

## VARIABEL KIMIA AIR PERTAMBAKAN DI KABUPATEN GRESIK PROVINSI JAWA TIMUR

*Sitti Rohani, Kurniah, dan Abdul Gappar*

*Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau, Maros*

### ABSTRAK

Kegiatan survai pengambilan sampel kualitas air dilakukan di kawasan pertambakan Kabupaten Gresik, Jawa Timur yang berlangsung mulai pertengahan bulan April hingga awal Mei 2011. Berdasarkan pemantauan langsung di lapangan, umumnya tambak di Kabupaten Gresik, Jawa Timur berbentuk empat persegi panjang dengan luas yang bervariasi dan kedalaman air sekitar 0,5-1,5 m. Luas keseluruhan tambak di Kabupaten Gresik 17.832 ha, umumnya dikelola secara tradisional dengan mengandalkan pakan alami berupa klekap dan plankton. Pada musim hujan, jenis komoditas yang dibudidayakan terbatas pada jenis udang vaname selain ikan bandeng, sedangkan pada musim kemarau jenis komoditas yang dibudidayakan lebih bervariasi seperti udang windu, udang vaname, ikan bandeng, dan sebagainya. Selain itu, kadang kala ada juga pemilik tambak menanami tambaknya dengan padi baik secara monopadi, maupun dengan cara mina padi seperti padi diminakan dengan udang vaname dan padi diminakan dengan ikan bandeng. Kualitas air dianalisis di laboratorium, pengambilan sampel dilakukan secara acak pada setiap desa, 8 kecamatan yang dapat mewakili Kabupaten Gresik. Secara umum, kimia air yang diperoleh masih berada pada kisaran yang layak untuk budidaya tambak, kecuali kandungan amoniak dengan nilai kisaran 0,83-4,10 mg/L dan rata-rata 2,42 mg/L; dan fosfat dengan nilai kisaran 0,02-0,11 mg/L dan nilai rata-rata 0,16 mg/L. Jadi secara umum kondisi kualitas air kimia di kawasan pertambakan Kabupaten Gresik Provinsi Jawa Timur masih berada pada kisaran yang layak untuk budidaya tambak.

**KATA KUNCI:** kimia air, tambak, Kabupaten Gresik

### PENDAHULUAN

Sebelum membahas tentang kondisi kualitas air kimia di kawasan pertambakan Kabupaten Gresik, Jawa Timur, maka perlu dikemukakan secara umum mengenai kondisi wilayah dan model pertambakan di daerah tersebut, dengan tujuan untuk memudahkan pembahasan mengenai kualitas air secara rinci dan akurat. Untuk mendapatkan gambaran umum kondisi wilayah dan model pertambakan di Kabupaten Gresik, Jawa Timur maka telah dilakukan survai yang berlangsung mulai pada pertengahan bulan April hingga awal Mei 2011. Berdasarkan pemantauan langsung di lapangan, ternyata pada umumnya tambak di Kabupaten Gresik, Jawa Timur memiliki bentuk petakan empat persegi panjang dengan luasan per petak bervariasi. Luas keseluruhan tambak di Kabupaten Gresik mencapai 17.832 ha dengan produksi total 14.957,57 ton atau 33,43% dari potensi produksi sebesar 44.738

ton (Anonim, 2009 dalam Pirzan & Utojo, 2012).

Pada musim hujan, umumnya kedalaman air tambak berkisar antara 0,5-1,5 m. Pada umumnya pengelolaan tambak dilakukan secara tradisional dengan mengandalkan pakan alami sebagai pakan utama berupa klekap dan plankton. Jenis ikan yang dibudidayakan kebanyakan adalah udang vaname dan ikan bandeng, yang sebelumnya dipelihara terlebih dahulu untuk diadaptasikan pada salinitas rendah. Pada musim kemarau, ikan yang dibudidayakan adalah udang windu, udang vaname, dan ikan bandeng. Di samping itu, ada juga pembudidaya yang menanami tambaknya dengan padi secara mina padi dan mina padi dengan udang vaname dan ikan bandeng karena pada musim kemarau banyak tambak yang mempunyai kedalaman air yang dangkal dengan kondisi air yang tawar sehingga cocok untuk pertumbuhan padi

dengan keuntungan yang diperoleh relatif lebih tinggi daripada budidaya udang dan ikan (Anonim, 2009).

