

# Kajian Kualitas Air Pasca-Pengerukan Alur Pelayaran Batu Kapur Sungai Donan Cilacap Water Quality at Post Dredging of Limestone Waterways at River Donan Cilacap

Yogi Pamungkas<sup>1)</sup>, Sidharta Sahirman<sup>2)</sup>, Moh. Husein Sastranegara<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>*Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Jenderal Soedirman*

<sup>2)</sup>*Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman*

<sup>3)</sup>*Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman*

*Email: pamungkas1004@gmail.com*

Diterima November 2013 disetujui untuk diterbitkan Januari 2014

## Abstract

Donan River dredging impacts on ecological regions and communities around the basin. Dredging from Buoy 27 to Buoy segment 34 as an effort to reduce silting of existing in Cilacap and Donan River shipping channel maintenance efforts limestone PT Holcim Indonesia Tbk. Cilacap Plant. The purpose of the study is to determine the condition of post-dredging water quality in terms of physical and chemical factors; to determine the condition of post-dredging water quality in terms of biological factors; and to analyze the relationship between physical, chemical, and biological factors post-dredging shipping lanes limestone around Cilacap Donan River. The research method used was purposive sampling method. The study was conducted from March-May 2013, with five replications. Samples were taken at three stations namely Station 1 (area before dredging), Station 2 (dredging area), and Station 3 (area after dredging). The results showed that water quality conditions of post-dredging chemical in terms of physical factors tend to decrease at station 2 (TSS amounted of 303.6 mg/l, BOD<sub>5</sub> 9.806 mg/l, COD 171.4 mg/l), followed by station 3 (TSS 268 mg/l, BOD<sub>5</sub> at 18.182 mg/l, COD is 262.8 mg/l) and station 1 (TSS 204.4 mg/l, BOD<sub>5</sub> at 12.258 mg/l, and COD of 252, 2 mg/l). Water quality conditions in terms of post-dredging tend to decrease at station 2 (the number of types makrobenthos by 5 species, number of individuals ind/m<sup>2</sup> makrobenthos by 147, the number of types of plankton by 11 species and number of individuals of 1,461 ind/l) followed by station 3 (the number of species makrobenthos by 6 species, number of individuals ind/m<sup>2</sup> makrobenthos by 180, the number of types of plankton by 12 species, and the number of individual plankton of 1,341 ind / l), and Station 1 (the number of types makrobenthos by 7 species, number of individuals makrobenthos ind/m<sup>2</sup> by 327, the number of types of plankton by 12 species, and the number of individual plankton of 1,340 ind / l). In general, the relationship between physical factors, chemical, and biological post-dredging shipping lanes limestone around the same Cilacapmemilikikecenderungan Donan River bahwakondisi declining water quality at Station 2, followed by Station 3 and Station 1.

**Key words:** water quality, River Donan, dredging impacts

## Abstrak

Pengerukan Sungai Donan berdampak terhadap wilayah ekologi dan masyarakat di sekitar wilayah sungai tersebut. Pengerukan dilakukan dari segmen *Buoy 27* sampai *Buoy 34* sebagai upaya pengurangan pendangkalan yang ada di Sungai Donan Cilacap dan upaya pemeliharaan alur pelayaran batu kapur PT Holcim Indonesia Tbk. Cilacap Plant. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui kondisi kualitas air pasca-pengerukan ditinjau dari faktor fisik dan kimiawi; mengetahui kondisi kualitas air pasca-pengerukan ditinjau dari faktor biologik; serta menganalisis hubungan antara faktor fisik, kimiawi, dan biologik pasca-pengerukan alur pelayaran batu kapur di sekitar Sungai Donan Cilacap. Metode penelitian menggunakan metode *purposive sampling*. Penelitian dilakukan pada bulan Maret-Mei 2013 dengan lima kali ulangan. Sampel diambil pada tiga stasiun berbedayangterdiri atas Stasiun 1 (daerah sebelum pengerukan), Stasiun 2 (daerah pengerukan), dan Stasiun 3 (daerah setelah pengerukan). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi kualitas air pasca-pengerukan ditinjau dari faktor fisik kimiawi cenderung menurun di stasiun 2 (TSS sebesar 303,6 mg/l, BOD<sub>5</sub> sebesar 9,806 mg/l, COD sebesar 171,4 mg/l), kemudian diikuti oleh stasiun 3 (TSS sebesar 268 mg/l, BOD<sub>5</sub> pellet with average disease severity in tomato plant caused by *S.rolfsii* (%).

