

## Kualitas Air Pasca Pengerukan Alur Transportasi Batu Kapur di Sungai Donan Cilacap

Moh. Husein Sastranegara dan Sri Lestari

*Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto*

### Abstract

River Donan has the potential of international ship's channel due to the availability of industry. Unfortunately, the drift gill net operation was predicted causing river shallowness and disturbing the limestone transportation channel. The aim of research was to know the water quality based on physic, chemical, and biological aspects at the north, central, and south area of dredging; and sediment texture, benthos and plankton as proponent. Survey was done at all areas of dredging from January to March 2008. Water samples were taken according to PPRI Number 82/2001 and the procedure of SNI. Data was analysed as descriptive and supported by Sorensen similarity index. The result showed that the concentration of TDS, NH<sub>3</sub>, Mn and Fe was above levels considered as water quality standard at all areas; even the concentration decreases. On the other hand, increasing the concentration of H<sub>2</sub>S was only at the central area, whereas the concentration of Pb, silty clay sediment texture, and domination of benthic of *Rhinoclavis asper* and plankton of *Lyngbya spirulinoides* were at the central and south areas (similarity index of this research was 95.14%; the research before was 99.15%). The conclusion showed that the dredging did not change the high concentration of TDS because it which was taken along tide was hampered by the net. In addition, the concentration of Pb, silty clay sediment texture, and the dominant benthic and plankton have the same tendencies at the central and south areas.

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

### Pendahuluan

Sungai Donan yang membujur dari utara ke selatan berpotensi sebagai alur pelayaran internasional karena keberadaan PT Holcim Indonesia Tbk., Kawasan Industri Cilacap, PT UP IV Pertamina, dan Pelabuhan Intan (White *et al.*, 1989). Industri turut menyumbang permasalahan perubahan iklim dari kualitas udara seperti debu partikel dan TSP, SO<sub>x</sub>, CO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>x</sub>, HC, serta Pb (Gubernur Jawa Tengah, 2001), sehingga mempengaruhi kualitas air (Odum, 1971). Pengoperasian jaring apung di Sungai Donan ditengarai juga sebagai penyebab pendangkalan sungai dan mengganggu alur transportasi batu kapur, sehingga tim penertiban alur pelayaran dan pembinaan kepada masyarakat nelayan di Kabupaten Cilacap dibentuk (Bupati Cilacap, 2002). Tindak lanjut program yang berkaitan langsung dengan nelayan jaring apung dilakukan dengan program advokasi (PT Semen Cibinong Tbk., 2005a) pada 435 nelayan (Rosyadi, 2006).