Untuk mengetahui kondisi kualitas kimia air di kawasan pertambakan Kabupaten Gresik secara rinci dan akurat maka pada tulisan ini akan dibahas variabel kimia air satu per satu. Kualitas air berperan sangat penting untuk mengetahui kondisi habitat yang baik atau layak untuk kehidupan dan pertumbuhan organisme akuatik yang akan dibudidayakan. Menurut Effendi (2003), kualitas air adalah sifat air dan kandungan makhluk hidup, zat energi, atau komponen lain di dalam air. Kualitas air dinyatakan dengan beberapa variabel kimia, yaitu kandungan bahan organik total (BOT), amonia, nitrit, nitrat, fosfat. Survei ini bertujuan untuk mengetahui kondisi kualitas air di kawasan pertambakan Kabupaten Gresik Provinsi Jawa Timur.

## BAHAN DAN METODE

Kegiatan survei kualitas kimia air dilakukan pada bulan April 2011 di pertambakan minapolitan Kabupaten Gresik, Jawa Timur dengan penentuan titik *sampling* secara acak yang mewakili desa dan kecamatan se-Kabupaten Gresik yang mempunyai wilayah pantai yang meliputi 8 kecamatan. Sampel air diambil dari lokasi yang merepresentasikan kondisi kualitas kimia air: BOT,  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ , dan  $\text{PO}_4\text{-P}$  untuk dianalisis di Laboratorium Pengujian BPPBAP dengan mengacu pada (Anonim, 2003) untuk analisis amonia, nitrit, nitrat (Anonim, 2005) untuk analisis fosfat, dan (Anonim, 2004) untuk analisis BOT.

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah bahan untuk pereaksi, yang terdiri atas:

1. Bahan Organik Total (BOT): kalium permanganat, sodium oksalat, asam sulfat
2. Amonia ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ): larutan standar amonia 5 mg/L, fenol, sodium nitroprussid, campuran oksidising 4:1 (alkalin : klorok)
3. Nitrit ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ): larutan standar nitrit 5 mg/L, larutan pewarna
4. Nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ): larutan standar nitrat 5 mg/L, larutan pewarna
5. Fosfat ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ): larutan standar fosfat 5 mg/L, larutan indikator PP, larutan asam sulfat, larutan campuran (asam sulfat,

kalium antimonil tartrat, amonium molibdat, dan, asam askorbat)

Sedangkan alat yang digunakan dalam kegiatan ini terdiri atas:

1. *Hot plate*
2. Ruang asam
3. Buret 50 mL
4. Peralatan gelas (*glass ware*)
5. Kertas saring whatman No. 42 diameter 12,5 cm
6. pH meter
7. Spektrofotometer UV-Vis
8. Kolom cadmium
9. Botol sampel
10. *Grabb* sampel

## Metode

### Bahan Organik Total (BOT)

Diukur 100 mL sampel air yang homogen dengan menggunakan gelas ukur dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL. Ditambahkan beberapa tetes kalium permanganat hingga warna pink dan 5 mL asam sulfat 8 N, kemudian dipanaskan sampai mendidih di atas *hot plate*. Ditambahkan 10 mL kalium permanganat dan dididihkan sampai kurang lebih 10 menit, kemudian ditambahkan 10 mL sodium oksalat, angkat tunggu sampai suhu  $\pm 70^\circ\text{C}$ - $80^\circ\text{C}$  dan dilanjutkan dengan titrasi dengan menggunakan kalium permanganat 0,01 N; hingga tercapai titik akhir yang ditandai dengan perubahan warna dari jernih menjadi merah muda. Dicatat volume pemakaian  $\text{KMnO}_4$ , bila pemakaian larutan  $\text{KMnO}_4$  0,01 N lebih dari 7 mL diulangi pengujian dengan cara mengencerkan contoh uji. Konsentrasi bahan organik total dapat dihitung dengan rumus (Anonim, 2003):

Perhitungan:

$$\text{BOT (mg/L)} = \frac{[(10 + a) b - (10 \times c)] \times 31,6 \times 1000}{d} \times f$$

di mana:

- a = Volume  $\text{KMnO}_4$  0,01 N (alkalis) yang dibutuhkan pada titrasi
- b = Normalitas  $\text{KMnO}_4$  0,01 N (alkalis) yang sebenarnya (yang telah distandarisasi)
- c = Normalitas asam oksalat
- d = Volume contoh
- f = Faktor pengenceran contoh uji

