

## KORELASI NUTRIEN TERLARUT DENGAN STRUKTUR KOMUNITAS PLANKTON DI TAMBAK MANGROVE BLANAKAN, KAB. SUBANG

### *Correlation of Dissolve Nutrient to Plankton Community Structure in Mangrove Pond Blanakan, Subang Regency*

Joni Haryadi<sup>a</sup> dan Hadiyanto<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680 —[joniharyadi@yahoo.com](mailto:joniharyadi@yahoo.com)

<sup>b</sup> Pusat Penelitian dan Oseanografi Indonesia, Jl. Pasir Putih 1, Ancol Timur Jakarta Utara 11048

**Abstract.** Research potential of nutrients and their effects on plankton in the pond was done in mangrove [tambak terbuka (TB), tambak tumpangsari (TS), tambak tanah timbul (TT) and tambak perhutani (TP)] Blanakan. Data collection was dissolved nutrients (ammonium, nitrite, nitrate and phosphate) and plankton performed at each station using a bottle and plankton net sampler no. 25. The results showed that the concentration of ammonium, nitrite, nitrate and ranged 0,0075 to 0,6247 ppm, nitrite ranged 0,0109 to 0,0289 ppm, nitrate ranged 0,0150 to 0,1040 ppm and phosphate ranged 0,0097 to 0,1816 ppm. Diversity index of plankton in mangrove ponds Blanakan ranged 1,51 to 2,34, the equitabilty index ranged 0,66 to 0,89 and dominance index ranged 0,16 to 0,32. The results of the regression analysis to dissolved nutrient to plankton structure community showed that dissolved nutrients can increase the abundance of plankton (80, 09 % and 67 %), dominance index (9, 94 % and 7, 49%) but lowered its diversity (7, 76% and 11, 67 %) and equitability of plankton (81, 20 % and 62, 92 %).

Keywords: correlation, nutrients, plankton, mangrove pond, Blanakan

(Diterima: 11-05-2012; Disetujui: 08-12-2012)

### 1. Pendahuluan

Ekosistem mangrove yang terdapat di pesisir subtropis dan tropis mempunyai peranan penting sebagai sumber bahan organik dan nutrisi ke perairan pantai dan pesisir serta lautan pada skala global (Dittmar *et al.* 2006). Dinamika bahan organik tersebut berhubungan erat dengan siklus nitrogen dan fosfor melalui proses dekomposisi, mineralisasi dan pengambilan oleh tumbuhan (Chen dan Twilley 1999). Dinamika kimia mangrove termasuk bahan organik dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti geomorfologi, pasang surut, hidrodinamika, regulasi air tawar, jenis tumbuhan mangrove, input bahan organik dari serasah dan proses biologi *autochthonous* (Mann 1975; Odum *et al.* 1979; Welsh *et al.* 1982; Twilley 1985; Benner *et al.* 1990; Lacerda *et al.* 1995; Allanson dan Winter 1999).

Nutrien terlarut seperti amonium, nitrit, nitrat dan fosfat serta nutrisi sedimen seperti karbon, nitrogen dan fosfor dilaporkan berhubungan erat dengan kondisi mangrove. Hutan mangrove terutama di bawah tegakan diperkirakan menyumbang nitrogen sebesar 0,442 mg/ha ke perairan (Purvaja *et al.* 2008). Kandungan nutrisi di hutan mangrove semakin meningkat dengan adanya masukan bahan-bahan organik yang dihasilkan oleh perkembangan urban yang intensif, kegiatan pertanian dan industrialisasi (Howarth *et al.* 1996). Transport dan pengiriman karbon, nitrogen dan fosfor dari tanah menuju perairan pesisir akan tetap menjadi topik yang menarik pada dekade terakhir ini

(Meybeck 1982; Nixon 1995; Howarth *et al.* 1996; Hung dan Kuo 2002; Hung dan Hung 2003).

Informasi mengenai dinamika nutrisi di perairan mangrove sangat bermanfaat terutama pada tambak yang menerapkan sistem tumpangsari atau tambak mangrove. Masukan bahan organik dan nutrisi yang berlebih dapat menyebabkan *blooming* fitoplankton (Ryther dan Dunstan 1971; Fisher *et al.* 1992; Berg *et al.* 1997; Paerl *et al.* 1998). Oleh karena itu, total nitrogen dan fosfor dalam suatu perairan dapat digunakan untuk mengestimasi tingkat eutrofikasi yang dapat terjadi sewaktu-waktu (Wepener 2007). *Blooming* fitoplankton dapat menurunkan kualitas air, *blooming* algae beracun, menciptakan kondisi *hypoxia* atau *anoxia*, menurunkan keragaman, menghilangkan beberapa jenis ikan, meningkatkan kekeruhan yang kemudian dapat menghilangkan komunitas rumput dan beberapa habitat penting lainnya (Paerl *et al.* 1998; Pinckney *et al.* 2001; Kennish 2002).

Secara biogeokimiawi fungsi lingkungan mangrove untuk sejumlah lokasi telah banyak diteliti (Feller *et al.* 1999; Davis *et al.* 2003; Bouillon *et al.* 2007; Rezende *et al.* 2007; Flynn 2008; Kamaruzzaman *et al.* 2008), tetapi studi tentang cadangan nutrisi dan karbon pada ekosistem ini dan dampaknya pada zona pesisir masih sangat terbatas. Sebagai contoh, produktivitas sistem ini secara keseluruhan belum diketahui pasti karena terbatasnya data alokasi pada bawah tegakan dan produktivitas kayu (Kristensen *et al.* 2000). Penelitian untuk memprediksi seberapa besar potensi asupan nutrisi dan karbon dari mangrove terutama bagi ekosistem disekitarnya perlu dilakukan. Hal ini meru-

pakan kajian yang menarik karena Indonesia mempunyai potensi mangrove yang besar namun degradasi ekosistem ini berlangsung cepat, sehingga rehabilitasi dan reboisasi mangrove yang cenderung monokultur merupakan fenomena tersendiri yang mampu merubah *nutrient influx* mangrove kepada lingkungan di sekitarnya.

Nutrien terlarut di kawasan mangrove akan dimanfaatkan oleh plankton. Komunitas plankton ini terutama fitoplankton berperan penting dalam ekosistem mangrove. Menurut Robertson *et al.* (1992), produktivitas fitoplankton di perairan mangrove mencapai 10-700 mgC/m<sup>3</sup>/hari. Robertson dan Blaber (1992) menyatakan bahwa kontribusi fitoplankton terhadap total produktivitas bersih ekosistem mangrove berkisar antara 20% hingga 50%. Lebih lanjut, Selvam *et al.* (1992) melaporkan bahwa produktivitas fitoplankton di perairan mangrove empat kali lebih tinggi daripada di lautan terbuka.

Kelimpahan zooplankton di perairan mangrove sangat tinggi yaitu mencapai 105 ind/m<sup>3</sup> atau biomassa sebesar 623 mg/m<sup>3</sup> (Kathesiran dan Bingham 2001). Hal ini menjadikan perairan mangrove berfungsi sebagai daerah perawatan beberapa jenis larva ikan (Dennis 1992; Tzeng dan Wang Yu 1992; Alvarez-Leon 1993; Matheson dan Gillmore 1995). Laroche *et al.* (1997) melaporkan bahwa di perairan mangrove Madagaskar ditemukan 60 jenis juvenil ikan, bahwa di perairan mangrove laguna Southwest, New Caledonia ditemukan 262 jenis ikan dan 30% merupakan juvenil ikan karang (Thollot 1992).

Kelimpahan plankton di perairan mangrove dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Rendahnya keragaman plankton di habitat *Rhizophora* berhubungan dengan lepasnya tanin dari akar serta dekomposisi daun dan batang (Robertson dan Blaber 1992). Populasi fitoplankton juga dipengaruhi salinitas dan suhu (Adesalu dan Nwanko 2008) sehingga komunitasnya bervariasi menurut musim (Mani 1994; Mwaluma *et al.* 2003, Saravanakumar *et al.* 2007). Hasil penelitian Lacerda *et al.* (2004) menunjukkan bahwa kelimpahan fitoplankton di perairan mangrove Itamaraca-Pernambuco, Brazil pada musim panas adalah 205000 ind/L hingga 1210000 ind/L, sedangkan pada musim dingin mencapai 230000 ind/L hingga 2510000 ind/L.

Berdasarkan uraian di atas, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi nutrisi, komoditas plankton dan hubungannya di tambak mangrove Blanakan Kabupaten Subang Jawa Barat. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai potensi nutrisi dan pengaruhnya terhadap plankton di tambak mangrove Blanakan Kabupaten Subang Jawa Barat.

## 2. Metodologi

Penelitian dilakukan di tambak mangrove Blanakan Kabupaten Subang Jawa Barat. Metode yang digunakan adalah observasi di empat stasiun berdasar-

kan jenis tambak yaitu: tambak terbuka (TB) dengan koordinat S 06°15'53.2" E 107°40'19.4", tambak tumpang-sari (TS) dengan koordinat S 06°15'43.3" E 107°40'18.8", tambak tanah timbul (TT) dengan koordinat S 06°14'45.8" E 107°40'25.6" dan tambak perhutani (TP) dengan koordinat S 06°15'52.4" E 107°39'44.6".

Pengambilan sampel air dan sedimen dilakukan siang hari (11.00 – 13.00). Sampel air dan sedimen dimasukkan ke dalam botol sampel kemudian disimpan dalam *Ice Box*. Analisis nutrisi terlarut (N-amonium, N-nitrit, N-nitrat dan orthofosfat) dilakukan di Laboratorium Balai Penelitian Pemuliaan Ikan, Subang dan analisis nutrisi sedimen (C, N dan P) dilakukan di Puslitbang Tanah, Bogor.

