

## Konektivitas Logam Berat dalam Air tanah Dangkal, Sedimen dan Air Laut di Wilayah Pesisir

Chrisna Adhi Suryono\* dan Baskoro Rochaddi

Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Dr. Soedarto, Tembalang, Semarang, Indonesia. 50275  
Email: chrisna\_as@yahoo.com

### Abstrak

Perkembangan aktivitas di wilayah pesisir menimbulkan terjadinya peningkatan polutan di lingkungan sekitarnya. Salah satu jenis polutan yang sering ditemukan adalah logam berat yang berbahaya. Penelitian ini menginvestigasi keterkaitan antara logam berat dalam air tanah dan logam berat yang ada pada sedimen laut dan air laut. Secara khusus, penelitian ini melihat enam logam berat yakni As, Hg, Cr, Pb, Cu dan Fe. Pengukuran kandungan logam dilakukan dengan AAS (Atomic Absorption Spectrophotometry). Konsentrasi logam berat telah ditemukan dalam sedimen laut, air tanah dan air laut di daerah pesisir Tugu Semarang. Secara nyata terlihat bahwa seluruh logam menurun konsentrasinya dari sedimen, air laut dan air tanah, dan konsentrasi tertinggi terdapat dalam sedimen laut dan terendah terdapat pada air tanah. Konektivitas logam berat dalam sedimen, air laut dan air tanah diakibatkan oleh perubahan pH dan salinitas pada sedimen dan air. Peningkatan aktivitas reklamasi, buangan air limbah baik dari industri maupun pemukiman kemungkinan menyebabkan peningkatan logam berat di wilayah pesisir Tugu Semarang. Hasil penelitian ini menegaskan adanya konektivitas kandungan logam berat dalam air tanah, sedimen dan air laut di wilayah pesisir kota Semarang.

**Kata kunci:** logam berat, sedimen, air laut, air tanah, Semarang

### Abstract

#### Connectivity Heavy Metals in Shallow Groundwater, Sediment and Seawater in Coastal Area

Rapid development in coastal areas has lead to an increase in pollutants in the surrounding environment. One of the types of pollutants that are commonly found heavy metals. This study investigates the connectivity of heavy metals in ground water and heavy metals that exist in marine sediments and seawater. Six metals (As, Hg, Cr, Pb, Cu and Fe) in coastal areas in Tugu Semarang were examined. These metals were found in marine sediment, groundwater and seawater in coastal areas. There is gradual decreased of the metal concentrations in sediment, seawater and groundwater, and the highest concentration of metals was found in marine sediment and the lowest in coastal groundwater. The connectivity of metals in marine sediment, groundwater and seawater predicted due to changes in pH and salinity of sediment and water. The increasing number of reclamation, waste water disposal from industrial and urban areas may has caused the increasing of heavy metals concentration in the coastal areas. The results of this study confirmed the presence of connectivity of heavy metals in the groundwater, sediment and seawater in the coastal area of Semarang.

**Keywords:** metals, sediment, groundwater, seawater, Semarang

### Pendahuluan

Perkembangan daerah pemukiman dan industri di wilayah pesisir Kota Semarang selama 30 tahun terakhir ini berjalan sangat cepat, Hal ini didorong oleh tuntutan, sehingga banyak lahan yang belum stabil dimanfaatkan untuk keperluan tersebut (Suryono et al., 2008). Hal ini tampak di pesisir kota dimana lahan industri menggunakan lahan hasil reklamasi sedangkan pemukiman memanfaatkan

daerah bekas rawa atau tambak. Daerah baru tersebut relatif belum stabil kondisi kimiawinya dimana air tanah masih payau dan masukan polutan baik dari tanah reklamasi yang menjadi sedimen di dasar perairan. Selama ini tanah yang digunakan untuk mereklamasi tidak pernah dianalisa secara geokimia, sehingga hal ini yang diduga menambah kontaminasi logam berat baik yang ada dalam sedimen maupun air laut (Rochaddi dan Suryono, 2009).

