

PEMANTAUAN LINGKUNGAN ESTUARIA PERANCAK BERDASARKAN SEBARAN MAKROBENTHOS

ENVIRONMENTAL MONITORING PERANCAK ESTUARINE BASED ON DISTRIBUTION OF MACROBENTHOS

Taufik Indarmawan dan Abdul Manan

Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga
Kampus C Mulyorejo - Surabaya, 60115 Telp. 031-5911451

Abstract

One method to monitor the water quality is with macrobenthos studies. Motility of macrobenthos is very rare that more showed the characteristics of an environment. The aim of this study was to know the composition distribution in the region macrobenthos of Perancak estuarine for monitoring the condition of estuaries in the region. The method used is a descriptive method of data collection.

Monitoring of macrobenthos distribution includes several stages such as stage of the survey and ground check, preparation tools and materials, taking physical and chemical parameters in the field, the separation and identification of samples and the last is the data analysis. The results of this monitoring showed characteristic macrobenthos of Perancak estuarine region consists of group annelids, crustaceans, gastropods and bivalves. Diversity index (H') may be early prediction of the environmental quality of Perancak estuarine (bio-monitoring) showed there were distinct differences in contamination concentration at each station from severe to mild category.

Keywords : Enviromental monitoring, macrobenthos, perancak estuarine.

Pendahuluan

Ekosistem di wilayah pesisir memiliki peranan yang sangat penting dan nilai yang paling tinggi diantara ekosistem di bumi ini dalam memberikan pelayanan terhadap keseimbangan lingkungan (Constanza *et al.*, 1997). Pengelolaan pesisir masih merupakan hal yang baru di Indonesia, padahal negeri ini dikenal memiliki lebih dari 17.508 pulau dan 81.000 kilometer panjang garis pantai. Namun demikian, seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan intensitas pembangunan, daya dukung ekosistem pesisir dalam menyediakan segenap sumberdaya alam dan jasa-jasa lingkungan akan terancam rusak atau menurun.

Estuaria adalah suatu tempat pertemuan antara air tawar dan air laut atau transisi antara habitat tawar dan habitat laut. Habitat estuaria lebih subur (produktif) sehingga daerah ini menjadi daerah asuhan (nursery ground) yang baik bagi larva maupun udang, ikan dan kerang, bahkan menjadikan estuaria sebagai habitat sepanjang hidupnya (Genisa *et al.*, 1999). Menurut Tulungen *et al.*, (2003) Selain fungsi ekologis, estuaria dimanfaatkan oleh manusia sebagai tempat bermukim, tempat penangkapan dan budidaya perikanan, jalur transportasi, tempat pelabuhan dan kawasan industri.

Estuaria perancak merupakan salah satu komponen pesisir yang sangat penting dalam kehidupan masyarakat perancak, Kabupaten Jembrana Bali. Ekosistem estuaria ini berperan besar terhadap masyarakat sekitar mengingat dominasi wilayahnya adalah wilayah ekosistem mangrove, areal pertambakan, pertanian dan pelabuhan.

Dahuri dkk., (2004) menjelaskan bahwa tingginya tingkat pemanfaatan di daerah estuaria menimbulkan berbagai dampak lingkungan seperti hilangnya sumber daya estuaria. Pemanfaatan wilayah yang cukup tinggi di sekitar wilayah estuaria ini berhubungan erat dengan kondisi lingkungan di wilayah tersebut. Karena itu, perlu dilakukan langkah – langkah konservatif dalam upaya agar tetap terjaga ekologi pesisir di sekitar wilayah ekosistem estuaria perancak ini.

Salah satu upaya yang bisa dilakukan adalah melalui biomonitoring dengan makrobenthos. Makrobenthos juga sering disebut dengan makroinvertebrata. Makroinvertebrata adalah semua jenis hewan berukuran makroskopik, tidak bertulang belakang, dapat hidup melayang, menempel pada substrat, pada vegetasi dan pada benda lain di air selama beberapa saat atau selama fase hidupnya (De Pauw and Vanhoeren, 1983 dalam Bahri *et al.*, 2003).