Pengambilan sampel plankton dilakukan dengan cara pengambilan sampel air di lapisan permukaan perairan tambak secara vertikal sebanyak 10 liter pada bagian *outlet*, *inlet* dan badan air pada setiap stasiun, dan dipekatkan dengan menggunakan plankton net no.25 menjadi 15 ml. Sampel air dipipet sebanyak 9 ml dan dimasukkan dalam botol sampel berisi formalin 40 % sebanyak 1 ml dan diberi label untuk setiap lokasinya. Sampel plankton diidentifikasi menggunakan buku identifikasi Sachlan (1982), Graham (2000) dan John, *et al.* (2000).

Analisis komunitas plankton diketahui menggunakan indeks keragaman Shannon's, indeks keseragaman dan indeks dominansi (Ludwig dan Reynolds 1988).

Data N-amonium, N-nitrit, N-nitrat, orthofosfat, kelimpahan, indeks keragaman, indeks keseragaman dan indeks dominansi dianalisis secara statistik menggunakan uji F pada tingkat kepercayaan 95% dan 99% kemudian dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT). Hubungan antara nutrisi dengan struktur komunitas plankton dianalisis menggunakan regresi linier yaitu:

$$F(X) = AX + B$$

$$A = \frac{(\sum Y_i \times \sum X_i^2) - (\sum X_i \times \sum X_i Y_i)}{(n \times \sum X_i^2) - (\sum X_i)^2}$$

$$B = \frac{(n \times \sum X_i Y_i) - (\sum X_i \times \sum Y_i)}{(n \times \sum X_i^2) - (\sum X_i)^2}$$

$$r = \frac{(\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y}))}{\sqrt{(\sum (X_i - \bar{X})^2 \times \sum (Y_i - \bar{Y})^2)}}$$

$$R^2 = r^2$$

Keterangan:

F(X) = persamaan regresi linier

r = koefisien korelasi

R<sup>2</sup> = koefisien determinasi

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Potensi Nutrien Terlarut

Siklus nitrogen di kawasan mangrove lebih banyak difasilitasi oleh aktivitas mikroba daripada proses kimia. Siklus nitrogen dimulai dari fiksasi nitrogen yaitu reduksi gas nitrogen menjadi amonium yang dilakukan oleh Eubacteria dan Archaea dengan bantu-

an enzim nitrogenase. Laju fiksasi nitrogen di kawasan mangrove dapat mencapai 0,7-3974 mg N/m<sup>2</sup>/hari (Purvaja *et al.* 2008).

Konsentrasi amonium tambak mangrove Blanakan berkisar antara 0,0075 ppm hingga 0,6247 ppm. Tambak terbuka mengandung amonium sebesar 0,0077±0,0034 ppm, tambak tumpangsari sebesar 0,0193±0,0068 ppm, tambak tanah timbul sebesar 0,0075±0,0046 ppm dan tambak perhutani sebesar 0,6247±0,5902 ppm. Perbedaan lokasi memberikan pengaruh berbeda yang sangat nyata ( $p < 0,01$ ) terhadap konsentrasi amonium. Tambak perhutani secara nyata memiliki konsentrasi amonium yang lebih tinggi dibandingkan stasiun lainnya. Konsentrasi amonium sering dimonitor karena bersifat toksik bagi organisme akuatik (Yunus 1990). Mintardjo *et al.* (1985) menetapkan bahwa batas maksimum amonium di perairan adalah 0,05 ppm. Berdasarkan ketetapan tersebut, maka konsentrasi amonium di tambak terbuka, tambak tumpangsari dan tambak tanah timbul masih di bawah ambang batas, sedangkan untuk tambak perhutani sudah melebihi batas maksimum. Wilayah lain yang memiliki kandungan amonium yang masih di bawah ambang batas adalah tambak tumpangsari Kabupaten Indramayu yaitu sebesar 0,029 ppm (Nur 2002), sedangkan yang melebihi batas ambang maksimum adalah kawasan mangrove teluk Jakarta yang memiliki konsentrasi amonium mencapai 0,4804 ppm (Tresna 2002) dan kawasan pesisir Malakosa yang mencapai 0,1946 ppm (Pirzan *et al.* 2006).

Untuk konsentrasi nitrit tambak mangrove Blanakan berkisar antara 0,0109 ppm hingga 0,0289 ppm. Tambak terbuka mengandung nitrit sebesar 0,0109±0,0152 ppm, tambak tumpangsari sebesar 0,1040±0,1167 ppm, tambak tanah timbul sebesar 0,0138±0,0048 ppm dan tambak perhutani sebesar 0,0289±0,0386 ppm. Perbedaan lokasi memberikan pengaruh berbeda yang tidak nyata ( $p > 0,05$ ) terhadap konsentrasi nitrit. Nitrit merupakan senyawa yang berbahaya bagi organisme akuatik, oleh karena itu konsentrasi nitrit di tambak sering dimonitor agar tidak berdampak buruk terhadap hewan budidaya. Mintardjo *et al.* (1985) menetapkan bahwa batas maksimum konsentrasi nitrit di perairan adalah 0,5 ppm. Berdasarkan ketetapan tersebut, maka konsentrasi nitrit di semua stasiun penelitian masih di bawah ambang batas maksimum. Kondisi serupa juga ditemui di tambak tumpangsari Kabupaten Indramayu yang memiliki konsentrasi nitrit sebesar 0,0156 ppm (Nur 2002) dan di kawasan pesisir Malakosa, Sulawesi Tengah sebesar 0,0466 ppm (Pirzan *et al.* 2006). Tambak mangrove Blanakan lebih baik jika dibandingkan dengan kawasan mangrove teluk Jakarta yang memiliki konsentrasi nitrit mencapai 4,8776 ppm (Tresna 2002).

Hasil analisa menunjukkan konsentrasi nitrat tambak mangrove Blanakan berkisar antara 0,0150 ppm hingga 0,1040 ppm. Tambak terbuka mengandung nitrat sebesar 0,0841±0,0843 ppm, tambak tumpangsari sebesar 0,0143±0,0078 ppm, tambak tanah timbul sebesar 0,0150±0,0074 ppm dan tambak perhutani sebesar 0,0417±0,0427 ppm. Perbedaan lokasi mem-

berikan pengaruh berbeda yang tidak nyata ( $p > 0,05$ ) terhadap konsentrasi nitrat.

Nitrat merupakan senyawa yang penting bagi organisme akuatik, terutama fitoplankton. Oleh karena itu, konsentrasi nitrat menggambarkan tingkat kesuburan perairan. Berdasarkan konsentrasi nitrat, tingkat kesuburan perairan dibedakan menjadi tiga kategori (Tabel 1).

Tabel 1. Tingkat kesuburan perairan berdasarkan konsentrasi nitrat

Tingkat Kesuburan	Konsentrasi Nitrat (ppm)
Rendah	<1,0
Sedang	1,0-5,0
Tinggi	5,0-50,0

Sumber: Vollenweider dan Karekes (1978) dalam Nur (2002)

Berdasarkan kriteria tersebut, maka perairan tambak mangrove Blanakan memiliki tingkat kesuburan yang rendah. Hal ini menunjukkan bahwa nitrat menjadi faktor pembatas bagi kehidupan organisme akuatik di tambak mangrove Desa Blanakan. Kondisi serupa ditemukan di tambak tumpangsari Kabupaten Indramayu dengan konsentrasi nitrat sebesar 0,0324 ppm (Nur 2002), kawasan pesisir Malakosa, Sulawesi Tengah sebesar 0,4960 ppm (Pirzan *et al.* 2006) dan tambak Desa Tebalo Kabupaten Gresik sebesar 0,295 ppm (Nuhman 2007).

Amonium, nitrit dan nitrat merupakan bentuk nitrogen anorganik terlarut (*dissolved inorganic nitrogen*) (DIN) yang terdapat dalam perairan. Selama penelitian berlangsung, terjadi perubahan musim yang ditandai dengan perubahan curah hujan. Hal ini tentunya berpengaruh terhadap konsentrasi DIN di tambak mangrove Blanakan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Boto (1982) dalam Supriharyono (2007) bahwa unsur hara seperti nitrat, amonia, fosfat dan logam berat dapat masuk ke sistem perairan mangrove melalui beberapa sumber, salah satunya adalah air hujan. Curah hujan sebesar 1000 mm/tahun berkontribusi terhadap penambahan nitrogen sebesar 80 mg/m<sup>2</sup>/tahun hingga 300 mg/m<sup>2</sup>/tahun (Silva Filho *et al.* 1998; Mello 2001). De Laune *et al.* (1976) menyatakan bahwa curah hujan memberikan sumbangan nitrogen anorganik sebesar 13% hingga 16% dari total input nitrogen.

Kandungan Fosfor di kawasan mangrove terdapat dalam dua macam yaitu fosfor terlarut dan partikulat fosfor. Fosfor terlarut merupakan bentuk yang siap dimanfaatkan oleh tumbuhan dan terdiri dari dua bentuk yaitu orthofosfat dan fosfor organik terlarut (Flynn 2008).

Konsentrasi fosfat tambak mangrove Blanakan berkisar antara 0,0097 ppm hingga 0,1816 ppm. Tambak terbuka mengandung fosfat sebesar 0,0097±0,0105 ppm, tambak tumpangsari sebesar 0,0115±0,0039 ppm, tambak tanah timbul sebesar 0,0297±0,0093 ppm dan tambak perhutani sebesar 0,1816±0,1728 ppm. Perbedaan lokasi memberikan pengaruh berbeda yang sangat nyata ( $p < 0,01$ ) terhadap konsentrasi fosfat. Tambak perhutani secara

nyata memiliki konsentrasi fosfat yang lebih tinggi dibandingkan stasiun lainnya.

