

## **VARIASI KANDUNGAN Pb DALAM KARANG PORITES KEPULAUAN SERIBU SELAMA PERIODE 1994-2005: PERUBAHAN TEMPORAL KANDUNGAN Pb DALAM AIR LAUT PERMUKAAN**

*Lead (Pb) Variation Content in Porites Coral Skeleton from Seribu Islands for the Period of 1994 -2005: Temporal Variation on Pb Content in Sea Surface Water*

**Sri Yudawati Cahyarini**

Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI

**ABSTRAK** Timbal merupakan salah satu jenis polutan yang dapat dihasilkan karena emisi kendaraan bermotor, pabrik dan lain sebagainya. Bahan bakar kendaraan bermotor bensin (*gasoline*) teridentifikasi sebagai sumber dominan dari kandungan Pb di lingkungan. Untuk mengetahui kualitas lingkungan terhadap polutan timbal ini diperlukan data historis dari waktu ke waktu kandungan timbal baik di udara maupun di perairan. Karang mampu memberikan informasi historis kandungan Pb di perairan laut. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis kandungan Pb dalam karang yang diambil dari beberapa lokadi di Kepulauan Seribu. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa besaran debit sungai permukaan yang masuk ke wilayah perairan teluk Jakarta berpengaruh kuat terhadap kandungan Pb karang di perairan dalam (*inshore*) yaitu karang di Pulau Bidadari dibandingkan dengan karang yang dari wilayah laut terbuka (*offshore*) yaitu Pulau Jukung. Hal ini menggambarkan bahwa polutan Pb dari darat lebih kuat mempengaruhi kondisi perairan *inshore* dibandingkan *offshore*.

**Kata Kunci:** kandungan Pb, skeletal karang, Kepulauan Seribu

**ABSTRACT** Lead is one of the most contaminant for the environment, which is resulted from aerosol, industry, automobile exhaust etc. Predominant source of emission is identified to be leaded gasoline. Detail historical and trend of lead content in the environment is necessary to describe, in order to monitor the quality of environment. This requires long time series lead data. Coral can provide this data through analyzing the lead content in its skeleton. This study aims to analyze the lead content in coral skeleton from different sites i.e. Bidadari and Jukung Island, the Seribu Islands reef complex. Lead content in the inshore (Bidadari Island) and offshore (Jukung Island) corals are compared. The result shows that variation of Pb content in the inshore coral from Bidadari Island is stronger correlated with the river discharge variation than lead variation from the offshore Jukung Island coral. This represent that the anthropogenic lead from the main land of Jakarta and surrounding area influences the inshore coral than the offshore coral.

**Keywords:** Pb contaminant, coral skeleton, Seribu Islands.

### **PENDAHULUAN**

Timbal (Pb) di alam terbentuk secara alamiah, namun pada masa sekarang timbal juga ditimbulkan akibat faktor antropogenik seperti pembakaran bahan bakar minyak yang mengandung Pb, industry dan lain-lain. Timbal hasil antropogenik ini dapat menyebabkan polusi baik udara maupun laut. Pb hasil aktifitas antropogenik ini (selanjutnya dalam tulisan ini disebut Pb antropogenik) dapat menyebar melalui

---

Naskah masuk : 23 September 2015  
Naskah direvisi : 24 Maret 2016  
Naskah diterima : 25 Oktober 2016

---

Sri Yudawati Cahyarini  
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI  
Kompleks LIPI Gd. 70, Jl Sangkuriang Bandung 40135  
Email : yudawati@yahoo.com

udara kemudian jatuh melalui e.g. *aerosol*, curah hujan (presipitasi) dan diendapkan di laut (Kelly *et al.*, 2009). Dampak dari Pb antropogenik salah satunya adalah tingginya kandungan konsentrasi Pb dalam air laut permukaan dibandingkan pada air laut dalam (Inoue *et al.*, 2006). Perairan kepulauan Seribu yang memiliki biodiversitas laut yang tinggi yang dekat dengan Jakarta dan sekitarnya yang merupakan kota megapolitan tentu semakin mendapat tekanan lingkungan seperti dengan adanya pencemaran Pb di perairan lautnya. Seiring perkembangan industri di Jakarta dan juga transportasi berkontribusi pada konsentrasi polusi Pb di wilayah tersebut (Ostro, 1994). Untuk mengurangi polusi, pemerintah Indonesia mencanangkan program Langit Biru Indonesia seperti tertuang dalam UU No. 23/1997. Salah satu upaya untuk mendukung program tersebut, Menteri Lingkungan Hidup RI tahun 2000 mengeluarkan instruksi yaitu penghapusan bensin bertimbal secara bertahap di seluruh Indonesia, maka Pertamina sejak 1 Juli 2006 tidak lagi menggunakan Timbal (Pb) sebagai zat aditif.

