

STRUKTUR KOMUNITAS PLANKTON PADA TAMBAK INTENSIF DAN TRADISIONAL KABUPATEN PROBOLINGGO, PROVINSI JAWA TIMUR

PLANKTON COMMUNITY STRUCTURE OF TRADITIONAL AND INTENSIVE BRACKISHWATER PONDS IN PROBOLINGGO REGENCY, EAST JAVA PROVINCE

Utojo^{1*} dan Akhmad Mustafa¹

¹Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau, Maros

*E-mail: utojorivai@gmail.com

ABSTRACT

*This experiment aimed to determine the plankton community structure in intensive and traditional ponds of Probolinggo Regency, East Java Province. Plankton collected with plankton net size of 60 μm and preserved with lugol 1%. Water qualities such as temperature, transparency, salinity, dissolved oxygen, pH, total organic matter, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, and total suspended solids were measured and analysed in this study. Planktons were identified using microscopy. Cells were counted using cell counting method. The results showed that in intensive pond we found 16 species of phytoplankton and 7 species of zooplankton with abundance 570-1.808 ind./L, while in traditional ponds, we found 10 species of phytoplankton and 3 species of zooplankton with abundance 134-776 ind./L. The dominant species of phytoplankton in the intensive and traditional ponds were *Navicula sp* and *Nitzschia sp*, each of Bacillariophyceae class with abundance of 423 ind./L and 198 ind./L, respectively. Zooplankton species in intensive pond was copepod sp, while in traditional one was *Oithona sp*, each of Crustaceae class with abundance of 66 ind./L and 37 ind./L, respectively. Diversity and abundance of plankton in intensive pond was higher than in the traditional ponds. The water quality in intensive pond was optimal so that the response to the absorption of N and P inorganic by phytoplankton was quicker and more effective than in traditional pond producing an increase in plankton communities. The increase value of $\text{NO}_3\text{-N}$ and total suspended solids in intensive pond caused the increase abundance of *Navicula sp*. The high value of $\text{NH}_3\text{-N}$ caused the abundance of *Navicula sp* to decline. The high values of dissolved oxygen, pH, total suspended solid, and $\text{NH}_3\text{-N}$ in traditional pond can decrease the *Nitzschia sp* abundance.*

Keywords: plankton communities, intensive and traditional ponds, Probolinggo, East Java

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengetahui struktur komunitas plankton di tambak intensif dan tradisional Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur. Plankton dikoleksi dengan plankton net berukuran 60 μm dan diawetkan dengan larutan lugol 1%. Kualitas air seperti suhu, kecerahan, salinitas, oksigen terlarut, pH, bahan organik total, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, dan padatan tersuspensi total diukur dan dianalisis. Identifikasi plankton dengan mikroskop dan perhitungannya dengan metode *counting cell*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa di tambak intensif terdapat 16 jenis fitoplankton dan 7 jenis zooplankton dengan kelimpahan 570-1.808 ind./L, di tambak tradisional terdapat 10 jenis fitoplankton dan 3 jenis zooplankton dengan kelimpahan 134-776 ind./L. *Navicula sp* dan *Nitzschia sp* dengan kelimpahan 423 ind./L dan 198 ind./L dari kelas Bacillariophyceae adalah jenis fitoplankton yang dominan di tambak intensif dan tradisional. Jenis zooplankton di tambak intensif yaitu *Copepoda sp* dan tradisional yaitu *Oithona sp* dari kelas Crustaceae dengan kelimpahan 66 ind./L dan 37 ind./L. Keragaman dan kelimpahan plankton di tambak intensif lebih tinggi dari pada tradisional karena kualitas air di tambak intensif lebih optimal sehingga respon serapan hara N dan P anorganik oleh fitoplankton lebih cepat dan efektif. Meningkatnya $\text{NO}_3\text{-N}$ dan padatan tersuspensi total di tambak intensif menyebabkan kelimpahan *Navicula sp* meningkat dan tingginya $\text{NH}_3\text{-N}$ mengakibatkan kelimpahan *Navicula sp* menurun. Tingginya oksigen terlarut, pH, padatan tersuspensi total, dan $\text{NH}_3\text{-N}$ di tambak tradisional dapat menyebabkan kelimpahan *Nitzschia sp* menurun.

Kata kunci: komunitas, plankton, tambak intensif dan tradisional, Probolinggo, Jawa Timur

I. PENDAHULUAN

Kawasan tambak di Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur tersebar di tujuh kecamatan pesisir, yaitu di Kecamatan Tongas, Dringu, Sumberasih, Gending, Pajarakan, Kraksaan, dan Paiton. Terdapat aktivitas tambak dengan teknologi intensif dan tradisional. Luas tambak mencapai 1.987 ha dengan produksi 3.526,7 ton yang terdiri dari ikan, udang, kepiting dan rumput laut. Teknologi tambak umumnya dilakukan secara tradisional dengan komoditas budidaya udang windu, bandeng dan rumput laut baik secara monokultur maupun polikultur. Tambak dengan teknologi tradisional di Kabupaten Probolinggo, umumnya memiliki pematang yang relatif rendah dengan ketinggian air berkisar 40-60 cm, tidak bercaren, irigasi tambaknya sederhana dengan saluran pemasukan dan pembuangan air melalui satu pintu, penggantian air tambak secara gravitasi yang bergantung pada perbedaan pasang surut yaitu setiap dua minggu menyebabkan sirkulasi air tambak kurang lancar dan tambaknya relatif dangkal yang berdampak pada penurunan kualitas air sehingga membatasi kelimpahan dan keragaman plankton untuk tumbuh dan berkembang serta produksi yang dicapai masih relatif rendah rata-rata yaitu 738,75 kg/ha/th (Anonim, 2012). Produksi tersebut masih berpeluang besar untuk ditingkatkan dengan perbaikan kualitas air melalui pengelolaan plankton yang dilengkapi dengan perbaikan konstruksi dan jaringan irigasi tambak.

Pada tambak teknologi intensif dengan membudidayakan udang vaname di kawasan pesisir Kabupaten Probolinggo yang dilengkapi dengan vasilitas peralatan tambak yang serba terkontrol seperti wadahnya terbuat dari mulsa atau beton dengan luas 1.000 - 5000 m²; tinggi pematang sekitar 250 cm dengan kedalaman air 175-180 cm; irigasi tambaknya terdiri atas irigasi primer dan sekunder dengan saluran pemasukan air di atas dan saluran pembuangan air limbah di tengah melalui *central drain* yang dioperasikan seti-

ap 6 jam untuk membuang bahan organik dari sisa pakan dan hasil ekskresi udang serta mengurangi konsentrasi NH₃-N dan bahan tersuspensi lainnya yang bersifat racun; penentuan dosis dan frekuensi pemberian pakan yang tepat melalui aplikasi *automatic feeder* dengan rasio konversi pakan 1,0 – 1,2, dapat meminimumkan jumlah pakan yang hilang atau tidak termakan karena menjadi sumber utama limbah budidaya; pergantian air dilakukan setiap saat dan dilengkapi dengan kincir air dan *blower*, dapat menstabilkan suhu dan oksigen tetap optimum dengan rerata 6 mg/Lserta kualitas airnya dapat dipantau setiap saat sehingga kualitas air tersebut tetap prima selama operasional (Rachmansyah *et al.*, 2014). Hal ini yang dapat memacu tingkat serapan nutrisi oleh fitoplankton secara efektif dan optimum sehingga dapat mendukung berkembangnya struktur komunitas plankton termasuk peningkatan keragaman dan kelimpahannya yang akhirnya berdampak pada peningkatan produktivitas tambak.

Salah satu unsur penting dalam pengembangan budidaya tambak adalah fitoplankton. Tumbuh dan berkembangnya fitoplankton di perairan tambak memerlukan energi dari serapan nutrisi yang secara tidak langsung bersumber dari hasil dekomposisi bahan organik sisa pakan buatan dan udang pada penerapan teknologi intensif atau secara langsung melalui pupuk anorganik (urea dan SP36) yang bersumber dari hasil pemupukan pada penerapan teknologi tradisional. Dalam lingkungan perairan tambak, fitoplankton juga berperan sebagai penghasil oksigen melalui proses fotosintesis sehingga dapat mencegah lingkungan dari degradasi limbah organik dan dapat menjamin oksigen tetap tersedia dengan layak bagi udang, menjaga keseimbangan lingkungan serta dapat menyerap senyawa-senyawa beracun dalam air sehingga dapat memacu pertumbuhan dan menekan tingkat kematian udang yang dibudidayakan (Atmomarsono *et al.*, 2011; Setyobudiandi *et al.*, 2009; Pirzan dan Pong Masak, 2007).

Fitoplankton merupakan komponen biotik rantai makanan dalam struktur komu-

nitias plankton di tambak yang berperan mentransfer energi dan dapat mempengaruhi kestabilan rantai makanan hingga tingkat trofik yang lebih tinggi termasuk udang yang dibudidayakan. Salah satu faktor sangat mempengaruhi pertumbuhan fitoplankton di tambak adalah suplai nutrisi yang sangat erat kaitannya dengan ketersediaan hara makro dan mikro serta dipengaruhi oleh kondisi fisika kimia lingkungan (Mahmud *et al.*, 2012).

Efektivitas dan besarnya serapan nutrisi oleh fitoplankton di perairan tambak sangat tergantung dari ketersediaan dan tingkat serapan $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ dan bahan organik yang dipengaruhi oleh pH, oksigen terlarut, suhu, kecerahan, salinitas, $\text{NO}_2\text{-N}$ dan $\text{NH}_3\text{-N}$. Apabila kondisi lingkungan perairan tambak dilakukan secara terkontrol dengan kisaran kualitas air yang optimal seperti pada pengelolaan tambak teknologi intensif dapat memacu tingkat serapan nutrisi oleh fitoplankton sehingga dapat meningkatkan struktur komunitas plankton (perubahan peningkatan kelimpahan dan keragaman plankton) yang selanjutnya dapat meningkatkan produktivitas tambak atau dapat menghambat tingkat serapan nutrisi oleh fitoplankton pada saat kondisi lingkungan perairan tambak dengan kualitas air yang berfluktuatif atau ekstrim sehingga dapat menurunkan struktur komunitas plankton (perubahan penurunan kelimpahan dan keragaman plankton) seperti pada pengelolaan tambak tradisional.