Fosfat merupakan unsur yang penting bagi pertumbuhan plankton sehingga status senyawa ini menentukan tingkat kesuburan perairan. Berdasarkan konsentrasi fosfat, tingkat kesuburan perairan dibedakan menjadi tiga kategori (Tabel 2).

Tabel 2. Tingkat kesuburan perairan berdasarkan konsentrasi fosfat

Tingkat Kesuburan	Konsentrasi Fosfat (ppm)
Rendah	<0,020
Sedang	0,021-0,050
Tinggi	>0,050

Sumber: Liaw (1969)

Berdasarkan kriteria tersebut maka perairan tambak mangrove Blanakan memiliki kesuburan yang tinggi sehingga fosfat bukan merupakan faktor pembatas bagi kehidupan organisme akuatik. Kondisi tambak mangrove Blanakan sama dengan kawasan pesisir Malakosa, Sulawesi Tengah yang memiliki konsentrasi fosfat sebesar 0,0712 ppm (Pirzan *et al.* 2006) dan kawasan mangrove teluk Jakarta sebesar 0,2478 ppm (Tresna 2002), namun berbeda dengan tambak tumpangsari di Kabupaten Indramayu yang memiliki konsentrasi fosfat sebesar 0,000 ppm hingga 0,0237 ppm (Nur 2002).

Tambak perhutani memiliki konsentrasi fosfat yang lebih tinggi daripada stasiun lainnya. Hal ini diduga terdapat pengakayaan dari kotoran burung (guano) yang terdapat di tambak perhutani. Pernyataan tersebut sesuai dengan pendapat Romimohtarto dan Juwana (1999) bahwa beberapa jenis hewan dapat membebaskan sejumlah besar fosfor dalam kotorannya. Fosfor ini kemudian terlarut dalam air sehingga tersedia bagi organisme fotosintetik. Odum (1996) berpendapat bahwa burung-burung laut berperan penting dalam pengambilan fosfor ke dalam siklus. Pemindahan tersebut berfluktuasi tergantung populasi burung pada suatu kawasan.

Perubahan curah hujan yang terjadi di tambak mangrove Blanakan dimungkinkan berpengaruh terhadap konsentrasi fosfat. Hubungan antara konsentrasi fosfat dengan curah hujan di tambak mangrove Blanakan dapat diketahui bahwa konsentrasi fosfat di tambak mangrove Blanakan meningkat dengan meningkatnya curah hujan. Curah hujan sebesar 1000 mm/tahun berkontribusi terhadap penambahan fosfor sebesar 4 mg/m<sup>2</sup>/tahun hingga 10 mg/m<sup>2</sup>/tahun (Silva Filho *et al.* 1998; Mello 2001). Prosentase ini umumnya sangat bervariasi, tergantung kondisi daerah sekitarnya, seperti daerah mangrove yang dekat dengan pemukiman dan aktivitas pertanian akan cenderung lebih tinggi kontribusi fosfornya (Supriharyono 2007).

### 3.2. Struktur Komunitas Plankton

Jumlah genera plankton di tambak mangrove Blanakan mencapai 27 genera yang terdiri 23 genera dari fitoplankton dan 4 genera dari zooplankton. Jumlah genera plankton di tambak mangrove Desa

Blanakan lebih banyak jika dibandingkan dengan di tambak tumpangsari Kabupaten Indramayu yang memiliki 24 genera (Nur 2002) dan di Muara Badak, Kalimantan Timur yang memiliki 26 genera (Dianthani 2003), tetapi lebih sedikit jika di bandingkan dengan di Teluk Manado yang memiliki 33 genera (Rimper 2002) dan perairan Sungai Maranak Kabupaten Maros yang memiliki 55 genera (Amin dan Jompa 2006).

Perbedaan jumlah genera plankton di tambak mangrove Desa Blanakan dengan kawasan lainnya diduga akibat aktivitas pasang surut yang terjadi di lokasi tersebut. Hasil penelitian Amin dan Jompa (2006) menunjukkan bahwa di sepanjang aliran sungai Maranak Kabupaten Maros pada saat pasang tertinggi diperoleh 42 genera yaitu 25 genera fitoplankton dan 17 genera zooplankton, sedangkan pada surut terendah diperoleh 47 genera yaitu 24 genera fitoplankton dan 23 genera zooplankton.

Jenis fitoplankton yang mendominasi tambak mangrove Blanakan adalah chrysophyceae, sedangkan untuk zooplankton adalah crustaceae. Hal ini dikarenakan chrysophyceae merupakan jenis fitoplankton yang bersifat kosmopolit, tahan terhadap kondisi ekstrim, mudah beradaptasi dan mempunyai daya reproduksi yang sangat cepat (Yunus dan Aslianti 1987). Beberapa peneliti melaporkan bahwa chrysophyceae merupakan jenis fitoplankton yang mendominasi di beberapa kawasan mangrove (Santra *et al.* 1991; Kannan dan Vasantha 1992; Mani 1992; Chaghtai dan Saifullah 1992). Melimpahnya crustaceae dapat dipahami karena kawasan mangrove merupakan tempat untuk perawatan (*nursery ground*) beberapa larva udang dan kepiting (Sheridan dan Hays 2003). Dominansi crustaceae di tambak mangrove Blanakan juga sesuai dengan beberapa hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa copepoda dan zoea brachyuran merupakan kelompok zooplankton yang secara umum melimpah di kawasan mangrove (Dittel dan Epifanio 1990; Ambler *et al.* 1991; Godhantaraman 1994).

Kelimpahan plankton di tambak mangrove Blanakan dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui bahwa tiap jenis tambak memiliki kelimpahan plankton yang berbeda-beda. Kelimpahan plankton di tambak mangrove Blanakan berkisar antara 561 ind/L hingga 5643 ind/L. Kelimpahan plankton di tambak terbuka adalah 561 ind/L, di tambak tumpangsari adalah 3333 ind/L, di tambak tanah timbul adalah 627 ind/L dan di tambak perhutani adalah 5643 ind/L.

Kelimpahan plankton merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk menentukan status perairan. Berdasarkan kelimpahan plankton, kondisi perairan dapat dibedakan menjadi tiga kategori (Tabel 3).

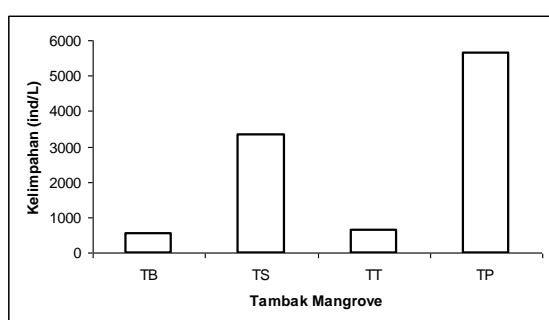
Berdasarkan kriteria tersebut maka tambak terbuka, tambak tumpangsari dan tambak tanah timbul termasuk perairan oligotrofik, sedangkan tambak perhutani termasuk perairan mesotrofik. Hal ini menunjukkan bahwa kesuburan perairan tambak perhutani lebih tinggi daripada jenis tambak mangrove lainnya.

Perairan oligotrofik dapat dijumpai di tambak Desa Tebalo Kabupaten Gresik dengan kelimpahan plankton sebesar 17,917 ind/L (Nuhman 2007), sedangkan perairan mesotrofik dapat dijumpai di estuarin Neva dengan kelimpahan plankton sebesar 8566,83 ind/L (Nikulina 2003) dan estuarin Lagos, Nigeria dengan kelimpahan plankton sebesar 7480 ind/L (Onyema 2007).

Tabel 3. Kondisi perairan berdasarkan kelimpahan plankton

Kondisi Perairan	Kelimpahan Plankton (ind/L)
Oligotrofik	0-2000
Mesotrofik	2000-15000
Politrofik	>15000

Sumber: Basmi (1987)



Gambar 1. Kelimpahan plankton di tambak mangrove Blanakan

Kelimpahan plankton dipengaruhi oleh beberapa faktor fisika dan kimia air. Oleh karena itu, suhu, sa-

linitas, TSS dan kecerahan di tambak mangrove Desa Blanakan dilaporkan pada penelitian ini (Tabel 4).

Organisme perairan tropis hidup pada kisaran suhu tertentu sehingga perubahan yang relatif kecil dan secara tiba-tiba dapat mengakibatkan perubahan terhadap kondisi fisiologis, bahkan dapat menimbulkan kematian (Wiadnyana dan Wagey 2004). Hasil penelitian Lee (1990) menunjukkan bahwa musim panas dengan temperatur yang tinggi dapat meningkatkan kelimpahan fitoplankton. Ray dan Rao (1964) menyatakan bahwa suhu perairan yang optimum untuk pertumbuhan plankton adalah 20°C hingga 30°C. Berdasarkan Tabel dapat diketahui bahwa suhu air di tambak mangrove Desa Blanakan berkisar antara 29,85° C hingga 30,84° C. Hal ini menunjukkan bahwa suhu perairan tambak mangrove Blanakan sesuai untuk pertumbuhan plankton.

Hubungan antara kelimpahan plankton dengan salinitas air telah dipelajari dengan baik oleh Mani (1994). Pada salinitas yang tinggi, konsentrasi kalsium dan magnesium sangat tinggi. Kalsium dan magnesium dapat mengendapkan fosfat sehingga turut meningkatkan kekeruhan dan mengurangi sediaan fosfat terlarut di perairan sehingga membatasi pertumbuhan fitoplankton (Ciferri 1983). Salinitas di tambak tanah timbul secara nyata lebih tinggi daripada tambak perhutani. Oleh karena itu, kelimpahan plankton di tambak tanah timbul lebih rendah daripada tambak perhutani. Hasil penelitian ini serupa dengan laporan Yunus *et al.* (1989) bahwa *Spirullina* sp. yang dikultur pada salinitas 30 ppt menghasilkan kelimpahan yang lebih rendah dibandingkan pada salinitas 5 ppt.