Menurut Handayani dkk., (2001) Makroinvertebrata air merupakan komponen biotik pada ekosistem perairan yang dapat memberikan gambaran mengenai kondisi fisik, kima dan biologi suatu perairan, sehingga digunakan sebagai indikator kualitas air sungai. Makrobenthos dipilih karena dapat dijadikan sebagai indikator kualitas lingkungan berdasarkan sebarannya di lingkungan estuaria karena motilitasnya yang sangat jarang sehingga lebih akurat dalam menunjukkan kondisi terkini dari suatu lingkungan.

Warwick (1993) mengemukakan bahwa penelitian biota air, baik berupa makrobentos, meiobentos, ikan, plankton, epifauna dan motil-fauna dapat digunakan untuk mengetahui adanya perubahan lingkungan akibat kegiatan manusia (antropogenik). Biomonitoring akan membantu dalam mengenal fungsi, karakteristik dan morfologi dari kawasan estuaria perancak yang merupakan bagian penting bagi cagar alam di wilayah tersebut serta mengetahui komposisi makrobenthos di daerah tersebut. Komposisi dan sebaran makrobenthos dapat menjadi indikator kualitas lingkungan yang dapat dipakai sebagai pendugaan awal kondisi lingkungan estuaria perancak sehingga bermanfaat untuk pedoman dalam membuat suatu langkah pengelolaan wilayah ini dan ekosistem disekitarnya.

Materi dan Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif (survey). Metode deskriptif adalah penelitian atau metode yang berusaha untuk menentukan pemecahan masalah yang ada sekarang berdasarkan data-data. Jadi metode ini juga menyajikan, menganalisis data dan menginterpretasi data (Narbuko dan Achmadi 2003). Observasi dilakukan terhadap berbagai hal yang berhubungan dengan kegiatan pemantauan sebaran makrobenthos di lingkungan estuaria meliputi survei wilayah, persiapan alat dan bahan, pengambilan parameter fisik dan kimia, pengambilan substrat dan makrobenthos sampai pemisahan sampel dan identifikasi.

Hasil komposisi makrobenthos pada setiap titik pengamatan dianalisa menggunakan indeks keanekaragaman Shanon - Wiener, indeks dominansi, indeks keseragaman. Hasil kemudian digunakan sebagai patokan dasar komposisi makrobenthos yang mewakili karakteristik daerah estuaria perancak tersebut.

a. Indeks Keanekaragaman Shannon – Wiener (Krebs, 1978a,b dalam Fitriana, 2006).

Formula indeks keanekaragaman Shannon – Wiener adalah :

$$H' = - \sum (p_i) (\log_2 p_i)$$

H' : Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

p_i : Proporsi dari jumlah spesies jenis ke-i dengan jumlah spesies total

b. Indeks Keseragaman (Krebs, 1978 a,b dalam Fitriana, 2006)

$$J' = \frac{H'}{\sqrt{\log_2 S}} = \frac{H'}{H'_{maks}}$$

J' : Indeks keseragaman (Evenness index)

H' : Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

S : Jumlah spesies

Keseragaman tinggi jika nilai J' = 1. Semakin besar jumlah spesies akan semakin besar pula diversitasnya. Hubungan antara jumlah spesies dengan jumlah individu dapat dinyatakan dalam bentuk indeks diversitas (Astirin et al. 2002).

c. Indeks Dominansi

Untuk mengetahui dominansi komunitas digunakan indeks dominansi (Odum, 1993 dalam Darojah, 2005). Formula indeks dominansi adalah :

$$C = \sum [n_i/N]^2$$

n_i = Nilai kepentingan untuk setiap jenis (jumlah individu tiap spesies)

N = Nilai kepentingan total (jumlah semua individu tiap spesies)