ditinjau dari faktor fisik kimiawi cenderung menurun di stasiun 2 (TSS sebesar 303,6 mg/l, BOD<sub>5</sub> sebesar 9,806 mg/l, COD sebesar 171,4 mg/l), kemudian diikuti oleh stasiun 3 (TSS sebesar 268 mg/l, BOD<sub>5</sub> sebesar 18,182 mg/l, COD sebesar 262,8 mg/l) dan stasiun 1 (TSS sebesar 204,4 mg/l, BOD<sub>5</sub> sebesar 12,258 mg/l, dan COD sebesar 252,2 mg/l). Kondisi kualitas air pasca-pengerukan ditinjau dari faktor

biologik cenderung menurun di stasiun 2 (jumlah jenis makrobenthos sebesar 5 spesies, jumlah individu makrobenthos sebesar 147 ind/m<sup>2</sup>, jumlah jenis plankton sebesar 11 spesies dan jumlah individu sebesar 1.461 ind/l) kemudian diikuti oleh stasiun 3 (jumlah jenis makrobenthos sebesar 6 spesies, jumlah individu makrobenthos sebesar 180 ind/m<sup>2</sup>, jumlah jenis plankton sebesar 12 spesies, dan jumlah individu plankton sebesar 1.341 ind/l), dan stasiun 1 (jumlah jenis makrobenthos sebesar 7 spesies, jumlah individu makrobenthos sebesar 327 ind/m<sup>2</sup>, jumlah jenis plankton sebesar 12 spesies, dan jumlah individu plankton sebesar 1.340 ind/l). Secara umum, hubungan antara faktor fisik, kimiawi, dan biologik pasca-pengerukan alur pelayaran batu kapur di sekitar Sungai Donan Cilacap memiliki kecenderungan yang sama bahwa kondisi kualitas air menurun pada Stasiun 2, kemudian diikuti oleh Stasiun 3 dan Stasiun 1.

Kata kunci: Kualitas air, Sungai Donan, Pengerukan

## Pendahuluan

Sungai Donan termasuk ke dalam alur pelayaran internasional yang terdaftar dalam *International Maritime Organization* karena keberadaan PT. Holcim Indonesia Tbk. Cilacap Plant, Kawasan Industri Cilacap, PT UP IV Pertamina, dan Pelabuhan Intan (White *et al.*, 1989). Fenomena pendangkalan Sungai Donan merupakan kendala dalam proses pengangkutan bahan baku industri semen karena pendangkalan akan menghambat laju kapal pengangkut (Budiman, 2007). Bahan baku tersebut adalah batu kapur yang didistribusikan dari Pulau Nusakambangan. Oleh karena itu, pengerukan merupakan salah satu langkah penting dan tepat dalam mengurangi pendangkalan sungai tersebut, sehingga alur pelayaran tersebut dapat berjalan lebih lancar.

Kegiatan transportasi batu kapur di Sungai Donan dilakukan oleh PT Holcim Indonesia Tbk. Cilacap Plant yang merupakan unit usaha dalam memproduksi semen dan beton untuk keperluan pembangunan infrastruktur dengan lokasi unit pengolahan di Kabupaten Cilacap. Untuk memperlancar pengangkutan bahan baku maupun produk melalui transportasi angkutan air, PT Holcim Indonesia Tbk. Cilacap Plant telah melakukan kegiatan *Pengerukan Alur Transportasi Batu Kapur di Perairan Sungai Donan Cilacap*. Kegiatan *Pengerukan Alur Transportasi Batu Kapur di Perairan Sungai Donan Cilacap* dilakukan antara bulan Maret sampai Oktober 2012 di perairan Sungai Donan dari segmen *Buoy 27* sampai *34*. Pada segmen sepanjang 2,1 km tersebut, volume sedimen perairan yang dikeruk List Paragraph; mencapai ± 245.000 m<sup>3</sup>. Material sedimen hasil kerukan ditempatkan pada lahan yang terletak ditepi sungai yang dimiliki PT Holcim Indonesia Tbk.