Menurut Pirzan dan Utojo (2010), kualitas air lingkungan tambak yang dikelola dengan baik dalam kisaran yang sesuai dengan pertumbuhan plankton sebagai pakan alami organisme budidaya dapat meningkatkan produktivitas tambak. Konsentrasi nutrisi pada tambak intensif dan tradisional diduga dapat mempengaruhi kondisi struktur plankton yang berbeda sehingga perlu dilakukan penelitian tentang struktur komunitas plankton bertujuan mengetahui kelimpahan, keragaman dan hubungan salah satu jenis plankton yang dominan dengan kualitas air di tambak intensif dan tradisional di Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur.

II. METODE PENELITIAN

2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei tahun 2013, di tambak intensif dan tradisional yang mewakili tujuh kecamatan pesisir Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur. Setiap titik stasiun pengamatan ditetapkan posisinya menggunakan alat bantu GPS (*Global Positioning System*) dan dapat dilihat pada Gambar 1.

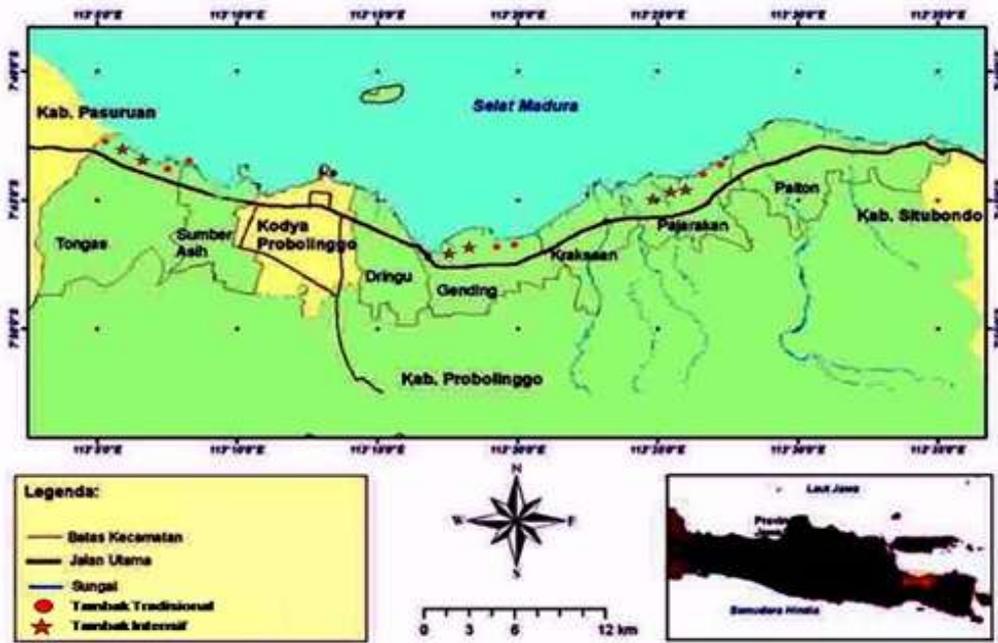
2.2. Pengumpulan Data

Pengambilan sampel plankton dan air dilakukan secara bersamaan dengan total 42 sampel di lokasi tambak intensif dan tradisional. Untuk lokasi tambak intensif dan tradisional, masing-masing sebanyak 7 stasiun pengamatan, dimana pada setiap stasiun pengamatan dengan 3 titik sampling plankton dan air sebagai ulangannya. Kedua lokasi tambak tersebut sedang dalam masa pemeliharaan. Plankton diambil dengan cara menyaring air sebanyak 100 L menjadi 100 mL menggunakan plankton net dengan mesh size 60 μm , kemudian diawetkan dengan larutan lugol 1%. Sampel plankton dan air kemudian dibawa ke Laboratorium Air Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau Maros untuk diamati dan dianalisis.

Identifikasi plankton di laboratorium dilakukan dengan menggunakan mikroskop yang berpedoman pada Newell and Newell (1977), Yamaji (1976), dan Botes (2003).

Kualitas air yang diukur terdiri dari parameter fisika, kimia yang dianggap berpengaruh terhadap keragaman dan kelimpahan plankton seperti disajikan pada Tabel 1.

Peubah kualitas air yang diamati di tambak meliputi suhu, kecerahan, pH, Salinitas, dan oksigen terlarut, sedangkan $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, bahan organik total, dan padatan tersuspensi dianalisis di laboratorium. Sampel air yang diambil di lokasi, dianggap merepresentasikan kondisi lingkungan perairan tambak dan metode analisisnya berpedoman pada Haryadi *et al.* (1992) dan APHA (1998).



Gambar 1. Peta lokasi sampling plankton dan kualitas air di tambak intensif dan tradisional Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur.

Tabel 1. Parameter kualitas air yang diamati di tambak intensif dan tradisional Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur.

Parameter laboratorium/lapangan	Alat/metode	Analisis
Fisika		
Suhu (°C)	DO-meter	Lapangan
Kecerahan (cm)	Secchi-disk	Lapangan
Kimia		
Oksigen terlarut (mg/L)	DO-meter	Lapangan
Salinitas (ppt)	Hand refraktometer	Lapangan
pH	pH-meter	Lapangan
Padatan tersuspensi total (mg/L)	Gravimetri	Lapangan
NO ₂ -N (mg/L)	Botol sampel, spektrofotometer	Laboratorium
NO ₃ -N (mg/L)	Botol sampel, reduksi kadmium	Laboratorium
NH ₃ -N (mg/L)	Botol sampel, phenantrolin	Laboratorium
PO ₄ -P (mg/L)	Botol sampel, asam askorbit	Laboratorium
Bahan organik total (mg/L)	Titrimetri	Laboratorium
Biologi		
Plankton (fitoplankton dan zooplankton)	Plankton net mesh size 60 µm, botol sampel, preservatif, mikroskop	Laboratorium

2.3. Analisis Data

Untuk mengestimasi kualitas perairan tambak, maka dilakukan analisis kelimpahan plankton dengan menggunakan *Sedgwick*

Rafter Counting Cell berdasarkan modifikasi APHA (2005).

Data kelimpahan dan keragaman plankton pada penelitian ini, dianalisis de-

ngan sidik ragam atau Analisis of Varians (ANOVA) untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan yang nyata (Steel and Torrie, 1995).

Untuk menyederhanakan variabel kualitas air yang diamati di tambak intensif dan tradisional menggunakan metode Principal Component Analysis (PCA) yaitu dengan cara mereduksi dimensinya. Hal ini dilakukan dengan cara menghilangkan korelasi di antara variabel bebas melalui transformasi variabel bebas asal ke variabel baru yang tidak berkorelasi sama sekali. Setelah beberapa komponen hasil PCA yang bebas multikolinieritas diperoleh, maka komponen-komponen tersebut menjadi variabel bebas baru (X) yang akan diregresikan atau dianalisis pengaruhnya terhadap variabel tidak bebas (Y) yaitu kelimpahan *Navicula* sp di tambak intensif dan *Nitzschia* sp di tambak tradisional dengan menggunakan analisis regresi berganda (Iriawan dan Astuti, 2006; Santosa, 2007).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Keragaman dan Kelimpahan Plankton di Tambak

Kondisi tambak intensif dan tradisional di tujuh kecamatan pesisir Kabupaten Probolinggo Provinsi Jawa Timur masih tergolong produktif terbukti dengan keberadaan beberapa jenis fitoplankton dan zooplankton yang berhasil diidentifikasi, namun keberhasilan dari budidaya juga harus didukung dengan sistem pengelolaan lingkungan yang baik dan tepat demi keberlanjutan kegiatan budidaya. Kondisi lingkungan tambak dapat diukur dengan melihat kualitas air yang salah satunya ditentukan oleh keberadaan fitoplankton dan zooplankton.

Keragaman plankton (fitoplankton dan zooplankton) yang ditemukan pada lokasi penelitian ini ditampilkan pada Tabel 2 dan 3. Pada tambak intensif didapatkan 23 jenis plankton yang terdiri dari 16 jenis fitoplankton terbagi dalam 4 kelas yaitu Bacillariophyceae (5 jenis), Cyanophyceae (3

jenis) Dinophyceae (4 jenis) dan Chlorophyceae (4 jenis) serta 7 jenis zooplankton terbagi dalam 2 kelas yaitu Crustaceae (6 jenis) dan Rotatoria (1 jenis), sedangkan di tambak tradisional didapatkan 13 jenis plankton yang terdiri dari 10 jenis fitoplankton terbagi dalam 3 kelas yaitu Bacillariophyceae (5 jenis), Cyanophyceae (2 jenis) dan Dinophyceae (3 jenis) serta 3 jenis zooplankton terbagi dalam 2 kelas yaitu Crustaceae (2 jenis) dan Rotatoria (1 jenis). Keragaman fitoplankton di tambak intensif dipengaruhi oleh keberadaan unsur hara perairan tambak, terutama unsur hara dari kelompok nitrogen dan fosfat. Ketersediaan unsur hara tersebut sangat ditentukan oleh keberadaan jumlah bahan organik dan tingkat penguraiannya oleh bakteri. Bahan organik tersebut berasal dari pakan buatan yang tidak dikonsumsi (sisa pakan) dan ekskresi dari udang (Budiardi *et al.*, 2007).

Jenis fitoplankton di tambak intensif kondisinya lebih beragam dari pada tambak tradisional disebabkan pengelolaan komunitas fitoplankton di tambak intensif dilakukan secara optimal dengan mengoptimalkan kualitas air melalui vasilitas peralatan tambak yang serba terkontrol. Hal ini menunjukkan bahwa dengan mengoptimalkan kualitas air seperti pH oksigen terlarut, suhu, kecerahan, salinitas, NO₂-N dan NH₃-N akan meningkatkan respon ketersediaan dan serapan nutrisi antara lain NO₃-N, PO₄-P, dan hasil dekomposisi bahan organik oleh fitoplankton melalui vasilitas peralatan tambak yang terkontrol seperti wadahnya bak beton, kedalaman airnya 175-180 cm dilengkapi dengan *central drain*, *automatic feeder*, blower dan kincir air serta pergantian air setiap saat dengan pompa, yang selanjutnya dapat meningkatkan struktur komunitas plankton dan berdampak pada peningkatan produktivitas tambak. Sedangkan di tambak tradisional yang airnya dangkal dan pergantian airnya kurang lancar menyebabkan kondisi kualitas airnya berfluktuatif atau ekstrim, aplikasi pupuk urea dan SP36 kurang efektif dan menghambat respon tingkat serapan nutrisi oleh

Tabel 2. Keragaman jenis dan kelimpahan plankton yang didapatkan pada tambak intensif di Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur.

