

# ANALISA BEBAN PENCEMARAN KEGIATAN BUDIDAYA TAMBAK BANDENG DI SUNGAI PASAR BANGGI KABUPATEN REMBANG

Oleh :

**Siti Rudiyanti, Heni Nur Halimah, dan Haeruddin**

PS MSP, Jurusan Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan  
Universitas Diponegoro Semarang

## Abstract

*River Waters in some ways give lot of advantage to their lifes of the people living round at, including the aquatic organism. However to fact river is used to from away the domestic, industrial, fisheries and agricultural waste dump, so resulted decrease water quality. Necessary environment to manage that is pollution degrees from each pollution source, information of this pollution degrees from each sources can be used for next environmental handling and so do could maintain and escalate river environmental quality. The study was determine to degrees pollution of Pasar Banggi river due to the aquaculture activities in Pasar Banggi Village district of Rembang. The research was held on Juni 2009 in Milkfish's Pond Pasar Banggi Village, Rembang. Sample survey method was used in this study. Pollution degrees analysis from milkfish's pond activity calculated from the Milkfish's pond outlet that passed to Pasar Banggi River. Pollution indicator use to determination pollution total degrees of the Pasar Banggi River a total phosphat, ammonia, and nitrit. Total degrees of total phosphat degrees was: 2541,15 ton/year and 201,9 ton/year, respectively from the first and second count. Ammonia score was 116329,53 ton/year and 14367,75 ton/year, respectively. Nitrit score was 12050,1 ton/year and 2612,28 ton/year. It is mean that ammonia score was the highest pollution degrees in the Pasar Banggi River.*

**Key words:** *Wasting Degrees, Pasar Banggi River, Milkfish's Pond*

## Abstrak

Keberadaan air di suatu badan sungai dapat dimanfaatkan bagi pemenuhan kebutuhan hidup manusia dan sebagai media kehidupan (lingkungan akuatik) bagi makhluk hidup. Namun pada kenyataannya sungai seringkali dimanfaatkan antara lain sebagai tempat pembuangan limbah domestik, industri, pertanian dan perikanan, sehingga mengakibatkan mutu air sungai menurun. Perlu adanya suatu upaya dalam pengelolaan lingkungan yaitu mengatur beban pencemaran dari setiap sumber pencemar sehingga informasi tentang besarnya beban pencemaran dari setiap sumber berguna dalam upaya pengelolaan lingkungan tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur nilai beban pencemaran di Sungai Pasar Banggi sebagai akibat dari aktivitas budidaya tambak bandeng di Desa Pasar Banggi, Kabupaten Rembang. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2009 di Tambak Bandeng desa Pasar Banggi Rembang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi kasus. Analisis beban pencemaran yang berasal dari kegiatan tambak bandeng dilakukan dengan perhitungan secara langsung dari *outlet* tambak bandeng yang menuju ke Sungai Pasar Banggi. Nilai beban pencemaran dari kegiatan tambak bandeng di Sungai Pasar Banggi ditentukan dari tiga indikator utama yaitu posfat total, amoniak, dan nitrit. Nilai total beban pencemaran dari posfat total pada pengukuran pasang: 2541,15 ton/th dan pada

pengukuran surut: 201,9 ton/th, parameter amoniak pada pengukuran pasang: 116329,53 ton/th dan pengukuran surut: 14367,75 ton/th sedangkan pada parameter nitrit untuk pengukuran pasang: 12050,1 ton/th dan pengukuran surut: 2612,28 ton/th. Dari hasil yang diperoleh dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai beban pencemaran paling besar disumbangkan oleh parameter amoniak.