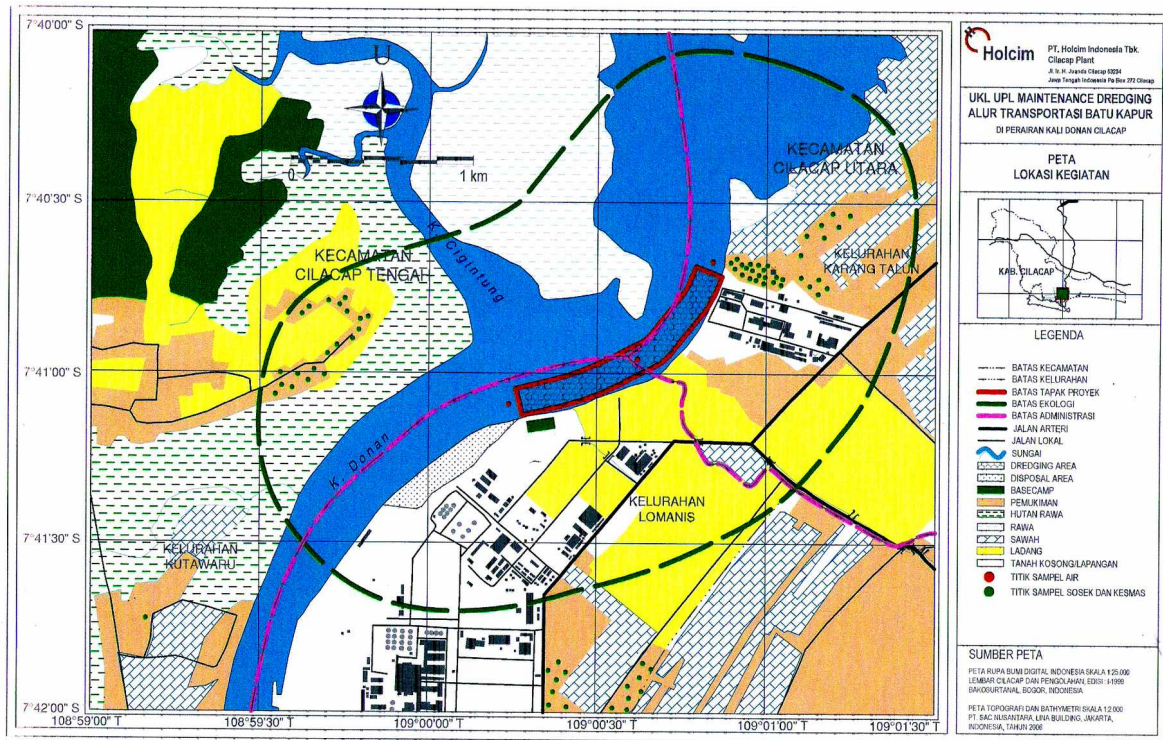
Kegiatan transportasi batu kapur di Sungai Donan dilakukan oleh PT Holcim Indonesia Tbk. yang merupakan unit usaha dalam memproduksi semen dan beton untuk keperluan pembangunan infrastruktur dengan lokasi unit pengolahan di Kabupaten Cilacap. Untuk memperlancar pengangkutan bahan baku maupun produk melalui transportasi angkutan air, PT Holcim Indonesia Tbk. telah melakukan kegiatan *Maintenance Dredging* Alur Transportasi Batu Kapur di Perairan Sungai Donan Cilacap dalam rangka penyusunan dokumen Upaya Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Upaya Pemantauan Lingkungan Hidup (UKL dan UPL). Kegiatan *Maintenance Dredging* Alur Transportasi Batu Kapur di Perairan Sungai Donan Cilacap dilakukan antara bulan September 2006 dan Mei 2007 pada alur Sungai Donan dari segmen *Bouy* 30 sampai 34. Pada segmen sepanjang 1,3 km tersebut, volume sedimen perairan yang dikeruk mencapai ± 350.000 m<sup>3</sup>. Material sedimen hasil kerukan ditempatkan di lahan yang terletak di tepian sungai pada segmen yang sama pada lahan Kawasan Industri milik Kawasan Industri Cilacap (KIC) dan lahan Kawasan Industri milik PT Holcim Indonesia

Tbk. Kegiatan penempatan hasil keruk (*dumping*) memerlukan lahan seluas 11,2 ha yang digunakan untuk mengurug lahan Kawasan Industri milik KIC seluas 8,3 ha dan Lahan Kawasan Industri milik PT Holcim Indonesia Tbk. seluas 2,9 ha (PT Holcim Indonesia Tbk., 2007).

Kadar *Total Dissolved Solid* (TDS) selalu tidak memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan baik pada saat (pra-operasi, operasi, dan post-operasi) maupun pasca pengerukan. Oleh karena itu, penelitian dengan judul "Kualitas Air Pasca Pengerukan Alur Transportasi batu kapur di Sungai Donan Cilacap" perlu dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kualitas air ditinjau dari aspek fisik, kimiawi dan biologik pada daerah utara, tengah dan selatan pengerukan. Tekstur sedimen, bentos dan plankton juga diteliti untuk menunjang data kualitas air.

### Materi dan Metode

Bahan penelitian berupa contoh air (fisika, kimia, dan mikrobiologi), substrat, bentos, dan plankton. Cara kerjanya mengacu pada SNI untuk pengujian kualitas air dan limbah (BSN, 2004) yang merujuk pada *Standard methods for the examination of water and waste water* (APHA, AWWA, and WEF, 1992).