#### Analisis Amonia (Anonim, 2003b)

Dibuat kurva standar (0,00-1,00 mg/L) dalam labu ukur 25 mL, ditambahkan pereaksi dan diperlakukan yang sama dengan sampel lalu diukur absorbansinya pada panjang gelombang 640 nm. Sampel air yang telah disaring dipipet 25 mL dalam tabung kolorimeter 50 mL, lalu ditambahkan 1 mL larutan fenol, 1 mL larutan nitroprussid, dan 2,5 mL larutan campuran oksidising 4:1. Tabung ditutup dihomogenkan dan dibiarkan selama 1 jam. Konsentrasi amonia diukur pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 640 nm.

Perhitungan:

$$\text{NH}_3\text{-N (mg/L)} = C \times \text{fp}$$

di mana:

C = Konsentrasi contoh uji

fp = Faktor pengenceran (bila ada)

#### Analisis Nitrit (Anonim, 2003a)

Dibuat kurva standar (0,00-1,00 mg/L) dalam labu ukur 25 mL, ditambahkan pereaksi dan diperlakukan yang sama dengan sampel, lalu diukur absorbansinya pada panjang gelombang 540 nm. Sampel air dipipet 25 mL dalam tabung kolorimeter 50 mL yang sudah disaring, ditambahkan 1 mL larutan pereaksi warna. Tabung ditutup dan dibiarkan selama 15-30 menit. Konsentrasi nitrit diukur pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 540 nm.

Perhitungan:

$$\text{NO}_2\text{-N (mg/L)} = C \times \text{fp}$$

di mana:

C = Konsentrasi contoh uji

fp = Faktor pengenceran (bila ada)

#### Analisis Nitrat (Anonim, 2004b)

Dibuat kurva standar (0,00-2,00 mg/L) pada labu ukur 50 mL; lalu dilewatkan 35 mL pada kolom reduksi, hasilnya ditampung lalu dibuang. Dilewatkan lagi sisa 15 mL pada kolom dan ditampung pada tabung, lalu ditambahkan 0,6 mL larutan pereaksi warna, tabung ditutup dan homogenkan, biarkan selama 15-30 menit lalu diukur absorbansinya pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 543 nm. Sampel air yang telah

disaring dipipet 50 mL dalam tabung kolorimeter 50 mL, ditambahkan 1 mL larutan amonium klorida pekat, dihomogenkan. Sampel dilewatkan pada kolom reduksi sebanyak 35 mL hasil tampungannya dibuang dan 15 mL sisanya dilewatkan lagi pada kolom, hasilnya ditampung untuk diukur nitratnya. Ditambahkan 0,6 mL larutan pereaksi warna, tabung ditutup dan homogenkan, dibiarkan selama 15-30 menit. Konsentrasi nitrat diukur pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 543 nm.

Perhitungan :

$$\text{NO}_3\text{-N (mg/L)} = C \times \text{fp}$$

di mana:

C = Konsentrasi contoh uji

fp = Faktor pengenceran (bila ada)

#### Analisis Fosfat (Anonim, 2005)

Dibuat kurva standar (0,00-1,00 mg/L) dalam labu ukur 25 mL. Diberi pereaksi yang sama dengan sampel. Absorbansinya diukur pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 880 nm. Sampel air yang telah disaring dipipet 25 mL dalam tabung kolorimeter 50 mL lalu ditambahkan 1 tetes indikator PP, bila larutan sampel berwarna merah muda dihilangkan dengan menambahkan beberapa tetes H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5 N dihomogenkan. Ditambahkan 4 mL larutan campuran fosfat, tabung ditutup lalu homogenkan dan dibiarkan selama 10 menit. Konsentrasi fosfat diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 880 nm.

#### HASIL DAN BAHASAN

Untuk mengetahui kondisi kualitas kimia air di pertambakan Kabupaten Gresik Provinsi Jawa Timur akan dibahas secara rinci setiap variabel per kecamatan yang tercantum pada Tabel 1.