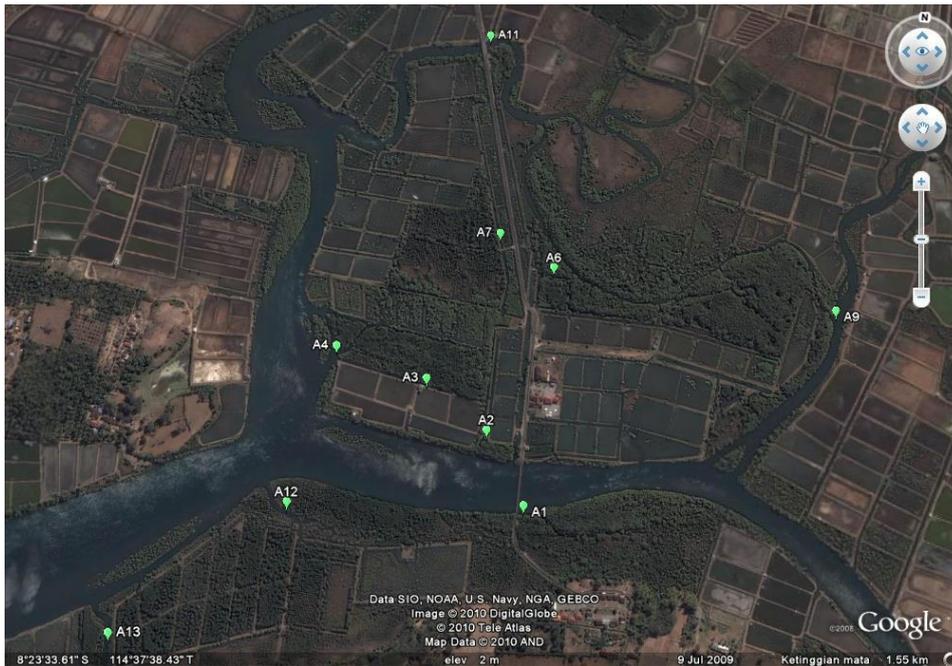
Tabel 1. Nilai kriteria indeks keanekaragaman (Fitriana, 2005)

Nilai	Keterangan
H' < 1,0	Keanekaragaman rendah, miskin, produktivitas sangat rendah sebagai indikasi adanya tekanan yang berat dan ekosistem tidak stabil
1,0 < H' < 3,322	Keanekaragaman sedang, produktivitas cukup, kondisi ekosistem cukup seimbang, tekanan ekologis sedang.
H' > 3,322	Keanekaragaman tinggi, stabilitas ekosistem mantap, produktivitas tinggi, tahan terhadap tekanan ekologis.

Tabel 2. Nilai kriteria indeks dominansi :

Nilai	Keterangan
0 < C ≤ 0,5	Dominansi Rendah
0,5 ≤ C ≤ 0,75	Dominansi Sedang
0,75 ≤ C ≤ 1,00	Dominansi Tinggi

Pemantauan sebaran makrobenthos dilakukan pada 10 stasiun yang ada disekitar estuaria Perancak dengan hasil komposisi



Gambar 1. Peta lokasi stasiun sebaran makrobenthos

sebaran makrobenthos yang ada pada tiap titik tersebut dan mewakili karakteristik di wilayah tersebut. Hasil ini dikelompokkan berdasarkan titik dan jenis makrobenthos yang ditemukan. Hasil pengelompokan ditampilkan dalam bentuk tabel distribusi makrobenthos per stasiun pengamatan. Sebelum dilakukan survei, terlebih dahulu perlu dilakukan penentuan daerah yang akan dijadikan sebagai stasiun pemantauan sebaran makrobenthos.

Lokasi pengambilan data parameter sampel kualitas air dan tanah terletak pada titik air yang paling dekat dengan titik pengambilan sampel makrobenthos. Koordinat tiap titik nantinya dicatat agar nantinya dapat diaplikasikan dalam pencarian melalui GPS. Pemilihan stasiun harus disesuaikan dengan kemampuan kita dalam mengakses tiap titik tersebut karena dalam pemantauan tersebut digunakan peralatan yang cukup berat seperti *cooler box* dan *ekman grab*.