Tabel 4. Suhu, salinitas, TSS dan kecerahan pada tiap-tiap stasiun penelitian

Parameter	TB	TS	TT	TP
Suhu (°C)	29,85±2,39	30,84±1,3	30,71±0,74	30,84±0,96
Salinitas (ppm)	11,25±1,04 a	8,63±2,23 a	26±1,6 b	10,63±2,39 a
TSS (ppm)	0,04±0,05	0,08±0,05	0,1±0,04	0,07±0,04
Kecerahan (cm)	84,5±5,35 a	56,06±8,51 b	37,75±6,18 c	65,63±11,48 d

Konsentrasi TSS di tambak tanah timbul secara nyata lebih tinggi daripada tambak perhutani. Tingginya konsentrasi TSS menunjukkan bahwa kekeruhan di perairan tersebut tinggi sehingga menurunkan penetrasi cahaya yang sangat penting untuk fotosintesis fitoplankton (Gunadi dan Wardoyo 2006). Hal ini tentunya dapat menurunkan kelimpahan fitoplankton terutama yang bersifat benthik (Alongi 1994; Harrison *et al.* 1994). Oleh karena itu, kelimpahan plankton di tambak tanah timbul lebih sedikit daripada tambak perhutani. Laporan serupa pernah disampaikan oleh Onyema (2007) bahwa kelimpahan fitoplankton di perairan Ijora, Nigeria pada saat TSS sebesar 50-70 ppm lebih tinggi daripada saat TSS sebesar 469-512 ppm.

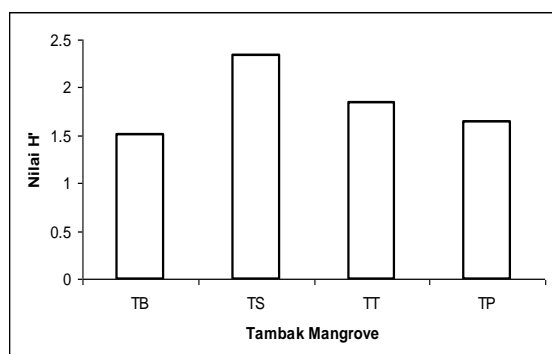
Mintardjo *et al.* (1985) menyatakan bahwa kecerahan perairan yang optimum untuk pertumbuhan plankton adalah 25 cm hingga 35 cm. Kecerahan tambak mangrove Desa Blanakan berkisar antara 37,75

cm hingga 84,5 cm. Hal ini menunjukkan bahwa kecerahan tambak mangrove Blanakan sesuai untuk pertumbuhan plankton. Kecerahan tambak tanah timbul secara nyata lebih rendah daripada tambak perhutani. Tingkat kecerahan menunjukkan luasnya area fotosintesis. Semakin tinggi tingkat kecerahan, maka area fotosintesis semakin luas sehingga kelimpahan fitoplankton semakin banyak. Oleh karena itu, kelimpahan plankton di tambak tanah timbul lebih rendah daripada tambak perhutani. Hasil penelitian ini sesuai dengan laporan Adesalu dan Nwankwo (2008) bahwa kelimpahan fitoplankton di perairan Lagos, Nigeria pada saat kecerahan 0,8 m lebih tinggi daripada saat kecerahan 0,3 m.

Indeks keragaman plankton di tambak mangrove Desa Blanakan dapat dilihat pada Gambar 2.

Berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui bahwa tiap jenis tambak mangrove memiliki indeks keragaman plankton yang berbeda-beda. Indeks keragaman plank-

ton di tambak mangrove Blanakan berkisar antara 1,51 hingga 2,34. Tambak terbuka memiliki indeks keragaman plankton sebesar 1,51, tambak tumpangsari sebesar 2,34, tambak tanah timbul sebesar 1,84 dan tambak perhutani sebesar 1,65.



Gambar 2. Indeks keragaman plankton di tambak mangrove Blanakan

Indeks keragaman mencerminkan tingkat keragaman organisme dalam suatu ekosistem (Tabel 5).

Tabel 5. Tingkat keragaman organisme berdasarkan indeks keragaman

Tingkat Keragaman	Indeks Keragaman (H')
Rendah	<1
Sedang	1-3
Tinggi	>3

Sumber: Mangunan (1988)

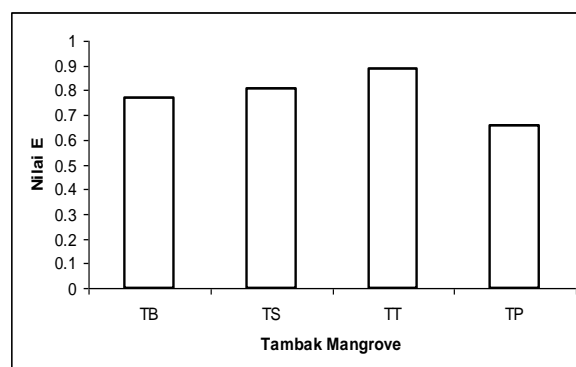
Berdasarkan kriteria tersebut maka keragaman plankton di tambak mangrove Blanakan termasuk sedang. Hal ini menunjukkan bahwa komunitas plankton di Blanakan akan mudah berubah apabila ada perubahan atau pengaruh lingkungan yang relatif kecil. Kondisi serupa terdapat di Teluk Rata-totok yang memiliki indeks keragaman sebesar 1,53 (Pong-Masak *et al.* 2006). Keragaman plankton di tambak mangrove Blanakan lebih tinggi dibandingkan Sungai Maranak, Sulawesi Selatan yang memiliki indeks keragaman berkisar antara 0,5 hingga 0,83 (Amin dan Jompa 2006).

Indeks keseragaman plankton di tambak mangrove Desa Blanakan dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa tiap jenis tambak mangrove memiliki indeks keseragaman plankton yang berbeda-beda. Indeks keseragaman plankton di tambak mangrove Blanakan berkisar antara 0,66 hingga 0,89. Tambak terbuka memiliki indeks keseragaman plankton sebesar 0,77, tambak tumpangsari sebesar 0,81, tambak tanah timbul sebesar 0,89 dan tambak perhutani sebesar 0,66.

Indeks keseragaman mencerminkan tingkat penyebaran organisme dalam suatu ekosistem (Tabel 6).

Berdasarkan kriteria tersebut maka penyebaran plankton di tambak terbuka dan tambak perhutani adalah lebih merata, sedangkan untuk tambak tumpangsari dan tambak tanah timbul adalah sangat

merata. Hal ini berarti bahwa kekayaan individu yang dimiliki masing-masing spesies relatif tidak berbeda. Kondisi serupa terdapat di kawasan pesisir Likupang, Minahasa yang memiliki indeks keseragaman sebesar 0,44 hingga 0,67 (Pirzan *et al.* 2005) dan Teluk Rata-totok yang memiliki indeks keseragaman sebesar 0,93 (Pong-Masak *et al.* 2006).



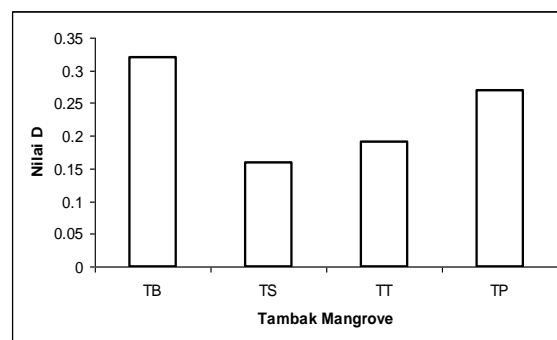
Gambar 3. Indeks keseragaman plankton di tambak mangrove Blanakan

Tabel 6. Tingkat penyebaran organisme berdasarkan indeks keseragaman

Tingkat Penyebaran	Indeks Keseragaman (E)
Sangat merata	>0,81
Lebih merata	0,61-0,80
Merata	0,41-0,60
Cukup merata	0,21-0,40
Tidak merata	<0,21

Sumber: Wibisono (2001) dalam Suwangsa (2006)

Indeks dominansi plankton di tambak mangrove Blanakan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Indeks dominansi plankton di tambak mangrove Blanakan

Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui bahwa tiap jenis tambak mangrove Blanakan memiliki indeks dominansi plankton yang berbeda-beda. Indeks dominansi plankton di Blanakan berkisar antara 0,16 hingga 0,32. Tambak terbuka memiliki indeks dominansi plankton sebesar 0,32, tambak tumpangsari sebesar 0,16, tambak tanah timbul sebesar 0,19 dan tambak perhutani sebesar 0,27.

Indeks dominansi yang mendekati nilai 0, menunjukkan bahwa tidak terdapat spesies plankton tertentu yang mendominasi spesies lainnya. Hal tersebut

mencerminkan bahwa struktur komunitas plankton dalam keadaan relatif stabil dan kondisi lingkungan di perairan Blanakan cukup prima dan tidak terjadi tekanan ekologis terhadap kehidupan plankton. Indeks dominansi plankton di Desa Blanakan lebih rendah jika dibandingkan dengan di kawasan pesisir Likupang, Minahasa yang memiliki indeks dominansi sebesar 0,46 hingga 0,83 (Pirzan *et al.* 2005) dan Teluk Ratatotok yang memiliki indeks dominansi sebesar 0,25 (Pong-Masak *et al.* 2006).

