

ESTIMATION OF SEDIMENT ACCUMULATION RATE IN JAKARTA BAY USING NATURAL RADIONUCLIDE UNSUPPORTED ^{210}Pb

Estimasi Laju Akumulasi Sedimen Daerah Teluk Jakarta dengan Teknik Radionuklida Alam Unsupported ^{210}Pb

Ali Arman Lubis*, Barokah Aliyanta and Yulizon Menry

Center for the Application of Isotopes and Radiation Technology, National Nuclear Energy Agency, BATAN
Jl. Cinere Pasar Jumat, Jakarta 12070

Received 9 February 2007; Accepted 8 September 2007

ABSTRACT

The investigation of sediment accumulation rate has been carried out in Jakarta Bay. The aim of this study is to estimate the accumulation rate of sediment using natural radionuclide ^{210}Pb as a tracer, through the profile of unsupported ^{210}Pb . Sediment cores of 40 cm and 30 cm length were collected using gravity core from 2 locations (TJ22 and TJ17A) in Jakarta Bay. Samples were sliced at 2 cm length, prepared and analyzed using PIPS detector Alpha Spectrometer. The result shows that in TJ22 consist of 3 layers; LS1 in the depth of (0-2) cm as a mixing layer, LS2 (2-16) and LS3 (16-26) cm and TJ17A has 3 layers; LS1 in the depth of (0-6) cm, LS2 (6-18) cm and LS3 (18-24) cm. Accumulation rate of sediment of LS2 and LS3 in TJ22 are 0.583 cm/y and 0.074 cm/y and in TJ17A are 0.852 cm/y and 0.115 cm/y, respectively. The accumulation rate of sediment since 30 years ago is higher than previous period.

Keywords: Natural radionuclide, ^{210}Pb , sediment, accumulation rate.

PENDAHULUAN

Teluk Jakarta terletak di bagian utara kota metropolitan Jakarta berada pada koordinat $5^{\circ}50'\text{LS} - 6^{\circ}7'\text{LS}$ dan $106^{\circ}42'\text{BT} - 107^{\circ}5'\text{BT}$. Teluk Jakarta memiliki kedalaman rata-rata 15 m, luas area sekitar 514 km^2 yang membentang dari Tanjung Kait di sebelah barat (berbatasan dengan provinsi Banten) dan Tanjung Gombang di sebelah timur (berbatasan dengan provinsi Jawa Barat) [1]. Terdapat 13 sungai yang berasal dari daerah Bogor dan sekitarnya dan melewati kota metropolitan Jakarta dan bermuara di teluk. Sungai-sungai tersebut memberi kontribusi yang besar pada proses sedimentasi di Teluk Jakarta dan juga adanya abrasi pada daerah pantai. Laju sedimentasi yang cukup besar terjadi di daerah muara-muara sungai yang diakibatkan oleh aliran sungai yang membawa sedimen dari hulu dan selanjutnya terdeposit di teluk Jakarta.

Radionuklida alam ^{210}Pb dengan waktu paruh 22,3 tahun, telah digunakan secara luas untuk menentukan umur sedimen sejak Goldberg mengembangkan metodologi tersebut pada awal tahun 60-an [2]. Pengukuran aktivitas spesifik ^{210}Pb pada lapisan sedimen coring dapat menentukan umur dan laju akumulasi sedimen hingga 150 tahun ke masa lampau. Sehingga penentuan umur sedimen dengan ^{210}Pb sangat sesuai untuk digunakan sebagai *tool* untuk kajian perubahan dan kejadian dalam periode dimana aktivitas manusia mulai memberi dampak pada lingkungan dengan adanya perubahan yang signifikan pada lingkungan sekitar.

Radionuklida ^{210}Pb adalah salah satu anak luruh ^{238}U , keberadaannya dalam sedimen berasal dari

proses, 1). ^{226}Ra meluruh dan terbentuk gas ^{222}Rn yang terpancar ke udara hingga terbentuk ^{210}Pb (*unsupported*), kemudian turun ke permukaan dan berikatan dengan partikel suspensi dan mengendap bersamaan membentuk lapisan sedimen, 2) yang terbentuk karena adanya peluruhan ^{226}Ra yang terdapat dalam sedimen tersebut melalui proses kesetimbangan dan meluruh menjadi ^{210}Pb (*supported*) [3].

