

kajian lanjutan dan kontinyu, karena konsentrasi logam berat lainnya diduga dapat mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya aktivitas pertambangan (e.g., pertambangan tradisional, hasil buangan industri besar) di sekitar lokasi penelitian.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Izin penelitian dan pendanaan didukung oleh BAPPEDA Kabupaten Sumbawa Barat. Logistik dan akomodasi di lapangan disediakan oleh POKWASMAS Kabupaten Sumbawa Barat. Penulis pertama berterima-kasih kepada Iman Teguh dan Syamsul Hidayat untuk kontribusinya di lapangan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, H.S. 2002. Pendugaan tingkat akumulasi logam berat Pb, Cd, Cu, Zn, dan Ni pada kerang hijau (*Perna viridis*) ukuran < 5 Cm di perairan Kamal Muara, Teluk Jakarta. [Skripsi] FPIK. IPB.
- Amin, B. 2002. Distribusi logam berat Pb, Cu dan Zn pada sedimen permukaan di Telaga Tujuh Karimun, Kepulauan Riau. *Jurnal Nature Indonesia* 5(1), 9-16
- Anindita, A.D. 2002. Kandungan logam berat Pb, Cu, Ni, Pb dan Zn terlarut dalam badan air dan sedimen pada perairan sekitar Pelabuhan Perikanan, Pelabuhan Ratu, Sukabumi [Skripsi]. Ilmu dan Teknologi Kelautan. Fakultas Perikanan dan Kelautan. IPB, Bogor.
- Arifin, Z. 2008. Nasib kontaminan logam dan implikasinya pada komunitas bentik di Delta Berau, Kalimantan Timur. Laporan akhir kumulatif Riset Kompetitif Tahun 2006-2008. Puslit Oseanografi – LIPI. Jakarta.
- Arifin, Z. 2011. Konsentrasi Logam Berat di Air, Sedimen dan Biota di Teluk Kelabat, Pulau Bangka. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 3(1), 104-114
- Arifin, Z., Susana, T., Purwati, P., Muchsin, R., Hindarti, D., Riyono, S.H., Razak, A., Matondang, E., Salim, Farida, N. 2003. Ekosistem Teluk Jakarta dan produktivitasnya. Laporan riset Kompetitif Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Pusat Penelitian Osanografi – LIPI.
- Chou, C.L., Paon, L.A., Moffatt, J.D., Buzeta, M.I., Fenton, D., Ruther-Ford, R.J. 2004. Distribution Contamination in Biota and Sediments in the Musquash Estuary Atlantic Canada, Marine Protected Area Site Initiative and Contaminant Exclusion Zona. *Marine Pollution Bulletin* 48, 884 – 893.
- Greaney, K.M. 2005. An Assessment of Heavy Metal Contamination in The Marine Sediments of Las Perlas Archipelago, Gulf of Panama [Thesis]. Marine Resource Development and Protection, School of Life Science. Heriot-Watt University, Edinburgh.
- Insiwari, Sukar, Cahyorini. 2008. Kadar logam berat di lingkungan wilayah tambang, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Ekologi Kesehatan* 7(1), 656-664.
- Kehriga, H.A., Pinto, F.N., Moreira, I., Malm, O. 2003. Heavy metals and methylmercury in a tropical coastal estuary and a mangrove in Brazil. *Organic Geochemistry* 34, 661–669. doi: 10.1016/S0146-6380(03)00021-4.
- Lacerda, L.D., Pfeiffer, W.C., Fiszman, M. 1987. Heavy metal distribution, availability and fate in Sepetiba Bay, S.E. Brazil. *Sci. Tot. Environ.* 65, 163–173.
- de Luca-Rebello, A., Haekel, W., Moreira, I., Santelli, R., Schroeder, F. 1986. The fate of heavy metals in an estuarine tropical system. *Marine Chemistry* 18, 215–225.
- Marins, R.V., Lacerda, L.D., Paraquetti, H.H.M., Paiva, E.C., Villas Boas, R.C. 1998. Geochemistry of mercury in sediments of a sub-tropical coastal lagoon, Sepetiba Bay, South-eastern Brazil. *Bull. Environ. Comtam. Toxicol.* 61, 57–64.
- Masnun. 2011. Industri Pertambangan NTB antara "berkah" dan "musibah". Media online Antaranews.com, online: 14 Februari 2011. [Dikunjungi 16 Maret 2015]. Link: <http://mataram.antaranews.com/berita/15388/industri-pertambangan-ntb-antara-berkah-dan-musibah>.
- Rego, V.S., Pfeiffer, W.C., Barcellos, C.O., Rezende, C.E., Malm, O., Souza, C.M.M. 1993. Heavy metal transport in the Acari´-Saõ Joaõ de Meritri´ river system, Brazil. *Environm. Technology* 14, 167–174.
- Susianingsih, A. 2005. Pendugaan sebaran spasial logam berat Pb, Cd, Cu, Zn dan Ni di air dan sediment Perairan Teluk Jakarta. Skripsi. Ilmu dan Teknologi Kelautan. Fakultas Perikanan dan Kelautan, IPB Bogor. 123 pp.