Cilacap Plant. Letaknya bersebelahan dengan Kawasan Industri Cilacap (PT Holcim Indonesia Tbk. Cilacap Plant, 2012).

Penelitian ini akan mengarah kepada perubahan kualitas perairan Sungai Donan pasca-pengerukan apakah akan menjadi lebih baik atau menjadi lebih buruk dibandingkan dengan sebelum pengerukan.

Tujuan penelitian adalah untuk sebagai berikut: 1) Mengetahui kondisi sifat fisik dan kimiawi air pasca-pengerukan alur pelayaran batu kapur di Sungai Donan Cilacap; 2) Mengetahui kondisi sifat biologik air pasca-pengerukan alur pelayaran batu kapur di Sungai Donan Cilacap; 3) Menganalisis hubungan antara sifat fisik, kimiawi, dan biologis air pasca-pengerukan alur pelayaran batu kapur di sekitar Sungai Donan Cilacap.

## Materi dan Metode

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah survei. Penentuan stasiun pengambilan sampel menggunakan metode *purposive sampling* yaitu titik pengambilan disesuaikan dengan Dokumen UKL-UPL *Maintenance Dredging Alur Pelayaran Batu Kapur Sungai Donan Cilacap* pada tahun 2012.

Variabel penelitian ini adalah kualitas air dan dilakukan pengukuran parameter fisik, kimiawi, dan biologis yaitu: variabel fisik meliputi parameter TSS, suhu dan kecerahan, dan variabel kimiawi meliputi parameter DO, BOD<sub>5</sub>, dan COD Variabel biologik meliputi kelimpahan makrobenthos dan plankton. Pengambilan contoh air dilakukan sesuai dengan persyaratan paket parameter kualitas air kelas II pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 82 tahun 2001 dan diambil parameter yang sesuai dengan kondisi perairan pasca-pengerukan. Metode pengambilan dan

pengujian dilakukan dengan mengacu pada SNI 03-7016-2004 untuk pengujian contoh air dan limbah.

Data hasil penelitian dianalisis secara deskriptif. Data tersebut dibandingkan dengan dokumen UKL dan UPL *Maintenance Dredging* Transportasi Batu Kapur di Perairan Kali Donan Kabupaten Cilacap (PT Holcim Indonesia Tbk., 2012), serta baku mutu air Peraturan Pemerintah nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air kategori Kelas II (Presiden Republik Indonesia, 2001). Analisis hubungan kelas II pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 82 tahun 2001 dan diambil parameter yang sesuai dengan kondisi perairan pasca-pengerukan. Metode pengambilan dan pengujian dilakukan dengan mengacu pada SNI 03-7016-2004 untuk pengujian contoh air dan limbah.

Data hasil penelitian dianalisis secara deskriptif. Data tersebut dibandingkan dengan dokumen UKL dan UPL *Maintenance Dredging* Transportasi Batu Kapur di Perairan Kali Donan Kabupaten Cilacap (PT Holcim Indonesia Tbk., 2012),

serta baku mutu air Peraturan Pemerintah nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air kategori Kelas II (Presiden Republik Indonesia, 2001). Analisis hubungan tersebut dilakukan dengan menghubungkan hasil kualitas air baik faktor fisik, kimiawi, maupun biologik.

Hasil tersebut diuraikan dan didukung dengan pustaka.

## Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian, kecerahan pada Sungai Donan memiliki rata-rata pada setiap stasiun antara 0,28-0,32 m (Tabel 1.).Kecerahan pada Stasiun 2 (0,28 m) menunjukkan nilai terendah diantara Stasiun 3 (0,31 m) dan 3 (0,33 m). Kondisi kecerahan yang rendah mengakibatkan intensitas cahaya matahari yang masuk akan sedikit. Hal tersebut menyebabkan proses fotosintesis pada tumbuhan air terhambat. Produksi oksigen oleh tumbuhan air akan kecil pada kondisi kecerahan yang relatif pendek pada badan perairan tersebut (Effendi, 2003).dengan pustaka.