Kelompok/Kelas/Jenis	Kelimpahan plankton per stasiun pengamatan (ind./L)							
	St1	St2	St3	St4	St5	St6	St7	Rerata
Fitoplankton								
Bacillariophyceae								
1. <i>Melosira</i> sp	14	-	10	-	-	17	-	14
2. <i>Navicula</i> sp	658	925	76	-	398	-	58	423
3. <i>Nitzschia</i> sp	226	33	-	-	-	393	-	217
4. <i>Pleurosigma</i> sp	-	-	175	182	66	-	100	131
5. <i>Coscinodiscus</i> sp	135	-	414	-	402	85	154	238
Kelas Cyanophyceae								
6. <i>Oscillatoria</i> sp	-	-	-	-	-	-	23	23
7. <i>Gleocapsa</i> sp	-	-	10	20	-	38	-	23
8. <i>Merismopedia</i> sp	-	12	39	-	-	15	-	22
Chlorophyceae								
9. <i>Tetrastrum</i> sp	32	-	-	-	57	-	66	52
10. <i>Ceratium</i> sp	68	-	50	-	22	-	-	47
11. <i>Chaetoceros</i> sp	154	-	72	-	-	55	38	80
12. <i>Thallosionema</i> sp	-	-	10	30	-	-	-	20
Dinophyceae								
13. <i>Prorocentrum</i> sp	24	-	-	-	19	-	34	26
14. <i>Gyrodinium</i> sp	23	-	-	10	-	-	12	15
15. <i>Protoberidinium</i> sp	-	15	-	25	-	45	-	28
16. <i>Signema</i> sp	36	-	57	90	-	-	20	51
Zooplankton								
Crustaceae								
17. <i>Apocyclops</i> sp	80	-	-	10	-	-	35	42
18. <i>Copepoda</i> sp	170	-	-	10	-	75	10	66
19. <i>Tortanus</i> sp	-	44	-	-	25	-	-	35
20. <i>Acartia</i> sp	-	87	20	-	-	-	10	39
21. <i>Oithona</i> sp	-	-	77	-	40	-	-	59
22. <i>Temora</i> sp	59	-	-	50	-	25	10	36
Rotatoria								
23. <i>Brachionus</i> sp	130	-	-	275	-	88	-	164
Keragaman total (jenis/L)	14	6	12	10	8	10	13	-
Kelimpahan total (ind./L)	1809	1116	1010	702	1029	836	570	-

fitoplankton yang selanjutnya dapat menurunkan struktur komunitas plankton. Hal ini menunjukkan bahwa komunitas fitoplankton di tambak intensif lebih cepat dan efektif dalam merespon peningkatan nutrisi dibandingkan dengan di tambak tradisional, terbukti bahwa keragaman jenis plankton dan kelimpahan plankton di tambak intensif lebih tinggi serta sisa nutrisi seperti $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ dan bahan organik yang didapatkan di tambak intensif, masing-masing berkisar

0,0685-0,1724 mg/L, 0,0193-0,0216 mg/L dan 10,36-21,95 mg/L lebih rendah dari pada di tambak tradisional, masing-masing berkisar 0,0921-0,1956 mg/L, 0,1356-1,2206 mg/L dan 45,33-67,17 mg/L (Tabel 5). Rendahnya bahan organik di tambak intensif yang bersumber dari sisa pakan buatan dan hasil ekskresi udang selain disebabkan cara pemberian dan dosis pakan yang efektif melalui penerapan *automatic feeder* dengan rasio konversi pakan 1:1,2 artinya dengan

Tabel 3. Keragaman jenis dan kelimpahan plankton yang didapatkan pada tambak tradisional Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur.

Jenis plankton	Kelimpahan plankton per stasiun pengamatan (ind./L)							Rerata
	St1	St2	St3	St4	St5	St6	St7	
Fitoplankton								
Bacillariophyceae								
1. <i>Coscinodiscus</i> sp	-	251	-	68	-	154	57	133
2. <i>Gleotrichia</i> sp	38	55	-	-	123	-	20	59
3. <i>Navicula</i> sp	66	-	35	95	-	-	-	65
4. <i>Nitzschia</i> sp	415	214	-	-	255	98	25	198
5. <i>Pleurosigma</i> sp	30	-	57	-	-	-	40	42
Cyanophyceae								
6. <i>Gleocapsa</i> sp	22	49	-	20	-	-	-	30
7. <i>Oscillatoria</i> sp	-	10	-	-	310	-	136	118
Dinophyceae								
8. <i>Gyrodinium</i> sp	38	-	42	-	-	45	-	42
9. <i>Prorocentrum</i> sp	-	33	-	20	-	-	-	27
10. <i>Protoberidinium</i> sp	50	-	-	10	-	-	35	32
Zooplankton								
Crustaceae								
11. <i>Oithona</i> sp	77	16	-	-	-	-	17	37
12. <i>Tortanus</i> sp	10	-	-	-	-	30	15	18
Rotatoria								
13. <i>Brachionus</i> sp	30	-	-	25	-	-	50	35
Keragaman total (jenis/L)	10	7	3	6	3	4	9	-
Kelimpahan total (ind./L)	776	628	134	238	688	327	395	-

produksi 10 ton udang menghabiskan pakan buatan sebanyak 12 ton. Pakan yang tidak dikonsumsi 17% dari berat pakan yang diberikan perhari, selanjutnya dari 83% pakan yang dikonsumsi, 20% akan terbuang melalui kotoran, 17% akan diserap oleh tubuh dan sisanya sebesar 46% akan diekskresikan oleh tubuh dan digunakan untuk *maintenance*, kemudian sisa limbah bahan organik tersebut juga akan terbuang melalui *central drain* selama budidaya. Hal ini sesuai dengan Atjo (2013) dan Primavera (1994) dalam Goddard (1996).

Menurut Rachmansyah (2014), pada tambak intensif, kontribusi nutrisi N, P, dan C dari sisa pakan sebagai limbah organik yang terbuang ke dalam tambak dapat dioptimalkan melalui capaian nilai rasio konversi pakan menggunakan aplikasi *automatic feeder* dan retensi nutrisi dalam biomassa udang, maka *out put* nutrisi sebagai beban limbah semakin rendah sehingga dapat me-

ningkatkan kualitas air yang berdampak meningkatnya keragaman dan kelimpahan plankton. Pasokan oksigen melalui penggunaan kincir dan blower di tambak dapat memperlancar proses pernafasan dan respirasi plankton (zooplankton dan fitoplankton) sehingga dapat memacu pertumbuhan dan perkembangan plankton yang berdampak pada meningkatnya keragaman dan kelimpahan plankton. Limbah organik dari sisa pakan yang mengendap di dasar tambak intensif seperti bahan organik, NH₃-N, NO₂-N dan H₂SO₄ serta padatan tersuspensi dapat dibuang setiap saat melalui *central drain* untuk menjaga stabilitas kualitas air dalam kondisi tetap baik, hal ini berdampak terhadap cepatnya komunitas fitoplankton dalam merespon peningkatan nutrisi yang selanjutnya dapat meningkatkan keragaman dan kelimpahan plankton.

Menurut Pirzan dan Utojo (2010), umumnya di tambak tradisional yang kondisi

airnya dangkal memiliki suhu air tinggi hingga mencapai 37°C dan penggantian airnya hanya dilakukan pada saat pasang yaitu dua minggu sekali serta kualitas tanahnya sering bermasalah seperti pH rendah, bahan organik dan NH₃-N tinggi dan adanya pirit dapat menurunkan kondisi kualitas air sehingga aplikasi pupuk urea dan SP36 melalui pemupukan tidak efektif menyebabkan respon serapan unsur hara N dan P oleh fitoplankton tidak optimal, hal ini yang membatasi jumlah genus/keragamannya sulit untuk tumbuh dan berkembang. Disamping itu menurut Mahmud *et al.* (2012), penggunaan pupuk atau pemberian nutrisi tambahan di tambak tradisional dapat memberikan periode yang lebih lama bagi komunitas fitoplankton untuk tumbuh dan meningkatkan kepadatannya hingga pada akhirnya mengalami penurunan kepadatan ketika faktor pendukung lingkungannya sudah tidak dapat lagi mendukung pertumbuhan fitoplankton. Menurut Klemeneie *et al.* (2007) bahwa faktor utama yang mempengaruhi struktur komunitas fitoplankton adalah perubahan kondisi lingkungan perairan tambak yang disebabkan oleh pasang surut dan musim.

Keragaman jenis fitoplankton di tambak intensif dan tradisional, didominasi oleh kelas Bacillariophyceae (Gambar 2 dan 3). Diantara lima jenis fitoplankton di tambak intensif dan tradisional yang didapatkan dari kelas Bacillariophyceae, yang dominan ditemukan hampir di setiap stasiun adalah *Nanella* sp dengan kelimpahan terbesar yaitu 423 ind./L, kemudian *Coscinodiscus* sp 238 ind./L dan *Nitzschia* sp 217 ind./L serta *Melosira* sp dengan kelimpahan yang terkecil yaitu 14 ind./L, sedangkan di tambak tradisional jenis fitoplankton yang dominan ditemukan hampir di setiap stasiun pengamatan adalah *Nitzschia* sp dengan kelimpahan terbesar 198 ind./L, kemudian *Oscillatoria* sp dari kelas Cyanophyceae dengan kelimpahan 118 ind./L dan *Prorocentrum* sp dari kelas Dinophyceae dengan kelimpahan terkecil 27 ind./L. Kelas Bacillariophyceae merupakan diatom yang mengandung silikat, sedangkan

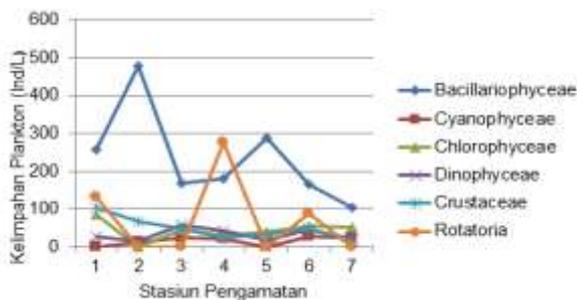
silikat sendiri merupakan unsur esensial dalam pembentukan dinding sel dan cangkang serta dapat melekat pada substrat. Menurut Effendi (2003), silika bersifat tidak larut dalam air maupun asam dan biasanya berada dalam bentuk koloid. Silika terdapat pada hampir semua batuan dan mudah mengalami pelapukan serta sumber alami utama silika adalah mineral kuarsa dan feldspar. Pada perairan payau dan laut, kadar silika berkisar 1.000-4.000 mg/L. Umumnya jenis fitoplankton dari kelas ini memiliki nilai gizi yang tinggi, mudah dicerna dan sangat baik terutama untuk kelangsungan hidup larva udang. Untuk penyediaan kebutuhan budidaya udang di tambak, jenis fitoplankton dari kelas ini merupakan pakan alami yang lebih disukai oleh udang dibandingkan dengan kelas lainnya (Gracia and Gracia, 1985; Herawati, 2008). Bacillariophyceae merupakan kelompok mikroalga yang berwarna kuning sampai coklat yang biasa disebut diatom. Diatom berupa mikroalga seluler, dapat membentuk koloni, dinding selnya mengandung silikat dan terdiri dari dua valve. Bentuknya ada yang simetri bilateral dan simetri radial. Kelas Bacillariophyceae atau diatom merupakan komunitas fitoplankton yang lebih baik dan lebih cepat merespon kenaikan nutrisi dibandingkan dengan komunitas fitoplankton lain (Mahmud *et al.*, 2012).