## OBSERVASI ELEVASI MUKA AIR PERAIRAN SLEKO CILACAP MENGGUNAKAN STASIUN PASANG SURUT BERBASIS GPRS

Mukti Trenggono<sup>1</sup>, Hartoyo<sup>2</sup> dan Adi Wirawan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Balai Penelitian dan Observasi Laut, Jl. Baru Perancak, Negara, Jembrana, Bali  
<sup>2</sup>Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto  
<sup>3</sup>Divisi Avionik, Pusat Teknologi Aeronautika, LAPAN, Bogor

\*Corresponding authors: [mukti.trenggono@gmail.com](mailto:mukti.trenggono@gmail.com)

### ABSTRACT

Current observation of water level in the Sleko waters used single-point time series by applying differential pressure level sensor accompanied by data logger. Data were taken periodically at intervals of five minutes. The telemetry system utilized the facilities of General Packet Radio Service (GPRS) in order to transmit the data and receive by a receiver on a server. The data in the server processed using PHP and MySQL applications to be displayed in graphs and numbers on the browser that can be accessed by the user. The results showed the percentage of realization data to the target was 93.45% due to of the signal from Base Transceiver Station. The average of the sea surface level during March to August was 96.11 cm. Accordingly, the tidal type in Sleko waters is mixed mainly semidiurnal tides.

**Keywords:** Sleko, Differential Pressure Level Sensor, GPRS, mixed mainly semidiurnal tides

### PENDAHULUAN

Elevasi muka air laut seringkali digambarkan sebagai pasang surut yang merupakan fenomena naik turunnya muka laut secara periodik yang diakibatkan oleh interaksi antara bumi, matahari, bulan, dan benda langit lainnya. Fenomena ini merupakan hasil dari gaya tarik gravitasi dan efek gaya sentrifugal, dimana gaya tarik matahari dan gaya tarik gravitasi bulan menarik air laut ke arah bulan dan matahari. Dalam aplikasinya informasi pasang surut dibutuhkan untuk banyak keperluan, diantaranya adalah transportasi laut, kegiatan di pelabuhan, dan kegiatan rekayasa di daerah pesisir atau pantai. Selain itu informasi pasang surut juga diperlukan untuk mengetahui sirkulasi arus di suatu perairan, transport sedimen dan proses lain yang terkait dengan hidrodinamika perairan. Data dan informasi mengenai dinamika elevasi muka air merupakan karakteristik perairan yang penting untuk mengetahui waktu pasang dan surut serta ketinggiannya (Trenggono *et al*, 2015), bahkan dengan data yang panjang dapat digunakan dalam analisa fenomena ekstrim seperti *sea level change*.