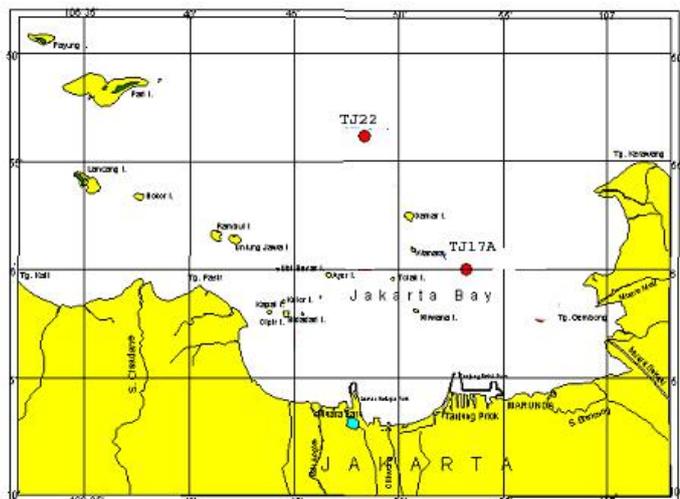
Penelitian ini bertujuan untuk estimasi laju akumulasi sedimen menggunakan radionuklida alam ^{210}Pb sebagai perunut melalui analisis profil *unsupported* ^{210}Pb dalam sedimen coring daerah Teluk Jakarta.

METODE PENELITIAN

Sampling

Sedimen diambil pada bulan Mei 2004 kerja sama dengan Pusat Penelitian Oseanografi (P2O) LIPI, menggunakan alat *gravity core* dengan diameter 4 cm dan panjang 50 cm dari lokasi TJ22 dengan koordinat $106^{\circ}48'\text{BT}; 5^{\circ}54'\text{LS}$ pada kedalaman 40 m dan lokasi TJ17A dengan kordinat $106^{\circ}55'\text{BT}; 6^{\circ}\text{LS}$ pada kedalaman 20 m di daerah Teluk Jakarta (Gambar 1). Tebalnya sedimen sampel coring pada TJ22 dan TJ17A diperoleh 40 cm dan 30 cm. Sampel didinginkan dengan es batu dan dibawa ke laboratorium untuk dianalisis lebih lanjut. Sampel dipotong tiap 2 cm menggunakan alat potong dari bahan plastik untuk menghindari kontaminasi logam berat pada sampel. Selanjutnya sampel ditimbang, dikeringkan dan digerus dengan mortar.

* Corresponding author. Tel/Fax : (021) 7690709 ext 159/160
Email address : alilubis@batan.go.id



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel coring (TJ22 dan TJ17A) daerah Teluk Jakarta menggunakan *gravity core*.

Prosedur Analisis

Kandungan air ditentukan dari perbedaan berat basah dan berat kering sampel. Porositas merupakan persentase dari perbandingan selisih berat basah dan kering terhadap berat basah sedimen. Sampel dibagi dua, sebagian dianalisis kandungan logam beratnya dengan teknik aktivasi neutron untuk studi kronologi pencemaran dan sebagian dianalisis kandungan radionuklida alam ^{210}Pb untuk menentukan umur dan laju akumulasi sedimen.

Aktivitas ^{210}Pb total ditentukan dari hasil pengukuran salah satu anak luruhnya yaitu ^{210}Po dengan asumsi terdapat kesetimbangan antara keduanya. Destruksi sampel mengikuti prosedur Sanchez-Cabeza [4] dengan sedikit modifikasi, secara singkat adalah pada 3 gram sampel sedimen kering ditetaskan larutan standar ^{209}Po sebanyak 0,169 Bq sebagai perunut, ditambahkan 10 mL HCl(1:1), 10 mL HNO_3 (1:1), 15 mL H_2O dan beberapa tetes H_2O_2 dan dipanaskan pada suhu 80°C sampai kering. Kemudian ditambahkan 10 mL HCl (1:1) dan 40 mL H_2O dan dipanaskan dan disaring. Filtrat dikeringkan sampai terbentuk endapan dan ditambahkan 4 mL HCl (1:1) dan diaduk. Selanjutnya ditepatkan volumenya menjadi 100 mL dengan menambahkan HCl 0,3N dan juga ditambahkan 400 mg asam askorbat. 50 mL diambil untuk deposisi spontan ^{210}Po dan ^{209}Po pada stainlesssteel disk. Kedua isotop dicacah dengan spektrometer alpha produksi Canberra dengan detektor PIPS (*Passivated Implanted Planar Silicon*) area 450 mm^2 , resolusi 20 keV dan kondisi vakum. Pencacahan dilakukan selama sekitar 4 jam dan energi yang digunakan adalah 4,88 MeV untuk ^{209}Po (tracer) dan 5,305 MeV untuk ^{210}Po . Pengukuran latar belakang pencacahan dilakukan pada periode yang sama dengan

pengukuran sampel dan hasilnya dikurangkan pada hasil pengukuran sampel.