Tabel 1. Kadar faktor fisik dan kimiawi air pada tiap stasiun di perairan Sungai Donan pasca-pengerukan

Table 1. The Value of physical and chemical factors of water at each station in River Donan after dredging

No	Parameter	Satuan	Stasiun			Baku Mutu*
			1	2	3	
<b>Fisik</b>						
1.	Kecerahan	m	0,33	0,28	0,31	-
2.	Suhu	°C	30,9	31,6	32,2	Deviasi 3
3.	TSS	mg <sup>l</sup> <sup>-1</sup>	204,4	303,6	268	50
<b>Kimiawi</b>						
4.	DO	mg <sup>l</sup> <sup>-1</sup>	5,0	3,9	4,4	4
5.	BOD	mg <sup>l</sup> <sup>-1</sup>	12,258	9,806	18,182	3
6.	COD	mg <sup>l</sup> <sup>-1</sup>	252,2	171,4	262,8	25

Catatan: \*= PP RI No. 82 tahun 2001 Kelas II

Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa suhu perairan Sungai Donan Cilacap memiliki rata-rata 31,6°C. Suhu air tertinggi terdapat pada Stasiun 3 yaitu sebesar 32,2°C yang disajikan pada Tabel 1. Proses perubahan suhu pada suatu perairan berpengaruh terhadap proses fisik, kimiawi dan biologik suatu badan perairan.

Penelitian tersebut menunjukkan bahwa perubahan suhu yang lambat di setiap stasiun. Perubahan tersebut menunjukkan sifat air sebagai penyimpan panas yang baik.

Kadar TSS yang didapat pada penelitian ini memiliki rata-rata 258,6 mg<sup>l</sup><sup>-1</sup> dengan kadar tertinggi terdapat pada Stasiun 2 yaitu sebesar 303,6 mg<sup>l</sup><sup>-1</sup>,

kemudian diikuti Stasiun 3 sebesar  $268 \text{ mg l}^{-1}$  dan Stasiun 1 sebesar  $204,4 \text{ mg l}^{-1}$  (Tabel 1.). Kadar TSS tertinggi pada Stasiun 2 berada pada daerah pengerukan, sedangkan Stasiun 1 dan 3 merupakan daerah yang tidak terkena aktivitas pengerukan. Kadar TSS pasca-pengerukan cenderung menurun dibandingkan sebelum pengerukan dengan kadar TSS rata-rata  $366 \text{ mg l}^{-1}$ , tetapi Stasiun 2 cenderung mengalami kenaikan dari  $290 \text{ mg l}^{-1}$  menjadi  $303,6 \text{ mg l}^{-1}$ .

Kualitas air pasca-pengerukan alur pelayaran Sungai Donan mengalami perubahan pada faktor fisik dan kimiawinya. Penelitian tersebut mengukur kadar oksigen terlarut dan menunjukkan rata-rata  $4,43 \text{ mg l}^{-1}$  (Tabel 1). Berdasarkan PP 82 tahun 2001, baku mutu yang ditetapkan untuk oksigen terlarut sesuai kelas II, perairan Sungai Donan pasca pengerukan memiliki kadar oksigen terlarut rata-rata normal yaitu diatas  $4 \text{ mg l}^{-1}$ . Kadar oksigen terlarut pada Stasiun 2 merupakan yang terendah dibandingkan dengan Stasiun 1 dan 3 yaitu  $3,9 \text{ mg l}^{-1}$ . Stasiun 2 merupakan daerah pengerukan di Sungai Donan. Kadar oksigen terlarut pasca-pengerukan cenderung mengalami penurunan dibandingkan sebelum pengerukan yaitu rata-rata  $5,27 \text{ mg l}^{-1}$ . Kadar TSS yang tinggi secara langsung dapat menyebabkan kekeruhan, serta penghambatan cahaya matahari dan proses sinar matahari yang masuk ke dalam perairan. Hal tersebut dapat mengakibatkan proses fotosintesis tanaman (fitoplankton) menjadi terhambat. Fotosintesis oleh tanaman akan menghasilkan oksigen yang banyak dibutuhkan oleh organisme di lingkungan perairan (Chanlett, 1979).