Perairan Sleko sebagai bagian dari perairan Segara Anakan dipengaruhi oleh pasang surut dari Samudera Hindia. Saat ini pelaksanaan observasi yang dilakukan di perairan Sleko adalah secara *single point time series observation* yaitu dengan menempatkan satu stasiun pengamatan di lokasi representatif untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan. Transmisi data dari stasiun ke database adalah dengan sistem telemetri

memanfaatkan fasilitas *General Packet Radio Service (GPRS)* pada jaringan *Global System for Mobile communication (GSM)*. Teknologi ini sangat memungkinkan untuk diterapkan dalam pengiriman data digital dengan kualitas data yang baik pada jarak bermil-mil jauhnya (Albaladejo *et al.*, 2012). Keuntungan lainnya adalah biaya pengiriman data per satuan kilobite (Kb) yang dioperasikan oleh penyedia (provider) telekomunikasi sudah sangat terjangkau. Oleh karena itu salah satu kriteria dalam pemilihan lokasi stasiun observasi pada kegiatan ini adalah ketersediaan jaringan GSM dengan fasilitas GPRS (Cai and David, 1997; Mahabrur, 2010). Fasilitas GPRS terintegrasi dalam data logger. Data logger berfungsi sebagai prosesor penghitung nilai elevasi muka air laut, kalibrasi nilai ketinggian muka air laut, mengirimkan data pada modem radio, dan melayani permintaan download data yang tersimpan pada memori logger (Basuki *et al.*, 2011). Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa sistem observasi dan mendapatkan informasi tentang karakteristik muka air laut di perairan Sleko Kabupaten Cilacap.

### METODOLOGI

#### Waktu dan Tempat

Pengambilan data dilakukan pada bulan Maret sampai dengan Agustus 2014. Lokasi observasi seperti pada gambar 1 yaitu di perairan Sleko Kabupaten Cilacap pada posisi 108°59'47.3" BT, 07°43'39.8" LS.

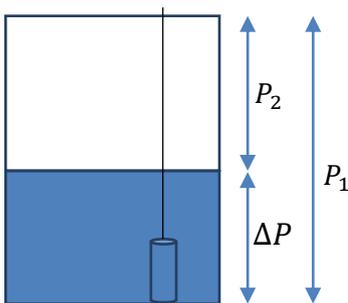


Gambar 1. Lokasi Stasiun Observasi Sleko

**Pengumpulan Data**

Elevasi permukaan air laut diukur dengan menggunakan *Differential Pressure Level Sensor* yang disertai data logger (Gambar 2). Inti dari pengukuran adalah perbedaan tekanan  $\Delta P$  antara total tekanan pada sensor  $P_1$  (tekanan hidrostatik air dan tekanan statis lingkungan disekitar) dan tekanan statis di lingkungan sekitar  $P_2$ . Perbedaan tekanan hidrostatik setara dengan densitas air dikalikan dengan gravitasi dikalikan ketinggian air.

$$\Delta P = \rho * g * \Delta h$$



Gambar 2. Sistem Differential Pressure Level Sensor

Dengan asumsi densitas air  $\rho$  dan gravitasi  $g$  pada suatu tempat sama, maka diperoleh perbedaan tekanan hidrostatik sebanding dengan perbedaan ketinggian air.

$$\Delta P = \Delta h$$

Sensor tekanan pada intinya adalah sebuah jembatan Wheatstone, dimana perubahan tekanan

yang diterima oleh sensor akan merubah nilai dari hambatan / *resistor R* (Serway, 1989). Dengan adanya perubahan nilai hambatan  $R$  pada komponen jembatan Wheatstone, akan mengakibatkan perubahan nilai tegangan output sensor. Nilai perubahan tegangan output sensor ini sebanding dengan perubahan ketinggian air. Nilai keluaran dari setiap sensor berbeda, sesuai dengan kalibrasi yang dilakukan oleh pihak produsen sensor. Nilai keluaran dapat ditentukan dari transfer fungsi dari nilai ketinggian air  $H$  terhadap tegangan keluaran  $V$ :

$$H = 2 * V$$

Dimana ketinggian  $H$  dalam satuan centimeter, sedangkan tegangan  $V$  dalam satuan millivolt.