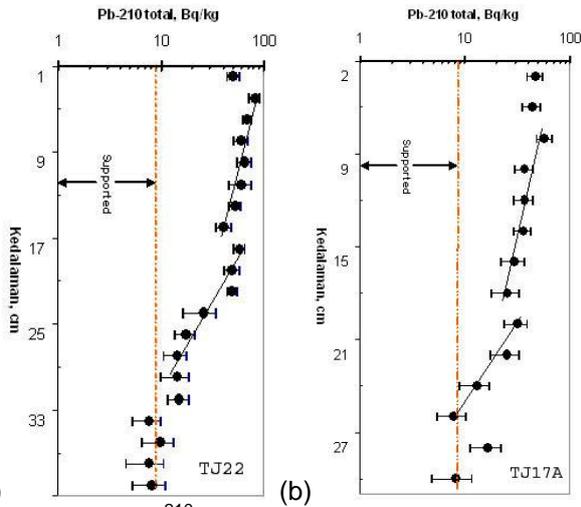
Supported ^{210}Pb diperoleh dari hasil pengukuran ^{226}Ra menggunakan spektrometer gamma produksi Canberra dengan detektor HPGe (*High Pure Germanium*) efisiensi 10% relative terhadap NaI(Tl) $3''\times 3''$, resolusi 2,0 keV pada energi ^{60}Co 1332 keV dan detektor dilindungi dengan *shielding* Pb setebal 10 cm dan lembaran Cu. ^{226}Ra adalah pemancar alpha, oleh sebab itu ^{226}Ra dapat ditentukan melalui anak luruhnya yaitu ^{214}Pb pada energi 352 keV, dengan asumsi terbentuk kesetimbangan antara ^{226}Ra dan ^{214}Pb [5]. Sampel sebelum diukur, terlebih dahulu ditutup rapat dan dibiarkan selama 1 bulan agar tercapai kesetimbangan antara radium dan anak luruhnya yang salah satunya adalah gas ^{222}Rn dengan waktu paruh 3,8 hari. Pengukuran sampel dan latar belakang dilakukan selama 24 jam dengan pengukuran latar belakang dilakukan pada periode yang sama dengan pengukuran sampel dan hasilnya dikurangkan terhadap hasil sampel.

Unsupported ^{210}Pb diperoleh dari pengurangan total ^{210}Pb menggunakan spektrometri alpha dengan *supported* ^{210}Pb menggunakan spektrometri gamma.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil total ^{210}Pb dan *supported* ^{210}Pb pada coring TJ22 dan TJ17A ditampilkan pada Gambar 2 dan porositas sedimen terhadap kedalaman dapat dilihat pada Gambar 3. Porositas pada kedua coring cukup tinggi di permukaan hingga kedalaman 6 cm pada TJ17A dengan porositas 74,6 % dan 4 cm pada TJ22 dengan porositas 75 %, sedangkan pada masing-masing lapisan dibawahnya tidak jauh berbeda sepanjang coring dengan rata-rata 65,5 % dan 63,8 %, hal ini disebabkan oleh proses pengendapan dari partikel suspensi yang baru terbentuk dan belum terpadatkan. Sementara lapisan dibawahnya telah mengalami pemadatan sehingga kandungan air berkurang. *Supported* ^{210}Pb yang merupakan hasil pengukuran ^{226}Ra dengan asumsi kesetimbangan dengan ^{210}Pb dan ^{226}Ra diukur pada lapisan sedimen permukaan, tengah dan bawah. Besarnya *supported* ^{210}Pb pada lokasi TJ22 dan TJ17A adalah 8 Bq/kg dan 9 Bq/kg yang merupakan rata-rata dari pengukuran pada ke tiga lapisan tersebut.