**Kata kunci :** Beban Pencemaran, Sungai Pasar Banggi, Tambak Bandeng

## PENDAHULUAN

Keberadaan ekosistem sungai dapat memberikan manfaat bagi makhluk hidup, baik yang hidup di dalam sungai maupun yang ada di sekitarnya. Kegiatan manusia sebagai bentuk kegiatan pembangunan akan berdampak pada perairan sungai. Selain itu masyarakat beranggapan bahwa sungai merupakan tempat pembuangan sampah. Begitu juga dengan industri yang memanfaatkan sungai sebagai tempat untuk membuang limbah. Hal tersebut akan berdampak pada penurunan kualitas air, yaitu dengan adanya perubahan kondisi fisika, kimia dan biologi. Pencemaran limbah dapat mengakibatkan menurunnya keindahan lingkungan, penyusutan sumberdaya dan adanya wabah penyakit dan keracunan. Kondisi sungai yang tercemar tidak dapat digunakan untuk kegiatan perikanan (Salmin, 2005).

Sesuai dengan Undang-undang Nomor 23 Tahun 1997 yang dimaksud dengan pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan hidup tidak dapat berfungsi lagi dalam menunjang pembangunan berkelanjutan. Sedangkan menurut Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 beban pencemaran adalah jumlah suatu unsur pencemaran dari beban parameter yang terkandung dalam air atau air limbah pada volume tertentu.

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mengukur nilai beban pencemaran dari *outlet* tambak yang masuk ke Sungai Pasar Banggi sebagai akibat dari aktivitas budidaya tambak ikan bandeng di Desa Pasar Banggi Kabupaten Rembang. Waktu pelaksanaan penelitian pada Bulan Juni 2009. Pengambilan sampel dilakukan di *outlet* tambak bandeng Desa Pasar Banggi, Kabupaten Rembang, Jawa Tengah.

## METODOLOGI PENELITIAN

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air yang diambil dari saluran pembuangan air (*outlet*) tambak bandeng di Desa Pasar Banggi, Kabupaten Rembang. Pengambilan sampel dilakukan pada 5 (lima) petakan tambak. Kemudian diukur dan dianalisis kandungan posfat total, amoniak dan nitrit yang digunakan sebagai indikator utama nilai beban pencemaran. Selain itu juga dilakukan pengukuran terhadap parameter fisika-kimia perairan dan bentos sebagai parameter pendukung untuk mempertajam pembahasan.

Penelitian ini bersifat studi kasus, menggunakan metode *sample survey method*. Pengambilan sampel air pada *outlet* tambak bandeng dilakukan masing-masing dua kali ulangan setiap pengambilan sampel yaitu pada saat pasang dan surut. Hal ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kandungan bahan pencemar dari kegiatan tambak bandeng yang masuk ke Sungai Pasar Banggi pada saat pasang tertinggi dan pasang terendah.

### Metode Pengukuran Beban Pencemaran

Cara perhitungan beban pencemaran ini dari pengukuran langsung debit air sungai dengan konsentrasi limbah di saluran pembuangan (*outlet*) dari kegiatan tambak bandeng yang menuju ke Sungai Pasar Banggi. Dengan diukurnya debit dan konsentrasi limbah yang dimaksud maka beban pencemaran dapat dihitung berdasarkan persamaan (Mitsch & Goesselink, 1994 *dalam* Marganof, 2007):

$$BP = Q \times C$$

Dimana :

BP = Beban pencemaran yang berasal dari satu *outlet* tambak (ton/th)

Q = Debit sungai (m<sup>3</sup>/dtk)

C = Konsentrasi limbah (mg/l)

Total beban pencemaran dari seluruh tambak yang menuju ke Sungai Pasar Banggi dihitung dengan persamaan:

$$TBP = \sum_{i=1}^n BP$$

Dimana:

TBP = Total Beban Pencemaran

n = Jumlah tambak

i = Beban pencemaran dari tambak ke 1

Untuk mengkonversi beban pencemaran ke dalam ton/tahun dikalikan dengan  $10^{-6} \times 3600 \times 24 \times 365$ .