Untuk lebih memahami kondisi kualitas lingkungan terhadap polutan seperti timbal, diperlukan data mengenai konsentrasi timbal dalam kisaran waktu yang panjang. Sehingga dengan data tersebut dapat dipahami bagaimana variasi konsentrasi timbal dari waktu ke waktu, hal ini dapat menjadi informasi pendukung untuk mengetahui apa sebenarnya yang mempengaruhi atau sumber dari konsentrasi timbal pada suatu lingkungan. Selain itu data historis mengenai konsentrasi Pb diperlukan untuk pemantauan konsentrasi Pb di lingkungan. Keterbatasan ketersediaan data pengukuran konsentrasi timbal baik di perairan maupun di udara, beberapa penelitian (i.e Inoue *et al.*, 2006) menggunakan arsip lingkungan (data proxy lingkungan) seperti karang untuk mendapatkan gambaran mengenai konsentrasi Pb di lingkungan. Beberapa penelitian menggunakan kandungan Pb dalam karang untuk menggambarkan kondisi polusi timbal akibat faktor antropogenik (e.g. Inoue *et al.*, 2006; Kelly *et al.*, 2009; Zhu *et al.*, 2010). Inoue *et al.* (2006) melakukan analisa konsentrasi Pb dalam karang di Kepulauan Seribu pada tahun 2003 di tiga lokasi. Hasil penelitian Inoue *et al.* (2006) dengan karang dari Kep Seribu menunjukkan pengenceran konsentrasi Pb ke arah laut terbuka (*offshore*).

Tujuan penelitian ini untuk menganalisa konsentrasi Pb dalam karang dari Kepulauan

Seribu pada periode tahun 1994-2005. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini dapat menambah dan memperkuat hasil yang diperoleh oleh Inoue *et al.*, (2006) yang hanya menganalisis konsentrasi Pb pada tahun 2003 dan selain itu hasil penelitian ini dapat digunakan untuk mengetahui variasi tahunan konsentrasi Pb di wilayah Kepulauan Seribu.

## METODE

Conto inti bor koloni karang jenis Porites dari Pulau Bidadari dan Pulau Jukung dari kompleks Kepulauan Seribu, Teluk Jakarta diambil pada tahun 2005. Conto inti bor diambil satu pada setiap koloni karang di P. Bidadari dan satu inti bor karang Porites di P. Jukung. Pengambilan conto inti bor karang dilakukan dengan metode pemboran pneumatic udara tekan (lihat detailnya dalam Cahyarini & Zinke 2010). Dalam studi ini digunakan conto karang Porites bagian paling atas dari inti bor karang Bidadari (BI) dan Jukung (JU). Inti bor karang kemudian di potong tipis dalam bentuk lempengan setebal 0,5 cm. Lempengan karang tersebut kemudian dicuci dengan udara tekan untuk menghilangkan sedimen dan material lain yang mengotori karang, selanjutnya dicuci dengan *ultrasonic bath*. Untuk mengeringkan lempengan karang dioven pada suhu 70°C selama satu hari. Setelah kering lempengan karang dironsen untuk mendapatkan gambaran perlapisan densitas karang. Berdasarkan perlapisan densitas dapat dihitung kronologi tahunan dari karang tersebut. Satu pasang densitas tinggi/rendah merupakan satu tahun pertumbuhan. Densitas tinggi/rendah dapat diidentifikasi pada hasil ronsen dari lempeng karang, dimana densitas tinggi ditunjukkan dengan warna terang pada hasil ronsen, sebaliknya densitas rendah ditunjukkan dengan warna gelap pada ronsen. Sample karang Jukung dan Bidadari menunjukkan perlapisan pertumbuhan yang dijadikan dasar dalam penghitungan perkiraan umur dari karang. Pada lempengan karang tersebut kemudian dilakukan subsampling sepanjang sumbu pertumbuhan untuk mendapatkan conto serbuk karang. Subsampling dilakukan dengan bor tangan manual dengan *drill bit* sebesar 1 mm, untuk dapat memperoleh data resolusi bulanan untuk satu sampel. Untuk mendapatkan jumlah sampel bubuk yang cukup untuk analisis Pb dan resolusi tahunan maka 12 sample dari hasil subsampling dijadikan satu dan dicampur. Selanjutnya serbuk tersebut

ditimbang seberat 10 gram untuk selanjutnya dianalisis kandungan Pb.