Komunitas plankton dikatakan stabil jika memiliki indeks keragaman ( $H'$ ) dan keseragaman (E) yang tinggi, tetapi indeks dominansi (D) yang rendah. Rangkuman struktur komunitas plankton di tambak mangrove Blanakan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Rangkuman struktur komunitas plankton di tambak mangrove Blanakan

Parameter	Kecenderungan
Indeks keragaman ( $H'$ )	TB<TP<TT<TS
Indeks keseragaman (E)	TP<TB<TS<TT
Indeks dominansi (D)	TS<TT<TP<TB

Berdasarkan Tabel 7 dapat diketahui bahwa struktur komunitas plankton paling stabil terdapat pada tambak tumpangsari. Hal ini diduga terkait dengan keberadaan tumbuhan mangrove di lokasi tersebut. Tumbuhan mangrove melalui guguran serasah mampu menyediakan nutrisi yang penting bagi pertumbuhan plankton (Kathesiran dan Bingham 2001).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa komunitas plankton paling labil terdapat pada tambak terbuka. Hal ini diduga terkait dengan perubahan habitat alami yang terjadi di lokasi tersebut. Wardoyo (1997) menyatakan bahwa faktor utama yang memengaruhi perubahan jumlah organisme, keragaman jenis dan dominansi adalah perusakan habitat alami seperti konversi lahan mangrove menjadi tambak, pencemaran kimiawi dan perubahan iklim. Hasil penelitian Lacerda *et al.* (2004) menunjukkan bahwa beberapa tekanan lingkungan (pencemaran industri, limbah rumah tangga dan kegiatan perikanan) terhadap estuarin Botafogo telah menyebabkan meningkatnya kelimpahan Diatom dan Dinoflagellata sehingga mendominasi perairan tersebut. Penelitian lain yang dilakukan oleh Osore *et al.* (2003) menunjukkan bahwa kekayaan spesies Copepoda di teluk Makupa, Mombasa, Kenya menurun seiring dengan meningkatnya limbah rumah tangga yang masuk ke perairan tersebut.

### 3.3. Hubungan antara Nutrien Terlarut dengan Struktur Komunitas Plankton

Nitrogen dan fosfor terlarut merupakan nutrisi yang penting bagi kehidupan plankton, terutama fitoplankton. Fungsi nitrogen adalah sebagai salah satu unsur utama pembentuk protein, sedangkan fosfor adalah sebagai pembentuk energi dalam bentuk *Adenosine Triphosphate* (ATP) yang penting dalam sintesis asam amino dan protein. Beberapa komponen fosfat seperti ATP, *Adenosine Diphosphate* (ADP) dan *Nico-*

*tinamida Adenine Dinucleotide Phosphate* (NADP) adalah senyawa yang penting dalam proses fotosintesis dan metabolisme asam amino (Tisdale dan Nelson 1975 dalam Mustafa dan Sammut 2007). Wiadnyana dan Wagey (2004) menambahkan bahwa fosfor juga berperan sebagai komponen pembentuk struktur sel.

Jenis nitrogen yang umum dimanfaatkan plankton adalah amonium, nitrit dan nitrat (Wiadnyana dan Wagey 2004). Beberapa fitoplankton juga dilaporkan dapat memanfaatkan nitrogen organik seperti asam amino, urea dan purin (Antia *et al.* 1975, Neilson dan Larsson 1980; Fabregas *et al.* 1987). Gas nitrogen terlarut ( $N_2$ ) juga dapat dimanfaatkan oleh fitoplankton, tetapi hanya pada kelompok tertentu yaitu cyanobacteria (alga hijau biru) (Gross *et al.* 1999). Amonium merupakan senyawa yang terdahulu akan dimanfaatkan fitoplankton karena bentuk kimiawinya sangat sederhana, tetapi karena bentuk yang paling banyak adalah nitrat, maka senyawa ini yang paling sering dimanfaatkan oleh fitoplankton (Wiadnyana dan Wagey 2004). Sumber fosfor anorganik yang penting bagi fitoplankton adalah orthofosfat, meskipun dapat juga memanfaatkan polifosfat dan beberapa fosfat organik (South dan Whittick 1987).

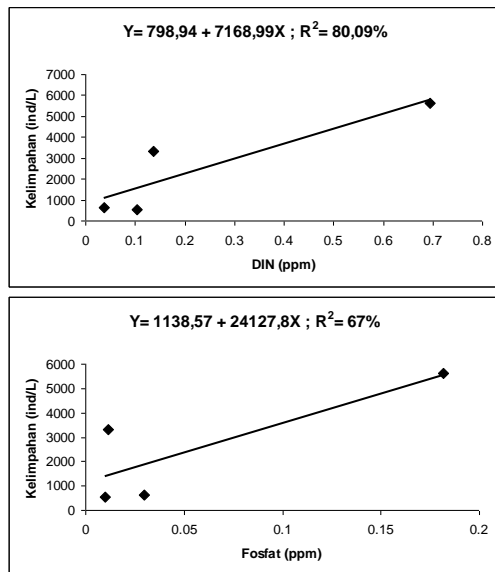
Ketersediaan nitrat dan fosfat sangat penting bagi kehidupan plankton. Konsentrasi nitrat yang optimal bagi pertumbuhan plankton adalah 3,9 ppm hingga 15,5 ppm (Mackentum 1969), sedangkan untuk fosfat adalah 0,02 ppm hingga 0,05 ppm (Liaw 1969). Berdasarkan kriteria tersebut maka nitrat merupakan faktor pembatas bagi kehidupan plankton di semua jenis tambak mangrove di Blanakan, dan fosfat menjadi faktor pembatas di tambak terbuka dan tambak tumpangsari. Hal ini sesuai dengan pernyataan Caraco *et al.* (1987) bahwa pertumbuhan fitoplankton dibatasi oleh fosfor jika berada perairan bersalinitas <2 ppt, tetapi jika berada pada perairan bersalinitas >2 ppt akan dibatasi oleh nitrogen.

Hubungan antara DIN dan fosfat dengan kelimpahan plankton di tambak mangrove Blanakan dapat dilihat pada Gambar 5.

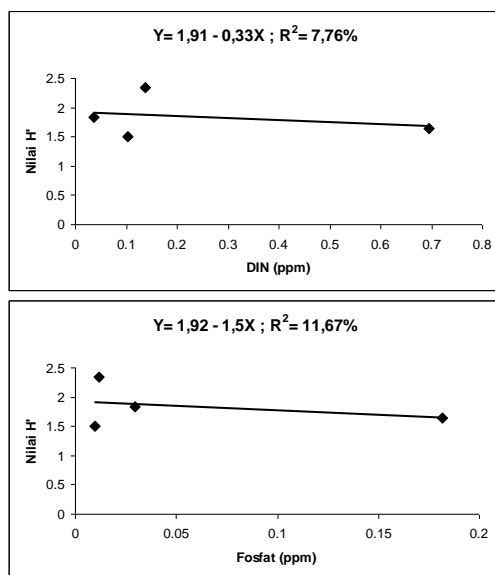
Berdasarkan Gambar 5 dapat diketahui bahwa DIN dan fosfat memberikan dampak positif terhadap kelimpahan plankton di tambak mangrove Desa Blanakan. Peningkatan 1 ppm DIN dapat meningkatkan kelimpahan plankton sebesar 7168,99 ind/L, sedangkan peningkatan fosfat dapat meningkatkan kelimpahan plankton sebesar 24127,8 ind/L. Besarnya pengaruh DIN dan fosfat terhadap kelimpahan plankton di tambak mangrove Blanakan berturut-turut adalah 80,09% dan 67%.

Hasil penelitian ini serupa dengan beberapa penelitian sebelumnya. Hartati *et al.* (1990) melaporkan bahwa kepadatan fitoplankton di estuarin Blanakan yang tinggi pada bulan Juni 1986 ialah karena pengkayaan nutrisi organik dan anorganik yang berasal dari area persawahan. Pengkayaan fosfat dari 0,01 ppm menjadi 0,12 ppm sudah dapat menyebabkan blooming fitoplankton di DAS Batanghari bagian hilir, Propinsi Jambi (Samuel *et al.* 1995). Hal serupa pernah dilaporkan oleh Simental dan Sanchez-

Saavedra (2003) bahwa penambahan nitrogen dan fosfor dapat meningkatkan kelimpahan *Nitzschia laevis* dari 2500 ind/mL menjadi 1019900 ind/mL dalam waktu 10 hari.



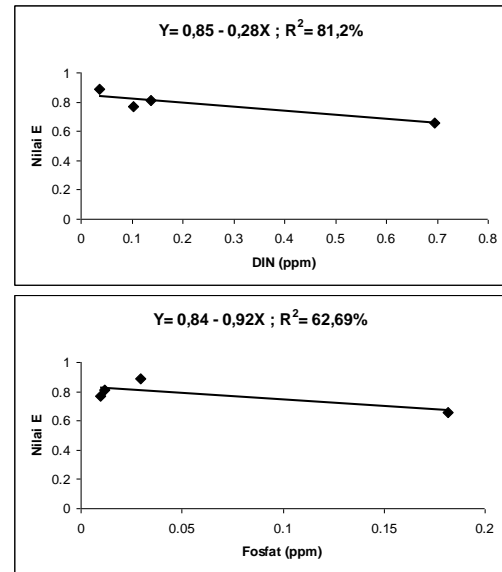
Gambar 5. Hubungan antara DIN dan fosfat dengan kelimpahan plankton di tambak mangrove Blanakan



Gambar 6. Hubungan antara DIN dan fosfat dengan indeks keragaman plankton di tambak mangrove Blanakan

Hubungan antara DIN dan fosfat dengan indeks keragaman plankton di tambak mangrove Blanakan dapat dilihat pada Gambar 6. Berdasarkan Gambar 6 dapat diketahui bahwa DIN dan fosfat memberikan dampak negatif terhadap indeks keragaman plankton di tambak mangrove Blanakan. Peningkatan 1 ppm DIN dapat menurunkan indeks keragaman plankton di tambak mangrove Blanakan sebesar 0,33, sedangkan peningkatan 1 ppm fosfat dapat menurunkan indeks keragaman plankton sebesar 1,50. Besarnya pengaruh DIN dan fosfat terhadap indeks keragaman plankton di tambak mangrove Blanakan berturut-turut adalah 7,76% dan 11,67%.