Sumber: PT Holcim Indonesia Tbk. (2007)

Gambar 1. Lokasi penelitian  
Figure 1. Research location

Metode penelitian dilakukan secara survai di daerah utara (stasiun 1 berada dekat *Bouy* 34 sebagai kontrol dengan jarak 1 km dari batas terluar daerah pengerukan dengan koordinat 07°41'01,0" LS dan 109°00'49,6" BT), tengah (stasiun 2 berada antara *Bouy* 30 dan 34 yaitu tengah lokasi pengerukan dengan koordinat 07°41'04,7" LS dan 109°00'40,0" BT) dan selatan (stasiun 3 berada dekat *Bouy* 30 sebagai arah surut dengan jarak 1 km dari batas terluar daerah pengerukan dengan koordinat 07°41'36,2" LS dan

108°59'90,2" BT, Gambar 1) yang dilakukan pada saat bulan purnama penuh dengan kondisi air pasang terendah dapat dilihat dengan program *WXTide32 Version 4.0* (Hopper, 2004) sebagai berikut: (a) ulangan pertama pada tanggal 24 Januari 2008 pada pukul 15:27 W.I.B., (b) ulangan kedua pada tanggal 22 Februari 2008 pada pukul 15:10 W.I.B., dan (c) ulangan ketiga pada tanggal 23 Maret 2008 pada pukul 15:13 W.I.B. Pengambilan contoh air dilakukan sesuai dengan persyaratan paket parameter kualitas air kelas II pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 (Presiden Republik Indonesia, 2001).

Data dianalisis secara deskriptif yaitu dibandingkan dengan dokumen UKL dan UPL (PT Holcim Indonesia Tbk., 2007), serta baku mutu (Presiden Republik Indonesia, 2001). Selain itu, indeks similaritas Sorensen beserta dendrogramnya dipakai juga sebagai penunjang analisis.

## Hasil dan Pembahasan

Beberapa variabel kualitas air seperti kadar TDS, NH<sub>3</sub>, Mn dan Fe selalu tidak memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan baik pada daerah utara, tengah maupun selatan (Tabel 1); meskipun kadarnya berkurang (perbandingan data pada Tabel 1 dan PT Holcim Indonesia Tbk., 2007). TDS dalam air yang pasang surut berpotensi terhambat oleh jaring apung dan mengendap ke dasar sungai, sehingga TDS masih tetap melampaui ambang batas yang diperbolehkan (Sastranegara dan Winarni, 2009).

Kadar NH<sub>3</sub> yang tinggi di Sungai Donan relatif masih tergolong lebih rendah di kawasan Segara Anakan Cilacap. Menurut Yuwono *et al.* (2007), NH<sub>3</sub> merupakan salah satu nitrogen anorganik terlarut yang perlu mendapat perhatian bersama dengan nitrogen anorganik terlarut lain seperti NO<sub>3</sub> dan NO<sub>2</sub>.

Peningkatan kadar H<sub>2</sub>S di perairan berada di tengah saja (Tabel 1) dan ini mengindikasikan PT Holcim Indonesia Tbk. berpeluang membuang limbah SO<sub>x</sub>. Odum (1971) menyatakan bahwa H<sub>2</sub>S di perairan dapat berasal dari H<sub>2</sub>S di tanah dan sedimen, serta H<sub>2</sub>S di atmosfer. Holcim Group Support Ltd. (2004) melaporkan bahwa H<sub>2</sub>S di atmosfer dihasilkan olehnya dan instalasi pembuangan SO<sub>2</sub> basah yang hanya mampu memotong emisi gas SO<sub>2</sub> sampai 70%. Pada saat ini, hasil sampingan dimanfaatkan untuk pembuatan gipsum. Pemilik sebelumnya, PT Semen Cibinong Tbk. (2005b) telah melaksanakan kegiatan pemantauan terhadap parameter ini dalam dokumen Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL).

Peningkatan kadar Pb berada di daerah tengah dan selatan (Tabel 1) dengan tekstur sedimen berupa *silty clay*. Hal ini ditunjang oleh data indeks similaritas tertinggi pada kelompok ini (95,14%; Tabel 2a), serta juga penelitian sebelumnya (99,15%; PT Holcim Indonesia Tbk., 2007).