Umumnya jenis fitoplankton dari kelas Bacillariophyceae dalam penelitian ini, mendominasi tambak karena tersedianya unsur hara yang penting untuk pertumbuhannya dalam bentuk NH₃-N, NO₃-N dan NO₂-N akibat pemberian pakan buatan dan sisa metabolisme udang selama 3 bulan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Wijaya (2004) bahwa salah satu fitoplankton menguntungkan yang diharapkan tumbuh pada tambak yaitu kelas Bacillariophyceae yang tumbuh optimal pada umur udang antara 70 dan 90 hari dimana kondisi seperti ini mengalami pengkayaan nutrisi sehingga terjadi perubahan ekologi dan perubahan produktivitas. Menurut Nontji (2008),

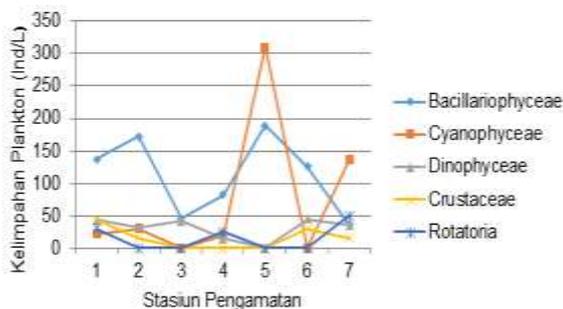
komponen fitoplankton dari kelas Bacillariophyceae atau diatom ini bersifat kosmopolit, cepat berkembang di perairan dan paling umum dijumpai di laut, mulai dari wilayah pesisir termasuk tambak hingga laut lepas.

Fitoplankton yang diharapkan untuk tumbuh adalah dari kelas Chlorophyceae dan Bacillariophyceae karena kedua kelas ini dapat dijadikan sebagai pakan alami bagi udang selain sebagai penambah oksigen di ko-lom air tambak (Elfinurfajri, 2009).

Jenis *Ceratium* sp, *Tetrastrum* sp, *Chaetoceros* sp, dan *Thallosionema* sp adalah fitoplankton dari kelas Chlorophyceae yang hanya didapatkan pada tambak intensif (Gambar 2 dan 3). Jenis-jenis tersebut meru-



Gambar 2. Kelimpahan plankton pada tingkat kelas di tambak intensif Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur.



Gambar 3. Kelimpahan plankton pada tingkat kelas di tambak tradisional Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur.

pakan mikroalga yang diharapkan tumbuh pada tambak, memiliki karakteristik morfolo-

logi secara umum bersifat uniseluler, berkoloni, berantai dan berwarna hijau serta melayang-layang pada permukaan air sehingga dapat berfotosintesis (Junda *et al.*, 2012).

Jenis *Oscillatoria* sp, *Gleocapsa* sp dan *Merismopedia* sp adalah fitoplankton dari kelas Cyanophyceae yang didapatkan pada tambak intensif (Gambar 2 dan 3), sedangkan di tambak tradisional didapatkan jenis *Oscillatoria* sp dari kelas Cyanophyceae yang dominan hanya pada stasiun pengamatan lima dengan kelimpahan 310 ind./L. Dominansi jenis *Oscillatoria* sp di tambak tersebut disebabkan saat aplikasi pupuk hingga 100 hari pemeliharaan udang dengan nilai rasio N/P terlihat rendah, disebabkan kondisi nutrien di tambak lebih didominasi oleh unsur hara P. Hal ini sesuai dengan yang dilakukan Budiardi *et al.* (2007), pada umur udang 100 hari pemeliharaan, kelimpahan jenis komunitas fitoplankton dari kelas Dynophyceae dan Cyanophyceae mendominasi perairan tambak di semua petak, disebabkan kondisi nutrien lebih didominasi oleh P dengan rasio N/P yang rendah. Melimpahnya jenis *Oscillatoria* sp di tambak tradisional pada stasiun lima yang letaknya dalam kawasan ekosistem air tawar, hal ini diduga merupakan respon jenis fitoplankton tersebut dalam menggunakan nutrien, terutama penggunaan fosfat. Menurut Mahmud *et al.* (2012), nitrogen merupakan faktor pembatas pertumbuhan komunitas fitoplankton yang umum pada tambak ekosistem pesisir, sedangkan pada tambak ekosistem air tawar lebih di pengaruhi oleh P sebagai faktor pembatas. Kelas Cyanophyceae memiliki karakteristik morfologi ada yang berfilamen dan tidak berfilamen, ada yang uniseluler dan berkelompok. Fitoplankton dari kelas ini yang kurang menguntungkan jika terjadi blooming (ledakan populasi) akan menyebabkan perairan berwarna hijau biru bahkan hitam karena mengeluarkan toksin yang berbahaya bagi udang sehingga udang tersebut akan mati sebelum masa panen (Junda *et al.*, 2012). Pada kelas areal Cyanophyceae ini juga dapat mendominasi diper-

mukaan air karena memiliki gelembung gas dalam tubuhnya sehingga dapat memudahkan untuk bergerak menuju permukaan air dan dapat terakumulasi di permukaan tersebut. Keadaan ini menjadi lebih buruk bila konsentrasi CO₂ rendah dan terjadi penurunan nutrisi secara ekstrim yang pada akhirnya mengakibatkan kematian masal dan menimbulkan penurunan konsentrasi oksigen terlarut untuk proses perombakannya. Bila kondisi tersebut terus berlangsung maka sisa-sisa plankton dapat menimbulkan racun di perairan (Budiardi *et al.*, 2007).

Keragaman jenis zooplankton yang didapatkan pada tambak intensif dan tradisional, didominasi oleh Crustaceae (Gambar 2 dan 3). Jenis zooplankton dari kelas Crustaceae di tambak intensif yaitu didominasi oleh *Copepoda* sp dengan kelimpahan terbesar 66 ind./L, kemudian *Oithona* sp 59 ind./L, *Apocyclops* sp 42 ind./L, *Acartia* sp 39 ind./L, *Temora* sp 36 ind./L dan kelimpahan yang terkecil yaitu *Tortanus* sp 35 ind./L, sedangkan di tambak tradisional didominasi oleh *Oithona* sp dan *Tortanus* sp, masing-masing dengan kelimpahan 37 ind./L dan 18 ind./L. Jenis zooplankton dari kelas Rotatoria di tambak intensif dan tradisional didominasi oleh *Brachionus* sp, masing-masing dengan kelimpahan 164 ind./L dan 35 ind./L. Jenis zooplankton dari kelas ini merupakan plankton air laut yang memiliki toleransi tinggi terhadap perubahan kondisi lingkungan perairan, seringkali masuk ke dalam tambak saat pergantian air dan berkembang dalam tambak sebagai pakan alami hewani yang lebih disukai oleh udang. Di perairan laut seringkali dijumpai kelas Crustaceae dan Rotatoria mendominasi komposisi zooplankton lainnya. Dominasi jenis zooplankton dari kelas Crustaceae dan Rotatoria ini juga ditemukan pada kawasan tambak budidaya udang yang sumber airnya langsung dari laut (Amin dan Suwoyo, 2012). Kelimpahan komunitas plankton di perairan tambak berfluktuatif bergantung pada musim, terdapat beberapa jenis fitoplankton dan zooplankton yang melimpah pada musim kemarau, sedangkan jenis lain-

nya melimpah pada musim hujan. Fluktuasi tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk suhu, pH, konsentrasi nutrisi, cahaya, cuaca, penyakit, pemangsa ikan dan zooplankton, kompetisi antara spesies, toksin alga (Boyd, 1990).

Dalam tingkat trofik rantai makanan, keberadaan komunitas zooplankton di perairan tambak tergantung dari fitoplankton sebagai sumber pakan dan energinya untuk hidup dan berkembang. Menurut Richardson (2008), zooplankton merupakan biota yang sangat penting perannya dalam rantai makanan. Zooplankton menjadi kunci utama dalam transfer energi dari produsen utama ke konsumen pada tingkatan pertama dalam trofik ekologi, selanjutnya zooplankton akan menjadi cadangan pakan alami bagi ikan. Zooplankton juga berguna dalam regenerasi nitrogen dengan proses penguraiannya sehingga berguna bagi bakteri dan produktivitas fitoplankton. Zooplankton dapat memfasilitasi penyerapan CO₂ dan memegang peranan dalam pendistribusian CO₂ dari permukaan ke dalam sedimen dasar perairan. Berdasarkan analisis sidik ragam, di tambak intensif jenis komunitas planktonnya lebih beragam dengan kelimpahannya lebih tinggi dibandingkan dengan tambak tradisional (Tabel 4). Hal ini disebabkan komunitas fitoplankton pada tambak intensif dapat dioptimal dengan mengoptimalkan kondisi kualitas air melalui pengoperasian kincir air dan blower dalam mengoptimalkan proses dekomposisi limbah organik, pengoperasian *automatic feeder* dalam ketepatan pemberian dan dosis pakan untuk meminimasi limbah organik, alat pembuangan *central drain* secara mekanis untuk mereduksi limbah organik dan senyawa yang beracun serta parameter kualitas airnya saling mendukung lebih cepat dan efektif untuk merespon peningkatan serapan unsur N dan P anorganik oleh fitoplankton yang berdampak pada peningkatan biomassa komunitas plankton selanjutnya mempengaruhi peningkatan biomassa udang. Sedangkan pada tambak tradisional komunitas fitoplankton sulit untuk tumbuh dan

Tabel 4. Keragaman jenis dan kelimpahan plankton pada setiap stasiun di tambak intensif dan tradisional Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur.