Pada Tabel 1 tampak bahwa kondisi kimia air di pertambakan Kabupaten Gresik terdapat 5 variabel kimia air yang dianalisis di laboratorium dengan kisaran hasil yang bervariasi dan masih layak untuk mendukung kehidupan organisme budidaya, kecuali variabel amonia dan nitrit, nilai kisarnya melebihi ambang batas yang normal untuk keperluan usaha budidaya tambak, dan akan dibahas satu per satu sebagai berikut:

Tabel 1. Nilai kisaran dan rata-rata variabel kimia kualitas air di pertambakan Kabupaten Gresik Provinsi Jawa Timur

Variabel	Nilai variabel kualitas air	
	Kisaran	Rataan
BOT (mg/L)	4,95-25,37	15,37
Amonia (mg/L)	0,83-2,37	1,6
Nitrit (mg/L)	0,02-0,05	0,026
Nitrat (mg/L)	0,25-1,34	0,79
Fosfat (mg/L)	0,02-0,31	0,16

### Bahan Organik Total (BOT)

Nilai kisaran bahan organik total (BOT) air di kawasan pertambakan Kabupaten Gresik, Jawa Timur sebesar 4,95-25,79 mg/L dengan nilai rata-rata sebesar 25,37 mg/L; masih berada pada kisaran yang layak untuk kehidupan dan pertumbuhan organisme budidaya di tambak. Nilai kisaran BOT dari hasil survai ini tidak berbeda jauh dengan nilai BOT di kawasan pertambakan Kabupaten Luwu Timur dengan nilai kisaran sebesar 7,58-20,10 mg/L; tetapi lebih tinggi bila dibandingkan dengan kandungan BOT di perairan air payau kawasan pesisir Likupang Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara dengan nilai kisaran hanya 7,35-11,36 mg/L (Pirzan *et al.*, 2005). Bahan organik total pada suatu perairan berasal dari sisa pakan, feses, dan fitoplankton yang mati dapat sebagai substrat untuk pertumbuhan organisme budidaya yang selanjutnya berperan untuk merubah bahan organik menjadi karbondioksida dan air, nitrifikasi amonia menjadi nitrat dan proses denitrifikasi nitrat menjadi gas nitrogen (Boyd, 1999). Tinggi rendahnya kandungan bahan organik total merupakan salah satu indikator subur tidaknya suatu perairan.

### Amonia (NH<sub>3</sub>-N)

Amoniak dalam air dapat menjadi racun bila konsentrasinya lebih tinggi dan dalam keadaan aerob. Amonia yang tidak berion (NH<sub>3</sub>-N) dapat menimbulkan keracunan, sedangkan yang berion (NH<sub>4</sub>-N) tidak menyebabkan keracunan pada biota air. Menurut Qodri *et al.* (2003), bahwa amonia biasanya timbul akibat kotoran organisme dan hasil aktivitas jasad renik dalam proses dekomposisi bahan organik. Nilai

kisaran amonia di kawasan pertambakan Kabupaten Gresik, Jawa Timur sebesar 0,83-2,37 mg/L dengan nilai rata-rata 1,60 mg/L, nilai tersebut berada di luar batas normal untuk budidaya tambak. Nilai baku amonia yang aman pada budidaya di tambak sebesar 0,1 mg/L. Boyd (1982) berpendapat bahwa tingkat peracunan amonia tak berion berbeda-beda pada setiap spesies, tetapi pada kadar 0,6 mg/L sudah dapat membahayakan organisme tersebut. Dikatakan pula bahwa amonia yang diizinkan untuk ikan budidaya pada umumnya adalah 0,012 mg/L. (Meade *dalam* Boyd, 1990). Selanjutnya disebutkan bahwa amonia dan amonium dapat menimbulkan toksik bagi organisme budidaya. Wickin (1976) mengatakan kandungan amonia yang aman bagi udang adalah di bawah 0,1 mg/L; dan menyebabkan stres atau kematian apabila melebihi nilai tersebut. Sedangkan Chin & Chen (1987) *dalam* Gunarto (2002) mengatakan kandungan NH<sub>3</sub>-N yang layak untuk jasad akuatik tambak adalah kurang dari 0,13 mg/L. Ditinjau dari segi kandungan amonia maka kawasan pertambakan di Kabupaten Gresik, Jawa Timur termasuk tidak optimal untuk keamanan organisme budidaya tambak. Tingginya kandungan amonia di kawasan pertambakan tersebut diduga disebabkan oleh banyaknya kegiatan industri dan padatnya permukiman penduduk di sekitar kawasan pertambakan tersebut.