Peubah-peubah yang digunakan pada pemantauan fisik merupakan informasi pendukung dalam penentuan kualitas air secara kimia dan biologi (Rahayu *et al.*, 2009). Parameter yang diukur pada pengamatan sebaran makrobenthos adalah suhu, salinitas, pH tanah dan pH air. Suhu, pH air, salinitas dan pH tanah diukur secara *insitu*. Parameter inilah yang merupakan parameter kunci dalam pengamatan makrobenthos yang ada pada estuaria Perancak.

Pengambilan sampel substrat lebih baik dilaksanakan pada saat air surut sehingga memudahkan kita untuk mengambil makrobenthos dalam sedimen tanah. Mekanisme pengambilan substrat dan makrobenthos dilakukan dengan menentukan titik transek kuadrat pada stasiun yang telah ditentukan. Pada transek kuadrat 1 x 1 m tersebut dibagi menjadi 9 plot sampel. Tiap plot mempunyai luas 33,3 cm x 33,3 cm. Pengambilan sampel substrat tanah dilakukan pada plot sampel ke 1,3,5,7 dan 9 dengan menggunakan eckman grab. Ini disesuaikan dengan karakteristik wilayah yang dipantau adalah sampel dasar yang lunak dan berlumpur. Michael (1984) menjelaskan bahwa pengeruk *eckman* secara khusus cocok untuk pengambilan sampel dasar yang lunak dan berlumpur.

Untuk memudahkan identifikasi jenis-jenis makrobenthos yang telah dikumpulkan, maka dilakukan pemisahan contoh terlebih dahulu dari substrat. Proses pemisahan ada baiknya dilakukan secepatnya dan jangan sampai lebih dari dua hari karena akan berpengaruh terhadap jenis makrobenthos yang ada dalam sampel.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengukuran secara *insitu*, didapatkan hasil kualitas air dan tanah yang disajikan pada Tabel 3. Secara umum, kondisi suhu air perairan Estuaria Perancak

berkisar 28-30⁰C, dengan suhu maksimum yaitu 30⁰C yang terdapat di stasiun A6. Sedangkan suhu terendah terdapat pada stasiun A2, A3, A4, A12. Hasil pengukuran suhu dengan termometer menunjukkan bahwa daerah estuaria Perancak merupakan daerah yang cocok untuk pertumbuhan makrobenthos yang sesuai dengan baku mutu hidup biota laut (KepMen LH, 2005).

Sementara pada hasil pengukuran pH air didapatkan rentang pH air antara 8,13 – 8,65 dengan pH tertinggi terdapat pada A4 dan pH terendah terdapat pada stasiun A12. Rata – rata pH yang mencapai kisaran 8 ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan dari satu stasiun ke stasiun yang lain. Dilihat dari baku mutu untuk biota laut yang didalamnya termasuk makrobenthos menunjukkan bahwa wilayah estuaria Perancak memiliki pH antara 7 – 8,5 yang merupakan habitat yang baik bagi

makrobenthos. Meskipun pada beberapa titik nilainya lebih dari pH 8,5 seperti pada stasiun A4, A9 dan A11, namun secara keseluruhan hasil yang didapat tidak jauh signifikan dari baku mutu pH untuk biota.

Nilai salinitas yang ada pada estuaria Perancak berbeda beda pada tiap titik berkisar pada 22 – 33 Promil. Nilai tertinggi salinitas yaitu 33 yang terdapat pada stasiun A1, A2, A4, A9 dan A4.

Sedangkan nilai terendah terdapat pada stasiun A6. Perbedaan ini bisa dipengaruhi oleh pasang surut dan jauh dekatnya dengan aliran sungai utama. Semakin mendekati daerah aliran sungai yang menuju ke muara maka salinitasnya semakin tinggi. Salinitas yang berbeda menunjukkan bahwa tiap daerah memiliki tingkat kandungan garam yang berbeda diakibatkan karena pengaruh pasang surut.