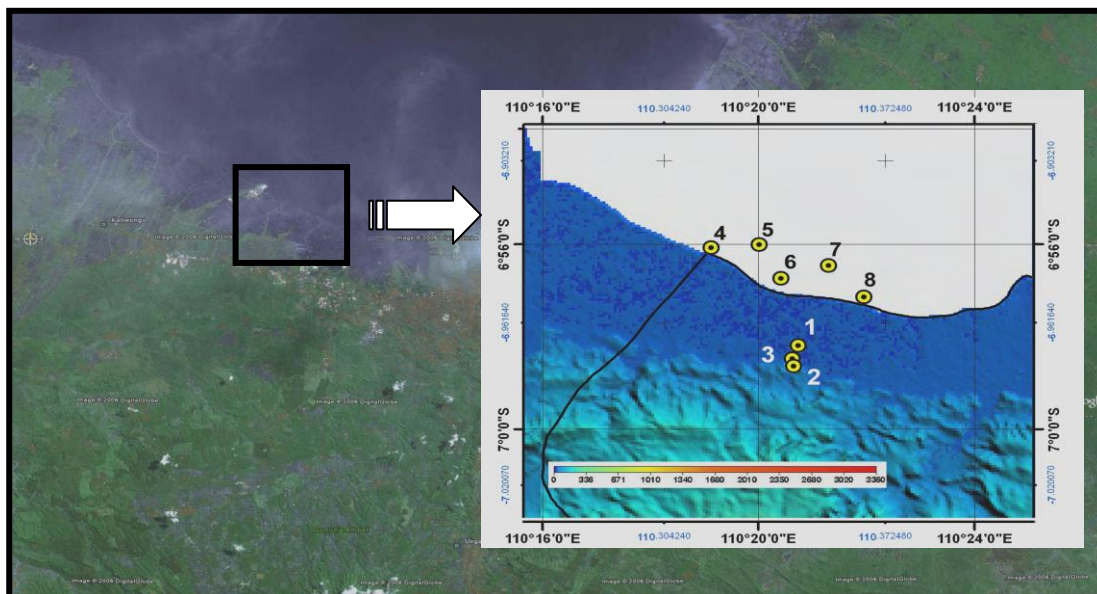
Banyak penelitian yang menyatakan bahwa reklamasi memberi efek buruk pada lingkungan karena terjadinya reaksi kimiawi antara *pore water* dan sedimen di kawasan reklamasi tersebut yang berdampak buruk pada lingkungan pesisir (Pagliai *et al.*, 1985; Hall, 1989; Smith *et al.*, 1995). Banyak penelitian tentang proses kimiawi dan fisik dalam sistem aersedimen di daerah pesisir dan estuaria. Sedimen laut dipercaya bertindak selaku filter bagi banyak logam yang berasal dari daratan sebelum menetap di dasar laut dan mengakumulasinya (Tam and Wong, 2000; Yu *et al.*, 2000; Morillo *et al.*, 2004). Sebagian besar penelitian yang dilakukan saat ini terfokus pada kontaminasi sedimen oleh logam berat dan identifikasi sumber pencemarnya belum mengarah pada proses infiltrasi sedimen, air laut bahkan ke air tanah.

Akumulasi logam berat dalam sedimen laut seharusnya menjadi perhatian karena beberapa jenis logam akan menjadi sumber kontaminan bila karakteristik kimiawi fisik lingkungan terjadi perubahan. Markiewicz-Patkowska *et al.* (2005) dalam penelitian di laboratorium menunjukkan penyerapan dan pelepasan metal tanah ke dalam meterai tanah menuju solution. Simpson *et al* (2004) menginformasikan pergerakan metal di sedimen ke dalam air tanah di daerah estuarine/pesisir sangat di pengaruhi dan dikontrol oleh pH dan salinitas air. Kawasan pesisir Tugu Semarang merupakan daerah yang masih tersisa lahan pasang surut yang dipergunakan untuk tambak. Perbatasan sebelah barat kawasan tersebut adalah kompleks industri kayu lapis sedangkan perbatasan sebelah timur adalah daerah bandara dan reklamasi Marina sedangkan sebelah selatan berupa pemukiman dan

darah industri. Melihat kondisi tersebut dimana air tanah banyak digunakan untuk industri, air laut sering pasang tinggi sehingga membanjiri daerah tambak dan buangan industri maupun polutan dari tanah reklamasi, diduga daerah tersebut akan mengalami peningkatan polutan terutama logam berat baik di air tanah, sedimen laut maupun air laut itu sendiri. Penelitian ini bertujuan mencari kaitan antara logam berat dalam air tanah dan logam berat yang ada pada sedimen laut dan air laut.