Sensor tekanan dikalibrasi dahulu sebelum digunakan dengan memasukkan sensor ke dalam wadah yang telah diisi air dengan ketinggian  $x$ , kemudian diukur keluaran tegangan sensor  $\Delta v$ .

$$V_{CAL} = \frac{\Delta v}{x} H$$

Selanjutnya dengan ADC single ended formula dapat digunakan untuk mencari kode keluaran ADC  $D_{OUT}$ , dengan menggunakan bantuan nilai tegangan referensi ADC  $V_{REF}$  dan resolusi bit ADC  $n$ .

$$D_{OUT} = \left( \frac{V_{IN\_ADC}}{V_{REF}} \right) * 2^n$$

Pada akhirnya, kode keluaran dikonversi ke nilai ketinggian air  $H$  dengan menggunakan rumus dibawah, dan juga memperhitungkan faktor kalibrasi  $\frac{x}{\Delta v}$ :

$$H = \frac{x}{\Delta v} \left( \frac{D_{OUT} \cdot V_{REF}}{2^n} \right)$$

Pada data logger, data sensor pressure berupa besaran tegangan dirubah menjadi nilai digital dengan menggunakan *Analog to Digital Converter* (ADC). Data sensor dibaca secara terjadwal dengan bantuan *Real Time Clock* (RTC) sebagai pewaktu. Data sensor tekanan yang disertai dengan waktu pengambilan data disimpan di dalam sebuah alat penyimpan berupa memori flash. Data ini dikirimkan dari mikro kontroler ke modul interface GPRS, dimana modul ini bertugas sebagai pengatur komunikasi data antara modem GPRS dengan server. Interface GPRS bertugas untuk menginisialisasi modem GPRS, melakukan sambungan modem ke jaringan data GPRS, melakukan sambungan komunikasi antara Modem GPRS dengan server dan mengirimkan data sensor tekanan yang disertai waktu pengambilan ke server. Data yang dikirimkan oleh modem GPRS akan diterima oleh sebuah aplikasi penerima data berbasis php untuk kemudian di tampung pada database yang terdapat di server. Data yang tersimpan didalam server dioleh dengan menggunakan aplikasi php dan mySql untuk bisa ditampilkan secara grafik maupun angka pada browser yang dapat diakses oleh pengguna dengan menggunakan komputer maupun telepon pintar yang terkoneksi ke internet.

### Analisa Harmonik

Data pada server dengan interval 5 menit dicuplik menjadi data setiap satu jam untuk dianalisa harmoniknya sampai dengan diperoleh nilai konstanta pasutnya. Penentuan konstanta pasut dilakukan dengan menggunakan metode Least-Squares dalam model T Tide (Pawlowicz *et al*, 2002). Pada metode ini konstanta pasang surut yang diperoleh sampai dengan 29 konstanta, dan dalam penelitian ini hanya beberapa konstanta utama yang ditampilkan (MSF, M2, S2, K1, O1, M4, MS4). Konstanta ini digunakan untuk penentuan tipe pasut yang terjadi dengan menentukan perbandingan antara amplitudo (tinggi gelombang) unsur-unsur pasang surut tunggal

utama dengan unsur-unsur pasang surut ganda utama menggunakan bilangan Formzahl dengan mengacu pada persamaan berikut:

$$F = \frac{(O1 + K1)}{M2 + S2}$$

dimana :

F	=	adalah bilangan formzahl
K1	=	konstanta oleh deklinasi bulan dan matahari
O1	=	konstanta oleh deklinasi bulan
M2	=	konstanta oleh bulan
S2	=	konstanta oleh matahari

Kriteria F:

$F \leq 0.25$	Pasang surut tipe ganda (semidiurnal tides)
$0,25 < F \leq 1,5$	Pasang surut tipe campuran condong harian ganda (mixed mainly semidiurnal tides)
$1,50 < F \leq 3,0$	Pasang surut tipe campuran condong harian tunggal (mixed mainly diurnal tides)
$F > 3.0$	Pasang surut tipe tunggal (diurnal tides)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisa Sistem Observasi

Data-data yang masuk kedalam database ditampilkan dalam web <http://www.inagoos.com>. Data elevasi muka laut yang dikirimkan secara *real time* dari stasiun observasi ke server mempunyai interval 5 (lima) menit. Pada kondisi ideal dimana tidak ada permasalahan pada proses pengukuran dan pengiriman data, maka data yang diperoleh  $(60/5) \times 24 = 288$  data dalam 1 (satu) hari sehingga dalam kurun waktu Maret sampai dengan Agustus 2015 diperoleh 52.992 data dengan interval data 5 menit. Persentase data yang diperoleh terhadap target adalah 93,45 %. Adapun rincian jumlah data yang diperoleh dari stasiun pemantauan disajikan pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 1.** Tabulasi data elevasi muka air stasiun Sleko