Menurut NOAA (2003), Pb merupakan salah satu logam berat yang perlu mendapat perhatian bersama dengan logam berat lain seperti Hg, Cd, Zn, dan Cu. Cd di daerah yang sama pernah melampaui ambang batas yang diperbolehkan (Sastranegara, 2004; Sastranegara dan Winarni, 2009) dan akumulasinya terdeteksi pada kerang totok *Polymesoda erosa* (Nurlaeli, 2007) dan ikan (Hartoyo dan Mahdiana, 2007). Everaats *et al.* (1989) juga mendapatkan akumulasi Cd pada komunitas bentos secara umum. Menurut Anonimous (2003), Cd dapat berasal dari industri dan aktivitas pemupukan. Industri dan aktivitas pemupukan terjadi juga di Sungai Donan. Menurut Sastranegara dan Winarni (2009), logam berat yang perlu mendapat perhatian pada pasca pengerukan adalah Pb, Cd, Zn, dan Cu; sedangkan Hg mulai berada pada ambang batas yang diperbolehkan. Sayangnya, logam berat B mulai melampaui ambang batas yang diperbolehkan.

Pengelompokan indeks similaritas pada pasca pengerukan (Tabel 2a) memiliki kemiripan lebih dari 50% yang ditunjukkan oleh semua kelompok dengan urutan tertinggi pada kelompok antara stasiun bagian tengah daerah pengerukan serta stasiun bagian selatan dan di luar daerah pengerukan; diikuti oleh kelompok antara stasiun bagian utara dan di luar daerah pengerukan serta stasiun bagian tengah daerah pengerukan; serta antara stasiun bagian utara dan di luar daerah pengerukan serta stasiun bagian selatan

dan di luar daerah pengerukan sebagaimana tampilan dendrogram (Gambar 2a).

Pengelompokan indeks similaritas pada saat pengerukan (PT Holcim Indonesia Tbk., 2007) memiliki kemiripan lebih dari 50% yang ditunjukkan oleh kelompok dengan urutan tertinggi pada kelompok antara stasiun bagian tengah daerah pengerukan pada saat pasca-operasi serta stasiun bagian selatan dan di luar daerah pengerukan pada saat pasca-operasi; serta diikuti oleh kelompok lain sampai yang terendah seperti kelompok antara stasiun bagian tengah daerah pengerukan pada saat operasi serta stasiun bagian selatan dan di luar daerah pengerukan pada saat pasca-operasi sebagaimana tampilan dendrogram (Gambar 3).

**Tabel 1. Kualitas air Sungai Donan pasca pengerukan**  
**Table 1. Water quality at River Donan after dredging operation**

No.	Variabel	Unit	Hasil			Standar*
			Stasiun U	Stasiun P	Stasiun S	
<b>I. Fisik</b>						
1.	Suhu	°C	29	29	29	Deviasi 3
2.	TDS	mg/l	13,942	19,574	23,248	1,000
3.	TSS	mg/l	14	16	12	50
<b>II. Kimia Anorganik</b>						
4.	pH		7,02	7,14	7,24	6 – 9
5.	BOD <sub>5</sub>	mg/l	8,39	3,52	2,30	3
6.	COD	mg/l	54,59	22,74	19,71	25
7.	DO	mg/l	4,24	4,08	4,42	> 4
8.	PO <sub>4</sub>	mg/l	0,081	0,033	0,024	0,2
9.	NO <sub>3</sub>	mg/l	0,169	0,121	0,133	10
10.	NH <sub>3</sub>	mg/l	0,236	0,216	0,111	ttd
11.	Mn	mg/l	0,053	< 0,010	< 0,010	ttd
12.	Fe	mg/l	0,106	< 0,010	< 0,221	ttd
13.	Cd	mg/l	< 0,005	< 0,005	0,006	0,01
14.	Cr	mg/l	0,010	0,004	0,004	0,05
15.	Cu	mg/l	0,008	0,050	0,023	0,02
16.	Pb	mg/l	< 0,030	2,535	8,466	0,03
17.	Hg	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,002
18.	Zn	mg/l	< 0,010	0,010	0,022	0,05
19.	CN	mg/l	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,02
20.	NO <sub>2</sub>	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,009	0,06
21.	Chlorin bebas	mg/l	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,03
22.	H <sub>2</sub> S	mg/l	< 0,002	0,055	0,002	0,002
<b>III. Kimia Organik</b>						
23.	Oil and fat	µg/l	< 50	< 50	< 50	1.000
24.	Phenol	µg/l	< 1	< 1	6	1
<b>IV. Mikrobiologi</b>						
25.	Fecal coliform	ind/100 ml	23	43	23	1.000
26.	Total coliform	ind/100 ml	0	0	0	5.000