Berdasarkan identifikasi yang

Tabel 3. Hasil pengukuran kualitas air dan tanah estuaria Perancak

No.	Jam	Kode Contoh	Parameter				Keterangan
			Suhu	pH Air	pH Tanah	Salinitas	
1.	08.45	A1	29	8,34	6,2	33	Pasang / Cerah
2.	08.55	A2	28	8,43	6,2	33	Pasang / Cerah
3.	09.00	A3	28	8,48	6,5	28	Pasang / Cerah
4.	09.05	A4	28	8,65	6,4	33	Pasang / Cerah
5.	09.32	A6	30	8,15	6,5	22	Pasang / Cerah
6.	09.26	A7	29	8,30	6	28	Pasang / Cerah
7.	09.40	A9	29	8,60	6,6	33	Pasang / Cerah
8.	09.20	A11	29	8,63	5,8	33	Pasang / Cerah
9.	08.26	A12	28	8,13	6,8	31	Surut / Cerah
10.	08.35	A13	29	8,25	6,4	25	Surut / Cerah

Tabel 4. Hasil identifikasi makrobenthos di estuaria Perancak

Jenis Makrobenthos	Kode titik										Total Per Spesies
	A1	A2	A3	A4	A6	A7	A9	A11	A12	A13	
<i>Lumbricus terrestris</i>	-	-	-	1	-	-	2	1	-	-	4
<i>Nereis sp.</i>	13	-	9	1	-	-	2	2	-	1	28
<i>Schylla sp.</i>	-	1	-	3	5	1	-	-	1	-	11
<i>Uca sp.</i>	1	1	-	-	-	2	1	1	-	-	5
<i>Dotilla sp.</i>	-	2	-	2	4	2	1	1	-	1	13
<i>Cerithium sp.</i>	2	-	-	13	33	15	-	1	13	-	77
<i>Littorina sp.</i>	-	1	2	1	3	4	4	3	-	-	18
<i>Natica sp.</i>	-	16	28	5	16	5	27	57	10	12	176
<i>Brachydontes sp.</i>	-	-	-	4	-	-	1	-	-	-	5
<i>Crassostrea sp.</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>C. Cotylophorum</i>	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	5
Total Individu per titik	16	21	40	30	61	28	43	66	24	14	
Jumlah Spesies per titik	3	5	4	8	5	6	8	7	3	3	

Tabel 5. Nilai H', C, dan J' di estuaria Perancak

Titik Pengamatan	H'	Keanekaragaman	C	Dominansi	J'
A1	0,868	Rendah	0,680	Sedang	0,548
A2	1,249	Sedang	0,596	Sedang	0,538
A3	1,194	Sedang	0,544	Sedang	0,597
A4	2,425	Sedang	0,251	Rendah	0,808
A6	1,753	Sedang	0,375	Rendah	0,755
A7	1,943	Sedang	0,347	Rendah	0,752
A9	1,892	Sedang	0,422	Rendah	0,631
A11	0,905	Rendah	0,750	Tinggi	0,322
A12	1,196	Sedang	0,469	Rendah	0,755
A13	0,735	Rendah	0,745	Tinggi	0,463

dilakukan terdapat 11 jenis spesies yang ditemukan berada pada daerah sekitar estuaria Perancak yaitu *Lumbricus terrestris*, *Nereis sp.*, *Schylla sp.*, *Uca sp.*, *Natica sp.*, *Littorina sp.*, *Dotilla sp.*, *Brachydontes sp.*, *Cerithium sp.*, *Crassostrea sp.* dan *Cotylophoron cotylophorum*. Hasil identifikasi dapat dilihat pada Tabel 4. Sebaran tiap spesies pada tiap stasiun berbeda. Hal ini dipengaruhi oleh lingkungan yang ada disekitarnya. Sebaran menunjukkan banyaknya jumlah makhluk hidup yang berada dalam suatu daerah. Pada habitat alami yang jauh dari campur tangan manusia, biasanya ditemukan lebih dari 100 individu makrobentos setiap sekitar 10 m² (Chessman, 1995).