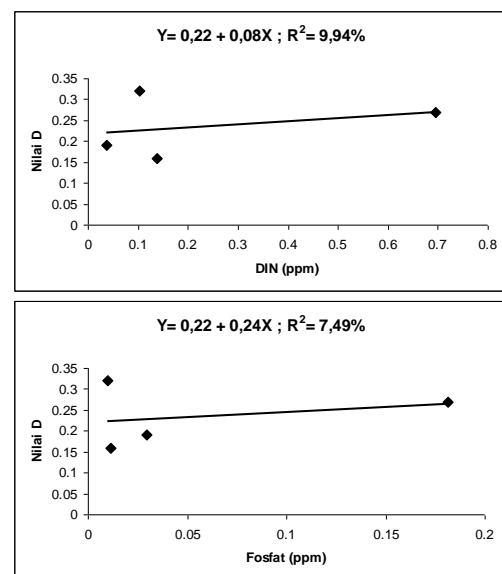
Hubungan antara DIN dan fosfat dengan indeks keseragaman plankton di tambak mangrove Blanakan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan antara DIN dan fosfat dengan indeks keseragaman plankton di tambak mangrove Blanakan

Berdasarkan Gambar 7 dapat diketahui bahwa DIN dan fosfat memberikan dampak negatif terhadap indeks keseragaman plankton di tambak mangrove Blanakan. Peningkatan 1 ppm DIN dapat menurunkan indeks keseragaman plankton di tambak mangrove Desa Blanakan sebesar 0,28, sedangkan peningkatan 1 ppm fosfat dapat menurunkan indeks keseragaman plankton sebesar 0,92. Besarnya pengaruh DIN dan fosfat terhadap indeks keseragaman plankton di tambak mangrove Desa Blanakan berturut-turut adalah 81,20% dan 62,92%.

Hubungan antara DIN dan fosfat dengan indeks dominansi plankton di tambak mangrove Blanakan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hubungan antara DIN dan fosfat dengan indeks dominansi plankton di tambak mangrove Blanakan



Berdasarkan Gambar 8 dapat diketahui bahwa DIN dan fosfat memberikan dampak positif terhadap indeks dominansi plankton di tambak mangrove Blanakan. Peningkatan 1 ppm DIN dapat meningkatkan indeks dominansi plankton di tambak mangrove Desa Blanakan sebesar 0,08, sedangkan peningkatan 1 ppm fosfat dapat meningkatkan indeks dominansi plankton sebesar 0,24. Besarnya pengaruh DIN dan fosfat terhadap indeks dominansi plankton di tambak mangrove Desa Blanakan berturut-turut adalah 9,94% dan 7,49%.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kebutuhan nutrisi dalam proses metabolisme bersifat spesifik yaitu setiap spesies plankton memiliki sifat yang berbeda satu sama lain dalam jumlah dan jenis nutrisi yang dibutuhkan. Oleh karena itu, peningkatan nutrisi dapat menyebabkan dominansi dari kelompok plankton tertentu terhadap kelompok lainnya (Wiadnyana dan Wagey 2004). Alasan lain yang mungkin menjadi penyebab menurunnya keragaman karena peningkatan nitrogen dan fosfor adalah karena rasio nitrogen dan fosfor di Desa Blanakan tergolong rendah. Rasio nitrogen dan fosfor untuk tambak adalah 90:1 (Caraco 1986), sedangkan untuk perairan terbuka adalah 15:1 (Nontji 1984; Wiadnyana dan Wagey 2004). Kondisi serupa pernah dilaporkan oleh Pirzan *et al.* (2006) bahwa meningkatnya konsentrasi nitrogen dan fosfor cenderung diikuti oleh menurunnya keragaman fitoplankton pada lahan budidaya tambak di kawasan pesisir Donggala dan Parigi-Moutong, Sulawesi Tengah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa plankton sangat responsif terhadap nutrisi terlarut. Hal ini dapat dilihat dari kelimpahan dan keragamannya yang berubah saat kondisi nutrisi terlarut berubah. Dengan demikian, plankton dapat dijadikan sebagai indikator kesuburan perairan tambak mangrove Blanakan. Polat dan Isik (2002) menyatakan bahwa struktur komunitas plankton dalam suatu perairan dapat menggambarkan kondisi lingkungan sehingga sangat penting dalam budidaya perikanan.

#### 4. Kesimpulan

Tambak mangrove Blanakan mengandung amonium sebesar 0,0075 ppm hingga 0,6247 ppm, nitrit sebesar 0,0109 ppm hingga 0,0289 ppm, nitrat sebesar 0,0150 ppm hingga 0,1040 ppm dan fosfat sebesar 0,0097 ppm hingga 0,1816 ppm.

Kelompok fitoplankton yang mendominasi tambak mangrove Blanakan adalah chrysophyceae, sedangkan untuk zooplankton adalah crustaceae. Tambak mangrove Blanakan memiliki indeks keragaman sebesar 1,51 hingga 2,34, indeks keseragaman sebesar 0,66 hingga 0,89 dan indeks dominansi sebesar 0,16 hingga 0,32. Peningkatan DIN dan fosfat dapat meningkatkan kelimpahan plankton di tambak mangrove Blanakan tetapi menurunkan keragamannya.

Hasil analisa regresi hubungan fosfat dan struktur komunitas plankton menunjukkan bahwa peningkatan DIN dapat meningkatkan kelimpahan plankton

(80,09% dan 67%.) dan indeks dominansi (9,94% dan 7,49%) tetapi menurunkan keragamannya (7,76% dan 11,67%.) dan keseragaman plankton (81,20% dan 62,92%).

#### Daftar Pustaka

- [1] Adesalu, T. A. dan D. I. Nwanko, 2008. Effect of water quality on phytoplankton of sluggish tidal creek in Lagos, Nigeria. *Pakistan Journal of Biological Science* 11 (6), pp. 836-844.
- [2] Allanson, B. R. dan Winter P. E. D., 1999. *Chemistry: Estuaries of South Africa*. In: Allanson, B. R. dan Baird D. (eds). Cambridge University Press, Cambridge, pp. 53-90.
- [3] Alongi D. M., 1994. Zonation and seasonality of benthic primary production and community respiration in tropical mangrove forests. *Oecologia* 98(3-4), pp. 320-327.
- [4] Alvarez-Leon R., 1993. Mangrove ecosystems of Colombia. Dalam: "Conservation and Sustainable Utilization of Mangrove Forests in Latin America and Africa Regions" (L.D. Lacerda, ed). Society for Mangrove Ecosystems, Okinawa, pp. 75-114.
- [5] Ambler J. W., Ferrari F. D. dan Fornshell J. A., 1991. Population structure and swarm formation of the cyclopid copepod *Dioithona oculata* near mangrove cays. *Journal Plankton of Research* 13(6), pp. 1257-1272.
- [6] Amin M. dan H. Jompa, 2006. Komposisi dan kelimpahan plankton di sepanjang aliran Sungai Maranak, Sulawesi Selatan. *Kajian Keragaan dan Pemanfaatan Lingkungan Perikanan Budidaya*. Pusat Riset Perikanan Budidaya. Jakarta, pp. 161.
- [7] Antia N. J., B. R. Berland, D. J. Bonin dan S. Y. Maestrini, 1975. Comparative evolution of certain organic and inorganic sources of nitrogen for phototrophic growth of marine microalgae. *Journal of The Marine Biological Association of The UK* 55:, pp. 519-539.
- [8] Basmi H. J., 1987. *Fitoplankton sebagai Indikator Lingkungan Perairan*. Tesis Magister. Program Studi Ilmu-Ilmu Perairan, Fakultas Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [9] Berg G. M., Gilbert P. M., Lomas M. W. dan Burford M. A., 1997. Organic nitrogen uptake and growth by the chrysophyte *Aureococcus anophagefferens* during a brown tide event. *Marine Biology* 129, pp. 377-387.
- [10] Boto K. G., 1982. Nutrient and organic fluxes in mangrove. Dalam: Clough B F (ed) *mangrove ecosystems in Australia*. Australian Institute of Marine Science in association with Australian National University Press. Canberra, pp. 239-257.
- [11] Bouillon S., F. Dehairs, B. Velimirov, G. Abril dan A. V. Borges, 2007. Dynamics of organic and inorganic carbon across contiguous mangrove and seagrass systems (Gazi Bay, Kenya). *Journal of Geophysical Research* 112: G02018.
- [12] Caraco N., A. Tamse, O. Boutros dan I. Valiela, 1987. Nutrient limitation of phytoplankton growth in brackish coastal ponds. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 44, pp. 473-476.
- [13] Caraco N., 1986. Phosphorus, iron and carbon cycling in a salt stratified coastal pond. Ph.D. Thesis. Boston University. Boston M. A., pp. 213.
- [14] Carpenter K. E. dan V. H. Niem, 1998. *Species Identification Guide For Fishery Purposes: The Living Marine Resources of The Western Central Pacific*. FFA, FAO and NORAD, Roma.
- [15] Chaghtai F. dan Saifullah S. M., 1992. First recorded bloom of *Navicula bory* in a mangrove habitat of Karachi. *Pakistan Journal of Marine Sciences* 1(2), pp. 139-140.
- [16] Chen R. dan R. R. Twilley, 1999. A simulation model of organic matter and nutrient accumulation in mangrove wetland soils. *Biogeochemistry* 44, pp. 98-118.