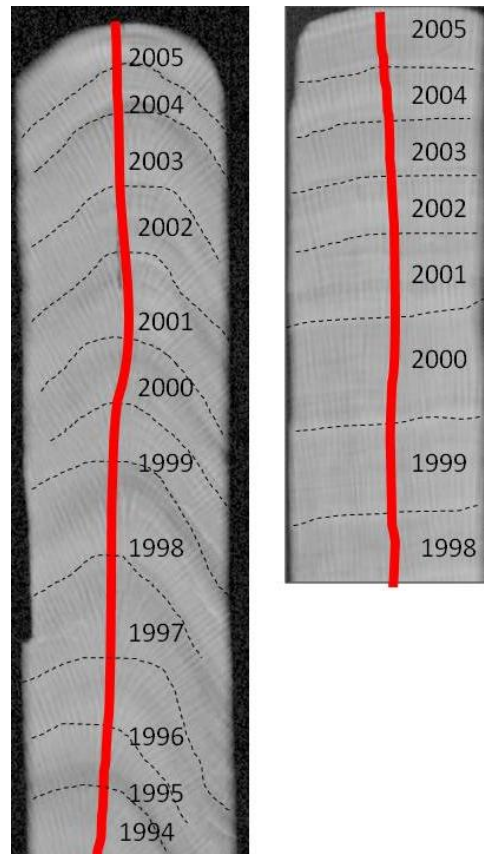
Preparasi untuk analisis Pb dilakukan di laboratorium geokimia Frei University Amsterdam, juga analisis Pb dilakukan dengan ICP MS di laboratorium yang sama. Prosedur pencucian sample serbuk karang mengikuti metode Shen & Boyle (1987). Serbuk karang seberat 10 gram dicuci dengan *mili Q water* kemudian dilakukan *centrifuged*. Pencucian kedua menggunakan 1ml 0,15N HNO<sup>3</sup> kemudian dilakukan *centrifuged* selama 2 menit. Pencucian tahap ketiga menggunakan 1ml 50%-50% campuran dari 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan 0,2N NaOH. Sampel serbuk kemudian dikeringkan pada suhu 100°C. Sampel yang kering kemudian ditambahkan 1 ml 2N HNO<sub>3</sub> yang berfungsi untuk melarutkan sampel. 5 micro mm dari larutan sample tersebut kemudian dimasukkan kedalam botol kolom 10 ml. Dalam penelitian ini Pb 204 dan Pb208 yang dianalisis.

Kronologi dilakukan berdasarkan perlapisan pertumbuhan karang, yaitu satu tahun diwakili satu pasang densitas tinggi/rendah, top perlapisan pertumbuhan adalah tahun dimana karang tersebut diambil yaitu 2005. Diasumsikan bahwa tahun pertumbuhan terakhir (termuda) adalah th 2005.

Selain itu dalam penelitian ini juga digunakan data debit sungai yang diperoleh dari hasil pemodelan debit sungai teluk Jakarta yang dilakukan oleh Poerbandono & Ward (2007). Data debit sungai hasil pemodelan ini hanya memfokuskan pada tiga sungai Ciujung, Cisadane dan Citarum (Poerbandono & Ward, 2007). Data debit air ini digunakan untuk mengetahui variasi air masukan ke wilayah teluk Jakarta. Selain itu data lain yang digunakan adalah data Curah hujan rata-rata tahunan yang diperoleh dari BMKG dari tahun 1994-2004 dan data ONI (Nino 3.4 index) untuk mengetahui pengaruh fenomena iklim El Nino/La Nina.