Unsupported ^{210}Pb yang merupakan selisih antara total ^{210}Pb dan *supported* ^{210}Pb , cenderung makin kecil konsentrasinya dari lapisan atas ke bawah hingga kedalaman 28 cm dan 26 cm pada masing-masing TJ22 dan TJ17A, yaitu sebesar 65 Bq/kg dan 40 Bq/kg pada masing-masing permukaan. Kondisi ideal dimana proses pengendapan *unsupported* ^{210}Pb terjadi secara alami (tidak berubah secara fisik maupun kimia) maka profil *unsupported* ^{210}Pb membentuk kecenderungan penurunan secara eksponensial

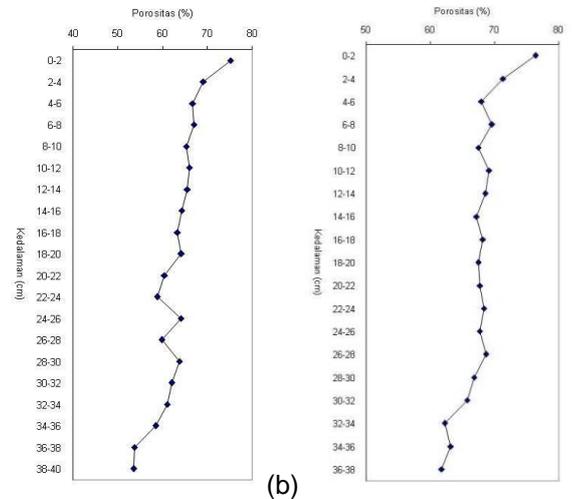


Gambar 2. Profil ²¹⁰Pb terhadap kedalaman sampel sedimen coring lokasi (a) TJ22 dan (b) TJ17A, Teluk Jakarta.

Tabel 1. Laju akumulasi sedimen pada tiap lapisan daerah lokasi TJ22 dan TJ17A.

Lokasi	Lapisan (cm)	Kemiringan	Koef. Regresi (r)	Laju akumulasi sedimen (cm/tahun)
TJ22	LS1 (0-2)	Mixing layer	-	-
	LS2 (2-16)	-0,053	0,92	0,586
	LS3 (16-26)	-0,422	0,96	0,074
TJ17A	LS1 (0-6)	Mixing layer	-	-
	LS2 (6-18)	-0,036	0,93	0,852
	LS3 (18-24)	-0,270	0,94	0,115

terhadap kedalaman, atau dalam log-linier menunjukkan suatu garis lurus, maka laju sedimentasi adalah konstan sepanjang waktu, plot *unsupported* ²¹⁰Pb terhadap kedalaman mendekati persamaan $y = Ae^{bx}$, dengan $b < 0$ [6]. Laju akumulasi (cm/tahun) diperoleh dari $-\lambda/b$, dimana λ adalah konstanta peluruhan dari ²¹⁰Pb dan b adalah slope dari log-linier grafik *unsupported* ²¹⁰Pb dengan kedalaman. Penentuan laju akumulasi dan umur sedimen dapat ditentukan dengan beberapa model yaitu CF:CS (*Constant Flux: Constant Sedimentation rate*), CRS (*Constant Rate of Supply*) dan CIC (*Constant Initial Concentration*) atau kombinasinya bergantung dari profil ²¹⁰Pb terhadap kedalaman [7,8,9,10]. Pada Gambar 2 ditunjukkan grafik log-linier pada kedua lokasi antara *unsupported* ²¹⁰Pb terhadap kedalaman tidak membentuk satu garis lurus, sehingga diperoleh 3 lapisan sedimen dengan slope yang berbeda, yang menunjukkan laju sedimentasi yang berbeda. Ketiga lapisan tersebut adalah LS1 (*mixing layer*) (0-2) cm, LS2 (2-16) cm dan LS3 (16-26) cm pada TJ22 dan LS1

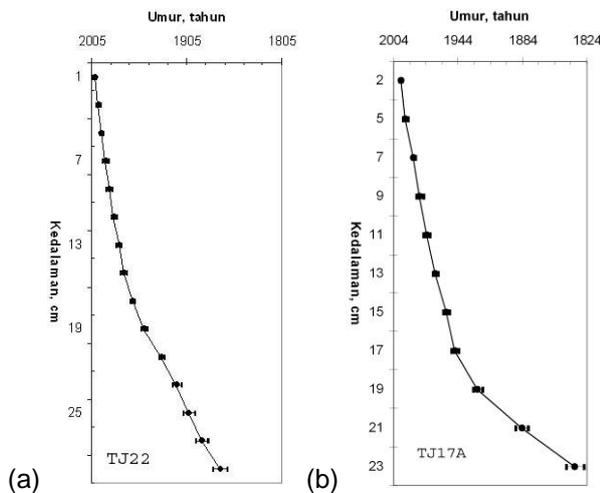


Gambar 3. Porositas sedimen coring (a) TJ22 dan (b) TJ17A, Teluk Jakarta.