Perhitungan debit ditentukan dengan persamaan (Jeffries dan Mills, 1996 dalam Effendi, 2003):

$$Q = A \times V$$

Keterangan:

Q = debit air (m<sup>3</sup>/detik)

V = kecepatan arus (m/detik)

A = luas penampang saluran air (m<sup>2</sup>)

Kecepatan aliran air rata-rata dapat dicari dengan rumus dibawah ini (Dirjen Perikanan, 2004):

$$V = \frac{d}{t}$$

Dimana :

V = Kecepatan aliran air rata – rata (meter/detik)

d = Jarak yang ditempuh oleh pelampung (meter)

t = Waktu untuk menempuh jarak tertentu (detik)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

#### Paramater Fisika-Kimia Kualitas Air

Hasil pengukuran rerata parameter kualitas air di tambak penelitian disajikan pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Rerata parameter kualitas air saat Pasang dan Surut

No.	Parameter	Pasang	Surut
1	Suhu (°C)	29 - 30	24 - 27
2	pH	6,8 – 7,9	6,8 – 7,3
3	Salinitas (‰)	24 - 34	31 - 34
4	CO <sub>2</sub> (mg/l)	Tidak Terdeteksi	2,67-10.34
5	O <sub>2</sub> (mg/l)	1,53 - 2,04	1,63 - 2,06
6	Kecepatan arus (m/dtk)	1,24 - 0,82	0,9 -1,1

#### Indikator Beban Pencemaran (Posfat total, Amoniak, Nitrit)

##### Posfat Total

Pengukuran posfat total pada saat pasang didapatkan nilai tertinggi dari tambak 1 yaitu 0,03 mg/l, diikuti tambak 5 sebesar 0,02 mg/l, sedangkan tambak 2,3 dan 4 memberikan kontribusi yang seragam yaitu 0,01 mg/l.

Pengukuran saat surut nilai tertinggi terdapat pada tambak 4 yaitu 0,02 mg/l dan pada tambak 1,2,3 dan 5 didapatkan nilai yang seragam yaitu 0,01 mg/l.

## Amoniak

Hasil Pengukuran amoniak yang disajikan pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai rerata tertinggi saat pasang adalah pada tambak 3 yaitu 1,11 mg/l dan nilai terendah terdapat pada tambak 2 sebesar 0,60 mg/l sedangkan nilai rerata pada tambak 1 sebesar 0,82 mg/l, tambak 4 sebesar 0,83 mg/l dan tambak 5 yaitu 0,63 mg/l. Pengukuran saat surut, nilai amoniak tertinggi didapat pada tambak 5 yaitu 1,03 mg/l dan nilai amoniak terendah terdapat pada tambak 3 yaitu 0,62 mg/l. Untuk pengukuran pada tambak 1, 2 dan 4 kandungan amoniaknya tidak berbeda jauh dengan tambak 3 dan 5. Pengukuran pada tambak 1 nilai yang dihasilkan sebesar 0,84 mg/l, tambak 2 sebesar 0,73 mg/l dan tambak 4 sebesar 0,81 mg/l.

## Nitrit

Hasil pengukuran nitrit pada tambak 1 didapatkan rerata sebesar 0,10 mg/l pada pengukuran pasang dan 0,16 mg/l pada pengukuran surut. Pada tambak 2 nilai rerata konsentrasi limbah nitrit pada saat pasang adalah 0,01 mg/l dan pengukuran saat surut yaitu 0,14 mg/l. Konsentrasi limbah nitrit pada tambak 3 saat pengukuran pasang adalah 0,01 mg/l dan saat surut 0,12 mg/l. Untuk tambak 4 kandungan nitrit saat pasang sebesar 0,12 mg/l dan saat surut sebesar 0,13 mg/l sedangkan pada tambak 5 pengukuran saat pasang sebesar 0,09 mg/l dan surut sebesar 0,13 mg/l.