Hasil penelitian kadar  $\text{BOD}_5$  pada Sungai Donan pasca-pengerukan rata-rata berkisar antara  $9,806-18,182 \text{ mg l}^{-1}$  dari Stasiun 1 sampai Stasiun 3 (Tabel 2.). Kadar  $\text{BOD}_5$  pada Stasiun 2 masih dapat dikategorikan dalam kadar optimum untuk kehidupan organisme perairan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar  $\text{BOD}_5$  telah melampaui baku mutu air sungai kelas II pada setiap stasiunnya. Sebelum

pengerukan, kadar  $\text{BOD}_5$  adalah berkisar antara  $5,58-8,09 \text{ mg l}^{-1}$ . Menurut Ruttner (1963), kadar  $\text{BOD}_5$  menunjukkan jumlah kadar DO yang diperlukan oleh organisme air dalam proses dekomposisi bahan organik. Kadar  $\text{BOD}_5$  optimum dalam suatu badan perairan sungai adalah berkisar antara  $0-10 \text{ mg l}^{-1}$  (Salmin, 2005).

Berdasarkan hasil penelitian ini, kadar COD perairan Sungai Donan pasca-pengerukan mengalami peningkatan dibandingkan pada saat sebelum pengerukan dengan rata-rata berkisar antara  $171,4-262,8 \text{ mg l}^{-1}$  (Tabel 1.). Kadar COD pada penelitian ini telah melampaui baku mutu perairan yang dipersyaratkan. Stasiun 2 adalah yang terendah dibandingkan dengan Stasiun 3 dan 1. Stasiun 2 terletak di daerah pengerukan Sungai Donan. Kadar COD Sungai Donan pasca-pengerukan cenderung menurun dibandingkan sebelum pengerukan berkisar antara  $23,45-29,95 \text{ mg l}^{-1}$ . Parameter COD menggambarkan kebutuhan oksigen dalam menguraikan bahan organik secara kimiawi dan mengakibatkan oksigen terlarut dalam suatu perairan (Effendi, 2003).

Berdasarkan hasil penelitian dari parameter fisik dan kimiawi air yang didapat, perairan Sungai Donan mengalami penurunan kualitas air pasca pengerukan. Perubahan tersebut disebabkan oleh pengerukan dan sirkulasi limbah industri yang masuk ke badan perairan Sungai Donan. Upaya suksepsi perairan pada area pengerukan juga mengakibatkan penurunan kualitas air tersebut.

Biota perairan adalah bagian penting dari kualitas suatu perairan. Makrobenthos dan plankton menjadi faktor biologik yang diamati dalam penelitian ini. Penelitian ini menemukan 7 genera makrobenthos yang didominasi oleh *Terebralia palustris* pada setiap stasiun dibanding dengan genera yang lain (Tabel 2.). Pengerukan dapat mempengaruhi kelimpahan makrobenthos yang ada dalam suatu perairan (Boyd *et al.*, 2005).

Tabel 2. Kelimpahan makrobenthos di perairan Sungai Donan pasca-pengerukan  
Table 2. Macrobrhentic abundance in Donan River after dredging

No	Nama Spesies	Stasiun (Ind/m <sup>2</sup> )		
		1	3	4
1	<i>Cerithidea cingulate</i>	46	17	29
2	<i>Eudolium crosseanum</i>	30	17	21
3	<i>Littorina melanostoma</i>	21	29	25
4	<i>Nucella emarginata</i>	50	0	0
5	<i>Potomidae littoralis</i>	13	42	17
6	<i>Pythia plicata</i>	38	0	50
7	<i>Terebralia palustris</i>	129	42	38
Jumlah Jenis		7	5	6
Kelimpahan total/stasiun		327	147	180
Total kelimpahan		7	5	6
		654		