Parameter	Tambak intensif				Tambak tradisional			
	Minimum	Maksi- mum	Rerata	Simpangan baku	Minimum	Maksi- mum	Rerata	Simpangan baku
Keragaman (jenis/L)	6,0	14,0	10,43a	8,61	3,0	10,0	6,0b	3,87
Kelimpahan (ind./L)	570,0	1.809,0	1010,29a	1037,43	134,0	776,0	455,14b	573,46

Keterangan: Angka rerata dalam baris dengan notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$), $n = 3$.

berkembang disebabkan kondisi tambaknya yang dangkal dan pergantian airnya kurang lancar serta kualitas tanahnya bermasalah menyebabkan kualitas airnya berfluktuatif, sehingga respon penyerapan unsur N dan P anorganik oleh fitoplankton hasil pemupukan kurang efektif dan berdampak pada penurunan biomasa komunitas fitoplankton yang selanjutnya mempengaruhi penurunan biomassa udang atau ikan.

3.2. Kondisi Kualitas Perairan

Fitoplankton dan zooplankton merupakan mikroorganisme yang hidupnya melayang-layang dalam air dan bergerak mengikuti arus serta memiliki batas toleransi terhadap lingkungan. Batas toleransi terhadap perubahan lingkungan berbeda-beda pada setiap organisme. Respon terhadap efektivitas dan tingkat serapan nutrisi oleh komunitas fitoplankton di tambak intensif dan tradisional juga bervariasi yang dipengaruhi oleh parameter kualitas air. Parameter kualitas air tambak intensif dan tradisional yang diukur antara lain pH, suhu, kecerahan, Salinitas, oksigen terlarut, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, bahan organik dan padatan tersuspensi total (Tabel 5).

Tingkat pH air tambak, biasanya tidak merupakan ancaman langsung bagi kelangsungan hidup komunitas plankton karena jarang di dalam kolom air terdapat pH di atas nilai 9,0 atau di dalam sedimen dasar tambak pH nya dibawah 6,0. Kisaran nilai pH di

tambak intensif relatif stabil dengan kisaran netral hingga alkalis yaitu 7,32-8,43. Ke-stabilan nilai pH di tambak intensif sangat dipengaruhi alkalinitas sebagai *buffer* dan oksigen yang selalu tersedia dengan adanya kin-cir air dan blower serta pergantian air akan berpengaruh terhadap peningkatan keragaman dan kelimpahan fitoplankton yang selanjutnya mempengaruhi perkembangan komunitas plankton. Kisaran nilai pH di tambak tradisional yaitu 7,17-8,98. Kisaran pH ini masih cukup tinggi karena selama pemeliharaan, selain tambak dipupuk juga dilakukan pergantian air dan pemberian kapur dengan dosis yang memadai untuk menjaga agar kondisi pH tambak tetap stabil dan berpengaruh terhadap kelimpahan fitoplankton yang selanjutnya dapat mempengaruhi perkembangan komunitas plankton. Menurut Poernomo (1992), umumnya tambak tradisional yang sudah lama beroperasi memiliki pH air berkisar 7,5–8,7, sedangkan tambak baru di kawasan mangrove yang belum di reklamasi, pH nya sangat rendah yaitu dibawah 5. Nilai pH air optimum tambak udang berkisar 8,0–8,5. Pengaruh langsung pada pH rendah yaitu organisme budidaya selalu lembek karena tidak dapat membentuk kulit baru, sedangkan pada pH tinggi menyebabkan kadar amonia bersifat toksik terhadap organisme tersebut. Menurut Effen-di (2003), sebagian besar biota akuatik termasuk di dalamnya plankton sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH 7-

Tabel 5. Peubah kualitas air tambak intensif dan tradisional di Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur.

Peubah kualitas air	Tambak intensif	Tambak tradisional
Suhu (°C)	27,1-30,3	28,5-37,2
Kecerahan (cm)	37-43	41-47
Salinitas (ppt)	15-30	8-38
pH	7,32-8,43	7,17-8,98
Oksigen terlarut (mg/L)	4,52-7,65	3,76-9,20
NO ₃ (mg/L)	0,0685-0,1724	0,0921-0,1956
NO ₂ (mg/L)	0,0046-0,0107	0,0084-0,1349
NH ₃ (mg/L)	0,0181-0,0229	0,3282-0,9719
PO ₄ (mg/L)	0,0193-0,0216	0,1356-1,2206
Bahan Organik Total (mg/L)	10,36-21,95	45,33-67,17
Padatan Tersuspensi (mg/L)	7-54	6-158

8,5 serta pada pH 4,5–5,5 dapat menghambat proses nitrifikasi. Batas toleransi organisme hidup terhadap pH bervariasi dan dipengaruhi antara lain suhu, oksigen terlarut, salinitas, alkalinitas, jenis organisme dan tempat hidupnya (Astuty, 2002).

Suhu pada tambak intensif yang didapatkan cukup stabil dengan kisaran 27,1–30,3°C. Kondisi tambak intensif yang airnya dalam yaitu 175–180 cm, suhunya lebih stabil dibandingkan dengan tambak tradisional yang umumnya dangkal dengan kisaran 28,5–37,2°C. Tingginya suhu pada tambak tradisional selain disebabkan tambaknya dangkal juga pada pelaksanaan penelitian ini bertepatan dengan musim kemarau. Menurut Simon (1988), pertumbuhan organisme akuatik utamanya plankton akan lebih baik pada tambak dengan kedalaman airnya lebih dari 70 cm karena kelangsungan hidup plankton sangat dipengaruhi oleh kondisi sekelilingnya, sehingga pada kedalaman tersebut akan tercapai suhu yang sesuai dengan kebutuhan hidup bagi plankton dan udang. Meningkatnya suhu air tambak seiring dengan meningkatnya konsumsi oksigen yang dibutuhkan oleh komunitas plankton. Menurut Poernomo (1992), persyaratan suhu air tambak udang berkisar 26–33°C dan kisaran optimumnya 29–31°C. Kisaran suhu yang mendukung pertumbuhan fitoplankton dan udang yaitu 20–30°C (Astuty, 2002 dan Isdarmawan, 2005).

Sedangkan menurut Rianto (2008) bahwa suhu secara langsung berpengaruh dalam mengontrol laju berbagai proses metabolisme dalam sel mikroalga. Laju proses metabolisme akan meningkat seiring dengan kenaikan suhu. Laju optimum proses metabolisme tersebut dapat dicapai pada kisaran suhu 24–31°C (Darmono, 2001). Jenis fitoplankton dari kelas Bacillariophyceae dan Chlorophyceae cenderung lebih banyak ditemukan dan kondisinya stabil. Jenis fitoplankton dari kedua kelas ini tumbuh baik, masing-masing pada kisaran 30–35°C dan 20–30°C serta Cyanophyceae dapat bertoleransi terhadap kisaran suhu yang lebih tinggi (di atas 35°C) dibandingkan dengan kisaran suhu pada kelas Bacillariophyceae dan Chlorophyceae (Wijaya, 2009).

Kisaran nilai kecerahan pada tambak intensif yaitu 37–43 cm relatif sama dengan kecerahan pada tambak tradisional yaitu 41–47 cm berarti intensitas cahaya matahari dari kedua tambak tersebut sampai masuk ke dalam kolom perairan tambak sehingga akan mempengaruhi komunitas fitoplankton sebagai organisme autotrof dalam melakukan proses fotosintesis (Arman dan Supriyanti, 2007). Kelimpahan fitoplankton selama pemeliharaan udang di tambak ditunjukkan oleh nilai kecerahan yang semakin kecil pada setiap waktu pengamatan. Semakin tingginya kelimpahan fitoplankton akan meningkatkan

turbiditas (kekeruhan) atau menurunkan kecerahan air (Budiardi *et al.*, 2007). Saat pengukuran kecerahan menggunakan sechidisk terlihat dari permukaan tambak, warna air berwarna hijau kecoklatan yang menjadi indikasi melimpahnya jenis fitoplankton dari kelas Bacillariophyceae merupakan pakan alami yang baik untuk budidaya udang dan dapat menjamin oksigen terlarut tetap tersedia dengan layak bagi udang yang dibudidayakan (Junda *et al.*, 2013 dan Atmomarsono *et al.*, 2011).

Kisaran salinitas pada tambak intensif yaitu 15-30 ppt merupakan nilai salinitas yang optimum karena salinitas tersebut selalu dipantau secara kontinyu dan teratur melalui pencampuran air tawar dan laut yang dikondisikan selalu optimum bagi kelangsungan hidup plankton dan udang yang dibudidayakan. Salinitas pada tambak tradisional berkisar 8-38 ppt, tingginya salinitas (38 ppt) karena sampling dilakukan pada kawasan tambak dangkal dan saat penelitian bertepatan dengan musim kemarau disertai dengan suhu air tambak yang tinggi ($37,2^{\circ}\text{C}$) akan mempercepat evaporasi dan meningkatnya salinitas. Umumnya jenis fitoplankton dan zooplankton yang didapatkan di tambak tradisional memiliki toleransi yang tinggi terhadap perubahan salinitas dan tingginya salinitas serta suhu air tambak diduga sebagai faktor pembatas bagi pertumbuhan beberapa jenis plankton dan udang. *Oscillatoria* sp termasuk salah satu jenis dari kelas Cyanophyceae yang dapat beradaptasi dengan salinitas mencapai 90 ppt dan suhu mencapai 37°C (Pirzan dan Utojo, 2010). Hal ini sesuai dengan pengamatan Utojo dan Pirzan (2009) yang mengungkapkan bahwa hanya dari jenis *Oscillatoria* sp yang ditemukan pada salinitas tinggi (>100 ppt) di tambak bandeng dan garam.