Catatan: ttd = tidak terdeteksi; U = utara; P = pengerukan; dan S = selatan

Indeks similaritas (Tabel 2) dan dendrogramnya (Gambar 2 dan 3) menunjukkan bahwa stasiun bagian utara dan di luar daerah pengerukan (U) cenderung berbeda dari

stasiun bagian tengah daerah pengerukan (P) serta stasiun bagian selatan dan di luar daerah pengerukan (S) baik pada pasca pengerukan maupun saat pengerukan, kecuali pada daerah pengerukan pada saat operasi. Pada daerah pengerukan pada saat operasi, stasiun bagian pengerukan berbeda dari stasiun pada bagian utara dan selatannya karena proses pengerukan, terutama menghasilkan TDS yang sangat tinggi (Tabel 1 dan PT Holcim Indonesia Tbk., 2007). Stasiun bagian utara dan di luar daerah pengerukan cenderung berbeda dari ke dua stasiun lainnya karena TDS yang tinggi di stasiun bagian tengah pengerukan terbawa ke stasiun bagian selatan dan di luar pada saat air pasang terendah (Tabel 1). Secara umum, aktivitas manusia yang mengganggu dasar suatu perairan dapat mengganggu komunitas bentos (Hatcher *et al.*, 1989; Sastranegara, 2004; Gunarto, 2004; Nordhaus, 2007).

**Tabel 2. Indeks similaritas Sungai Donan pasca pengerukan**  
**Table 2. Similarity index at River Donan after dredging operation**

a.

Stasiun	U	P	S
U	0	0	0
P	91,42	0	0
S	86,98	95,14	0

b.

Stasiun	U	P	S
U	0	0	0
P	17,73	0	0
S	15,04	63,16	0

c.

Stasiun	U	P	S
U	0	0	0
P	50,34	0	0
S	39,78	78,41	0

Catatan:

a = Kualitas air

b = Benthos

c = Plankton

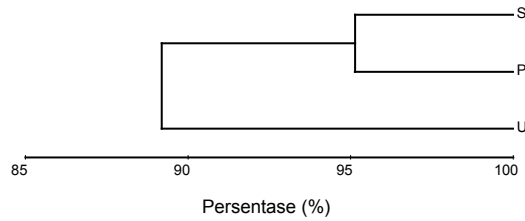
U = Stasiun 1 pada daerah utara dan di luar daerah pengerukan (*Bouy* 34)

P = Stasiun 2 pada bagian tengah di daerah pengerukan (antara *Bouy* 30 dan 34)

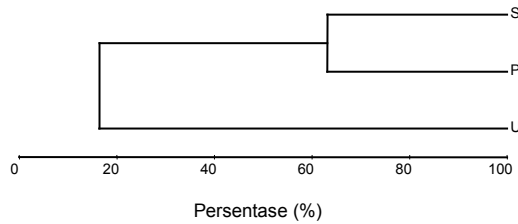
S = Stasiun 3 pada daerah selatan dan di luar daerah pengerukan (*Bouy* 30)

Distribusi dan kelimpahan bentos berkaitan dengan karakteristik sedimen (Frusher *et al.*, 1994), sehingga spesies dominan akan mencirikan kondisi yang ada (Dittmann, 2002). Oleh karena itu, dominansi bentos *Rhinoclavis asper* di Sungai Donan diduga karena kesesuaian sedimen *silty clay* yang ada. Penelitian sebelumnya di daerah yang sama pada Sungai Donan menunjukkan sedimen yang sama (Djohan, 1982). Oleh karena itu, pengerukan tidak merubah tekstur sedimen. Penelitian lain menunjukkan bahwa sedimen tepi dan dasar sungai adalah sama (Sastranegara, 2004), sehingga ombak pasang surut mempercepat pendangkalan.