- [17] Ciferri O., 1983. Spirulina, the edible microorganism. *Microbiological Review* 47(4), pp. 551-578.
- [18] Davis S. E., C. Corronado-Molina, D. L. Childers dan J. W. Day, 2003. Temporally dependent C, N and P dynamics associated with the decay of *Rhizophora mangle* L. leaf litter in oligotrophic mangrove wetlands of the Southern Everglades. *Aquatic Botany* 75, pp. 199-215.
- [19] de Laune R. D., W. H. Patrick Jr. dan J. M. Brannon, 1976. Nutrient Transportations in Louisiana Salt Marsh Soil. Sea Grant Publication No. LSU-T-76-009. Centre for Wetlands Resources, Louisiana State University, USA.
- [20] Dennis G. D., 1992. Island mangrove habitats as spawning and nursery areas for commercially important fishes in the Caribbean. Dalam: "Proceeding of the Forty First Annual Gulf and Caribbean" (M H Goodwin, S M Kau and G T Waugh, eds 41). Fisheries Institute, St. Thomas, United States Virginia Islands, pp. 205-225.
- [21] Dianthani D., 2003. Identifikasi Jenis Plankton di Perairan Muara Badak, Kalimantan Timur. Makalah Falsafah Sains. Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor.
- [22] Dittel A. I. dan Epifanio C. E., 1990. Seasonal and tidal abundance of crab larvae in tropical mangrove systems, Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Marine Ecology Progress Series* 65, pp. 25-34.
- [23] Fabregas J., L. Toribio, J. Abalde, A. Cabezas dan C. Herrero, 1987. Approach to biomass production of the marine microalgae *Tetraselmis suecica* (Kyllin) Butch using common garden fertilizer and soil extract as cheap nutrient supply in batch culture. *Aquaculture Engineering* 6, pp. 141-150.
- [24] Feller I. C., D. F. Whigham, J. P. O'Neill dan K. L. McKee, 1999. Effect of nutrient enrichment on within-stand cycling in a mangrove forest. *Ecology* 80 (7), pp. 2193-2205.
- [25] Fisher T. R., Peele E. R., Ammerman J. W. dan Harding L. W., 1992. Nutrient limitation of phytoplankton in Chesapeake Bay. *Marine Ecology Progress Series* 82, pp. 51-63.
- [26] Flynn A. M., 2008. Organic matter and nutrient cycling in a coastal plain estuary: carbon, nitrogen and phosphorous distribution, budgets and fluxes. *Journal of Coastal Research* 55, pp. 76-94.
- [27] Godhantaraman N., 1994. Species composition and abundance of tintinnids and copepods in the Pichavaram mangrove (South India). *Ciencias Marinas* 20(3), pp. 371-391.
- [28] Gross A., C. E. Boyd dan R. T. Lovell, 1999. Ammonia volatilization from freshwater fish ponds. *Journal Environmental Quality* 28, pp. 793-797.
- [29] Gunadi B. dan S. E. Wardoyo, 2006. Kajian aspek fisika, kimia, dan biologi perairan Situ Rawabebek, Karawang, dalam rangka pengelolaan perikanan berbasis budidaya. *Jurnal Riset Akuakultur* 1(1), pp. 115-129.
- [30] Harrison P. J., Snedaker S. C., Ahmed A. I. dan Azam F., 1994. Primary producers of the arid climate mangrove ecosystem of the Indus River Delta, Pakistan: an overview. *Tropical Ecology* 35(2), pp. 155-184.
- [31] Hartati S. H., Mubarak H. dan Wahyuni E., 1990. Kelimpahan fitoplankton di perairan estuaria Blanakan. *Jurnal Penelitian Perikanan Laut* 56, pp. 99-105.
- [32] Howart R. W., Billen G., Swaney D., Twonsend A., Jaworski N., Lajtha K., Downing J. A., Elmgren R., Caraco N., Jordan T., Berendse F., Freney J., Kudeyarov V., Murdoch P. dan Zhao-Liang Z., 1996. Regional nitrogen budgets and riverine N and P fluxes for the drainage to the North Atlantic Ocean: natural and human influences. *Biogeochemistry* 35, pp. 75-139.
- [33] Hung J. J. dan Hung P. Y., 2003. Carbon and nutrient dynamics in a hypereutrophic lagoon in Southwestern Taiwan. *Journal of Marine Science* 42, pp. 97-114.
- [34] Hung J. J. dan Kuo F., 2002. Temporal variability of carbon and nutrient budgets from tropical lagoon in Chiku, Southwestern Taiwan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 54, pp. 887-900.
- [35] Kamaruzzaman B. Y., M. C. Ong, M. S. N. Azhar, S. Shahbudin dan K. C. A. Jalal, 2008. Geochemistry of sediment in the major estuarine mangrove forest of Terengganu region, Malaysia. *American Journal of Applied Sciences* 5 (12), pp. 1707-1712.
- [36] Kannan L. dan Vasantha K., 1992. Microphytoplankton of the Pichavaram mangals, southeast coast of India: species composition and population density. *Hydrobiologia* 247, pp. 77-86.
- [37] Katesiran K. dan B. L. Bingham. 2001. Biology of mangroves and mangrove ecosystems. *Marine Biology* 40, pp. 81-251.
- [38] Kennish M. J., 2002. Environmental threats and environmental future of estuaries. *Environmental Conservation* 29, pp. 78-107.
- [39] Kristensen E., F. Andersen dan L. H. Kofoed. 1988. Preliminary assessment of benthic community metabolism in southeast Asian mangrove swamp. *Marine Ecology* 48, pp. 137-145.
- [40] Lacerda L. D., V. Ittekkot dan S. R. Patchineelam, 1995. Biogeochemistry of mangrove soil organic matter: a comparison between *Rhizophora* and *Avicennia* soils in South-eastern Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 40, pp. 713-720.
- [41] Lacerda S. R., Koenig M. L., Neumann-Leitao S. dan Flores-Montes M. J., 2004. Phytoplankton nycemeral variation at a tropical river estuary (Itamaraca - Pernambuco - Brazil). *Brazilian Journal of Biology* 64 (1), pp. 81-94.
- [42] Lee S. Y., 1990. Primary productivity and particulate organic matter flow in an estuarine mangrove-wetland in Hongkong. *Marine Biology* 106, pp. 453-463.
- [43] Liaw W. K., 1969. Chemical and Biological Studies of Fish Ponds and Reservoirs in Taiwan. Reprinted from Chinese. American Joint Commission on Rural Reconstruction. Fish Series 7, pp. 43.
- [44] Ludwig J. A. dan J. F. Reynolds, 1988. *Statistical Ecology: a primer on methods and computing*. John Wiley & Sons, New York, pp. 338.
- [45] Mackentum K. M., 1969. *The Practice of Water Pollution Biology*. United State Department of The Interior, Federal Water Pollution Control. Administration Division of Technical Support, pp. 411.
- [46] Manguran E. A., 1988. *Ecology Diversity and It's Measurement*. Precenton University. New Jersey, pp. 179.
- [47] Mani P., 1992. Natural phytoplankton communities in Pichavaram mangrove. *Indian Journal of Marine Sciences* 21(4), pp. 278-280.
- [48] Mani P., 1994. Phytoplankton in Pichavaram mangrove, east coast of India. *Indian Journal of Marine Sciences* 23(1), pp. 22-26.
- [49] Mann K. H., 1975. Relationship between morphometry and biological functioning in three coastal inlets of Nova Scotia. *Estuarine Research* 1, pp. 634-644.
- [50] Matheson R. E. dan Gillmore R. G., 1995. Mojarras (Pisces: Gerreidae) of the Indian River Lagoon. *Bulletin of Marine Science* 57 (1), pp. 281-285.
- [51] Mello W. Z., 2001. Precipitation chemistry in the coast of the metropolitan region of Rio de Janeiro, Brazil. *Environmental Pollution* 114, pp. 235-242.
- [52] Meybeck M., 1982. Carbon, nitrogen, and phosphorus transport by world rivers. *American Journal of Science* 282, pp. 401-451.
- [53] Mintardjo K., A. Sunaryanto, Utaminingsih dan Hermiyaningsih, 1985. *Persyaratan Tanah dan Air. Pedoman Budidaya Tambak Ditjen Perikanan*, Departemen Pertanian. Jakarta.
- [54] Mustafa A. dan J. Sammut, 2007. Effect of different remediation techniques and dosages of phosphorus fertilizer on soil quality and klekap production in acid sulfate soil affected aquaculture ponds. *Indonesian Aquaculture Journal* 2 (2), pp. 141-157.