Kisaran oksigen terlarut pada tambak intensif cukup stabil yaitu 4,52–7,65 mg/L. Kestabilan oksigen terlarut karena adanya kincir air dan blower serta pergantian air yang dilakukan secara kontinyu dan teratur sehingga kebutuhan komunitas plankton dan

udang akan oksigen selalu terpenuhi walaupun menjelang pagi hari saat oksigen kritis bagi kehidupan plankton dan udang. Manfaat kincir air dan blower yaitu menambah oksigen dalam air dengan mengambil oksigen dari udara dan apabila oksigen terlarut dalam air mencapai titik jenuh (10 mg/L) akan dikeluarkan ke udara bebas. Hal ini akan berpengaruh terhadap laju kecepatan proses dekomposisi dan oksidasi limbah bahan organik serta berdampak pada peningkatan kelimpahan fitoplankton yang selanjutnya mempengaruhi perkembangan komunitas plankton. Persyaratan kualitas air bagi tambak udang berkisar 3–10 mg/L dan optimumnya berkisar 4–7 mg/L (Poernomo, 1992). Kisaran oksigen terlarut di tambak tradisional yaitu 3,76–9,20 mg/L. Tingginya oksigen terlarut yang didapatkan pada tambak tradisional disebabkan terdapat tambahan oksigen dari hasil fotosintesis fitoplankton. Peningkatan kelimpahan fitoplankton umumnya seiring dengan peningkatan kandungan klorofil-a. Menurut Budiardi *et al.* (2007) bahwa fitoplankton tergolong organisme autotrof sehingga dengan memanfaatkan energi dari sinar matahari melalui klorofil dapat mengolah karbon dioksida dan senyawa anorganik lainnya menjadi senyawa organik melalui fotosintesis dan hasil akhirnya berupa oksigen. Kandungan oksigen terlarut di perairan alami biasanya kurang dari 10 mg/L dan berfluktuasi secara harian dan musiman, tergantung pada pencampuran dan pergerakan masa air, aktivitas fotosintesis dan respirasi fitoplankton, pernafasan zooplankton dan limbah yang masuk ke badan air (Effendi, 2003).

Di perairan tambak, $\text{NO}_3\text{-N}$ adalah bentuk utama N dan sebagai nutrisi utama bagi pertumbuhan fitoplankton. $\text{NO}_3\text{-N}$ sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil serta senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan dan berperan dalam transfer energi di dalam sel fitoplankton. Sedangkan $\text{PO}_4\text{-P}$ adalah bentuk P yang merupakan unsur esensial bagi fitoplankton, sehingga unsur ini menjadi faktor pembatas bagi fitoplankton dan sangat

mempengaruhi tingkat produktivitas perairan serta berperan dalam transfer energi di dalam sel fitoplankton (Effendi, 2003). Dengan kondisi kualitas air di tambak intensif yang optimum melalui pengoperasian peralatan tambak yang serba terkontrol, parameter kualitas air yang satu dengan lainnya saling mendukung dalam mempercepat respon penyerapan nutrisi atau unsur hara N dan P oleh fitoplankton melalui fiksasi $\text{NO}_3\text{-N}$ dan $\text{PO}_4\text{-P}$ yang bersumber dari hasil dekomposisi limbah organik (sisa pakan buatan dan ekskresi udang). Pada tambak tradisional umumnya dangkal dan pergantian airnya kurang lancar sehingga parameter kualitas air yang satu dengan lainnya saling menghambat, yang berdampak pada respon penyerapan nutrisi atau unsur hara N dan P dari hasil pempukan oleh komunitas fitoplankton kurang efektif dan lambat sehingga akan menghambat perkembangan keragaman jenis dan kelimpahan fitoplankton yang selanjutnya dapat menurunkan komunitas plankton. Hal ini diperkuat dengan hasil penelitian Mahmud *et al.* (2012) bahwa perbedaan konsentrasi $\text{NO}_3\text{-N}$ dan $\text{PO}_4\text{-P}$ di perairan tambak disebabkan adanya respon komunitas fitoplankton dalam menggunakan nutrisi di perairan berbeda. Hal ini ditunjukkan bahwa produktivitas tinggi pada ekosistem pesisir dipengaruhi oleh N sebagai faktor pembatas dan pada ekosistem air tawar dipengaruhi oleh P sebagai faktor pembatas. Nitrogen adalah faktor pembatas pertumbuhan fitoplankton yang umum pada ekosistem pesisir.

Pada tambak intensif konsentrasi $\text{NO}_2\text{-N}$ berkisar 0,0046-0,0107 mg/L dan tambak tradisional berkisar 0,0084-0,1349 mg/L. Menurut Effendi (2003), di perairan tambak, $\text{NO}_2\text{-N}$ biasanya ditemukan dalam jumlah yang sangat sedikit, lebih sedikit dari pada $\text{NO}_3\text{-N}$ karena bersifat tidak stabil dengan keberadaan oksigen. $\text{NO}_2\text{-N}$ merupakan bentuk peralihan antara $\text{NH}_3\text{-N}$ dan $\text{NO}_3\text{-N}$ kan 1:1,2 artinya dengan produksi 10 ton udang menghabiskan pakan buatan sebanyak 12 ton. Pakan yang tidak dikonsumsi 17% dari berat pakan yang diberikan per hari,

(nitrifikasi) yang berlangsung pada kondisi aerob, dan antara $\text{NO}_3\text{-N}$ dan gas N (denitrifikasi) yang berlangsung pada kondisi anaerob.

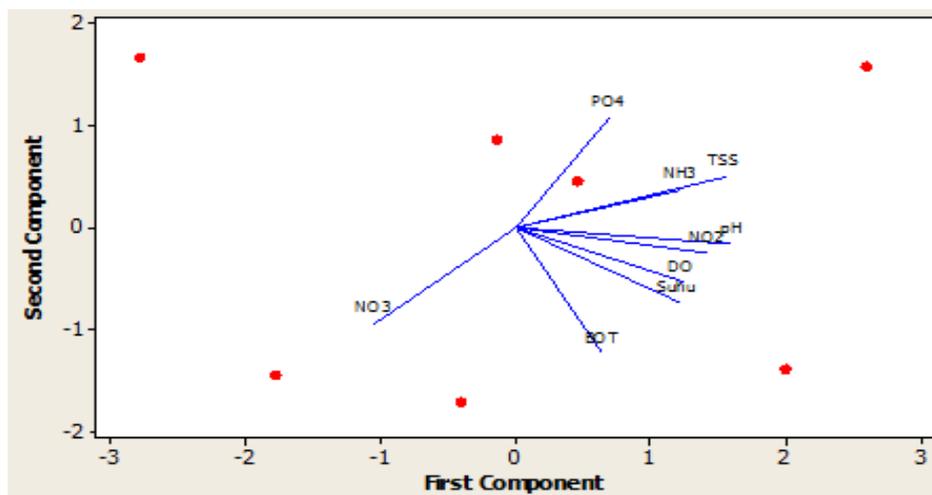
Pada tambak intensif konsentrasi $\text{NH}_3\text{-N}$ berkisar 0,0181-0,0229 mg/L dan tambak tradisional berkisar 0,3282-0,9719 mg/L, $\text{NH}_3\text{-N}$ yang terukur di perairan tambak berupa amonia total yang terdiri dari NH_3 dan NH_4^+ dan masih layak sebagai media budidaya tambak. Pada tambak intensif amonia sebagian besar dalam bentuk NH_4^+ yang dapat terionisasi karena tersedianya oksigen terlarut dan sumber N dari NH_4^+ tidak bersifat toksik terhadap organisme akuatik dan dapat dimanfaatkan secara langsung oleh fitoplankton. Pada tambak tradisional dengan tingginya pH hingga 8,98 sebagian besar amonia tidak terionisasi berupa NH_3 yang bersifat toksik terhadap organisme akuatik termasuk fitoplankton. Toksisitas amonia terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, pH dan suhu. Menurut Effendi (2003), pada pH 7 atau kurang, sebagian besar amonia akan mengalami ionisasi. Sebaliknya pada pH lebih besar dari 7, amonia tak terionisasi yang bersifat toksik terdapat dalam jumlah yang lebih banyak. Persyaratan kadar amonia total air tambak udang yaitu 1,0 mg/L dengan optimumnya 0,1 mg/L (Poernomo, 1992). Bahan organik pada tambak intensif berkisar 10,36 - 21,95 mg/L, berasal dari sisa pakan buatan dan ekskresi udang. Tersedianya kincir air dan blower memberikan oksigen terlarut selalu tersedia dan tambak selalu dalam kondisi aerob, hal ini yang merespon bakteri pengurai untuk mempercepat proses dekomposisi limbah organik menjadi unsur hara N dan P yang difiksasi menjadi $\text{NO}_3\text{-N}$ dan $\text{PO}_4\text{-P}$. Kondisi tersebut yang efektif dan dapat mempercepat serapan nutrisi terhadap pertumbuhan fitoplankton. Penerapan *automatic feeder* dengan rasio konversi pasc selanjutnya dari 83% pakan yang dikonsumsi, 20% akan terbuang melalui kotoran, 17% akan diserap oleh tubuh dan sisanya sebesar 46% akan diekskresikan oleh tubuh

dan digunakan untuk *maintenance*, kemudian sisa limbah bahan organik tersebut juga akan terbuang melalui *central drain* selama berlangsungnya budidaya. Menurut Poernomo (1988), sebagian besar pakan yang dimakan oleh udang dirombak menjadi daging atau jaringan tubuh, sedangkan sisanya dibuang berupa kotoran padat (feses) dan terlarut (amonia). Dengan kondisi kualitas air di tambak intensif yang relatif optimum akan berdampak pada peningkatan kelimpahan fitoplankton yang selanjutnya mempengaruhi struktur komunitas plankton. Pada tambak tradisional, bahan organik yang didapatkan berkisar 45,33-67,17 mg/L umumnya berasal dari kelekap dan tumbuhan air yang telah mati serta sisa ekskresi udang atau ikan. Bahan organik yang terlalu banyak menumpuk di dasar perairan tambak tradisional yang kondisinya anaerob dapat menghambat kelangsungan hidup dan pertumbuhan plankton sehingga berdampak pada penurunan komunitas plankton. Padatan tersuspensi yaitu padatan yang tidak lolos pada kertas saring ukuran 20 μm atau tidak larut dalam air dan hanya melayang-layang dalam air. Padatan tersuspensi tersebut umumnya berupa bahan organik dan anorganik serta mikroorganisme. Padatan tersuspensi total di tambak intensif berkisar 7–54 mg/L, sedangkan di tambak tradisional yaitu 6–158 mg/L. Kandungan

bahan organik yang tinggi pada tambak intensif dapat menurunkan kualitas air, sedangkan pada tambak tradisional sangat diperlukan untuk perkembangan plankton sebagai pakan alami terutama pada tingkat larva udang dan ikan.