### Materi dan Metode

Materi yang digunakan adalah air laut, sedimen laut dan air tanah yang diambil dari daerah pesisir Tugu Semarang. Sampel sedimen dan air laut diambil pada lima titik di perairan sedangkan sample air tanah di ambil pada tiga titik pada sumur dangkal. Sampel sedimen diambil dengan menggunakan Ekjman grab sedangkan sample air laut dan air tanah menggunakan *water bottle sampler*. Pengulangan pengambilan sample dilakukan sebanyak tiga kali. Sampel yang diambil berupa air tanah, sedimen dasar dan air laut pada kelima titik tersebut untuk diamati kandungan logam berat dari jenis Arsen (As), Mercury (Hg), Chromium (Cr), Lead (Pb), Cuprum (Cu) dan Ferrum (Fe). Sampel dibagi dalam tiga kriteria yaitu sedimen, air laut dan air tanah untuk analisa logam berat. Sampel yang berupa air tanah, sedimen dan air laut yang dianalisa di laboratorium untuk menentukan kandungan logam berat dengan menggunakan alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*).



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel air tanah, sedimen dan air laut di wilayah pesisir Tugu, Kota Semarang.

Parameter kunci yang diukur pada air adalah pH dan salinitas dilakukan secara in-situ dengan menggunakan portable electronic instruments (Horiba). Sampel sedimen yang diambil dikeringkan pada suhu 80°C selama 2 hari kemudian dihancurkan dan dilarutkan dengan KNaCO<sub>3</sub> dan HCl. Prosedur analisa kandungan logam berat dalam sedimen dan air meliputi proses destruksi dan penentuan kadar logam berat didalamnya. Prosedur analisa mengacu pada Greenberg *et al.* (1985) dan Galanopoulou (2005).

Masuknya logam berat kedalam air tanah di wilayah pesisir dapat juga terjadi karena adanya intrusi air laut kedalam air tanah, dimana air laut yang konsentrasinya lebih tinggi dan membawa garam yang berikatan dengan logam berat ikut masuk kedalam air tanah.

**Hasil dan Pembahasan**

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat di air tanah daerah pesisir Tugu Kota Semarang secara umum lebih rendah bila dibandingkan dengan dengan konsentrasi di sedimen laut dan air laut. Appelo dan Postma (1996) menyatakan tingginya logam berat dalam sedimen dibandingkan dengan di dalam air dikarenakan penyerapan sedimen terhadap partikel partikel logam lebih dominan karena logam mempunyai kecenderungan untuk berikatan dengan hidroksida dan bahan organik dalam sedimen. Dari perdapat tersebut dapat dimengerti mengapa logam

dalam sedimen lebih tinggi daripada dalam air.