### Nitrit (NO<sub>2</sub>-N)

Nilai kisaran nitrit di kawasan pertambakan Kabupaten Gresik, Jawa Timur adalah 0,02-0,05 mg/L dengan nilai rata-rata sebesar 0,026 mg/L. Nilai kisaran ini jauh melebihi dari kisaran yang aman untuk kegiatan budidaya tambak. Namun nilai tersebut relatif lebih kecil bila dibandingkan kandungan nitrit di perairan tambak Likupang Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara yang mencapai kisaran 0,043-0,045 mg/L yang sangat rentan terhadap organisme untuk kegiatan budidaya tambak. Nitrit merupakan indikator tercemarnya suatu perairan oleh senyawa organik, oleh karena itu, batas toleransi udang dan ikan terhadap kandungan nitrit dalam air adalah 0,025 mg/L. Menurut Effendi (2003), bahwa kandungan nitrit yang aman untuk budidaya adalah 0,001-0,01 mg/L. Selanjutnya dikatakan bahwa senyawa nitrit merupakan salah satu variabel indikator pencemaran. Dalam air laut nitrit merupakan hasil reduksi senyawa nitrat atau oksidasi amonia oleh mikroorganisme.

### Nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ )

Nilai kisaran nitrat yang diperoleh di lokasi selama survai berkisar 0,25-1,34 mg/L dengan nilai rata-rata sebesar 0,79 mg/L. Nilai ini masih layak untuk kegiatan budidaya tambak. Menurut Indrawati (2002), bahwa nitrat merupakan salah satu bentuk nitrogen yang penting dalam perairan untuk budidaya, karena merupakan bentuk yang dapat dimanfaatkan oleh plankton. Kisaran nitrat yang optimal untuk pertumbuhan plankton dalam air media budidaya udang diperlukan kandungan nitrat sebesar 0,9-3,5 mg/L. Berdasarkan kriteria tersebut menunjukkan bahwa kandungan nitrat yang diperoleh selama survai masih tergolong optimal untuk kepentingan kegiatan budidaya tambak. Hal ini diperkuat oleh pendapat Effendi (2003), bahwa nitrat ( $\text{NO}_3$ ) adalah bentuk utama nitrogen dalam air laut yang berada dalam keseimbangan sebagai amonia, nitrit, dan nitrat. Keseimbangan ini sangat dipengaruhi oleh kandungan oksigen dalam air. Pada saat kadar oksigen rendah, maka keseimbangan bergerak menuju nitrat. Kadar nitrat nitrogen pada perairan alami relatif tidak lebih dari 1 mg/L. Bila nitrat melebihi dari 5 mg/L menggambarkan terjadinya pencemaran antropogenik yang berasal dari aktivitas manusia dan tinja hewan. Kandungan nitrat 0,2 mg/L dapat mengakibatkan terjadinya pengkayaan perairan, yang selanjutnya menstimulir pertumbuhan alga dan tumbuhan air secara besar (*blooming*).

### Fosfat

Nilai kisaran fosfat yang diperoleh selama survai berkisar 0,02-0,31 mg/L dengan nilai rata-rata 0,16 mg/L adalah tergolong tinggi dari nilai fosfat yang normal untuk kegiatan budidaya tambak, kandungan fosfat < 0,01 mg/L akan menghambat pertumbuhan plankton di perairan. Namun nilai kisaran fosfat ini adalah relatif sama dengan nilai kisaran fosfat di perairan Delta Tampina berkisar antara 0,018-0,34 mg/L dengan nilai rata-rata 0,11 mg/L. Menurut Goldman & Horne (1983), perairan relatif subur bila konsentrasi fosfat 0,06-0,20 mg/L. Tingginya kandungan fosfat di perairan kawasan pertambakan ini diduga disebabkan adanya Sungai Bengawan Solo yang berhulu di Jawa Tengah yang mengalir ke daerah tersebut yang melalui banyak daerah industri dan permukiman padat penduduk yang dapat membawa limbah baik limbah rumah tangga maupun limbah industri.

Fosfat tidak membahayakan ikan dan udang secara langsung, tetapi dapat menyebabkan eutrofikasi di perairan (Boyd, 1979). Kadar fosfat di perairan akan mempengaruhi kesuburan gametofit alga dan kandungan fosfat yang melebihi 0,10 mg/L menunjukkan bahwa perairan tersebut subur (Liaw, 1969 dalam Nugroho, 2001). Berdasarkan hal tersebut perairan di kawasan pertambakan Kabupaten Gresik, Jawa Timur adalah tergolong subur dan layak untuk kegiatan budidaya tambak.

