,024 ± 0,004

KESIMPULAN

- Hg, As dan Se dikopresipitasi secara kuantitatif dengan DBDTK, sedangkan Sb tidak kuantitatif.
- Distribusi Hg dalam air sungai Cikapundung menunjukkan : tiga cuplikan berada pada batas maksimum yang diperbolehkan untuk baku mutu air golongan B, sedangkan tujuh cuplikan melewati batas maksimum untuk golongan B.
- Berlainan dengan kadar Hg yang tinggi, kadar As dan Se dalam seluruh cuplikan berada jauh di bawah batas maksimum untuk baku mutu air golongan B.
- Uji ketelitian terhadap Open Ocean Sea Water NASS-3 memberikan hasil yang baik untuk As, sedangkan Se tidak terdeteksi.
- Analisis pengaktifan neutron digabungkan dengan kopresipitasi mampu menentukan kandungan Hg, As dan Se yang rendah dalam air.

DAFTAR PUSTAKA

- Greenberg, R. R. and Kingstone, H. M., Trace elements analysis of natural water sample by neutron activation analysis with chelating resin, *Analytical Chemistry* 55(1983) 1160 - 1165.
- Lan, C. R. et. al., Lavi, N. and Alfassi, Z. B., Preconcentration of trace elements from natural water for analysis by neutron activation, *Radiochimica Acta* 50(1990) 225 - 229.
- Archava Siriraks and Kingstone, H. M., Chelation ion chromatography as method for trace elemental analysis in complex environmental and biological samples, *Analytical Chemistry* 62 (1990) 1185 - 1193.
- J. T. Van Elteren., Das, H. A., Deligny, C. L., *Agterdenbos, Analytica chimica acta*, 22(1989) 159 - 167.
- Saleh, A.I., Woittiez, J. R. W., Wals, G. D., Das, H. A., Determination of Se(IV) in water by neutron activation analysis after coprecipitation of metal dibenzylthiocarbamate, *Stichting Energieonderzoek Centrum Nederland*(1989).
- Georg Mathess., *The Properties of Groundwater*, John Wiley & Sons, New York (1982) 268.
- Keputusan Menteri Negara Kependudukan Dan Lingkungan Hidup Nomor:KEP-02/MEN-KLH/1/1988. Tentang Penetapan Baku Mutu Lingkungan.