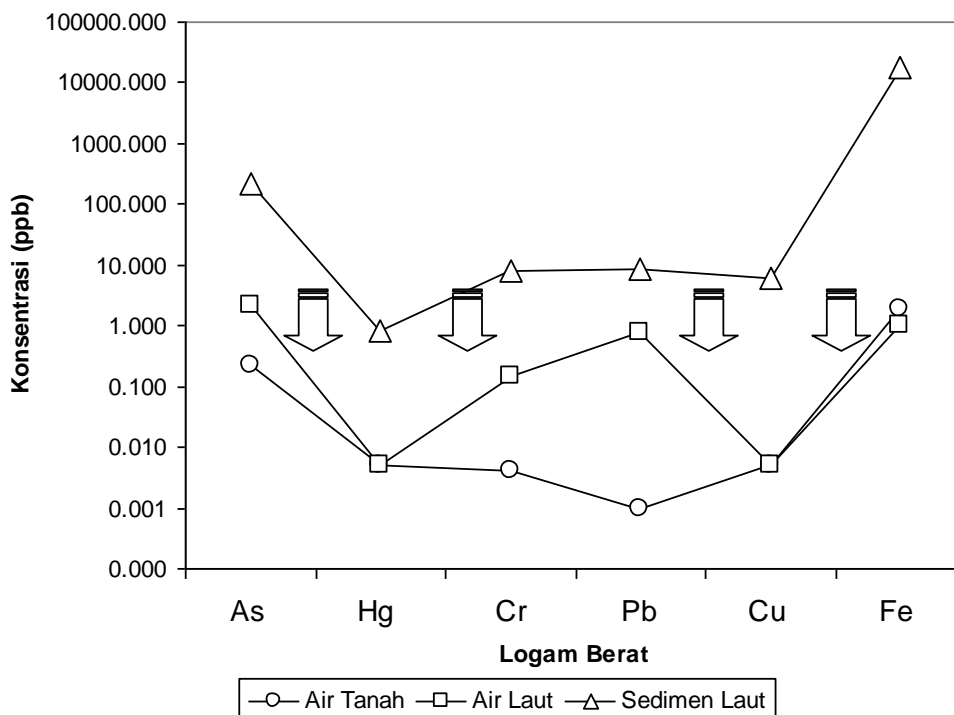
Melihat data logam berat yang terdapat dalam air tanah sangat kecil dan hampir tidak terdeteksi oleh AAS hal ini tentunya masukan logam berat dari daratan dapat dikatakan sangat kecil atau tidak ada. Hal ini dapat dimengerti karena pola aliran air tanah yang ada di Semarang mengalir dari timur kearah barat mengikuti kontur topografi Semarang, hal ini telah diungkapkan (Suryono *et al.*, 2007). Lebih lanjut Sabdono *et al.* (2007) menginformasikan bahwa air tanah di pesisir Utara Pulau Jawa seperti Jakarta, Semarang dan Surabaya telah terkontaminasi oleh logam berat dan pestisida. Meskipun arah aliran tanah di Kota Semarang dari selatan ke utara (dari perbukitan menuju daerah pesisir). Namun di daerah pesisir Kota Semarang khususnya daerah Tugu sebagian besar air tanah dangkalnya berupa air payau (salinitas berkisar 3-7 ppt sedangkan pH 4-6). Adanya air tanah yang bersifat asam di daerah pesisir tentunya menimbulkan pertanyaan karena seharusnya air tanah tersebut bersifat basa. Simpson *et al.* (2004) menyatakan bahwa pergerakan logam dalam sedimen tergantung secara eksternal naik turunnya pH dalam sedimen dan air sehingga logam dalam sedimen dapat berpindah ke dalam air. Sifat asam pada air tanah dan basa pada air laut dan sedimen akan mengubah reaksi sehingga garam yang basa akan melepaskan logamnya menuju ke air tanah yang bersifat asam (Chen dan Jiao, 2008). Hal inilah yang diduga menyebabkan adanya logam dalam air tanah di daerah Tugu Semarang. Lihat Tabel 1.

**Tabel 1.** Rata-rata konsentrasi logam berat dalam air tanah, air laut dan sediment laut di pesisir Kecamatan Tugu Semarang

Logam Berat	Air tanah				Air Laut			
	1	2	3	4	5	6	7	8
As (ppb)	0.54	0.13	< 0.001	2.97	1.75	2.73	2.93	3.24
Hg (ppm)	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Cr (ppm)	< 0.004	< 0.004	< 0.004	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14
Pb (ppm)	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.75	0.74	0.76	0.82	0.79
Cu (ppm)	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Fe (ppm)	2.81	2.61	0.2	1.29	0.63	1.54	0.41	1.3

Logam Berat	Sedimen				
	4	5	6	7	8
As (ppb)	285.59	216.3	< 5.45	307.64	288.74
Hg (ppb)	< 0.84	< 0.84	< 0.84	< 0.84	< 0.84
Cr (ppm)	11.44	11.77	2.01	7.23	9
Pb (ppm)	9.86	10.45	3.94	7.84	10
Cu (ppm)	7.15	4.42	1.7	6.01	11.91
Fe (ppm)	27560	25910	1682	15440	21290



Gambar 2. Konsentrasi logam berat dalam sedimen, air laut, air tanah dan kecenderungan arah aliran

Melihat data yang ada logam berat yang terdapat dalam air tanah sangat kecil dan hampir tidak terdeteksi oleh AAS hal ini tentunya masukan logam berat dari daratan dapat dikatakan sangat kecil atau tidak ada. Hal ini dapat dimengerti karena pola aliran air tanah yang ada di Semarang mengalir dari timur kearah barat mengikuti kontur topogafi Semarang, hal ini telah diungkapkan (Suryono *et al.*, 2007). Lebih lanjut Sabdono *et al.* (2007) menginformasikan bahwa bahwa air tanah di pesisir Utara Pulau Jawa seperti Jakarta, Semarang dan Surabaya telah terkontaminasi oleh logam berat dan pestisida. Meskipun arah aliran tanah di Kota Semarang dari selatan ke utara (dari perbukitan menuju daerah pesisir). Namun di daerah pesisir Kota Semarang kususnya daerah Tugu sebagian besar air tanah dangkalnya berupa air payau (salinitas berkisar 3-7 ppt sedangkan pH 4-6). Adanya air tanah yang bersifat asam di daerah pesisir tentunya menimbulkan pertanyaan karena seharusnya air tanah tersebut bersifat basa. Simpson *et al.* (2004) menyatakan bahwa pergerakan logam dalam sedimen tergantung secara eksternal naik turunnya pH dalam sedimen dan air sehingga logam dalam sedimen dapat berpindahkan ke dalam air.