3.4. Hubungan Kualitas Air dengan Kelimpahan Plankton di Tambak

Untuk menyederhanakan variabel kualitas air yang diamati di tambak intensif dengan cara mereduksi dimensinya dengan menggunakan prinsip analisis komponen (PCA) dapat dilihat pada Gambar 4. Parameter kualitas airnya terdiri dari 9 komponen (PC1 hingga PC9) yaitu oksigen terlarut (DO), suhu, pH, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, bahan organik total, padatan tersuspensi total dan $\text{NH}_3\text{-N}$. Eigen value adalah nilai varian komponen utama (PC). Eigen value untuk $\text{NO}_3\text{-N}$ dan $\text{NH}_3\text{-N}$. Eigen value adalah nilai varian komponen utama (PC). Eigen value untuk PC1, PC2 dan PC3 yaitu 3,6687; 2,2119 dan 1,6072. Eigen value kedua komponen utama (PC1 dan PC2) mewakili 40, 8% dan 24,6% dari seluruh variabilitas. Artinya bila 9 variabel direduksi menjadi 2 variabel, maka kedua variabel baru dapat menjelaskan 65,4% dari total variabilitas (9 variabel). Selanjutnya apabila dipadatkan menjadi 3



Gambar 4. Komponen hasil PCA variabel kualitas air di tambak intensif yang bebas multikolinearitas.

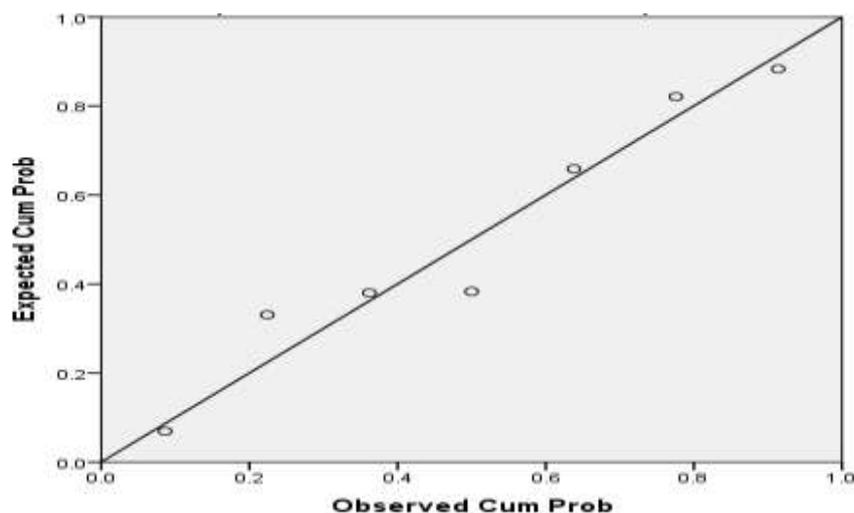
variabel yaitu PC3 17,9%, maka ketiga variabel sudah dapat menjelaskan 83,3% dari total variabilitas (9 variabel). Terdapat tiga komponen utama variabel kualitas air yang berkorelasi nyata dengan kelimpahan *Navicula* sp yaitu $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, dan padatan tersuspensi total. Besarnya pengaruh tiga komponen tersebut terhadap kelimpahan *Navicula* sp di tambak intensif ditunjukkan oleh nilai R^2 (koefisien determinasi) sebesar $0,834 = 83,3\%$, berarti bahwa besarnya pengaruh ketiga komponen tersebut berasal dari hasil analisis model regresi dan 16,7% berasal dari luar model regresi ini. Hubungan antara ketiga komponen kualitas air dengan kelimpahan *Navicula* sp dapat dilihat pada Gambar 5. Dengan demikian model regresi tersebut dapat diprediksi kelimpahan *Navicula* sp di tambak intensif dari persamaan sebagai berikut:

$$Y=302,143-199,457X_1+67,498X_2+6,749X_3$$

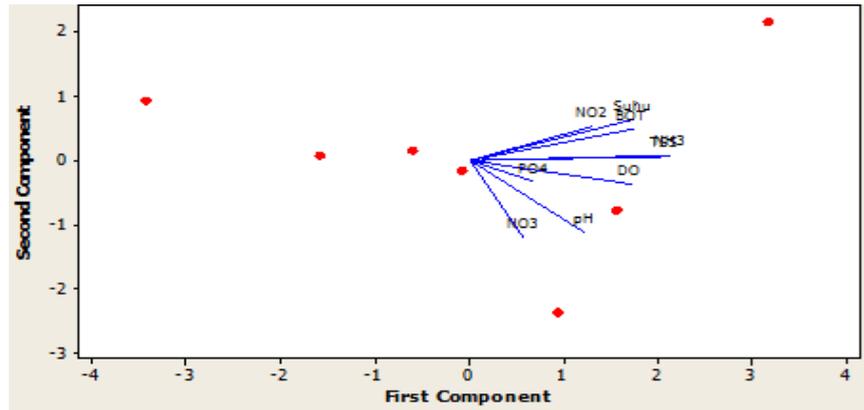
dimana: Y=kelimpahan *Navicula* sp (ind./L); $X_1= \text{NH}_3\text{-N}$ (mg/L); $X_2=\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/L); $X_3= \text{padatan tersuspensi total}$.

Dari persamaan ini dapat dijelaskan bahwa meningkatnya parameter kualitas air di tambak intensif seperti $\text{NO}_3\text{-N}$ dan padatan tersuspensi total, menyebabkan kelim-

pahan *Navicula* sp meningkat, dan tingginya $\text{NH}_3\text{-N}$ menyebabkan kelimpahan *Navicula* sp menurun (Priyatno, 2008). Untuk menye-derhanakan variabel kualitas air yang diamati ditambak tradisional dengan cara mereduksi dimensinya menggunakan prinsip analisis komponen (PCA) dan dapat dilihat pada Gambar 6. Parameter kualitas airnya terdiri dari 9 komponen (PC1 hingga PC9) yaitu oksigen terlarut (DO), suhu, pH, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, bahan organik total, padatan tersuspensi total dan $\text{NH}_3\text{-N}$. Eigen value adalah nilai varian komponen utama (PC). Eigen value untuk PC1, PC2, PC3, dan PC4 yaitu 4,6644; 1,9674; 1,0742, dan 0,8729. Eigen value ketiga komponen utama (PC1, PC2 dan PC3) mewakili 41,8%; 21,9% dan 11,8% dari seluruh variabilitas. Artinya bila 9 variabel direduksi menjadi 3 variabel, maka ketiga variabel baru dapat menjelaskan 75,5% dari total variabilitas (9 variabel). Selanjutnya apabila dipadatkan menjadi 4 variabel yaitu PC4 10, 1%, maka keempat variabel sudah dapat menjelaskan 85,6% dari total variabilitas (9 variabel). Terdapat empat komponen utama variabel kualitas air yang berkorelasi nyata dengan kelimpahan *Nitzschia* sp yaitu oksigen terlarut, pH, padatan tersuspensi total, dan $\text{NH}_3\text{-N}$. Besarnya pe-



Gambar 5. Hubungan antara $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ dan padatan tersuspensi total dengan kelimpahan *Navicula* sp di tambak intensif Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur.



Gambar 6. Komponen hasil PCA variabel kualitas air di tambak tradisional yang bebas multikolinearitas.

ngaruh empat komponen tersebut terhadap kelimpahan *Nitzschia* sp di tambak tradisional ditunjukkan oleh nilai R^2 (koefisien determinasi) sebesar $0,856 = 85,6\%$, berarti bahwa besarnya pengaruh keempat komponen tersebut berasal dari hasil analisis model regresi dan $14,4\%$ berasal dari luar model regresi ini. Hubungan antara keempat komponen kualitas air dengan kelimpahan *Navicula* sp dapat dilihat pada Gambar 7. Dengan demikian model regresi tersebut dapat diprediksi kelimpahan *Nitzschia* sp di tambak intensif dari persamaan sebagai berikut:

$$Y = 143,857 - 32,554X_1 - 29,519X_2 - 32,002X_3 - 33,244X_4$$

dimana: Y=Kelimpahan *Nitzschia* sp (ind./L); X_1 =oksigen terlarut (mg/L); X_2 =pH; X_3 =Padatan tersuspensi total; X_4 = $\text{NH}_3\text{-N}$

Dari persamaan ini dapat dijelaskan bahwa dengan tingginya parameter kualitas air di tambak tradisional seperti oksigen terlarut, pH, padatan tersuspensi dan $\text{NO}_3\text{-N}$, menyebabkan kelimpahan *Nitzschia* sp menurun (Priyatno, 2008).

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian komunitas plankton di tambak intensif didapatkan 23 jenis keragaman yang terdiri dari 16 jenis fitoplankton dan 7 jenis zooplankton dengan kelimpahan

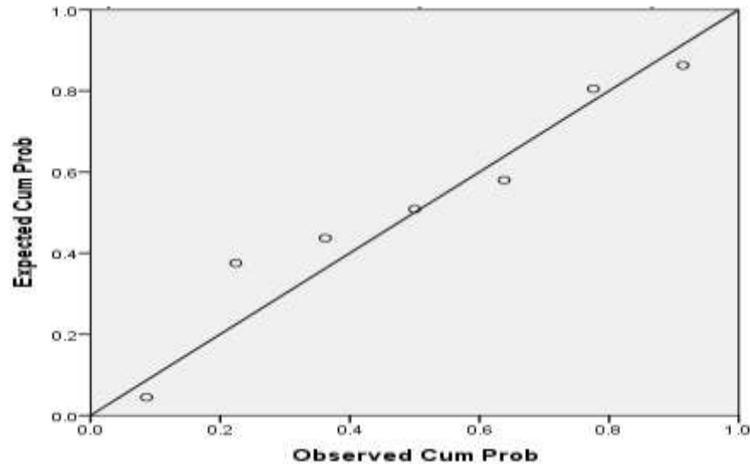
plankton berkisar 570–1.809 ind./L dan di tambak tradisional didapatkan 13 jenis keragaman yang terdiri dari 10 jenis fitoplankton dan 3 jenis zooplankton dengan kelimpahan plankton berkisar 134–776 ind./L.

Jenis fitoplankton di tambak intensif yang dominan adalah *Navicula* sp dengan kelimpahan 423 ind./L dan di tambak tradisional adalah *Nitzschia* sp dengan kelimpahan 198 ind./L, masing-masing dari kelas Bacillariophyceae dan jenis *Oscillatoria* sp dari kelas Cyanophyceae hanya melimpah pada stasiun pengamatan lima dengan kelimpahan 310 ind./L. Jenis zooplankton yang dominan adalah *Copepoda* sp dengan kelimpahan 66 ind./L, dan di tambak tradisional adalah *Oithona* sp dengan kelimpahan 37 ind./L.