Bulan	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	Total
Target	8928	8640	8928	8640	8928	8928	52992
Realisasi	8913	8540	8448	8610	7368	7643	49522
(%)	99,83	98,84	94,62	99,65	82,52	85,60	93,45

**Tabel 2.** Nilai Rata-Rata Amplitudo dan Fase

Tide Compount	X0	MSF	*O1	*K1	*M2	*S2	M4	MS4	S4	M8
Amplitudo (cm)	96,2	4.68	10.07	16,25	39.22	17.42	1.43	1.39	0.91	0.30
Fase (°)		209.47	209.47	180.93	225.71	196.27	225.45	236.52	124.01	239.49

Ada beberapa hal yang mempengaruhi realisasi data yang masuk ke server tidak mencapai 100% dari target. Pengaruh system transmisi sinyal dari BTS (*Base Transceiver Station*) yang tidak stabil terkait kondisi geografi (Cai and David, 1997). Menurut Xu *et al* (2014), beberapa faktor yang berperan dalam menentukan kualitas dan kuantitas data baik dalam perekaman maupun dalam transmisi data berbasis GPRS adalah ketahanan sensor terhadap air laut (*water resistance*), ketahanan terhadap dinamika perairan seperti arus, gelombang, sedimentasi (*stronger robustness*),

### Analisa Tipe Pasut

Analisa tipe pasut ditentukan dengan rumus bilangan Formzahl. Berikut tabel bilangan Formzahl setiap bulan.

**Tabel 3.** Formzal bulanan

Bulan	Bilangan Formzahl
Maret	0,363
April	0,809
Mei	0,464
Juni	0,506
Juli	0,523
Agustus	0,481

Berdasarkan Tabel 3 maka diperoleh nilai kisaran bilangan *Formzahl* untuk perairan Sleko sebesar 0.363-0.809. Sehingga tipe pasut pada

konsumsi energi yang besar terkait jarak komunikasi yang panjang (*Higher energy consumption*). Selain itu kestabilan osilasi antara antena pemancar dan penerima pada stasiun observasi, serta faktor lain seperti adanya tindakan perusakan (*vandalism*).

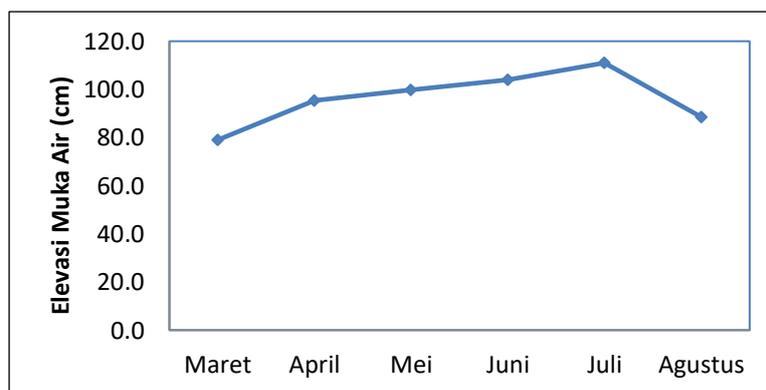
### Analisa Konstanta Pasut

Berdasarkan analisa harmonik terhadap data setiap satu jam, nilai rata-rata dari amplitudo dan fase dari konstanta pasut di perairan Sleko dapat dilihat pada Tabel 2.

Perairan Sleko adalah pasang surut tipe campuran condong harian ganda (*mixed mainly semidiurnal tides*) artinya bahwa perairan Sleko mengalami dua kali pasang dalam satu hari dengan perbedaan tinggi dan interval yang berbeda. Hasil analisa Tipe pasut ini seperti halnya hasil penelitian Mihardja (1989). Tipe pasang surut jenis ini umum terdapat di perairan Indonesia bagian barat Sumatera, selatan Jawa, Bali dan Nusa Tenggara (Wyrky, 1961).