Sifat asam pada air tanah dan basa pada air laut maupun sedimen akan mengubah reaksi sehingga garam yang bersibat basa akan melepaskan logamnya menuju ke air tanah yang bersifat asam (Chen dan Jiao, 2008). Kondisi inilah

yang diduga menyebabkan adanya logam dalam air tanah di daerah pesisir Tugu Semarang. Untuk lebih lanjut ilustrasi kemungkinan masuknya logam berat dari laut (sediment dan air laut) ke air tanah di wilayah pesisir Tugu Semarang dapat di lihat pada Gambar 2.

Secara umum keberadaan logam dalam air tanah pesisir dapat dikatakan terjadi intrusi air laut ke dalam air tanah sehingga air terasa payau. Intrusi air laut ke dalam air tanah lebih berbahaya bila logam logam yang ada di dalam garam tersebut terdapat logam berat sehingga secara kimiawi akan terlepas kearah asam (air tanah) sehingga membentuk garam dari logam berat dalam air tanah. Masuknya logam berat dari sedimen laut ke air tanah sebenarnya tidak secara kebetulan namun ada peran dari naik turunnya pH dalam air sedimen dan salinitas (Jiao *et al.*, 2001) dan (Jiao, 2002). Kemungkinan lain yang mungkin terjadi adanya logam berat dalam air tanah dangkal di wilayah tersebut secara geologis daerah tersebut batuannya mengandung logam berat yang tinggi (Kelepertsis dan Alexakis., 2004) dan (Jiao *et al.* 2005).

Hal tersebut juga terlihat tingginya konsentrasi logam berat di daerah penelitian yang tinggi terutama di sedimen yang diambil di perairan. Logam berat terdapat dalam sedimen laut juga mungkin dari berbagai sebab diantaranya dari daratan yang terbawa oleh air kemudian

mengendap atau dari sedimen itu sendiri yang cesara geologis memang tinggi logam beratnya telebih tidak jauh darai daerah tersebut merupakan daerah reklamasi yang kemungkinan logam sudah ada pada material yang digunakan untuk reklamasi. Chen dan Jiao (2008) menginformasikan bahwa tanah yang digunakan untuk reklamasi di teluk Shenzhen mangandung logam berat yang tinggi dengan adanya sifat asam dasar perairan maka memacu lepasnya logam dari tanah reklamasi menuju air tanah dan air laut. Selama ini di Semarang tanah yang digunakan untuk reklamasi tidak pernah dianalisa terlebih dahulu secara geokimia sehingga tidak di ketahui kandungan logam berat yang ada dalam material reklamasi tersebut.

Apabila dilihat kecenderungan konsentrasi lagam berat dalam sedimen, air laut dan air tanah menunjukkan adanya konektivitas konsentrasi logam berat antar ketiga kondisi tersebut dari yang berkonsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah atau dari kadar garam tinggi ke rendah mengikuti hukum osmose. Apabila diuji secara korelasi menunjukkan jika logam berat dalam sedimen tinggi maka akan diikuti tingginya logam berat dalam air laut maupun air tanah dengan  $r=0,86$ . Dari berbagai argumen para peneliti sebelumnya dan hasil penelitian di daerah Tugu Semarang dapat disimpulkan bahwa terjadi konektivitas logam berat dalam air tanah, air laut dan sedimen di wilayah pesisir Tugu Semarang.

## Kesimpulan

Kandungan logam berat ditemukan pada seluruh sampel baik sedimen laut, air tanah dan air laut, dimana konsentrasinya menurun dari sedimen, air laut dan air tanah. Konsentrasi tertinggi ditemukan di sedimen laut dan terendah di air tanah. Perkembangan aktivitas di wilayah pesisir seperti reklamasi, buangan air limbah baik dari industri maupun pemukiman diduga sebagai penyebab meningkatnya kandungan logam berat di wilayah pesisir Tugu Semarang. Penelitian ini membuktikan adanya konektivitas kandungan logam berat dalam air tanah, sedimen dan air laut di wilayah pesisir kota Semarang.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih kami berikan kepada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan yang telah mendanai penelitian ini melalui dana Hibah Penelitian tahun 2011. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu jalannya penelitian.

## Daftar Pustaka

- Appelo, C.A.J & D. Postma 1996. *Geochemistry, groundwater and pollution*. A.A. Balkema. Rotterdam. P:536.
- Chen, K & J.J. Jiao 2008. Metal concentrations and mobility in marine sediment and groundwater in coastal reclamation areas: A case study in Shenzhen, China. *Environ. Poll.* 151:576–584.
- Galanopoulou, S. 2005., Mineralogical and geochemical study of surface sediments of Keratsini harbour. *Ph.D Thesis*, National Technical University of Athens, Greece.
- Greenberg, A.E., Trussell, R.R & Clesseri, L.S 1985. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 16<sup>th</sup> edition. American Public Health Association, 05 15<sup>th</sup> street NW, Washington, DC 20005.
- Hall, L.A., 1989. The effects of dredging and reclamation on metal levels in water and sediments from an estuarine environment off Trinidad, West Indies. *Environ. Poll.* 56:189-207.
- Jiao, J.J. 2002. Preliminary conceptual study on impact of land reclamation on groundwater flow and contaminant migration in Penny's Bay. Hong Kong., *Geologist*. 8:14-20.
- Jiao, J.J., C.M. Leung, K.P. Chen, J.M. Huang & R.Q. Huang. 2005. Physical and chemical processes in the subsurface system in the land reclaimed from the sea. In: *Collections of Coastal Geo-Environment and Urban Development*. China Dadi Publishing House, Beijing, China, pp. 399-407
- Jiao, J.J., S. Nandy & H.L. Li. 2001. Analytical studies on the impact of reclamation on groundwater flow. *Ground Water*. 39(6):912-920.
- Kelepertsis, A. & D. Alexakis. 2004. The impact of mining and metallurgical activity of the Lavrion Sulfide deposits on the geochemistry of bottom sea sediments east of the Lavreotiki Peninsula, Greece. *Res. J. Chemist. Environ.* 8(1):40–46.
- Markiewicz-Patkowska, J., A. Hursthouse & H. Przybyla-Kij 2005. The interaction of heavy metals with urban soils: sorption behaviour of Cd, Cu, Cr, Pb and Zn with a typical mixed brownfield deposit. *Environ. Int.* 31:513-521.
- Morillo, J., J. Usero & I. Gracia. 2004. Heavy metal distribution in marine sediments from

- Southwest coast of Spain. *Chemosphere*. 55:431-442.
- Pagliai, A., A. Varriale, R. Crema, M. Galletti & R. Zunarelli. 1985. Environmental impact of extensive dredging in a coastal marine area. *Mar. Poll. Bull.* 16:483-488.
- Rochaddi, B. & C.A. Suryono. 2009. Pestisida organoklorin pada aqifer dangkal di wilayah pesisirkota semarang. *Ilmu Kelautan*. 14(3):155-159.
- Sabdon, A., C.A. Suryono, B. Rochaddi & B.T. Susanti. 2008. Persistence of Organochlorine on Household Wells of Java Urban Areas, Indonesia. *J. App. Sci.* 8(12):2318-2323.
- Simpson, S.L., E.J. Maher & D.F. Jolley. 2004. Processes controlling metal transport and retention as metal-contaminated groundwaters efflux through estuarine sediments. *Chemosphere*. 56:821-831.
- Smith, J.A., G.E. Millward & N.H. Babbedge. 1995. Monitoring and management of water and sediment quality changes caused by a harbour impoundment scheme. *Environ. Int.* 21(2):197-204.
- Suryono, C.A. & B. Rochaddi. 2008. Arsenic Contamination of the Coastal Aquifer in the North Coast of Java Indonesia. *Ilmu Kelautan*. 13(1):25-30.
- Suryono, C.A., A. Sabdon, B. Rochaddi & B.T. Susanti. 2007. Physico-chemical Characteristic and Heavy Metal Content in Shallow Groundwater of Semarang Coastal Region. *Ilmu Kelautan*. 12(4):227-232.
- Tam, N.F.Y. & Y.S. Wong. 2000. Spatial variation of metals in surface sediments of Hong Kong mangrove swamps. *Environ. Poll.* 110:195-205.
- Yu, K.T., M.H.W. Lam, Y.F. Yen & A.P.K. Leung. 2000. Behavior of trace metals in the sediment pore waters of intertidal mudflats of a tropical wetlands. *Environ. Toxicol. Chem.* 19(30):535-542.