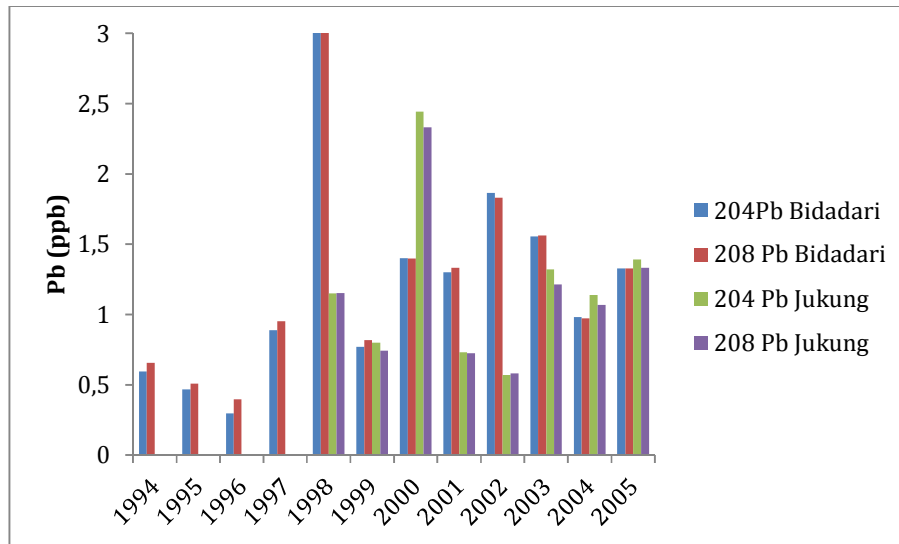
## HASIL DAN DISKUSI

Hasil perhitungan perlapisan pertumbuhan menghasilkan urutan waktu tahunan (kronologi), dari conto karang yang digunakan dalam studi ini menunjukkan karang Bidadari (BI) dalam kisaran tahun 1994-2005, sedangkan karang Jukung (JU) 1998-2005 (Gambar 1).



Gambar 1. Hasil foto ronsen dari lempeng karang Porites dari P.Bidadari (kiri) dan P. Jukung (kanan) yang digunakan dalam studi ini. Lempeng karang menunjukkan perlapisan pertumbuhan karang yang menjadi dasar untuk penentuan waktu (kronologi)(lihat teks untuk penjelasannya). Garis transek sampling sepanjang sumbu pertumbuhan ditandai dengan garis merah.

Sepanjang sumbu pertumbuhan karang (Gambar 1) dilakukan sampling untuk analisis Pb. Hasil analisis 204 Pb pada conto karang Porites tersebut menunjukkan variasi yang sama dengan 208 Pb baik hasil analisis pada sampel karang Bidadari maupun karang Jukung (Gambar 2). Gambar 2 menunjukkan variasi tahunan 204 Pb dan 208 Pb dari karang Porites Bidadari (periode 1994-2005) dan Jukung (periode 1998-2005). Hasil analisis statistik standard menunjukkan 204 Pb dan Pb208 pada conto karang Bidadari dan Jukung adalah seperti terlihat pada Table 1. Rata-rata nilai Pb karang Bidadari adalah 2.19 -2.14 ppb sedangkan karang Jukung 1.14-1.19 ppb. Kandungan karang



Gambar 2. Variasi tahunan 204 Pb dan 208 Pb dari karang P. Bidadari dan P. Jukung

**Tabel 1 Hasil analisis statistik deskriptif 204 Pb dan 208 Pb pada conto karang Porites Bidadari (Bi) dan Jukung (Ju). Kandungan Pb dalam satuan ppb**

	<i>Bi 204Pb</i>	<i>Bi208Pb</i>	<i>Ju 204Pb</i>	<i>Ju 208Pb</i>
Mean	2,185	2,144	1,193	1,143
Standard Error	1,153	1,082	0,206	0,194
Median	1,141	1,151	1,144	1,110
Standard Deviation	3,994	3,750	0,583	0,549
Count	12	12	8	8
Confidence Level(95,0%)	2,537	2,383	0,487	0,459

Bidadari menunjukkan rata-rata Pb yang lebih tinggi dibanding karang Jukung, hal ini sangat dimungkinkan karena letak Bidadari lebih dekat dengan daratan dimana langsung dipengaruhi oleh suplai dari darat seperti sedimentasi, polusi dan lain-lainnya, dibanding dengan Jukung yang terletak lebih keutara sehingga pengaruh dari darat lebih kurang dibandingkan dengan Bidadari.