Kualitas air di Sungai Donan berdasarkan hasil penelitian mengalami penurunan kualitas pasca kegiatan pengerukan sedimen sungai. Hal tersebut oleh keberadaan proses suksesi oleh badan perairan itu sendiri. Kadar TSS yang tinggi berhubungan dengan faktor kimiawi dan biologik sebagai parameter lain yang diamati pada penelitian ini seperti kecerahan, DO, BOD dan COD. Kadar TSS tinggi di setiap stasiun penelitian berhubungan dengan kecerahan yang rendah diikuti dengan faktor kimiawi yang diuji. Stasiun 2 menunjukkan kecerahan yang rendah dengan rata-rata 0,28 m berbanding terbalik dengan kadar TSS di stasiun tersebut yaitu 303,6 mg/l<sup>-1</sup>. Menurut Effendi (2003), kecerahan yang tinggi berhubungan dengan kadar TSS pada suatu perairan tersebut. Kadar TSS yang tinggi disuatu perairan mengakibatkan perairan mengalami kekeruhan dan menyebabkan cahaya matahari sulit untuk masuk ke badan perairan. Kadar TSS yang tinggi juga berhubungan dengan faktor kimiawi air seperti DO, BOD, dan COD.

### Simpulan

Kondisi kualitas air pasca-pengerukan ditinjau dari faktor fisik kimiawi cenderung menurun di stasiun 2 (TSS sebesar 303,6 mg/l<sup>-1</sup>, BOD<sub>5</sub> sebesar 9,806 mg/l<sup>-1</sup>, COD sebesar 171,4 mg/l<sup>-1</sup>), kemudian diikuti oleh stasiun 3 (TSS sebesar 268 mg/l<sup>-1</sup>, BOD<sub>5</sub> sebesar 18,182 mg/l<sup>-1</sup>, COD sebesar 262,8

mg/l<sup>-1</sup>) dan stasiun 1 (TSS sebesar 204,4 mg/l<sup>-1</sup>, BOD<sub>5</sub> sebesar 12,258 mg/l<sup>-1</sup>, dan COD sebesar 252,2 mg/l<sup>-1</sup>).

Kondisi kualitas air pasca-pengerukan ditinjau dari faktor biologik cenderung menurun di stasiun 2 (jumlah jenis makrobenthos sebesar 5 spesies, jumlah individu makrobenthos sebesar 147 ind/m<sup>2</sup>, jumlah jenis plankton sebesar 11 spesies dan jumlah individu sebesar 1.461 ind/l) kemudian diikuti oleh stasiun 3 (jumlah jenis makrobenthos sebesar 6 spesies, jumlah individu makrobenthos sebesar 180 ind/m<sup>2</sup>, jumlah jenis plankton sebesar 12 spesies, dan jumlah individu plankton sebesar 1.341 ind/l), dan stasiun 1 (jumlah jenis makrobenthos sebesar 7 spesies, jumlah individu makrobenthos sebesar 327 ind/m<sup>2</sup>, jumlah jenis plankton sebesar 12 spesies, dan jumlah individu plankton sebesar 1.340 ind/l).

Secara umum, hubungan antara faktor fisik, kimiawi, dan biologik pasca-pengerukan alur pelayaran batu kapur di sekitar Sungai Donan Cilacap memiliki kecenderungan yang sama bahwa kondisi kualitas air menurun pada Stasiun 2, kemudian diikuti oleh Stasiun 3 dan Stasiun 1.

### Daftar Pustaka

Chanlett, E.T. 1979. *Environmental Protection*. Mc Graw-Hill Book Company, New York.

- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Kanisius, Yogyakarta.
- Presiden Republik Indonesia. 2001. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air*. Sekretariat Negara, Jakarta.
- PT Holcim Indonesia Tbk. 2012. *Upaya Pengelolaan Lingkungan dan Upaya Pemantauan Lingkungan Hidup Pengerukan Alur Pelayaran Batu Kapur di Perairan Sungai Donan Kabupaten Cilacap*. PT Holcim Indonesia Tbk. Cilacap Plant, Cilacap.
- Ruttner, F. 1963. *Fundamentals of Limnology*. 3rd edition. Translated by D.G. Frey and F.E.J. Fry. University of Toronto Press, Toronto.
- Salmin. 2005. Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) sebagai Salah Satu Indikator untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Oseana* XXX3:21-26.
- White, A. T., P. Martosubroto, and M.S.M. Sadorra. 1989. *The Coastal Environmental Profile of Segara Anakan – Cilacap, South Java, Indonesia*. International Centre for Living Aquatic Resources Management, Manila.