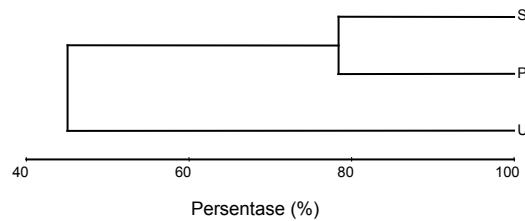
a.



b.

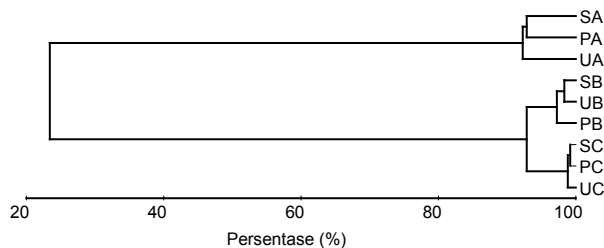


c.



**Gambar 2. Dendrogram Sungai Donan pasca pengerukan**  
**Figure 2. Dendrogram at River Donan after dredging operation**

Plankton *Lyngbya spirulinoides* dijumpai dominan. Sastranegara dan Andriyani (2006) juga mendapatkannya, meskipun bukan spesies dominan. Oleh karena itu, perubahan komposisi dan kelimpahan plankton berjalan seiring dengan waktu. Spesies lain yang didapatkan di Sungai Donan dan berhubungan secara negatif dengan  $\text{NH}_3$  menurut model asimtotik adalah *Chaetoceros densus*, *Thalassiothrix nitzchioides*, dan *Nitzschia vermicularis* (Sastranegara et al., 1996).



**Gambar 3. Dendrogram Sungai Donan saat pengerukan**  
**Figure 3. Dendrogram at River Donan on dredging operation**

Kadar Pb, sedimen *silty clay*, serta dominasi bentos *Rhinoclavis asper* (Tabel 3) dan plankton *Lyngbya spirulinoides* (Tabel 4) mempunyai kecenderungan yang sama pada kelompok antara daerah tengah dan selatan. Hal ini ditunjang oleh data indeks similaritas tertinggi pada kelompok ini (95,14%), serta juga penelitian sebelumnya (99,15%).

Pada kelompok antara daerah tengah serta selatan dan di luar, peningkatan Pb (Tabel 1) diikuti oleh penurunan kekayaan spesies bentos (Tabel 3) dan plankton (Tabel 4). Kecenderungan yang sama juga dijumpai pada penelitian Sudarso *et al.* (2008) dan bahkan indeks Shannon kurang sensitif dalam mendeteksi perubahan ekosistem. Sastranegara (2004) menyatakan bahwa indeks Shannon juga kurang sensitif dengan dua indeks seperti Fisher's Alpha dan Simpson karena keberadaan dominansi suatu spesies.

**Tabel 3. Bentos Sungai Donan pasca pengerukan**  
**Table 3. Benthos at River Donan after dredging operation**

No.	Taxa	Unit	Hasil		
			Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3
1.	<i>Tellina sp.</i>	ind/l	1	0	0
2.	<i>Modiolus sp.</i>	ind/l	1	0	0
3.	<i>Polymesoda erosa</i>	ind/l	2	0	1
4.	<i>Anadara moculosa</i>	ind/l	1	0	0
5.	<i>Neanthes sp.</i>	ind/l	2	0	0
6.	<i>Rhinoclavis asper</i>	ind/l	0	6	7
7.	<i>Thiara scraba</i>	ind/l	1	1	0
8.	<i>Chrysallida eppersoni</i>	ind/l	0	0	2
9.	<i>Clithon bicolor</i>	ind/l	0	1	2