(*mixing layer*) (0-6) cm, LS2 (6-18) cm dan (18-24) cm pada TJ17A. *Mixing layer* umumnya diakibatkan oleh proses sedimentasi (pengaruh arus dan gelombang), gangguan pada saat sampling dan juga karena pengaruh aktivitas binatang kecil (invertebrata) yang dapat menggali hingga kedalaman beberapa cm [6]. Keberadaan *mixing layer* ini didukung oleh hasil analisis porositas yang menunjukkan nilai porositas cukup besar pada permukaan dibandingkan dengan lapisan di bawahnya seperti diuraikan sebelumnya. Oleh karena itu laju akumulasi sedimen tidak dapat dihitung pada lapisan tersebut.

Berdasarkan profil ²¹⁰Pb pada lokasi TJ22 dan TJ17A, laju akumulasi ditentukan dengan pendekatan model CIC dan diperoleh hasil perhitungannya seperti dicantumkan pada Tabel 1. LS1 (*mixing layer*) pada TJ22 hanya pada lapisan pertama (2 cm) sementara pada TJ17A mencapai kedalaman 6 cm, perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh lokasi TJ17A yang lebih dekat ke pantai dan muara sungai-sungai. Seperti diketahui bahwa sebagian besar sedimen berasal dari sungai dan bahwa dinamika laut karena pengaruh antara lain arus, gelombang dan pasang surut air laut lebih tinggi di daerah pantai dibandingkan dengan daerah yang lebih dalam, dimana proses pengendapan sedimen suspensi atau sedimen yang masih melayang-layang yang membentuk sedimen padat (*bed*) pada laut dalam terjadi secara natural [11,12,13].

Laju akumulasi pada LS2 cukup tinggi dibandingkan dengan LS3 pada TJ22 yaitu sekitar 8 kali lebih tinggi, demikian juga pada TJ17A yaitu sekitar 7 kali lebih besar (Tabel 1). Laju akumulasi tersebut adalah hasil rata-rata dari setiap lapisan (tiap 2 cm) yang ada pada masing-masing LS2 dan LS3. Berdasarkan umur lapisan sedimen dengan metode CRS diperoleh bahwa pada LS2 berumur antara tahun 1970 dan 1999 dan LS3 berumur antara tahun 1900



Gambar 4. Umur lapisan sedimen coring lokasi (a) TJ22 dan (b) TJ17A, Teluk Jakarta.

dan 1970 (Gambar 4). Perbedaan laju akumulasi yang cukup besar antara tahun 1970 sampai 1999 (LS2) dan tahun 1900 sampai 1970 (LS3) dapat dikaitkan dengan perubahan yang terjadi di daerah hulu dan sepanjang aliran sungai-sungai bermula dari tahun sekitar 1970-an [14,15,16]. Perubahan peruntukan lahan di daerah hulu sungai dan sepanjang aliran sungai terjadi mulai pada tahun tersebut yaitu dimulainya pembangunan perumahan dan gedung-gedung pada daerah-daerah resapan air. Proses penggundulan lahan di daerah hulu mengakibatkan tingginya sedimen suspensi yang terbawa oleh aliran sungai-sungai dan mengendap di Teluk Jakarta. Penyebab lainnya juga kemungkinan karena adanya abrasi di daerah pantai karena perubahan lahan menjadi daerah pemukiman dan perkantoran. Umur lapisan sedimen pada lokasi TJ17A pada lapisan LS2 berkisar antara tahun 1960 sampai 1996 dan LS3 antara tahun 1920 sampai 1960.

Laju akumulasi pada LS2 antara TJ22 dan TJ17A (umur sedimen yang mendekati periode yang sama) cukup berbeda yaitu sekitar 1,5 kali lebih besar di daerah TJ17A, hal ini kemungkinan disebabkan lokasi TJ17A yang lebih dekat ke pantai dan muara sungai yang memberi kontribusi yang sangat besar terhadap tebalnya endapan sedimen di daerah tersebut. Hal yang sama juga terlihat pada LS3 antara TJ22 dan TJ17A, yang juga kemungkinan disebabkan juga oleh lokasi TJ17A yang lebih dekat ke muara sungai dan pesisir pantai dibandingkan TJ22.