- [55] Mwaluma J., M. Osore, J. Kamau dan P. Wawiye, 2003. Composition, abundance and seasonality of zooplankton in Mida Creek, Kenya. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science* 2 (2), pp. 147-155.
- [56] Neilson A. H. dan T. Larsson, 1980. The utilization of organic nitrogen for growth of algae: physiological aspects. *Physiology of Plant* 48, pp. 542-543.
- [57] Nikulina V. N., 2003. Seasonal dynamics of phytoplankton in the inner Neva estuary in the 1980s and 1990s. *Oceanologia* 45 (1), pp. 25-39.
- [58] Nixon S. W., 1995. Coastal marine eutrophication: a definition, social causes and future concern. *Ophelia* 41, pp. 199-219.
- [59] Nontji A., 1984. Biomassa dari Produktivitas Fitoplankton di Perairan Teluk Jakarta serta Kaitannya dengan Faktor-Faktor Lingkungan. Disertasi. Fakultas Pascasarjana, IPB. Tidak dipublikasikan. 241 hal.
- [60] Nuhman, 2007. Kelimpahan dan keanekaragaman serta dominansi plankton di tambak darat. *Neptunus* 13(2), pp. 141-147.
- [61] Nur S. H., 2002. Pemanfaatan Ekosistem Hutan Mangrove secara Lestari untuk Tambak Tumpangsari di Kabupaten Indramayu Jawa Barat. Disertasi. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor, 249 pp.
- [62] Odum E. P., 1996. *Dasar-Dasar Ekologi Edisi ke-3*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta, pp. 697.
- [63] Odum W. E., Fisher J. S. dan Pickral J. C., 1979. Factors controlling the flux of particulate organic carbon from estuarine wetlands. *Ecological Process in Coastal and Marine Science* 10, pp. 69-80.
- [64] Onyema I. C., 2007. The phytoplankton composition, abundance and temporal variation of a polluted estuarine creek in Lagos, Nigeria. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 7, pp. 89-96.
- [65] Osore M. K. W., F. Fiers dan M. H. Daro, 2003. Copepod composition, abundance and diversity in Makupa creek, Mombasa, Kenya. *Western Indian Journal of Marine Sciences* 2 (1), pp. 65-73.
- [66] Paerl H. W., Pinckney J. L., Fear J. M. dan Peierls B. L., 1998. Ecosystem responses to internal and watershed organic matter loading: consequences for hypoxia in the eutrophic Neuse River Estuary, North Carolina, USA. *Marine Ecology Progress Series* 166, pp. 17-25.
- [67] Pinckney J. L., Paerl H. W., Tester P. dan Richardson T. L., 2001. The role of nutrient loading and eutrophication in estuarine ecology. *Environmental Health Perspective* 109, pp. 699-706.
- [68] Pirzan A. M., Burhanuddin, Gunarto dan Utojo, 2006. Dampak pembukaan lahan mangrove terhadap diversitas makrozoobenthos di perairan Delta Tampinna, Luwu Timur. *Kajian Keragaan dan Pemanfaatan Lingkungan Perikanan Budidaya*. Pusat Riset Perikanan Budidaya, pp. 109-119.
- [69] Pirzan A. M., P. R. Pong-Masak dan Utojo, 2006. Keragaman fitoplankton pada lahan budidaya tambak di kawasan pesisir Donggala dan Parigi-Moutong, Sulawesi Tengah. *Jurnal Riset Akuakultur* 1(3), pp. 359-372.
- [70] Pirzan A. M., Utojo, M. Atmomarsono, M. Tjaronge, A. M. Tangko dan Hasnawi, 2005. Potensi lahan budidaya tambak dan laut di Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia* 11 (5), pp. 43-50.
- [71] Polat S. dan O. Isik, 2002. Phytoplankton distribution, diversity and nutrients at the North-eastern Mediterranean Coast of Turkey (Karatas-Adana). *Turkey Journal of Botany* 26, pp. 77-86.
- [72] Pong-Masak P. R., A. M. Pirzan dan Sahabuddin, 2006. Komposisi dan kelimpahan plankton di perairan Teluk Rata-tok, Minahasa Selatan, Sulawesi Utara. *Kajian Keragaan dan Pemanfaatan Lingkungan Perikanan Budidaya*. Pusat Riset Perikanan Budidaya. Jakarta, pp. 161.
- [73] Purvaja R., R. Ramesh, A. K. Ray dan T. Rixen, 2008. Nitrogen cycling: a review of the processes, transformations and fluxes in coastal ecosystems. *Current Science* 94 (11), pp. 1419-1438.
- [74] Ray D. dan N. G. S. Rao, 1964. Density of Freshwater Diatoms in Reaction to Some Physico-chemical Condition of Water. *Indian Journal of Fisheries* II (L).
- [75] Rezende C. E., Lacerda L. D., Ovalle A. R. C. dan Silva L. F. F., 2007. Dial organic fluctuations in a mangrove tidal creek in Sepetiba bay, Southeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 67 (4), pp. 673-680.
- [76] Rimper J., 2002. Kelimpahan Fitoplankton dan Kondisi Hidro oseanografi Perairan Teluk Manado. Makalah Pengantar Falsafah Sains. Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- [77] Robertson A. I. dan Blaber S. J. M., 1992. Plankton, epibenthos and fish communities. In: "Tropical Mangrove Ecosystem" (A I Robertson and D M Alongi, eds). American Geophysical Union, Washington DC, pp. 173-224.
- [78] Robertson A. I., D. M. Alongi dan K. G. Boto, 1992. Food Chains and Carbon Fluxes. *Tropical Mangrove Ecosystems*. American Geophysical Union, Washington.
- [79] Romimohtarto K. dan S. Juwana, 1999. *Biologi Laut: ilmu pengetahuan tentang biota laut*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanografi - LIPI, Jakarta, pp. 527.
- [80] Ryther J. H. dan Dunstan W. M., 1971. Nitrogen, phosphorus, and eutrophication in the coastal marine environment. *Science* 171, pp. 1008-1013.
- [81] Samuel Z., Nasution dan Akrim, 1995. Kelimpahan dan komposisi fitoplankton di DAS Batanghari bagian hilir, Provinsi Jambi. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia* 1 (2), pp. 39-47.
- [82] Santra S. C., Pal U. C. dan Choudhury A., 1991. Marine phytoplankton of the mangrove delta region of west Bengal. *Journal of Marine Biological Association of India* 33(1-2), pp. 292-307.
- [83] Saravanakumar A., J. S. Serebiah, G. A. Thivakaran dan M. Rajkumar, 2007. Benthic macrofaunal assemblage in the arid zone mangroves of gulf of Kachchh-Gujarat. *Journal of Ocean University of China* 6 (3), pp. 303-309.
- [84] Saravanakumar A., M. Rajkumar, J. S. Serebiah dan G. A. Thivakaran, 2007. Abundance and seasonal variations of zooplankton in the arid zone mangroves of Gulf of Kachchh-Gujarat, Westcoast of India. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10 (20).
- [85] Selvam V., Azariah J. dan Azariah H., 1992. Diurnal variation in physical-chemical properties and primary production in the interconnected marine, mangrove, and freshwater biotopes of Kakinada coast, Andhra Pradesh, India. *Hydrobiologia* 247, pp. 181-186.
- [86] Sheridan P. dan C. Hays, 2003. Are mangroves nursery habitat for transient fishes and decapods?. *Wetlands* 23(2), pp. 449-458.
- [87] Silva Filho E. V., Wasserman J. C. dan Lacerda L. D., 1998. History of metal inputs recorded on sediment cores from a remote environment. *Ciencia e Cultura* 50, pp. 374-376.
- [88] Simental J. A. dan M. P. Sanchez-Saavedra, 2003. The effect of agricultural fertilizer on growth rate of benthic diatoms. *Aquaculture Engineering* 27, pp. 265-272.
- [89] South G. R. dan A. Whittick, 1987. *Introduction of Phycology*. Blackwell Scientific Publications. Oxford, pp. 341.
- [90] Supriharyono, 2007. *Konservasi Ekosistem Sumberdaya Hayati: di wilayah pesisir dan laut tropis*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta, pp. 428.
- [91] Sutarmat T., A. Hanafi dan W. Andriyanto, 2006. Karakteristik sedimen pada lahan budi daya laut di perairan Teluk Kaping, Bali utara. *Kajian Keragaan dan Pemanfaatan Lingkungan Perikanan Budi Daya*. Pusat Riset Perikanan Budidaya, Badan Riset Kelautan dan Perikanan, Jakarta Selatan, pp. 161.
- [92] Suwangsa I. H., 2006. Keanekaragaman Plankton di perairan Danau Beratan Bali. Skripsi. Program Studi Biologi, Jurusan

- Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- [93] Thollot P., 1992. Importance of mangrove for the reef fish fauna from New Caledonia. *Cybiurn* 16 (4), pp. 331-334.
- [94] Tresna E., 2002. Kondisi Hutan Mangrove dan Komunitas Ikan di Perairan Mangrove Teluk Jakarta. Tesis. Program Studi Biologi, Program Pascasarjana, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia. Depok, pp. 91.
- [95] Twilley R. R., 1985. The exchange of organic carbon in Basin mangrove forest in a Southwest Florida estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 20, pp. 543-557.
- [96] Tzeng W. N. dan Wang Yu T., 1992. The temporal and spatial structure, composition and seasonal dynamic of the larval and juvenile fish community in the mangrove estuary of Tanshui River, Taiwan. *Marine Biology* 113 (3), pp. 481-490.
- [97] Wardoyo J., 1997. Biodiversitas sumber daya perikanan laut peranannya dalam pengelolaan terpadu wilayah pantai. In: Mallawa A, R Syam, N Naamin, S Nurhakim, E S Kartamihardja, A Poernomo dan Rachmansyah (Eds). *Prosiding Simposium Perikanan Indonesia II, Ujung Pandang 2-3 Desember 1997*, pp. 136-141.
- [98] Welsh B. L., Whitlatch R. B. dan Bohlen W. F., 1982. Relationship between physical characteristics and organic carbon sources as basis for comparing estuaries in southern New England. *Estuarine Comparisons*, pp. 53-67.
- [99] Wepener V., 2007. Carbon, nitrogen dan phosphorus fluxes in four sub-tropical estuaries of northern KwaZulu-Natal: case studies in the application of a mass balance approach. *Water SA* 33(2), pp. 203-214.
- [100] Wiadnyana N. N. dan G. A. S. Wagey, 2004. Plankton, Produktivitas dan Ekosistem Perairan. Departemen Kelautan dan Perikanan dan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, pp. 116.
- [101] Yunus dan T. Aslianti, 1987. Inventarisasi plankton di permukaan perairan pantai Tanjung Gondol, Bali. *Jurnal Penelitian Budidaya Pantai* 3(1), pp. 92-100.
- [102] Yunus, T. Aslianti dan S. Ismi, 1989. Pengaruh kadar garam yang berbeda terhadap pertumbuhan populasi *Spirulina*. *Jurnal Penelitian Budidaya Pantai* 5(1), pp. 52-57.
- [103] Yunus, 1990. Pengaruh media kotoran ayam, babi dan sapi terhadap pertumbuhan populasi *Spirulina*. *Jurnal Penelitian Budidaya Pantai* 6(2), pp. 81-86.