Untuk indeks keanekaragaman, rata-rata tiap stasiun masuk dalam kategori dengan keanekaragaman sedang. Ini berarti bahwa produktivitas pada stasiun tersebut cukup, kondisi ekosistem cukup seimbang dan tekanan ekologis sedang. Keadaan ini terjadi pada stasiun pengamatan A2, A3, A4, A6, A7, A9, A12. Hanya stasiun A1, A11 dan A13 yang masuk kategori keanekaragaman rendah, miskin, produktivitas sangat rendah sebagai indikasi adanya tekanan yang berat dan ekosistem tidak stabil.

Indeks keanekaragaman digunakan untuk mengetahui jenis spesies makrobentos yang ada di estuari perancak. Berdasarkan hasil perhitungan indeks keanekaragaman yang ditampilkan Tabel 5. dapat diketahui bahwa Stasiun A4 merupakan stasiun yang memiliki nilai indeks keanekaragaman paling tinggi 2,425 sedangkan A13 merupakan stasiun yang memiliki nilai indeks keanekaragaman paling rendah yaitu 0,735. Bila dilihat dari letaknya memang titik A1 dan A13 adalah jalur sungai utama yang menuju muara. Diduga karena pengaruh akumulasi bahan buangan organik dan anorganik disertai daerah pasang surut yang

berfluktuasi besar mengakibatkan daerah ini menjadi rendah keanekaragamannya. Sedangkan pada A11, daerah ini merupakan daerah buangan atau outlet dari areal tambak yang menuju ke muara sehingga memungkinkan terjadinya cemaran pada badan air yang akhirnya mengendap di substrat sekitar daerah A11 yang berpengaruh besar dalam sebaran makrobentos.

Dilihat dari nilai indeks dominansi per titik dapat dikatakan bahwa tidak ada dominansi yang tinggi pada semua titik. Ini dilihat dari keseluruhan nilai yang menunjukkan nilai yang masih jauh dari C = 1, sebagai tanda bahwa dominansi pada komunitas yang tinggi.

Tingkat dominansi pada rata – rata stasiun pemantauan adalah rendah. Kecuali pada A11 dan A13 yang mempunyai dominansi yang sedang. Indeks dominansi makrobentos berkisar antara 0,251-0,750. Nilai tersebut ditemukan pada stasiun A4 sebagai yang terendah yaitu 0,251 dan pada stasiun A11 sebagai yang tertinggi dengan nilai 0,750. Spesies yang dominan pada titik ini adalah *Natica sp.* dengan jumlah 57 spesies.

Sementara indeks keseragaman pada beberapa tempat menunjukkan bahwa keseragaman daerah tersebut adalah sedang terlihat hampir pada semua titik kecuali A11 dan A14 yang mempunyai nilai paling rendah sehingga dapat dikatakan keseragamannya buruk. Hasil ini menunjukkan bahwa stasiun 4 secara keseluruhan merupakan area yang subur dan baik bagi makrobentos.

Indeks keanekaragaman atau H' dapat dipakai menjadi pendugaan awal suatu pencemaran suatu wilayah perairan. Biota akuatik dapat digunakan untuk mengetahui perubahan dan pencemaran lingkungan, toksisitas limbah dan dampaknya terhadap lingkungan, akumulasi limbah pada biota dan pengaruhnya terhadap rantai makanan, serta

pengaruh limbah, penggunaan air dan tanah terhadap ekosistem (Norris and Norris, 1995).

Bila dikaitkan nilainya dengan H' terhadap konsentrasi cemaran pada lingkungan tersebut maka dapat diketahui bahwa stasiun A4 dapat dikatakan sebagai perairan yang belum tercemar karena nilai H' lebih dari 2. Sedangkan pada stasiun A7 dan A9 dapat dikatakan sebagai daerah dengan cemaran ringan. Pada stasiun pengamatan A2, A3, A6, A12 digolongkan dalam cemaran sedang. Kecuali pada stasiun A1, A11 dan A13, nilai H' sangat rendah sehingga dikategorikan daerah yang tercemar cukup berat.