**Tabel 4. Plankton Sungai Donan pasca pengerukan**  
**Table 4. Plankton at River Donan after dredging operation**

No.	Taxa	Unit	Hasil		
			Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3
1.	<i>Asterionella japonica*</i>	ind/l	0	0	243
2.	<i>Chaetoceros elmorei*</i>	ind/l	324	648	810
3.	<i>Coscinodiscus lacustris</i>	ind/l	0	0	162
4.	<i>Gyrosigma kuetzingii</i>	ind/l	162	0	0
5.	<i>Navicula platystoma</i>	ind/l	972	81	0
6.	<i>Pleurosigma delicatulum</i>	ind/l	81	0	0
7.	<i>Thalassiothrix nitzschoides</i>	ind/l	162	0	0
8.	<i>Chlorella variegatus</i>	ind/l	729	0	0
9.	<i>Spirogyra sp.</i>	ind/l	405	0	0
10.	<i>Lyngbya spirulinoides</i>	ind/l	567	2.187	2.268
11.	<i>Oscillatoria limnosa</i>	ind/l	405	81	0
12.	<i>Acartia sp.</i>	ind/l	324	405	486
13.	<i>Brachionus plicatilis</i>	ind/l	162	81	162
14.	<i>Eurytemora sp.</i>	ind/l	405	0	0

Catatan: \* = Koloni

## Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan menunjukkan bahwa pengerukan tidak merubah kualitas air, terutama TDS yang tetap tinggi di Sungai Donan karena TDS yang terbawa oleh pasang surut berpotensi terhambat oleh keberadaan jaring apung. Selain itu, kadar Pb, sedimen *silty clay*, serta dominasi bentos *Rhinoclavis asper* dan plankton *Lyngbya spirulinoides* mempunyai kecenderungan yang sama pada kelompok antara daerah tengah serta

selatan dan di luar daerah pengerukan. Oleh karena itu, saran yang dapat dipertimbangkan adalah pencemaran Sungai Donan dan keberadaan jaring apung perlu mendapat perhatian serius.

### Daftar Pustaka

- Anonimous, 2003. Inventory of chemical information sources. United Nations Environment Program.  
<http://dbserver.irptc.unep.cl:8887/metadb/owa/mt.BrowseInventory?iinvid=5123>  
(diakses pada tanggal 15 Oktober 2008).
- APHA, AWWA, and WEF., 1992. Standard methods for the examination of water and waste water. American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation, Washington.
- BSN., 2004. SNI 06-6989.1-2004: Pengujian kualitas air sumber dan limbah cair. Badan Standar Nasional, Jakarta.
- Bupati Cilacap, 2002. Keputusan Bupati Cilacap Nomor 615/136/17/Tahun 2002 tentang pembentukan tim penertiban alur pelayaran dan pembinaan kepada masyarakat nelayan di Kabupaten Cilacap. Pemerintah Kabupaten Cilacap, Cilacap.
- Dittmann, S., 2002. Benthic fauna in tropical tidal flats – a comparative perspective. *Wetlands Ecology and Management*, 10: 189-195.
- Djohan, T.S., 1982. Species diversity of mangrove forest floor fauna in Segara Anakan and the Donan River. *In*: E.C.F. Bird, A. Soegiarto, K.A. Soegiarto (eds.) Workshop on coastal resources management in the Cilacap region, The Indonesian Institute of Sciences and the United Nations University, Jakarta.
- Everaarts, J.M., Boon, J.P., Kastoro, W., Fischer, C.V., Razak, H., and Sumanta, I., 1989. Copper, zinc and cadmium in benthic organisms from the Java Sea and estuarine and coastal areas around East Java. *Netherlands Journal of Sea Research*, 23: 415-426.
- Frusher, S.T., Giddins, R.L., and Smith III, T.J., 1994. Distribution and abundance of grapsid crabs (Grapsidae) in a mangrove estuary: effects of sediment characteristics, salinity tolerances, and osmoregulatory ability. *Estuaries*, 17(3): 647-654.
- Gubernur Jawa Tengah, 2001. Surat Keputusan Gubernur Jawa Tengah Nomor 8 Tahun 2001 tentang baku mutu udara ambien di Provinsi Jawa Tengah. Pemerintah Provinsi Jawa Tengah, Semarang.
- Gunarto, 2004. Konservasi mangrove sebagai pendukung sumber hayati perikanan pantai. *Jurnal Litbang Pertanian*, 23(1): 15-21.
- Hartoyo dan Mahdiana, A., 2007. Analisis resiko kontaminasi cadmium pada ikan terhadap masyarakat pesisir Sungai Donan Kabupaten Cilacap. *Jurnal Sains Akuatik*, 10(2): 96-104.
- Hatcher, B.G., Johannes, R.E., and Robertson, A.I., 1989. Review of research relevant to the conservation of shallow tropical marine ecosystems. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 27: 337-414.
- Holcim Group Support Ltd., 2004. Holcim as a group to the top of the industry: Holcim news report – technical meeting 2004. Holcim Group Support Ltd., Holderbank.
- Hopper, M., 2004. WXTide32 Version 4.0. Free Software Foundation Inc., Cambridge.
- NOAA., 2003. Mangrove ecology. National Oceanic and Atmospheric Administration. <http://response.restoration.noaa.gov/oilands/mangroves/pdfs/chapter1.pdf> (diakses pada tanggal 15 Oktober 2008).