Indikator beban pencemaran Posfat total, Amoniak, Nitrit disajikan pada Tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Rerata Konsentrasi Limbah Posfat Total, Amoniak, Nitrit (mg/l) saat pasang dan surut

No	Lokasi Sampel	Parameter					
		PO <sub>4</sub> -P		NH <sub>3</sub> -N		NO <sub>2</sub> -N	
		Pengukuran					
		Pasang	Surut	Pasang	Surut	Pasang	Surut
1	Tambak 1	0,03	0,01	0,82	0,84	0,10	0,16
2	Tambak 2	0,02	0,01	0,60	0,73	0,01	0,14
3	Tambak 3	0,01	0,01	1,11	0,62	0,10	0,12
4	Tambak 4	0,01	0,02	0,83	0,81	0,12	0,13
5	Tambak 5	0,02	0,01	0,63	1,03	0,09	0,13

## Analisis Perhitungan Beban Pencemaran

Tabel 3. Nilai Beban Pencemaran di *Outlet* Tambak Bandeng saat Pasang dan Surut

Parameter	Beban (ton/tahun)									
	Pengukuran Pasang					Pengukuran Surut				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Posfat Total	15,10	7,44	3,10	2,55	3,72	0,82	0,76	0,42	0,54	0,15
Amoniak	412,72	223,27	343,75	211,49	117,22	68,87	52,25	26,20	21,71	14,94
Nitrit	50,33	3,72	30,97	30,58	16,75	13,12	10,60	5,07	3,48	1,89

Besarnya nilai posfat total memiliki kisaran antara 0,15-15,10 ton/th. Nilai beban posfat tertinggi berasal dari tambak 1 pada saat pengukuran pasang dan nilai terendah dari tambak 5 pada saat surut. Hal ini sejalan pada pengukuran beban pencemaran yang ditinjau dari parameter amoniak yang memiliki kisaran nilai antara 14,94-412,72 ton/th. Untuk nilai beban pencemaran yang diperoleh dari parameter nitrit memiliki kisaran sebesar 1,89–50,33 ton/th.

Beban pencemaran total dihitung dari penjumlahan beban pencemaran dari lima tambak dengan luas total tambak adalah 72 Ha atau 720000 m<sup>2</sup> masing-masing tambak memiliki luas yang berbeda yaitu: tambak 1 luas 1 Ha atau 10000 m<sup>2</sup>, tambak 2 luas 1,5 Ha atau 15000 m<sup>2</sup>, tambak 3 luas 0,5 Ha atau 5000 m<sup>2</sup>, tambak 4 luas 1,6 Ha atau 16000 m<sup>2</sup> dan tambak 5 memiliki luas sebesar 0,5 Ha atau 50000 m<sup>2</sup>. Hasil pengukuran disajikan dalam Tabel 4 di bawah ini:

Tabel 4. Data Total Beban Pencemaran dari kegiatan tambak bandeng

No.	Parameter	Beban (ton/tahun)	
		Waktu pengukuran	
		Pasang	Surut
1	Posfat total	2541,15	201,9
2	Amoniak	116329,53	14367,75
3	Nitrit	12050,1	2612,28

## Pembahasan

### Parameter fisika-kimia kualitas air

Hasil pengukuran suhu air berkisar antara 24°C-31°C pada kisaran suhu tersebut masih tergolong normal dan layak untuk suatu perairan. Apabila suhu di dalam suatu perairan itu rendah, ikan akan aktif bergerak, sehingga pertumbuhan ikan akan berkurang atau lambat. Semakin tinggi suhu di suatu perairan maka semakin tinggi pula tingkat metabolisme di dalam tubuh ikan tersebut. Kondisi ini akan di imbangi dengan

meningkatnya laju konsumsi pakan bila suhu naik, ikan akan tertekan dan berdampak pada kematian (Darmono, 2001).

Menurut Lee *et al.*, (1978) dalam Marganof (2007), berdasarkan kandungan Oksigen terlarut maka kondisi perairan seperti pada saluran pembuangan (*outlet*) tambak yang menuju Sungai Pasar Banggi termasuk dalam kategori tercemar berat, seperti pada klasifikasi berikut : tidak tercemar sampai tercemar sangat ringan ( $> 6,5$  mg/l), tercemar ringan (4,4-6,4 mg/l), tercemar sedang (2,0-4,4 mg/l) dan tercemar berat ( $< 2,0$  mg/l). Hasil pengukuran oksigen terlarut pada kelima outlet tambak pengamatan dalam dua kali pengukuran berkisar antara 1,53 mg/l – 2,06 mg/l.