Kesimpulan

Analisis kondisi lingkungan estuaria Perancak berdasarkan sebaran makrobenthos menunjukkan bahwa wilayah tersebut telah mengalami pencemaran kategori ringan – berat pada tiap - tiap stasiun. Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa kondisi lingkungan estuaria perancak mengalami pencemaran dalam kategori sedang.

Perlu dilakukan upaya konservasi ekosistem berupa perbaikan ekosistem mangrove dan monitoring pencemaran perairan yang dilakukan di sekitar kawasan estuaria Perancak guna mencegah pencemaran perairan yang lebih berat lagi mengingat wilayah ini merupakan bagian penting dari cagar alam di wilayah tersebut.

Daftar Pustaka

- Astirin, O.P., A.D. Setyawan dan M. Harini. 2002. Keragaman Plankton sebagai Indikator Kualitas Sungai di Kota Surakarta. *Biodiversitas* Vol. 3 no. 2. Hal. 236-241.
- Bahri, S., Hidayat, R., Priadie, B. 2003 . Analisis Kualitas Air Sungai Secara Tepat Menggunakan Makrobenthos Studi Kasus Sungai Cikapundung. Pulitbang Sumberdaya Air. Bandung. 10 hal (unpublished).
- Constanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R.V. O'Neill, J. Paruelo, R.G. Raskin, P. Sutton and M.V. Belt. 1997. The Value of The World's Ecosystem Service and Natural Capital. *Nature* 387: 255-60.
- Chessman, B.C. 1995. Rapid assessment of Rivers Using Macroinvertebrates: A Procedure Based on Habitat specific sampling, Family Level Identification and a Biotic Index. *Australian Journal of Ecology* 20: 122-129.
- Darojah, Y. 2005. Keanekaragaman Jenis Makrozoobentos di Ekosistem Perairan Rawapening Kabupaten Semarang. Skripsi. Biologi. FMIPA. Universitas Negeri Semarang. 42 Hal.
- Dahuri, R., Rais, J., Ginting, S.P., Sitepu, M.J. 2004. Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. Pradnya Paramita. Jakarta. Hal. 75– 207.
- Genisa, A.S., Wijopriono dan S. Budiharjo. 1999. Keanekaragaman Ikan di Muara Sungai Memberamo, Irian Jaya. Prosiding Seminar Biologi Menuju Millenium III, Fak. Biologi UGM. pp 237 – 248.
- Michael, P. 1984. Metode Ekologi untuk Penyelidikan Lapangan dan Laboratorium. Terjemahan : Yanti R. Koestoer. UIP. Jakarta. Hal 253 – 254.
- Narbuko, C. dan A. Achmadi. 2005. Metodologi Penelitian. Bumi Aksara. Jakarta. Hal. 44
- Norris, R.H. dan K.R. Norris. 1995. The need for Biological assessment of Water Quality: Australian Perspective. *Australian Journal of Ecology* 20:1-6
- Rahayu S., R.H. Widodo, M.V. Noordwijk, I. Suryadi dan B. Verbist. 2009. Monitoring Air di Daerah Aliran Sungai. Bogor, Indonesia. World Agroforestry Centre - Southeast Asia Regional Office. 104 pp.
- Tulungen, J.J., M. Kasmidi, C. Rotinsulu, M. Dimpudus dan M. Tangkilisan. 2003. Panduan Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir Berbasis Masyarakat. USAID. Jakarta. Hal 2 – 6.
- Warwick, R.M. 1993. Environmental Impact Studies on Marine Communities: Pragmatical Considerations. *Australian Journal of Ecology* 18: 63-80
- Winarno, K., O.P. Astirin dan A.D. Setyawan. 2000. Pemantauan Kualitas Perairan Rawa Jabung berdasarkan Keanekaragaman dan Kekayaan Komunitas Bentos. *BioSMART* Vol.2 No.1 Hal 40- 46.
- Fitriana, Y.R. 2006. Keanekaragaman Dan Kemelimpahan Makrozoobentos di Hutan Mangrove Hasil Rehabilitasi Taman Hutan Raya Ngurah Rai Bali. *Biodiversitas*. Vol. 7 No. 1 Hal 67-72