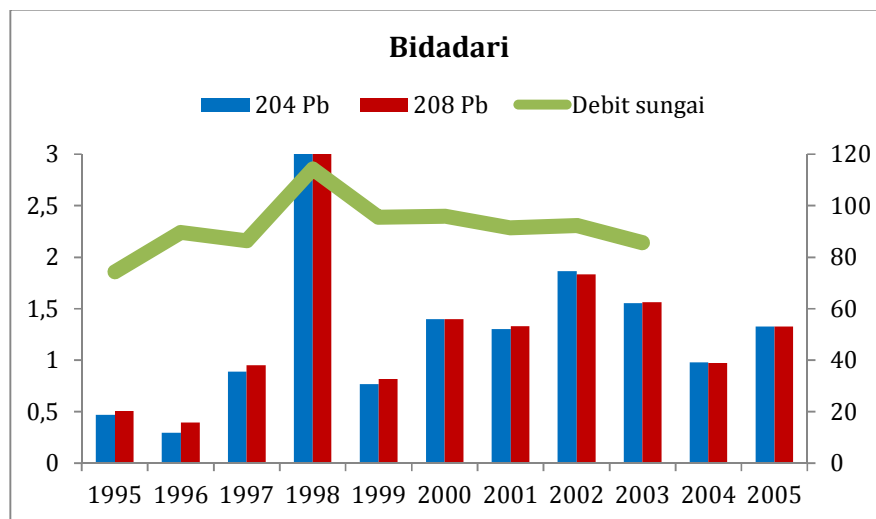
Seperti ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4 yang menunjukkan variasi Pb dari karang Bidadari dan Jukung dengan variasi rata-rata total debit sungai yang masuk ke teluk Jakarta. Pada sampel karang Bidadari kandungan Pb menunjukkan kenaikan drastis pada 1998, maksimum Pb karang Bidadari selaras dengan maksimum total debit air permukaan. Hal ini tidak terlihat jelas pada conto karang Jukung yang menunjukkan variasi relative sama tidak terjadi anomali yang signifikan. Hal ini diduga karena adanya pengaruh peningkatan

suplai dari darat, dimana debit air permukaan yang mengalir dari wilayah daratan Jakarta masuk ke teluk Jakarta meningkat dan mengalami puncaknya pada tahun 1998 bertepatan dengan maksimum Pb selama periode 1994-2005 (Gambar 3). Peningkatan debit sungai ini dimungkinkan karena adanya pengaruh La Nina yang membawa curah hujan makin tinggi pada tahun tersebut. La Nina merupakan fasa dingin dari siklus fenomena iklim ENSO (*El Nino Southern Oscillation*) yang dicirikan dengan adanya anomali suhu permukaan laut positif di wilayah timur samudra Pacific dan anomali negative di wilayah barat samudra Pacific (perairan Indonesia dan sekitarnya), kondisi ini dikenal dengan fasa panas (El Nino), kondisi sebaliknya dikenal dengan istilah fasa dingin (La Nina). Dampak dari La Nina adalah curah hujan tinggi di wilayah Indonesia dan sekitarnya, sebaliknya El Nino dampaknya kekeringan di

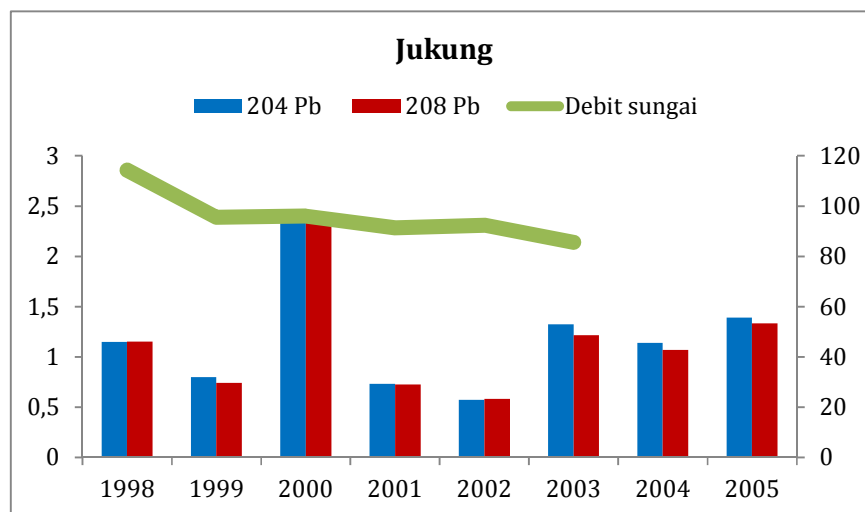
wilayah ini (Trenbeth, 1997). Pada tahun 1998 merupakan tahun La Nina dimana terjadi peningkatan curah hujan yang menyebabkan banjir di wilayah Jakarta sehingga peningkatan suplai dari sungai-sungai di wilayah Jakarta yang bermuara di teluk Jakarta. Mengingat pulau Bidadari terletak dilokasi lebih dekat ke darat (*inshore*) dibandingkan pulau Jukung yang lebih ke laut terbuka (*offshore*) sehingga rekaman variasi tahunan Pb terkandung dalam karang pulau Bidadari menunjukkan korelasi kuat dengan debit sungai yang masuk ke perairan teluk Jakarta ( $R=0,814$ ) (Gambar 3), hal ini menunjukkan adanya pengaruh kuat dari aktifitas diwilayah darat dan

suplai dari darat. Variasi Pb dari kandungan karang pulau Jukung kurang begitu jelas memperlihatkan pengaruh dari debit sungai ( $R=0,074$ ) (Gambar 4).