### KESIMPULAN

- Secara umum kualitas kimia air di pertambakan Kabupaten Gresik, Jawa Timur masih berada pada kisaran yang layak untuk budidaya tambak, kecuali kandungan amoniak dan nitrit berada di atas ambang batas yang normal untuk keperluan budidaya tambak.
- Tingginya kandungan nilai fosfat di kawasan pertambakan tersebut diduga karena sumber air utamanya yang berasal dari Sungai Bengawan Solo yang telah tercemar limbah industri dan rumah tangga yang ada di sekitar kawasan pertambakan tersebut.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada Bapak Dr. Rachmansyah, Kepala Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau, Maros, dan Bapak Ir. Abdul Malik Tangko, M.S., Bapak Ir. Andi Marsambuana Pirzan, M.S. selaku Peneliti serta rekan-rekan teknisi di Laboratorium Kualitas Air pada Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau, Maros atas waktu dan bimbingan yang telah diberikan selama penulisan makalah ini.

### DAFTAR ACUAN

- Anonim. 2003. SNI 19-6964.1-2003, Kualitas Air Laut-Bagian 1: Cara uji nitrit ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) dengan sulfanilamid secara spektrofotometri.
- Anonim. 2003. SNI 19-6964.3-2003, Kualitas Air Laut-Bagian 3: Cara uji amonia ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) dengan biru indofenol secara spektrofotometri.
- Anonim. 2004. SNI 06-6964.3-2004, Kualitas Air Laut-Bagian 7: Cara uji nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) dengan reduksi kadmium secara spektrofotometri.

- Anonim. 2004. SNI 06-6989.22-2004, Air dan Air Limbah-Bagian 32: Cara uji nilai permanganat secara titrimetri
- Anonim. 2005. SNI 06-6989.31-2005, Air dan Air Limbah-Bagian 31: Cara uji kadar fosfat ( $PO_4$ -P) dengan spektrofotometer secara asam askorbat.
- Anonim. 2009. Laporan Tahunan. Dinas Perikanan Kelautan dan Peternakan Kabupaten Gresik, 77 hlm.
- Boyd, C.E. 1979. Water Quality in Warm Water Fish Pond, Auburn Univesity, Albama.
- Boyd, C.E. 1982. Water Quality Management for Pond Fish Culture Development in Aquaculture and Fish Science, Vol. 9. Elsevier Scientfic Pub. Comp., 318 pp.
- Boyd, C.E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Albama Agricultural Experiment Station. Auburn University Birmingham Publishing Co. Albama, 484 pp.
- Effendi, H. 2003. Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumberdaya dan lingkungan perairan. Penerbit Kanisus, Yogyakarta, 161 pp.
- Goldman, C.R. & Horne, A.J. 1983. Alimnology, Mc Graw Hill Int. Book Co. London.
- Gunarto, Pirzan, A.M., Suharyanto, Daud, R., & Burhanuddin. 2002. Pengaruh keberadaan mangrove terhadap keragaman makrobentos di tambak sekitar. *J. Pen. Perik. Indonesia*, 8(2): 77-88.
- Indrawati, E. 2002. Efektivitas Luasan Hamparan Bakau *Rhizophora* sp. dalam Perubahan Kualitas Air Tambak Udang Windu (*Penaeus monodon* Fabr) pada Budidaya Udang Windu Sistem Reserkulasi. Tesis Program Pascasarjana. Universitas Hasanuddin, Makassar, 96 hlm.
- Nugroho. 2001. Studi parameter Kimia Fisika Laut untuk kelayakan budidaya rumput laut di perairan Pulau Karamasan Kabupaten Polma.
- Pirzan, A.M. & Utojo. 2012. Variabel kualitas air berpengaruh terhadap produktivitas udang vaname di kawasan pertambakan Kabupaten Gresik, Jawa Timur, Maros, 9 hlm.
- Pirzan, A.M., Utojo, Muharidjadi, M., Tjaronge, M., Tangko, A.M., & Hasnawi. 2005. Potensi Lahan Budidaya Tambak dan Laut di Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara. *J. Pen. Perik. Indonesia*, 11(5): 43-50.
- Oodri, A., Dhoe, S.B., Mustamin, & Sudjiharno. 2003. Pemilihan lokasi pada pembenihan teripang.
- Wickins, J.F. 1976. Tolerance of Warm Water Prawn to Recerculated Water. *Aquaculture*, (9): 19-39.