Parameter kualitas air di tambak intensif kondisinya relatif stabil dan optimum, sedangkan di tambak tradisional berfluktuatif atau ekstrim.

Struktur komunitas plankton (keragaman jenis dan kelimpahan plankton) di tambak intensif lebih tinggi dari pada di tambak tradisional.

Meningkatnya konsentrasi $\text{NO}_3\text{-N}$ dan padatan tersuspensi total di tambak intensif, menyebabkan kelimpahan *Navicula* sp meningkat dan tingginya $\text{NH}_3\text{-N}$ dapat menurunkan kelimpahan *Navicula* sp. Tingginya oksigen terlarut, pH, padatan tersuspensi dan $\text{NO}_3\text{-N}$ di tambak tradisional dapat menurunkan kelimpahan *Nitzschia* sp.



Gambar 7. Hubungan antara oksigen terlarut, pH, padatan tersuspensi total dan $\text{NH}_3\text{-N}$ dengan kelimpahan *Nitzschia* sp di tambak tradisional Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M. dan H.S. Suwoyo. 2012. Jenis dan komposisi plankton pada budidaya polikultur udang windu, udang vaname, ikan bandeng dan rumput laut di tambak. Prosiding forum inovasi teknologi akuakultur 2011. Jilid 2. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan Budidaya Tahun 2011. Jakarta. Hlm.:773-778.
- Anonim. 2012. Kabupaten Probolinggo dalam angka 2012. Kerjasama Badan Pusat Statistik Kabupaten Probolinggo dan Pemerintah Daerah Kabupaten Probolinggo. 332hlm.
- APHA (American Public Health Association). 1998. Standard methods for examination of water and wastewater. Twentieth edition. APHA-AWWA-WEF, Washington, DC. 1015p.
- APHA (American Public Health Association). 2005. Standard methods for examination of water and wastewater. Fourteenth edition. APHA-AWWA-WPVC Published, American public health association, 8001 Street, New York. 10-167pp.
- Arman, E. dan S. Supriyanti. 2007. Struktur komunitas perfiton pada substrat kaca di lokasi pemeliharaan kerang hijau (*Perna viridis*) di perairan Teluk Jakarta. Peneliti manajemen sumberdaya perairan. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Departemen Kelautan dan Perikanan, 72hlm.
- Astuty, S., Iskandar, dan H. Suherman. 2002. Studi kualitas air pada petakan pendederan benih udang windu (*Penaeus monodon* Fab.) di Kabupaten Indramayu. Universitas Pajajaran, Bandung. 98hlm.
- Atmomarsono, M., Muliani, Nurbaya, dan Susianingsih, E., Nurhidayah dan Rachmansyah. 2011. Petunjuk teknis aplikasi bakteri probiotik RICA pada budidaya udang windu di tambak. Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan Budidaya, Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau, Maros. 20hlm.
- Atjo, H. 2013. Inovasi budidaya udang. Lebih efisien dengan suprintensif. Agrina (Inspirasi agribisnis Indonesia). Jakarta. 27hlm.
- Botes, L. 2003. Phytoplankton identification catalogue globallast monograph series no. 7. Programme coordination unit

- global ballast water management programme international marine organization. London. 77p.
- Boyd, C.F. 1990. Water quality in ponds for aquaculture. Auburn University, Alabama USA. 482p.
- Darmono. 2001. Lingkungan hidup dan pencemaran hubungan dengan toksikologi senyawa logam, Universitas Indonesia. Jakarta. 78hlm.
- Effendi, H. 2003. Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumberdaya dan lingkungan perairan. Kanisius (Anggota IKAPI). Yogyakarta. 258hlm.
- Elfinulfajri, F. 2009. Struktur komunitas fitoplankton serta keterkaitannya dengan perairan di lingkungan tambak udang intensif. *J. Bionature*, 13(2):108-115.
- Goddard, S. 1996. Feed management in intensive aquaculture. Chapman and Hall. Black Well Sci. Publ., Oxford. 155p.
- Gracia, W.U. and R.U. Gracia. 1985. Prawn Farming. Manila. 163p.
- Haryadi, S., I.N.N. Suryodiputro dan B. Widigdo. 1992. Limnologi penuntun praktikum dan metode analisis air. Fakultas Perikanan, Institut Pertanian Bogor. Bogor. 57hlm.
- Herawati, V.E. 2008. Analisis kesesuaian perairan Segara Anakan Kabupaten Cilacap sebagai lahan budidaya kerang totok (*Polymesoda erosa*) ditinjau dari aspek produktivitas primer menggunakan penginderaan jauh. Tesis Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro. Semarang. 115 hlm.
- Irawan, N., dan S.P. Astuti. 2006. Mengolah data statistik dengan mudah menggunakan minitab 14. Yogyakarta. 469 hlm.
- Isdarmawan, N. 2005. Kajian tentang pengaturan luas dan waktu bagi degradasi limbah tambak dalam upaya pengembangan tambak berwawasan lingkungan di Kecamatan Wonokerto Kabupaten Pekalongan. Universitas Diponegoro. Semarang. 96hlm.
- Junda, M., Hijriah, dan Y. Hala. 2012. Identifikasi perifiton sebagai penentu kualitas air pada tambak ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *J. Bionature*, 1(14):16-24.
- Klemeneie, A.K., D. Vrhovsek, and Z.N., Smolar. 2007. Microplanktonic and microbenthic algal assemblages in the coastal brackish Lake Fiesa and the Dragonja Estuary (Slovenia). *Nat. Croat.*, 16(1):63-78.
- Mahmud, S., Anurohim, dan T.D. Tjahyaningrum. 2012. Struktur komunitas fitoplankton pada tambak dengan pupuk dan tambak tanpa pupuk di Kelurahan Wonorejo, Surabaya, Jawa Timur. *J. Sains dan Seni ITS*, 1:10-15.
- Newell, G.E. and R.C. Newell. 1977. Marine plankton. A practical guide 5th (ed.). Hutchinson of London. 244p.
- Nontji, A. 2008. Plankton laut. LIPI Press, Jakarta. 331hlm.
- Pirzan, A.M. dan P. R. Pong-Masak. 2007. Hubungan produktivitas tambak dengan keragaman fitoplankton di Sulawesi Selatan. *Akuakultur*, 2(2):211-220.
- Pirzan, A.M. dan Utojo. 2010. Keragaman plankton dan kondisi lingkungan perairan kawasan pertambakan Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan. *Dalam: Syamsuddin, S., Yuliati, H., Sipahutar, Safuridjal, Basit, A., S.Z., Suharto, Siregar, A.N., Rahardjo, S., Surya, R., dan Sanofa, V. (eds.).* Prosiding seminar nasional perikanan 2010. Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M). Sekolah Tinggi Perikanan. Jakarta. Hlm.:8-15.
- Priyatno, D. 2008. Mandiri belajar SPSS (statistical product and service solution) untuk analisis data dan uji statistik. Media Kom. 143hlm.
- Poernomo, A. 1988. Pembuatan tambak udang di Indonesia. Seri pengembangan No. 7, 1988. Departemen Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Balai Penelitian

- Perikanan Budidaya Pantai. Maros. 30hlm.
- Poernomo, A. 1992. Pemilihan lokasi tambak udang berwawasan lingkungan. Seri pengembangan hasil penelitian No. PHP/KAN/PATEK/004/1992. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan bekerjasama dengan USAID/FRDP. Jakarta. 40hlm.
- Rachmansyah, Makmur dan M.C., Undu. 2014. Estimasi beban limbah nutrisi pakan dan daya dukung kawasan pesisir untuk tambak udang vaname superintensif. *Akuakultur*, 3(9):439-448.
- Rianto, R., A. Ariyani, A.Widyawan, D. Hendrayanti, W. Wardhana, dan B.W. Prihantini. 2008. Biodiversitas cyanobacteri dari beberapa situ/danau di kawasan Jakarta-Depok-Bogor, Indonesia. Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia. Jakarta, 86hlm.
- Richardson, A.J. 2008. In hot water: zooplankton and climate change. *ICES J. of Marine Science*, 65:279-295.
- Santosa, B. 2007. Data mining terapan dengan matlab. Edisi pertama. Cetakan pertama 2007. Graha Ilmu. Yogyakarta. 148hlm.
- Setyobudiandi, I., Sulistiono, F.Yulianda, C. Kusuma, S. Hariyadi, A. Damar, A. Sembiring, dan Bahtiar. 2009. Sampling dan analisis data perikanan dan kelautan: terapan metode pengambilan contoh di wilayah pesisir dan laut Makaira, FPIK, IPB, Bogor. 313hlm.
- Steel, R.G.D & J.H. Torrie. 1995. Prinsip dan prosedur statistika. Alih bahasa: Bambang Sumantri. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta, 748hlm.
- Simon, C.M. 1988. Cara memonitor dan mengatur kualitas air pada tambak udang intensif dalam prinsip pengelolaan budidaya udang. *Technical Bulletin*. Hlm.:10-12.
- Utojo, dan A.M. Pirzan. 2009. Kondisi plankton di tambak bandeng dan garam Kabupaten Jeneponto, Sulawesi Selatan. *Dalam: Jumanto, Dwi-yitno, Chasanah, Heruwati, E.S., Irianto, H.E., Saksono, H., Iwan Yusuf, B.L., Basmal, J., Murniati, Murwan-toko, Probusunu, N., Rosmawaty, P., Rustadi, dan Ustadi (eds.)*. Prosiding seminar nasional tahun VI hasil penelitian perikanan dan kelautan tahun 2009. Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. Hlm.:1-8.
- Wijaya, H.K. 2009. Komunitas perifiton dan fitoplankton serta parameter fisika-kimia perairan sebagai penentu kualitas air di bagian hulu sungai Cisdane, Jawa Barat. Fakultas Perikanan dan Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Bogor. 37hlm.
- Wijaya, I. 2004. Hubungan komunitas fitoplankton dengan produksi udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di tambak Biocrete. *J. Bionature*, 8(2):98-105
- Yamaji, I., 1976. Illustration of the marine plankton of Japan. Hoikusha Publishing Co. Ltd., Osaka. Japan. 369p.
- Diterima* : 24 Februari 2016
Direview : 12 April 2016
Disetujui : 28 Juni 2016