KESIMPULAN

Berdasarkan profil *unsupported* ^{210}Pb pada lokasi TJ22 dan TJ17A daerah Teluk Jakarta, diperoleh 3 lapisan sedimen yaitu LS1, LS2 dan LS3 dengan kedalaman dan laju akumulasi yang berbeda. LS1 yang terdapat pada permukaan sedimen merupakan *mixing*

layer, sedangkan LS2 dan LS3 adalah lapisan berada di bawahnya. Laju akumulasi LS2 pada TJ22 dan TJ17A adalah masing-masing 0,586 cm/tahun dan 0,852 cm/tahun dan laju akumulasi LS3 pada TJ22 dan TJ17A adalah 0,074 cm/tahun dan 0,115 cm/tahun. Tingginya laju akumulasi pada LS2 untuk kedua sedimen *core* dibandingkan dengan LS3 (mulai tahun 1970-an) berkorelasi dengan perubahan yang terjadi di daerah hulu dan sepanjang aliran sungai yang teridentifikasi mulai tahun 1970-an. Hal ini berkaitan dengan meningkatnya populasi penduduk di daerah Jakarta dan sekitarnya dan awal perkembangan pembangunan melalui program seperti REPELITA. Peningkatan populasi dan perkembangan pembangunan mempunyai pengaruh pada perubahan tata ruang tanah untuk pemukiman dan industri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Drs. Muswerry Muchtar MSc and Ir. Helfi Alis MSc beserta staf di P2O LIPI atas kerjasamanya dalam pengambilan sampel menggunakan peralatan sampling P2O LIPI.

DAFTAR PUSTAKA

1. UNESCO, 2000, *Coastal environmental quality development in Jakarta Metropolitan area*, Ministry of Sea Exploration and Fisheries.
2. Crickmore, M.J., Tazioli, G.S., Appleby, P.G., and Oldfield, F., 1990, *The use of nuclear techniques in sediment transport and sedimentation problems*, International Hydrological Programme, UNESCO, 131-147.
3. IAEA-TECDOC-1360, 2003, *Collection and Preparation of Bottom Sediment Samples for Analysis of Radionuclides and Trace Elements*, International Atomic Energy Agency, Vienna., 63-82.
4. Sanchez-Cabeza, J.A., Masque, P., Schell, W.R., Palanques, A., Valiente, M., Palet, C., Obiol, R.P., and Cano, J.P., 1993, *Record of anthropogenic environmental impact in the continental shelf north of Barcelona city*, Proceeding of a symposium, IAEA.
5. Carroll, J., Williamson, M., Lerche, I., Karabanov, E. and Williams, D.F., 1999, *Appl. Rad and Isotopes*, 50, 1105-1119.
6. Hancock, G.J. and Hunter, J.R, 1999, *Marine and Freshwater Res.*, 50, 533-545.
7. Sanchez-Cabeza, J.A., Masque, P., Ani-Ragolta, I., Merino, J., Frignani, M., Alvisi, F., Palanques, A. and Puig, P., 1999, *Progress in Oceanography*, 44, 313-332.

8. IAEA-TECDOC 1360, 2003, *Collection and Preparation Bottom Sediment Samples for Analysis of Radionuclides and Trace Elements*.
9. Theng, T.L., Ahmad, Z. and Mohammed A.R., 2003, *J. Radioanal Nuclear Chem.*, vol 256, no.1, 115-120.
10. Kumar, U.S., Navada, S.V., Rao, S.M., Nachiappan, Rm.P., Kumar ,B., Krishnamoorthy, T.M., Jha, S.K., and Shukla, V.K., 1999, *Appl. Rad. and Isotopes*, 51, 97-105.
11. Santschi, P.H., Presley, B.J., Wade, T.L., Garcia-Romero, B. and Baskaran, M., 2001, *Marine Environmental Research*, 52, 51-79.
12. Gelen, A., Soto, J., Gomez, J. and Diaz, O, 2004, *J. Radioanal Nuclear Chem.*, 261, 2, 437-441.
13. Gelen, A., Diaz, O., Simon, M.J., Herrera, E., Soto, J., Gomez, J., Rodenas, J., Beltran, J. and Ramirez, M., 2003, *J. Radioanal Nuclear Chem.*, 256, 3, 561-564.
14. Lubis, A.A., dan Aliyanta, B., 2006, *Indo J. Chem.*, 6(3), 256-260.
15. Soehoed, A.R., 2002, *Banjir Ibukota, Tinjauan Historis dan Pandangan ke Depan*, Djambatan, Jakarta, 1-24.
16. Soehoed, A.R., 2003, *Membenahi Tata Air JABOTABEK, Seratus tahun dari Banjir Kanaal hingga Ciliwung Floodway*, Djambatan, Jakarta, 1-21.