Berdasarkan data *Ocean Nino Index* (ONI) yang dikeluarkan oleh NOAA (2015) La Nina 1998 dimulai pada Juni dan meningkat terus sampai puncaknya pada bulan Desember-Januari-Februari 1998 yang bertepatan dengan musim barat, kemudian menurun dan meningkat lagi pada musim barat 2000. Pada saat La Nina 1998 dimana puncaknya bertepatan dengan musim barat dimana curah hujan diwilayah Indonesia pada



Gambar 3. Perbandingan kandungan Pb (ppb) karang dari P.Bidadari dengan data debit sungai (m<sup>3</sup>) (lihat teks untuk diskusi)

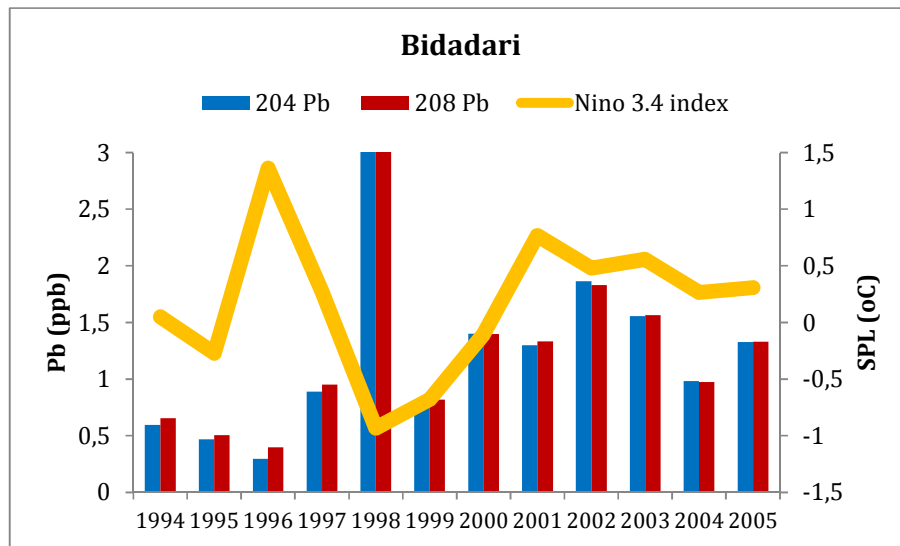


Gambar 4. Perbandingan kandungan Pb karang dari P.Jukung dengan data debit sungai

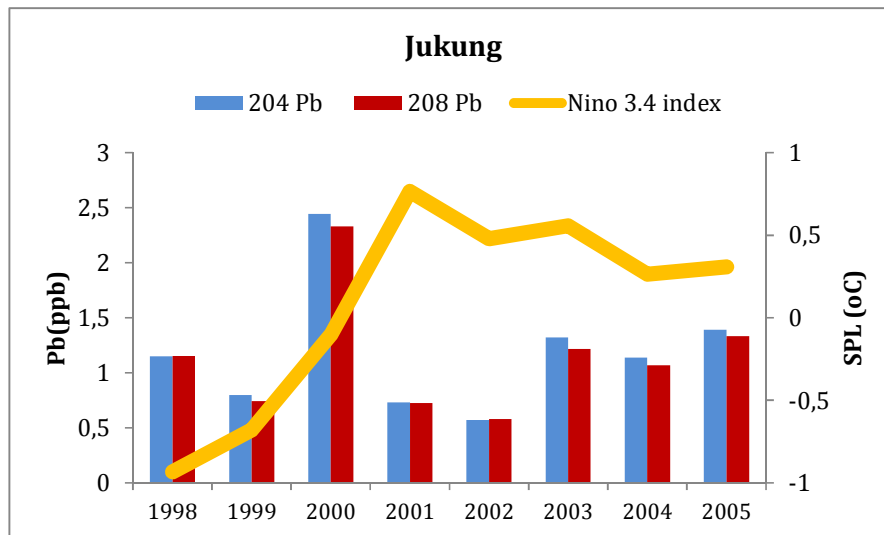
umumnya tinggi, sehingga suplai sungai ke teluk Jakarta juga akan meningkat.

Pada saat El Nino 1995/1996 nilai Pb keduanya terlihat paling rendah, hal ini dimungkinkan bahwa kemungkinan pengaruh darat salah satunya dari *discharge* sangat kurang karena menurunnya curah hujan pada saat itu (Gambar 5). Pada karang Jukung kandungan Pb tertinggi terlihat pada tahun 2000 dimana pada saat itu juga masih bertepatan dengan tahun La Nina yaitu terjadinya pendinginan SPL diwilayah Nino 3.4 (timur samudra Pacific). Walau begitu fluktuasi jumlah Pb kurang begitu jelas terlihat pada karang Jukung

yang bertepatan dengan fluktuasi suhu di wilayah Nino 3.4 Gambar 5,6 menunjukkan kandungan Pb karang dari kedua lokasi Jukung dan Bidadari dibandingkan dengan data ONI (index Nino 3.4) (korelasi koefisien konsentrasi Pb dengan index Nino 3.4 adalah  $R= 0,16$  untuk karang Jukung,  $R= 0,55$  untuk karang Bidadari). Pada penelitian berikutnya direkomendasikan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh debit sungai terhadap kandungan Pb karang dengan mengambil conto karang di P. Untung Jawa, P. Rambut yang berada diantara P. Bidadari dan P.Jukung.

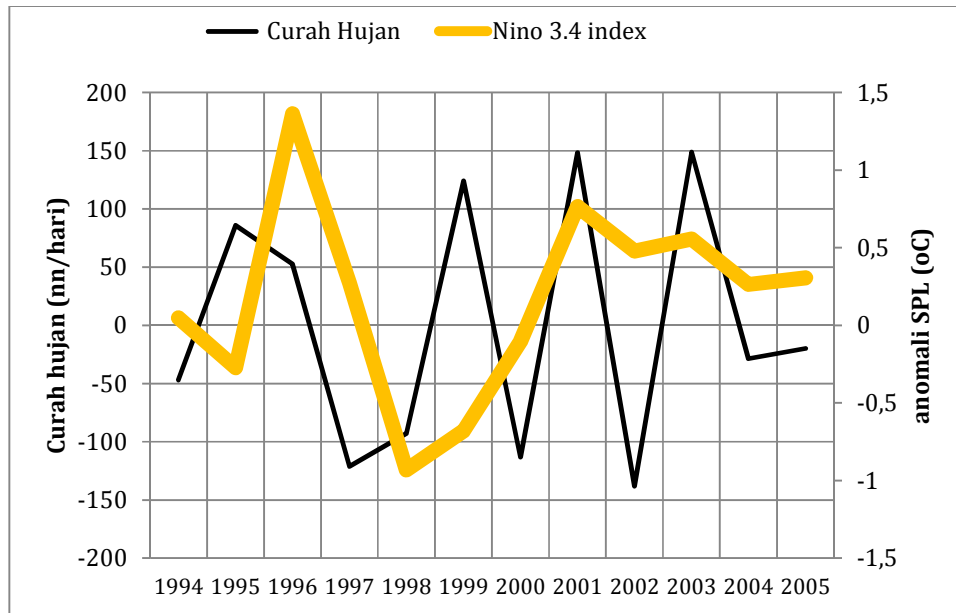


Gambar 5. Perbandingan kandungan Pb karang dari P. Bidadari dengan data Nino Index 3.4



Gambar 6. Perbandingan kandungan Pb karang dari P. Jukung dengan data Nino Index 3.4 (lihat teks untuk diskusi)





Gambar 7. Perbandingan variasi curah hujan hasil pengukuran di wilayah Jakarta dan sekitarnya dengan Nino index 3.4.

Kaitan curah hujan di wilayah Jakarta dan sekitarnya dengan ENSO terlihat pada Gambar 7. Minimum curah hujan terdapat pada tahun El Nino (1997), namun terjadi peningkatan drastis curah hujan yang pada tahun La Nina (1998) sebesar ~110mm/hari selama tahun 1998 (Gambar 7). Peningkatan drastic debit sungai sebesar 27 m<sup>2</sup> terjadi pada tahun yang sama pada awal awal La Nina dan mencapai maksimum debit (114m<sup>2</sup>) pada tahun la Nina (1998) (Gambar 3). Debit sungai dipengaruhi oleh beberapa faktor baik alamiah maupun antropogenik, beberapa sungai bisa menunjukkan adanya kenaikan debit yang seiring dengan penurunan curah hujan dan sebaliknya (Milliman *et al.*, 2008).

Dalam studi ini kemungkinan peningkatan debit sebesar 27m<sup>2</sup> didorong oleh adanya peningkatan curah hujan sebesar 110mm/hari, selain juga faktor-faktor lainnya seperti peningkatan air larian (*runoff*) dan juga penggunaan lahan (*Landuse*) dan lain-lain, sehingga mencapai debit maksimum pada tahun tersebut. Walau begitu untuk lebih detil mengetahui apa faktor utama yang mempengaruhi debit sungai di wilayah Jakarta perlu dilakukan studi lebih lanjut dan monitoring data debit, curah hujan dan faktor antropogenik seperti perubahan tata lahan, drainase, irigasi dll.

## KESIMPULAN

Kandungan Pb dalam skelatal karang dari pulau Bidadari menunjukkan adanya korelasi dengan pengaruh dari daratan Jakarta yang ditunjukkan adanya korelasi tinggi dengan debit air permukaan (sungai) yang masuk ke wilayah perairan karang teluk Jakarta. Sedangkan kandungan Pb pada karang di P. Jukung tidak menunjukkan korelasi yang kuat dengan debit sungai. Pulau Bidadari yang terletak dekat dengan daratan Jakarta (*inshore*) terlihat jelas mendapatkan pengaruh dari darat yang lebih tinggi dibandingkan dengan Pulau Jukung yang terletak lebih ke laut terbuka (*offshore*). Maksimum Pb karang Bidadari bertepatan dengan maksimum debit sungai yang bertepatan juga dengan terjadinya La Nina tahun 1998. Hal ini diduga selama La Nina dimana terjadi peningkatan curah hujan atau pun terjadi peningkatan debit sungai di wilayah Jakarta sehingga suplai dari dataran ke wilayah laut perairan karang meningkat hal ini terekam dalam tinggi nya Pb karang dari wilayah perairan Bidadari. Untuk membuktikan dugaan ini diperlukan studi lebih lanjut dengan melakukan monitoring data debit secara kontinyu dan dalam kisaran waktu panjang, curah hujan, dan juga faktor antropogenik seperti perubahan tataguna lahan dll.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada dana hibah KNAW mobility/SPIN program th 2007/2008 untuk Sri Yudawati Cahyarini untuk analisis Pb di FUA. Kontribusi kegiatan inhouse research DIPA 079.01.2.017152/2015 kode kegiatan 3408.001.014.H

## DAFTAR PUSTAKA

- Cahyarini S.Y. dan Zinke. J., 2010. Geochemical tracer in coral as a sea surface temperature proxy: records from Jukung coral. *ITB J. Eng. Sci.*, 42(1), 65-72.
- Inoue M., Hata.A, Suzuki.A, Nohara.M, Shikazono.N, Yim. W.W.S., Hantoro. W.S., Donghuai.S, H. Kawahata. H., 2006. Distribution and temporal changes of lead in the surface water in the western Pacific and adjacent seas derived from coral skeleton. *Environmental Pollution*, 144, 1045-1052.
- Kelly A. E., Reuer, M .K, Goodkin, N. F., Boyle. E.A., 2009. Lead concentrations and isotopes in corals and water near Bermuda, 1780–2000. *Earth and Planetary Science Letters*, 283, 93-100. DOI:10.1016/j.epsl.2009.03.045.
- Milliman, J. D, Farnsworth, K. L, Jones, P.D, Xu, K.H, Smith, L.C., 2008. Climatic and anthropogenic factors affecting river discharge to the global ocean, 1951–2000. *Global and Planetary Change*, 62, 187–194. DOI:10.1016/j.gloplacha.2008.03.001
- NOAA, 2015. Ocean Nino Index, [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml). Diunduh pada 3 Agustus 2015.
- Ostro, B., 1994. Estimating Health Effects of Air Pollutants: A Methodology with an Application to Jakarta, Policy Research Working Paper 1301, the World Bank, Washington D.C., 43-45.
- Poerbandono dan Ward. P., 2008. Toward the Modeling of the Latest Century's Flow Discharge from Java Mainland to the Jakarta Bay: Report of Preliminary Results. Chapter IX, Report of KNAW-SPIN Mobility program Ref.ISK381IND: Geochemical monitoring of coral growth banding in Porites corals as a proxy of anthropogenic induced pollution and environmental modification: case study Kepulauan Seribu - Jakarta Bay, Indonesia, 9.1-9.10.
- Shen, G.T., and Boyle, E.A., 1987, Lead in corals: Reconstruction of historical industrial fluxes to the surface ocean Earth and Planetary Science Letters, 82. 289-304.
- Trenberth, K.E., 1997. The definition of El Nino, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78 (12), 2771-2777.
- Zhu, L, Guo.L, Gao.Z, Yin.G, Lee.B , Wanga.F, Xu.J., 2010. Source and distribution of lead in the surface sediments from the South China Sea as derived from Pb isotopes. *Marine Pollution Bulletin*, 60 (11), 2144-2153. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2010.07.026.