Hasil pengukuran pH air berkisar antara 6,9-7,5. Kisaran pH tersebut berada dalam batas-batas yang layak dalam suatu perairan. Apabila nilai pH suatu perairan kurang dari 5 atau melebihi 9, perairan itu sudah tercemar berat (Manik, 2003).

Salinitas air yang didapat dari hasil pengukuran berkisar antara 24,5-34‰. Tingginya nilai salinitas pada kelima *outlet* tambak dikarenakan lokasi yang berdekatan dengan aliran air laut sehingga kandungan air laut yang masuk lebih besar daripada air tawar. Adanya pencampuran air laut akan menyebabkan penurunan oksigen terlarut di perairan, karena dengan naiknya salinitas akan mengakibatkan densitas air juga naik, sehingga proses difusi oksigen akan semakin berkurang

Perairan yang diperuntukkan bagi kepentingan perikanan sebaiknya mengandung kadar karbondioksida bebas  $< 5$  mg/l (Boyd, 1988 dalam Effendi, 2003). Karbondioksida yang terukur selama penelitian berkisar antara 2,7–10,4 mg/l. Kadar karbondioksida  $> 5$  mg/l masih dapat ditolerir oleh organisme akuatik, asal disertai dengan kadar oksigen yang cukup.

Kisaran kecepatan arus yang diperoleh adalah 0,8–1,24 m/dtk. Dimana Kecepatan arus sangat bergantung pada debit air yang masuk ke dalam suatu perairan, semakin besar debit air yang masuk ke dalam perairan, kecepatan arusnya juga semakin besar. Odum (1993) menyatakan bahwa kecepatan arus secara tidak langsung mempengaruhi kondisi perairan secara umum begitu pula substrat dasar perairan.

Hasil pengukuran posfat total berkisar antara 0,01-0,03 mg/l., dan dapat diklasifikasikan dalam perairan dengan tingkat kesuburan rendah hingga sedang. Berdasarkan kadar posfat total, perairan diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu : perairan dengan tingkat kesuburan rendah, dengan kadar antara 0-0,02 mg/l; perairan dengan tingkat kesuburan sedang yang memiliki kadar 0,021-0,05 mg/l; dan perairan dengan

tingkat kesuburan yang tinggi memiliki kadar antara 0,051-0,1 mg/l (Yoshimura *dalam* Liaw, 1969 *dalam* Effendi, 2003).

Hasil pengukuran kandungan amoniak berkisar antara 0,60–1,11 mg/l. Kadar amoniak di tambak bandeng sebaiknya tidak lebih dari 0,1–0,3 mg/l. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa kandungan amoniak yang diperoleh dari saluran pembuangan (*outlet*) tambak bandeng bersifat toksik bagi biota yang hidup didalamnya (Sawyer dan McCarty, 1978 *dalam* Effendi, 2003).

Dari hasil pengukuran kandungan nitrit yang diperoleh berkisar antara 0,09–0,16 mg/l, hal tersebut menunjukkan bahwa kandungan nitrit dari kegiatan tambak tidak layak untuk suatu perairan. Kadar nitrit pada perairan relatif kecil karena akan segera dioksidasi menjadi nitrat, perairan alami mengandung nitrit sekitar 0,001 mg/l dan sebaiknya tidak melebihi 0,06 mg/liter. Kadar nitrit yang lebih dari 0,05 mg/l dapat bersifat toksik bagi organisme perairan yang sangat sensitif (Moore, 1991 *dalam* Effendi, 2003).

### **Total Beban Pencemaran di Sungai Pasar Banggi**

Nilai beban pencemaran dihitung berdasarkan perkalian antara debit air sungai dengan konsentrasi parameter yang diteliti. Sementara itu perhitungan total beban pencemaran dihitung dari penjumlahan beban pencemaran dari lima tambak yang diteliti yaitu dua tambak berada di sebelah timur sungai dan tiga tambak berada di sebelah barat sungai. Pertambakan yang digunakan berada di Desa Pasar Banggi, Kabupaten Rembang dengan luasan 72 Ha.