### Analisa Fluktuasi Muka Laut

Berdasarkan data pengamatan pasut selama bulan Maret sampai dengan Agustus 2014, pola fluktuasi Mean Sea Level (MSL) di perairan Sleko dapat diketahui berdasarkan gambar 3 di bawah ini.



**Gambar 3.** Fluktuasi Muka Air (X0)

Gambar 3 diatas menunjukkan bahwa besaran perubahan ketinggian muka laut untuk setiap bulannya pada kisaran 0-25 cm. Pada kurun waktu 6 bulan (Maret-Agustus) rata-rata muka laut di perairan Sleko 96,11 cm. Fluktuasi muka laut ini berperan penting dalam pemanfaatan perairan Sleko sebagai alur pelayaran ke Pelabuhan yaitu sebagai penentu referensi kedalaman alur.

Nilai perubahan ketinggian muka laut setiap bulan dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 4.** Nilai Muka Laut Rata-rata Selama Maret-Agustus 2014

Bulan	X <sub>0</sub> (cm)
Maret	77,8
April	95,08
Mei	99,7
Juni	104
Juli	111
Agustus	88,4
Rata-rata X <sub>0</sub>	96,11

## KESIMPULAN

Realisasi data yang masuk ke server tidak mencapai 100% dari target hal ini dipengaruhi oleh system transmisi sinyal dari BTS (*Base Transceiver Station*) yang tidak stabil terkait kondisi geografi. Dari analisa data yang terukur, tipe pasang surut perairan Sleko adalah pasang surut tipe campuran condong harian ganda. Sedangkan nilai perubahan MSL tiap bulan pada kisaran 0-25 cm dengan nilai tertinggi pada bulan Juli dan terendah pada bulan Maret.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Gusti Putu Sukadana, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNSOED, Komandan LANAL Cilacap atas kerjasamanya dalam penempatan stasiun observasi di Sleko Kabupaten Cilacap.

## DAFTAR PUSTAKA

- Albaladejo, C., F. Soto, R. Torres, P. Sánchez, & J.A. López. 2012. A low-cost sensor buoy system for monitoring shallow marine environments. *Sensors*, 12: 9613–9634.
- Basuki, H.S., S. Djohar, dan M. Oka. 2011. Perancangan dan Pembuatan Perangkat Pemantau Pasang Surut Air Laut Berbasis Atmega128. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XIV*. ISBN : 978-602-97491-3-7.
- Cai, J., and J.G. David. 1997. General Packet Radio Service in GSM. *IEEE Communication Magazine*. Oct. 1997.
- Mihardja, D.K. 1989. Analisis Pasang Surut di Daerah Cilacap dan Surabaya. *Asean-Australia Cooperative Programs On Marine Science Project I :Tides and Tidal Phenomena*. Jakarta: LIPI.
- Mahabror, D. 2010. Rancang Bangun Perangkat Keras Interface GPRS untuk Komunikasi Data di Stasiun Pasang Surut Air Laut. *Jurnal Kelautan Nasional Vol. 5 No. 2 Agustus*, Hal. 72-81.
- Pawlowicz, R., B. Beardsley, and S. Lentz. 2002. Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T TIDE. *Computers & Geosciences* 28 (2002) 929–937.
- Serway, R. 1989. *Physics for scientist & Engineers With Modern Physics*. James Madison University Harrison burg, Virginia.
- Trenggono, M., B. Priyono, T. Agustiadi, M.A. Rahman dan G.P. Sukadana. 2015. Pemantauan Elevasi Muka Air Selat Bali dengan Menggunakan Stasiun Pasang Surut. *Bunga Rampai Oseanografi*

Operasional di Indonesia. Hal 39-47. ISBN: 978-602-17238-5-2.

Wyrski, K. 1961. *Physical Oceanography of The Southeast Asian Waters*. NAGA Report Vol2. Scripps Inst. Oceanography. The University of California. La Jolla, California. 195 hlm.

Xu, G., S. Weiming, & W. Xianbin. (2014). *Applications of Wireless Sensor Networks in Marine Environment Monitoring: A Survey*. *Sensors Journal*. ISSN 1424-8220.