- Nordhaus, I., 2007. The benthic community in the Segara Anakan lagoon, Java, Indonesia. *In*: E. Yuwono, T. Jennerjahn, M.H. Sastranegara, and P. Sukardi (editors) Synopsis of ecological and socio-economic aspects of tropical coastal ecosystem with special reference to Segara Anakan, Research Institute Jenderal Soedirman University, Purwokerto.
- Nurlaeli, A., 2007. Kandungan logam berat cadmium (Cd) pada kerang totok (*Polymesoda erosa*) di Segara Anakan Cilacap. Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.
- Odum, P.E., 1971. Fundamentals of ecology. Third edition. W.B. Saunders Co., Philadelphia.
- Presiden Republik Indonesia, 2001. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Sekretariat Negara, Jakarta.
- PT Semen Cibinong Tbk., 2005a. Program advokasi dan pendampingan masyarakat nelayan jaring apung di Kelurahan Kutawaru dan Karangtalun, Kabupaten Cilacap. PT Semen Cibinong Tbk., Cilacap.
- \_\_\_\_\_, 2005b. Pemantauan lingkungan biotis dan kualitas air. PT Semen Cibinong Tbk., Cilacap.
- PT Holcim Indonesia Tbk., 2007. *Maintenance dredging* alur transportasi batu kapur di perairan Kali Donan Cilacap. PT Holcim Indonesia Tbk., Cilacap.
- Rosyadi, S., 2006. Tata kelola sumberdaya perairan Kali Donan Cilacap. Laporan Penelitian Tripartit. Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.
- Sastranegara, M.H., 2004. The impact of forest use on the intertidal crab community in managed mangroves of Cilacap, Central Java, Indonesia. Cuvillier, Göttingen.
- Sastranegara, M.H. dan Andriyani, N., 2006. Keragaman dan kelimpahan plankton di Segara Anakan Cilacap. Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.
- Sastranegara, M.H., Eidman, M., Suratmo, G., dan Widjaja, F., 1996. Hubungan antara ketersediaan unsur hara dengan keragaman dan kelimpahan fitoplankton di Segara Anakan Cilacap. *Majalah Ilmiah UNSOED*, 4(12): 10-21.
- Sastranegara, M.H. dan Winarni, E.T., 2009. Dampak kerusakan hutan bakau terhadap komunitas krustasea yang dapat dimakan di Segara Anakan Cilacap. *Prosiding seminar nasional biologi "Peran biosistematika dalam pengelolaan sumberdaya hayati Indonesia"* di Universitas Jenderal Soedirman, 12 Desember 2009. Hal. 424-428.
- Sudarso, Y., Gunawan, Yoga, P., dan Suryono, T., 2008. Respon komunitas makrovertebrata terhadap kontaminasi logam berat di sedimen dari Waduk Saguling. *In*: H. Wibowo (editor) *Perairan darat dan perubahan iklim*, Pusat Penelitian Limnologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bogor.
- White, A.T., Martosubroto, P., and Sadorra, M.S.M., 1989. The coastal environmental profile of Segara Anakan - Cilacap, South Java, Indonesia. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila.
- Yuwono, E., Jennerjahn, T.C., Nordhaus, I., Ardli, E.R., Sastranegara, M.H., and Pribadi, R., 2007. Ecological status of Segara Anakan, Java, Indonesia, a mangrove-fringed lagoon affected by human activities. *Asian Journal of Water, Environment & Pollution*, 4: 61-70.