Besarnya total beban pencemaran pada tambak Pasar Banggi untuk parameter posfat total pengukuran saat pasang adalah 2541,15 ton/tahun dan saat surut adalah 201,9 ton/tahun. Parameter amoniak untuk pengukuran saat pasang sebesar 116329,53 ton/tahun dan saat surut sebesar 14367,75 ton/tahun. Sedangkan nilai total beban pencemaran untuk parameter nitrit saat pasang yaitu 12050,1 ton/tahun dan surut yaitu 2612,28 ton/tahun. Nilai total beban pencemaran amoniak memberikan kontribusi paling besar dibanding posfat total dan nitrit. Nilai amoniak tinggi disebabkan oleh air seni dan faeces ikan yang masih tertimbun di dasar tambak, sehingga menyebabkan beban pencemaran amoniak di tambak ini tinggi. Amoniak di perairan berasal dari hasil pemecahan nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang terdapat dalam tanah dan air; dapat pula berasal dari dekomposisi bahan organik (tumbuhan dan biota akuatik yang telah mati) yang dilakukan oleh mikroba dan jamur. Kadar amonia



yang tinggi akan mematikan ikan di tambak. Selain itu kadar amonia di tambak juga dipengaruhi oleh kadar pH dan suhu. Makin tinggi suhu dan pH air maka makin tinggi pula konsentrasi NH<sub>3</sub> (Raswin, 2003).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Nilai beban pencemaran yang diperoleh dari kegiatan tambak bandeng di Desa Pasar Banggi Kabupaten Rembang ditinjau dari tiga parameter utama yaitu posfat total, amoniak, dan nitrit didapatkan nilai sebagai berikut: posfat total; 0,15–15,10 ton/th, amoniak; 14,94–412,72 ton/th, nitrit; 1,89–50,33 ton/th. Dari nilai tersebut beban pencemaran paling tinggi disumbangkan dari parameter amoniak.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bourke, P. 1988. Calculating the Area and Centroid of a Polygon. <http://local.waspuwa.edu.au/pbourke/geometry/polyarea.> (16 November 2009).
- Darmono. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungan Dengan Toksikologi Senyawa Logam. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Direktorat Jendral Perikanan. 2004. Pengelolaan Kualitas Air Pada Pembesaran Bandeng. Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta.
- Manik, K. 2003. Pengelolaan Lingkungan Hidup. Penerbit Djembatan. Jakarta.
- Marganof. 2007. Model Pengendalian Pencemaran Perairan di Danau Maninjau Sumatera Barat. [Disertasi]. Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor, 135 Hlm.
- Odum, E.P. 1993. Dasar-Dasar Ekologi. Tj. Samigan. [Penerjemah]; Srigandono [Editor]. Terjemahan dari: Fundamental of Ecology. Gajah Mada Press. Yogyakarta.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. 2001. Baku Mutu Air Tawar. Perikanan dan Peternakan. [http://www.blh.sumutprov.go.id/files/pdf/11 PP RI NO.82 Tahun 2001 Pengelolaan Kualitas Air dan pe.pdf](http://www.blh.sumutprov.go.id/files/pdf/11_PP_RI_NO.82_Tahun_2001_Pengelolaan_Kualitas_Air_dan_pe.pdf) (16 November 2009).
- Raswin, Muhammad. 2003. Pembesaran ikan Bandeng, Modul pengelolaan air tambak. Pdf. <http://zonaikan.wordpress.com/2009/10/06/kualitas-air-tambak-bandeng.htm> (23 November 2009).

Salmin. 2005. Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan. Bidang Dinamika Laut Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI, Jakarta.

Sudjana. 1986. Metodologi Penelitian. Rajawali Press, Jakarta.

Undang-undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup.