

Tersedia online di: <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jra>

STRUKTUR KOMUNITAS PLANKTON SEBAGAI INDIKATOR PRODUKSI BUDIDAYA UDANG VANAME (*Penaeus vannamei*)

Muhammad Akbarurrasyid^{*)#}, Vini Taru Febriani Prajayanti^{*)}, Ilma Nurkamalia^{*)}, dan Bobby Indra Gunawan^{*)}

^{*)}Politeknik Kelautan dan Perikanan Pangandaran, Pangandaran, Jalan Raya Babakan, KM. 02, Babakan, Pangandaran 46396, Jawa Barat

^{**)}PT. Dewi Laut Aquaculture Garut, Garut

(Naskah diterima: 7 Februari 2022; Revisi final: 22 Agustus 2023; Disetujui publikasi: 22 Agustus 2023)

ABSTRAK

Plankton berfungsi sebagai pakan alami dan parameter ekologi dalam kegiatan budidaya. Perubahan struktur komunitas plankton dapat mempengaruhi produktivitas budidaya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur komunitas plankton sebagai indikator produksi budidaya udang vaname. Sampel dikumpulkan pada tiga tambak budidaya udang vaname intensif di Garut, Jawa Barat, Indonesia (7°35'57.5"S-107°38'7"E) periode waktu November sampai dengan Desember 2021. Tambak budidaya yang diamati berjumlah tiga petak (20 x 20 m per kolam) dengan perlakuan yang sama. Komunitas plankton di tambak ditemukan lima kelompok (20 genus). Kelompok plankton tertinggi adalah kelompok lain-lain (enam genus), sedangkan kelompok fitoplankton tertinggi adalah *Chlorophyceae* (lima genus). Kelimpahan plankton berkisar 2–2826 ind mL⁻¹. Nilai indeks keragaman masih dalam kategori baik dan stabil di mana keragaman tertinggi terdapat pada tambak 2 ($H' = 2,16$) dan terendah pada tambak 1 ($H' = 1,83$). Nilai keseragaman plankton termasuk dalam kategori tinggi berkisar 0,71–0,81 dan tidak terdapat genus plankton yang mendominasi. Kualitas air tambak budidaya memiliki hubungan sangat kuat terhadap kelimpahan plankton dengan nilai $R^2 = 0,89$ dan produktivitas tambak memiliki hubungan sangat kuat dengan keragaman plankton dengan nilai $R^2 = 0,97$. Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan, dapat disimpulkan bahwa struktur plankton dalam tambak udang berpengaruh kuat terhadap produktivitas udang vaname yang dibudidayakan.

KATA KUNCI : kualitas air; plankton; *Penaeus vannamei*; struktur komunitas

ABSTRACT : *Community Structure of Plankton as an Aquaculture Production Indicator for Pacific Whiteleg Shrimp (Penaeus vannamei)*

Plankton functions as live feed and ecological parameters in fish farming systems. Changes in the structure of the plankton community can affect aquaculture productivity. This study aimed to determine the plankton community structure as an aquaculture production indicator for Pacific whiteleg shrimp. Samples were collected in three intensive Pacific whiteleg shrimp farming ponds in Garut, West Java,

[#]Korespondensi: Politeknik Kelautan dan Perikanan Pangandaran, Jalan Raya Babakan KM 02, Babakan, Pangandaran, Jawa Barat
E-mail: Akbarurrasyid3@gmail.com

Indonesia (7°35'57.5"S-107°38'7"E) from November to December 2021. The observed shrimp ponds consisted of three ponds (20 x 20 m per pond) and managed using the same shrimp farming inputs and practices. The study found that plankton community in the pond could be categorized into five groups consisting of 20 genera. The highest plankton group was the miscellaneous group (six genera), while the highest phytoplankton group was Chlorophyceae (five genera). The abundance of plankton ranged from 2–2826 ind mL⁻¹. The diversity index value was considered good and in stable category where the highest diversity was in pond 2 ($H' = 2.16$) and the lowest in pond 1 ($H' = 1.83$). The uniformity value of plankton was in the high category ranging from 0.71-0.81 with no dominant plankton genus. This study found that the shrimp pond water quality has a very strong relationship with the abundance of plankton with a value of $R^2 = 0.89$ and pond productivity has a very strong relationship with plankton diversity with a value of $R^2 = 0.97$. Based on these findings, this study concludes that the dynamics of plankton structure in shrimp ponds affect the productivity of farmed Pacific whiteleg shrimp.

KEYWORDS: water quality; plankton; *Penaeus vannamei*; plankton community

PENDAHULUAN

Budidaya udang vaname (*Penaeus vannamei*) merupakan salah satu kegiatan komersial terpenting di wilayah pesisir. Kegiatan komersial budidaya udang vaname dipengaruhi oleh unsur dasar lingkungan ekologi perairan seperti plankton (Qiao *et al.*, 2020; Akbarurasyid, 2021; Lyu *et al.*, 2021). Plankton merupakan organisme tumbuhan (fitoplankton) maupun hewan (zooplankton) mikroskopik dan faktor utama dalam ekosistem perairan. Fitoplankton di perairan dapat melakukan proses fotosintesis yang menghasilkan bahan organik, oksigen, dan bahan makanan bagi organisme yang lebih tinggi sehingga dapat meningkatkan produktivitas primer perairan (Heinle *et al.*, 2021).

Plankton di tambak budidaya udang vaname berfungsi sebagai pakan alami dan parameter ekologi yang dapat menggambarkan kondisi lingkungan budidaya. Perubahan struktur plankton pada lingkungan budidaya dapat menjadi indikator perubahan kualitas perairan. Dampak perubahan kualitas perairan budidaya udang vaname yang membahayakan adalah terjadinya *blooming* alga. *Blooming* alga pada lingkungan budidaya dapat berpengaruh terhadap kualitas, biodiversitas, dan struktur plankton serta menurunnya fungsi ekosistem perairan (Amorim & Moura, 2020).

Dampak perubahan fungsi ekosistem dapat ditinjau berdasarkan efek toksik seperti produksi racun, kematian organisme budidaya, dan munculnya alga yang merugikan pada ekosistem perairan (Yan *et al.*, 2022). Efek toksik ekosistem perairan budidaya dapat menghambat produksi organisme perairan. Ekosistem perairan budidaya yang mengandung toksik ditandai dengan tingginya kandungan nitrit pada perairan. Perairan budidaya yang terpapar nitrit yang kronis dapat menghambat pertumbuhan dan kesehatan udang budidaya (Huang *et al.*, 2022).

Kesehatan udang budidaya merupakan faktor utama penentu keberhasilan produksi budidaya udang vaname. Kegiatan produksi budidaya udang dibatasi oleh berbagai penyakit dan degradasi faktor lingkungan (Gunalan *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2017; Duan *et al.*, 2018). Plankton merupakan salah satu indikator penentu kualitas lingkungan. Plankton berperan sebagai pakan alami bagi larva ikan dan udang, karena plankton dapat menjadi sumber energi dan pertumbuhan (Xu *et al.*, 2016). Plankton terbagi menjadi dua jenis yaitu *phytoplankton* dan *zooplankton*. Plankton di perairan selain bersifat menguntungkan, juga bersifat merugikan. Beberapa jenis plankton dari kelas *Diatom* dan *Dynophyceae* dapat bersifat merugikan (Liu *et al.*, 2020; Sathishkumar *et al.*, 2021). Hal ini dikarenakan plankton-plankton tersebut dapat mengeluarkan racun

berupa *neurotox*, meningkatkan amoniak, dan mempersulit sistem pernafasan organisme perairan. Peningkatan nilai kuantitatif plankton melebihi batas normal yang ditolerir oleh organisme hidup dapat menimbulkan dampak negatif berupa kematian massal organisme perairan akibat persaingan penggunaan oksigen terlarut (Fuady *et al.*, 2013; Arimoro *et al.*, 2018).

Faktor kualitas air berpengaruh terhadap pertumbuhan udang vaname. Kualitas air yang sesuai persyaratan mendukung pertumbuhan udang vaname, sebaliknya perubahan kualitas air pada kondisi yang lebih buruk dapat menyebabkan tingkat stres dan menurunnya nafsu makan udang (Vieira-Girão *et al.*, 2015; Ariadi *et al.*, 2020). Selain itu, perubahan kualitas air berdampak pada perubahan komunitas, komposisi, jenis, dan jumlah plankton yang terdapat pada perairan tambak budidaya udang vaname (Djunaidah *et al.*, 2017; Sirait *et al.*, 2018). Keberadaan plankton di perairan menjadi sangat penting karena berkaitan dengan indikator kualitas air dan ketersediaan pakan alami yang dapat dimanfaatkan oleh udang vaname yang dibudidayakan secara semi-intensif, intensif, dan supra intensif. Keberadaan pakan alami (plankton) menentukan tingkat produktivitas tambak. Tambak yang didominasi oleh kelompok *Bacillariophyceae* dan *Chlorophyceae* sangat diharapkan karena dapat dijadikan pakan alami bagi udang selain sebagai penambah oksigen di kolom air tambak (Elfinulfajri, 2009). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur komunitas plankton sebagai indikator produksi budidaya udang vaname.

BAHAN DAN METODE

Pengambilan Sampel

Sampel dikumpulkan pada tiga tambak budidaya udang vaname intensif di Garut, Jawa Barat, Indonesia (7°35'57.5"S-107°38'7"E) periode waktu bulan November sampai dengan Desember 2021 atau umur pemeliharaan 11 sampai dengan 51 hari. Sampel yang

dikumpulkan selama periode waktu tersebut sebanyak 18 kali pada masing-masing tambak. Tambak budidaya yang diamati berjumlah tiga petak dengan luas 400 m² per kolam dengan perlakuan yang dilengkapi sistem aerasi menggunakan kincir air masing-masing sebanyak dua unit per petak. Kedalaman air tambak sekitar 120 cm, jumlah tebar 68.800 individu per tambak, pakan yang diberikan mengandung protein sebesar 32% dengan frekuensi pemberian tiga kali sehari serta pergantian air harian antara 8-16%.

Sampel plankton dikumpulkan sebanyak 250 mL dari setiap kolam dan difiksasi dengan larutan yodium lugol (Sudinno *et al.*, 2015; Lyu *et al.*, 2021) Sampel diamati maksimal empat jam dari waktu pengumpulan (Lyu *et al.*, 2021). Sampel plankton dikumpulkan dua hari sekali pada pukul 04.30 WIB selama masa pemeliharaan menggunakan *plankton net mesh size 270* dan berdiameter 30 cm. Pengambilan sampel plankton pada pagi hari dikarenakan plankton jenis fitoplankton belum melakukan aktivitas fotosintesis. Sampel air (250 mL) yang diambil pada kedalaman 0-50 cm dari permukaan air tambak yang tersebar pada tiga titik tambak yang berbeda (Lyu *et al.*, 2021). Sampel yang telah dikumpulkan dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengamatan struktur komunitas plankton. Sampel di laboratorium diambil menggunakan pipet tetes dan diletakan ke dalam *haemocytometer* yang ditutup menggunakan kaca preparat. *Haemocytometer* diamati menggunakan mikroskop dengan pembesaran 10 x 10 (Khasanah *et al.*, 2019).

Analisis Plankton

Identifikasi taksa dan spesies plankton menggunakan mikroskop dan kunci identifikasi (Conway *et al.*, 2003; Al-Yamani *et al.*, 2011). Kelimpahan plankton dilakukan dengan metode kuantitatif menggunakan rumus *counting cell* (1000 mm²) yang dilakukan pada sampel yang terdapat pada *haemocytometer*. Identifikasi

dilakukan terhadap jumlah plankton per satuan volume air, sehingga dapat diketahui keragaman, jenis, dan jumlah plankton yang dinyatakan dalam jumlah persen (Heinle *et al.*, 2021). Komunitas plankton diidentifikasi berdasarkan jumlah spesies atau genus dan komposisi (Flach & De Bruin, 1999). Plankton yang teridentifikasi dihitung indeks biologi berdasarkan struktur komunitas keragaman, keseragaman, dan dominansi.

Indeks Keanekaragaman

Indeks keanekaragaman dihitung berdasarkan hasil identifikasi atau pengamatan plankton menggunakan rumus Shannon-Wiener (Bengen, 1999) sebagai berikut:

$$H' = \left(- \sum \frac{n_i}{N} \right) \times \left(\ln \frac{n_i}{N} \right) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:
 H' = Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener
 ni = Jumlah individu dari spesies atau genus – i
 N = Jumlah total individu

Indeks Keseragaman

Indeks keseragaman spesies atau genus dihitung berdasarkan perbandingan antara nilai indeks keseragaman dengan nilai-nilai maksimumnya. Menurut Bengen (1999) nilai indeks keseragaman dapat dihitung menggunakan rumus Shannon-Wiener berikut:

$$E = \frac{H'}{H'_{maks}} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:
 E = Indeks keseragaman
 H' = Nilai indeks keseragaman
 H' maks = Nilai indeks keseragaman maksimal

Indeks Dominansi

Indeks dominansi merupakan indikator yang menunjukkan tingkat dominasi spesies

atau genus tertentu. Menurut Dewiyanti *et al.* (2015), indeks dominansi dapat dihitung menggunakan rumus indeks Simpson sebagai berikut:

$$D = \sum Pi^2 \text{ di mana } Pi = ni / N \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:
 D = Indeks dominansi Simpson
 Pi = Proporsi individu dalam spesies atau genus
 Ni = Jumlah individu dalam spesies atau genus
 N = Jumlah total individu

Analisis Kualitas Air

Pengamatan parameter lingkungan tambak budidaya udang vaname dilakukan secara *in situ* dan *ex situ* atau laboratorium (Qiao *et al.*, 2020). Parameter lingkungan diukur setiap hari dengan beberapa metode yang digunakan. Parameter kualitas air *in situ*, yakni suhu, oksigen terlarut, dan pH, diukur dengan menggunakan *multi probe* (Lyu *et al.*, 2021), salinitas diukur menggunakan *refractometer* dan kecerahan diukur menggunakan *secchidisk* (Arimoro *et al.*, 2018). Parameter kualitas air yang diukur secara *ex situ*, yakni nitrat, nitrit, amoniak, dan fosfat menggunakan spektrofotometer dua hari sekali (Arimoro *et al.*, 2018; Qiao *et al.*, 2020; Lyu *et al.*, 2021)

Analisis Data

Analisis data dilakukan terhadap struktur komunitas plankton, lingkungan budidaya serta produktivitas tambak dan keragaman plankton. Data struktur komunitas plankton terkait dengan identifikasi plankton, kelimpahan, dan kepadatan plankton dilakukan secara kuantitatif (Shabrina *et al.*, 2020; Balqis *et al.*, 2021; Heinle *et al.*, 2021). Data lingkungan budidaya dianalisis secara deskriptif kualitatif, sedangkan keeratan hubungan antara produktivitas tambak dan keragaman plankton dilakukan menggunakan analisis regresi (Pirzan & Utojo, 2013).

HASIL DAN BAHASAN

Struktur Komunitas Plankton

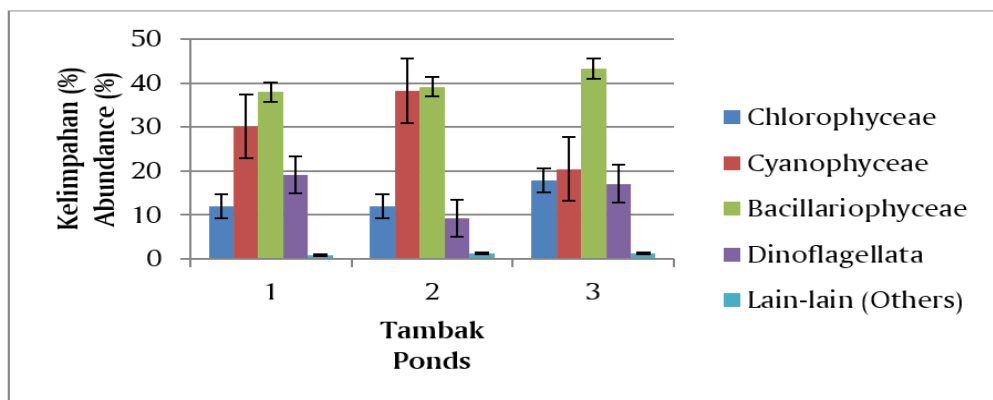
Struktur komunitas plankton tambak budidaya cukup bervariasi antara komposisi genus plankton. Komunitas organisme diidentifikasi berdasarkan jumlah spesies atau genus dan komposisi (Flach & De Bruin, 1999). Komposisi plankton yang diperoleh pada tambak budidaya (Tabel 1) terdiri dari lima kelompok, yakni *Chlorophyceae* (lima genus), *Cyanophyceae* (dua genus), *Bacillariophyceae* (tiga genus), *Dinoflagelata* (empat genus), dan lain-lain (enam genus).

Kelompok lain-lain memiliki genus yang paling banyak, sedangkan untuk fitoplankton yang diidentifikasi didapatkan kelompok *Chlorophyceae* memiliki genus yang paling banyak dibanding dengan kelompok fitoplankton yang lain pada tambak budidaya, tetapi secara kelimpahan didominasi oleh kelompok *Bacillariophyceae* (Gambar 1). Perbedaan genus dan kelimpahan disebabkan oleh beberapa faktor seperti dominasi plankton tertentu dalam rentang waktu yang lama, kondisi lingkungan, konsentrasi nutrisi, dan toksin alga (Boyd, 1991; Pirzan & Utojo, 2013). Dominasi kelompok *Bacillariophyceae* sangat

Tabel 1. Kelompok dan genus plankton yang teridentifikasi pada tambak udang vaname yang digunakan dalam penelitian

Table 1. Plankton groups and genera identified in the Pacific whiteleg shrimp ponds used in the study

No.	Kelompok Groups	Genus Genera
1.	<i>Chlorophyceae</i>	<i>Chlorella, Dictyoshaerium, Oocystis, Tetraselmis, Nannochloropsis</i>
2.	<i>Cyanophyceae</i>	<i>Oscillatoria, Gomphosphaeria</i>
3.	<i>Bacillariophyceae</i>	<i>Nitzschia, Chaetoceros, Odontella</i>
4.	<i>Dinoflagelata</i>	<i>Protoceraterium, Protoperidinium, Symbiodinium, Gymnodinium</i>
5.	Lain-lain Others	<i>Halteria grandinella, Stentor, Flagellata, Ciliata, Protozoa, Zoo-plankton</i>



Gambar 1. Persentase plankton pada tambak budidaya udang vaname

Figure 1. The percentage of plankton in the Pacific whiteleg shrimp ponds used in the study

penting untuk kegiatan budidaya udang di tambak. Kelompok *Bacillariophyceae* merupakan fitoplankton yang dapat dimanfaatkan menjadi makanan alami oleh udang (Gracia & Gracia, 1985). Fitoplankton berperan dalam transfer energi dalam rantai makanan hingga trofik yang paling tinggi (Utojo & Ahmad, 2016).

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat dominasi kelompok *Bacillariophyceae* pada tiga tambak budidaya udang vaname secara berturut-turut, yaitu 37,90%; 39,14%; dan 43,23%. Persentase tertinggi diperoleh pada tambak 3, perbedaan ini dipengaruhi oleh kondisi fisika dan kimia lingkungan (Putra & Abdul, 2014). Hasil regresi persentase *Bacillariophyceae* menunjukkan hubungan sangat kuat ($p < 0,05$) terhadap kualitas air dengan nilai $R^2 = 0,87$

(Tabel 2). Hasil regresi diperoleh parameter kualitas air yang memiliki hubungan kuat yakni pH, nitrat, nitrit, amoniak, alkalinitas, dan *total organic matter* (TOM). Nilai pH berkisar 7-9 sangat mendukung pertumbuhan fisiologis *Bacillariophyceae*. Beberapa faktor lain yang ikut memengaruhi tingginya *Bacillariophyceae* antara lain kandungan silikat dan suhu air (Xu *et al.*, 2011). Lebih lanjut Boyd (1998) menyatakan bahwa kelimpahan plankton dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti suhu, pH, konsentrasi nutrisi (nitrat, nitrit, dan fosfat), cahaya, cuaca, penyakit, pemangsaan, kompetisi antara spesies serta toksin alga.

Kelompok *Bacillariophyceae* tertinggi berasal dari genus *Chaetoceros* (62,92%), *Odontella* (30,36%), dan *Nitzschia* (6,72%) dari

Tabel 2. Hasil uji regresi linear berganda kelimpahan *Bacillariophyceae* dengan kualitas air

Table 2. Results of multiple linear regression test on the abundance *Bacillariophyceae* with water quality

Regression statistics	
Multiple R	0,936278
R square	0,876617
Adjusted R square	0,506467
Standard error	133,1594
Observations	17

Tabel 3. Persentase (%) genus *Bacillariophyceae* pada tambak udang vaname

Table 3. Percentage (%) of the genus *Bacillariophyceae* in the Pacific whiteleg shrimp ponds used in the study

No.	Genus Genera	Tambak 1 Pond 1	Tambak 2 Pond 2	Tambak 3 Pond 3	Jumlah individu (ind mL ⁻¹) Number of individuals (ind mL ⁻¹)
1.	<i>Nitzschia</i>	0	46,82	53,18	598
2.	<i>Chaetoceros</i>	40,98	36,18	22,84	5603
3.	<i>Odontella</i>	28,89	26,49	44,62	2703
Jumlah Total					8904

total keseluruhan kelompok *Bacillariophyceae* pada semua tambak yang diamati. Keberadaan genus *Chaetoceros* sangat dibutuhkan dalam kegiatan budidaya udang vaname. *Chaetoceros* dapat menstabilkan pH, meningkatkan oksigen terlarut, mengurangi akumulasi nitrit, nitrat, ortofosfat, *total ammonia nitrogen* (TAN), menurunkan *feed conversion ratio* (FCR), dan meningkatkan laju pertumbuhan (Ge *et al.*, 2016; Huang *et al.*, 2022). Persentase genus kelompok *Bacillariophyceae* pada tiga tambak budidaya udang vaname dapat dilihat pada Tabel 3.

Kelimpahan plankton pada tambak 1 berkisar 2–2446 ind mL⁻¹ (13 genus), tambak 2 berkisar 5–2826 ind mL⁻¹ (17 genus), dan tambak 3 berkisar 10–1280 ind mL⁻¹ (14 genus). Keberadaan plankton pada tambak budidaya udang vaname secara kualitatif dan kuantitatif selalu berubah-ubah karena dipengaruhi kadar salinitas dan faktor lingkungan yang selalu berfluktuasi, beban masukan ke dalam perairan tambak yang akan memperkaya nutrisi yang mendukung pertumbuhan plankton (Sudinno *et al.*, 2015). Komposisi plankton didominasi oleh kelompok *Bacillariophyceae* yang sangat dibutuhkan oleh udang vaname karena merupakan pakan alami yang disukai oleh udang vaname. Keberadaan kelompok *Bacillariophyceae* di lingkungan perairan tambak sangat banyak karena bersifat kosmopolit dan memiliki perkembangan yang begitu cepat (Nontji, 2008). Kelompok lain yang diharapkan dalam tambak udang vaname adalah kelompok *Chlorophyceae* dikarenakan berfungsi sebagai penambah oksigen pada kolom air tambak (Elfinulfajri, 2009). Kelimpahan plankton pada tambak yang diamati dapat ditinjau berdasarkan indeks keragaman, keseragaman, dan dominansi pada setiap tambak (Tabel 4).

Nilai indeks keragaman tambak 1 ($H' = 1,83$) lebih rendah dibanding dengan tambak 2 ($H' = 2,165$) dan tambak 3 ($H' = 2,153$). Nilai indeks keragaman keseluruhan tambak masih dalam kategori baik dan lebih stabil (1,81–2,4) untuk kegiatan budidaya (Shabrina *et al.*, 2020). Nilai indeks keragaman yang lebih

tinggi menunjukkan keragaman dan stabilitas yang tinggi pada lingkungan tersebut. Kondisi komunitas plankton yang stabil merupakan indikator penting dalam kegiatan budidaya udang vaname yang produktif. Berdasarkan nilai keragaman yang diperoleh tambak budidaya yang diamati stabil untuk kegiatan budidaya udang vaname.

Nilai keseragaman plankton setiap tambak budidaya udang vaname secara berturut-turut, yakni 0,71 (tambak 1), 0,76 (tambak 2), dan 0,81 (tambak 3). Nilai keseragaman plankton pada tambak budidaya yang diamati termasuk dalam kategori tinggi ($E > 0,6$) berdasarkan indeks keseragaman spesies (Munthe *et al.*, 2012). Nilai keseragaman yang tinggi menunjukkan kondisi seimbang antara komposisi individu tiap spesies yang terdapat dalam suatu komunitas (Balqis *et al.*, 2021). Kondisi seimbang dapat diasumsikan kepadatan dan keberadaan plankton merata di lingkungan tambak.

Indeks dominansi merupakan indikator untuk menentukan tingkat dominansi genus plankton tertentu dalam lingkungan perairan tambak budidaya. Indeks dominansi juga digunakan untuk menentukan status lingkungan perairan (Balqis *et al.*, 2021). Menurut Shabrina *et al.* (2020) nilai indeks dominansi terbagi menjadi dua, yakni tidak ada spesies atau genus yang mendominasi ($0 < D < 0,5$) dan terdapat spesies atau genus yang mendominasi ($0,5 > D > 1$). Hasil penelitian diperoleh bahwa ketiga tambak pengamatan tidak ditemukan spesies atau genus plankton yang mendominasi, dimana nilai indeks dominansi berturut-turut, yakni 0,20 (tambak 1), 0,22 (tambak 2), dan 0,13 (tambak 3).

Kualitas Air dan Kelimpahan Plankton

Kualitas air merupakan faktor peubah yang menjadi indikator berpengaruh dalam menentukan kehidupan dalam lingkungan tambak budidaya. Penurunan kualitas air dapat menyebabkan wabah penyakit yang memberikan dampak kerugian finansial pada

Tabel 4. Kelimpahan plankton (ind mL⁻¹) tambak budidaya udang vaname dalam periode November–Desember 2021

Table 4. Plankton abundance (ind mL⁻¹) in the Pacific whiteleg shrimp ponds during the period of November–December 2021

No.	Kelompok Groups	Genus Genera	Tambak 1 Pond 1	Tambak 2 Pond 2	Tambak 3 Pond 3
1.	<i>Chlorophyceae</i>	<i>Chlorella</i>	455	230	445
		<i>Dictyosphaerium</i>	0	0	45
		<i>Oocystis</i>	0	300	0
		<i>Tetraselmis</i>	296	175	0
		<i>Nannochloropsis</i>	223	226	670
2.	<i>Cyanophyceae</i>	<i>Oscillatoria</i>	2446	2826	885
		<i>Gomphosphaeria</i>	0	125	441
3.	<i>Bacillariophyceae</i>	<i>Nitzschia</i>	0	280	318
		<i>Chaetoceros</i>	2296	2027	1280
		<i>Odontella</i>	781	716	1206
4.	<i>Dinoflagellata</i>	<i>Protoceraterium</i>	65	0	0
		<i>Protoperdinium</i>	0	0	75
		<i>Symbiodinium</i>	1055	547	935
		<i>Gymnodinium</i>	429	171	100
5.	<i>Lain-lain Others</i>	<i>Halteria grandinella</i>	2	5	0
		<i>Stentor</i>	0	5	0
		<i>Flagellata</i>	0	15	0
		<i>Ciliata</i>	5	10	35
		<i>Protozoa</i>	20	15	10
		<i>Zooplankton</i>	45	50	40
Jumlah individu <i>Number of individuals</i>			8118	7723	6485
Genus <i>Genera</i>			13	17	14
Keragaman (H') <i>Diversity (H')</i>			1,83	2,16	2,15
Keseragaman (E) <i>Evenness (E)</i>			0,71	0,76	0,81
Dominansi (D) <i>Dominance (D)</i>			0,20	0,22	0,13

Tabel 5. Kualitas air tambak budidaya udang vaname yang digunakan selama penelitian

Table 5. Water quality of the Pacific whiteleg shrimp ponds used during the study

No.	Parameter Parameters	Tambak 1 Pond 1 Min – max (mean ± SD)	Tambak 2 Pond 2 Min – max (mean ± SD)	Tambak 3 Pond 3 Min – max (mean ± SD)	Nilai Optimal Optimum value
1.	Suhu (°C) Temperature (°C)	28-32 29,2 ± 0,83	28–31 29,16 ± 0,76	28-31 29,17 ± 0,71	27–32 (Suprpto, 2005)
2.	Oksigen terlarut (mg L ⁻¹) Dissolved oxygen (mg L ⁻¹)	4,67–7,49 6,34 ± 0,67	4,49–7,34 6,35 ± 0,70	4,52–7,28 6,30 ± 0,70	3–7,5 (Putra & Abdul, 2014)
3.	pH	7,7–8,13 7,98 ± 0,11	7,76–8,41 7,98 ± 0,09	7,72–8,1 7,94 ± 0,10	6,5–8,5 (Boyd, 1991)
4.	Salinitas (ppt) Salinity (ppt)	23–32 26,18 ± 2,63	23–32 26,23 ± 2,3	23–32 26,31 ± 2,67	20–28 (Putra & Abdul, 2014)
5.	Nitrat (mg L ⁻¹) Nitrate (mg L ⁻¹)	2,3–3 2,919 ± 0,228	2,3–3 2,919 ± 0,228	2,3–3 2,944 ± 0,193	3,9–15,5 (Febrinawati <i>et al.</i> , 2020)
6.	Nitrit (mg L ⁻¹) Nitrite (mg L ⁻¹)	0,005–0,4 0,066 ± 0,083	0,008–0,188 0,052 ± 0,042	0,005–0,091 0,042 ± 0,022	0,1–1 (Suprpto, 2005)
7.	Fosfat (mg L ⁻¹) Phosphate (mg L ⁻¹)	0,012–0,632 0,166 ± 0,171	0,022–0,357 0,138 ± 0,095	0,044–0,301 0,131 ± 0,070	<0,05 (Choo & Tanaka, 2000)
8.	TAN (mg L ⁻¹)	0,241–1,89 0,821 ± 0,384	0,263–1,495 0,734 ± 0,300	0,347–1,04 0,697 ± 0,261	1,6–2,78 (Bengen, 1999)
9.	Ammonia (mg L ⁻¹)	0,007–0,056 0,027 ± 0,013	0,008–0,058 0,024 ± 0,012	0,010–0,045 0,022 ± 0,010	<0,1 (Atmomarsono <i>et al.</i> , 2014)
10.	CO ₂ (mg L ⁻¹)	0–32 8,46 ± 10,26	0–28 6,307 ± 8,327	0–20 4,640 ± 5,251	5–60 (Boyd, 1998b)
11.	Alkalinitas (mg L ⁻¹) Alkalinity (mg L ⁻¹)	128–172 146,3 ± 11,7	120–160 141,6 ± 12,5	116–156 137,9 ± 10,2	>100 (Atmomarsono <i>et al.</i> , 2014)
12.	TOM (mg L ⁻¹)	42,97–75,84 56,10 ± 7,95	44,24–77,10 58,43 ± 8,75	37,92–79,63 59,79 ± 8,92	<55 (Kilawati & Maimunah, 2015)

Keterangan: TAN = total ammonia nitrogen, CO₂ = karbondioksida, dan TOM = total organic matter

Note: TAN = total ammonia nitrogen, CO₂ = carbondioxide, and TOM = total organic matter

pembudidaya (Ma *et al.*, 2013; Zhang *et al.*, 2014). Kualitas air (Tabel 5) masih dalam kategori layak untuk kegiatan budidaya udang vaname. Parameter salinitas, fosfat, dan *total organic matter* (TOM) pada tambak 1, 2, dan 3 melebihi nilai optimal yang dipersyaratkan, sedangkan nilai TAN pada tambak 1 dan 2 melebihi nilai optimal yang dipersyaratkan. Salinitas tambak budidaya yang diperoleh berkisar 23–32 ppt dan masih dalam kategori yang baik untuk tambak udang vaname (10–35 ppt), sedangkan optimal pada kisaran 20-28 ppt (Putra & Abdul, 2014; Sudinno *et al.*, 2015). Fluktuasi nilai salinitas disebabkan oleh periode budidaya yang dilakukan pada saat musim panas yang

menyebabkan meningkatnya evaporasi dan pergantian harian air tambak sekitar 8-16%.

Unsur hara terpenting di lingkungan tambak, yakni nitrogen, fosfat, dan bahan organik. Nitrogen dalam lingkungan tambak dapat ditemukan dalam bentuk nitrat. Nitrat merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan fitoplankton yang merupakan trofik dasar dalam rantai makanan. Pertumbuhan fitoplankton dibatasi oleh keberadaan fosfat yang merupakan unsur esensial, sehingga memengaruhi produktivitas primer. Nilai nitrat pada tambak budidaya masih dalam kategori optimum berkisar 3,9–15,5 mg L⁻¹ (Febrinawati *et al.*, 2020). Bentuk peralihan nitrat adalah

Tabel 6. Hubungan kualitas air dan kelimpahan plankton dalam tambak udang vaname yang digunakan dalam penelitian

Table 6. Relationship between water quality and plankton abundance in the Pacific whiteleg shrimp ponds used in the study

<i>Regression statistics</i>	
<i>Multiple R</i>	0,94
<i>R square</i>	0,89
<i>Adjusted R square</i>	0,63
<i>Standard error</i>	331,75

Tabel 7. Hubungan produktivitas tambak dengan keanekaragaman plankton dari tambak udang yang digunakan dalam penelitian

Table 7. The relationship between pond productivity and plankton diversity of shrimp ponds used in the study

<i>Regression statistics</i>	
<i>Multiple R</i>	0,98
<i>R square</i>	0,97
<i>Adjusted R square</i>	0,94
<i>Standard error</i>	9,86

Tabel 8. Produktivitas dan keanekaragaman plankton tambak udang vaname yang digunakan dalam penelitian

Table 8. Productivity and plankton diversity of Pacific whiteleg shrimp ponds used in the study

No.	Tambak (luasannya) <i>Pond (size)</i>	Padat tebar (ekor) <i>Density (individuals)</i>	Umur pemeliharaan (hari) <i>Day of culture (days)</i>	Kelangsungan hidup (%) <i>Survival rate (%)</i>	Size	Produksi (kg) <i>Biomass (kg)</i>	Keragaman <i>Diversity</i>
1.	Tambak 1 (400 m ²) <i>Pond 1 (400 m²)</i>	172	51	98,83	101	673,26	1,83
2.	Tambak 2 (400 m ²) <i>Pond 2 (400 m²)</i>	172	51	99,99	91	756,04	2,16
3.	Tambak 3 (400 m ²) <i>Pond 3 (400 m²)</i>	172	51	99,99	93	739,78	2,15

nitrit yang memiliki konsentrasi lebih sedikit karena bersifat tidak stabil dengan keberadaan oksigen (Utojo & Ahmad, 2016).

Fosfat di lingkungan perairan alami ditemukan dalam jumlah sangat kecil dan tidak lebih dari 0,1 mg L⁻¹ (Effendi, 2003). Konsentrasi fosfat berkisar 0,012 ± 0,166–0,632 ± 0,171 mg L⁻¹ (tambak 1), 0,022 ± 0,138–0,357 ± 0,095 mg L⁻¹ (tambak 2), dan 0,044 ± 0,131–0,301 ± 0,070 mg L⁻¹ (tambak 3) ditemukan lebih tinggi dibandingkan dengan yang dipersyaratkan < 0,05 mg L⁻¹ (Choo & Tanaka, 2000). Konsentrasi fosfat yang tinggi disebabkan oleh pemberian pakan dan akumulasi feses. Konsentrasi fosfat juga dipengaruhi oleh hancuran mineral fosfat dan bahan organik. Konsentrasi TOM ditemukan sedikit lebih tinggi, yakni 42,97 ± 56,10–75,84 ± 7,95 mg L⁻¹ (tambak 1), 44,24 ± 58,43–77,10 ± 8,75 mg L⁻¹ (tambak 2), dan 37,92 ± 59,79–79,63 ± 8,92 mg L⁻¹ (tambak 3). Konsentrasi TOM dipengaruhi oleh jumlah bahan organik terlarut, tersuspensi, dan koloid (Ghufron *et al.*, 2018). Konsentrasi bahan organik yang tinggi dapat menurunkan kualitas air pada tambak intensif dan daya dukung oksigen akibat proses dekomposisi (Utojo & Ahmad, 2016).

Kualitas air tambak budidaya memiliki

hubungan sangat kuat terhadap kelimpahan plankton berdasarkan uji regresi ($p < 0,05%$) dengan nilai $R^2 = 0,89$ atau berpengaruh nyata terhadap kelimpahan plankton (Tabel 6). Berdasarkan hasil tersebut diperoleh persamaan regresi $Y = 10871,07 + 298,40 \text{ suhu} + 2654,33 \text{ fosfat} + 2137,31 \text{ TAN}$ artinya berpengaruh terhadap kelimpahan plankton. Kondisi lingkungan perairan merupakan faktor utama yang memengaruhi komunitas plankton (Lyu *et al.*, 2021). Plankton dapat menstabilkan pH, meningkatkan oksigen terlarut, mengurangi akumulasi nitrat, nitrit, fosfat, dan TAN (Huang *et al.*, 2022).

Produktivitas Tambak dan Keragaman Plankton

Plankton memiliki peran sebagai sumber makanan alami dan menjaga kualitas air agar sesuai dengan persyaratan yang dibutuhkan oleh organisme budidaya. Keberadaan plankton sangat penting untuk menunjang produktivitas tambak budidaya. Produksi tambak budidaya udang vaname mengikuti pola keragaman plankton (Pirzan & Utojo, 2013). Keragaman plankton tertinggi diperoleh pada tambak 2 (2,16) dan terendah pada tambak 1 (1,83),

sedangkan produksi tambak tertinggi diperoleh pada tambak 2 (756,04 kg) dan terendah pada tambak 1 (673,26 kg). Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa produktivitas tambak memiliki hubungan sangat kuat ($p < 0,05$) dengan keragaman plankton dengan nilai $R^2 = 0,97$ (Tabel 7). Berdasarkan hasil tersebut diperoleh persamaan regresi $Y = 250,89 + 230,68$ keragaman. Hasil tersebut menunjukkan keragaman fitoplankton memengaruhi produksi tambak.

Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa meningkatnya produksi udang vaname dipengaruhi oleh keragaman plankton (Tabel 8). Plankton merupakan sumber pakan alami yang dibutuhkan oleh organisme budidaya serta menjaga kualitas air dan mendegradasi senyawa-senyawa yang bersifat toksik. Keberadaan fitoplankton mendukung ketersediaan pakan alami dan menciptakan kondisi lingkungan yang baik bagi kegiatan budidaya, pertumbuhan, tingkat kelangsungan hidup, biomassa, dan konversi pakan udang vaname (Arifin *et al.*, 2018). Keberadaan fitoplankton di tambak sangat penting dan berpengaruh terhadap pertumbuhan udang yang berdampak pada produktivitas tambak.

KESIMPULAN

Struktur komunitas plankton pada keseluruhan tambak budidaya udang vaname diperoleh tingkat keragaman dalam kategori baik dan stabil ($H' = 1,83-2,16$), nilai keseragaman plankton tinggi ($E = 0,71-0,81$), dan tidak terdapat spesies yang mendominasi ($D = 0,13-0,22$). Kualitas air memiliki hubungan kuat terhadap kelimpahan plankton dan produktivitas tambak udang vaname memiliki hubungan sangat kuat dengan keragaman plankton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur plankton berpengaruh kuat terhadap produktivitas udang vaname.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih disampaikan kepada Politeknik Kelautan dan Perikanan Pangandaran yang telah memfasilitasi terlaksananya penelitian dengan baik. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada pihak-pihak terkait yang telah membantu dalam proses penyusunan karya publikasi ini.

DAFTAR ACUAN

- Akbarurrasyid, M. (2021). *Buku Ajar Ekologi Perairan*. AMaFRad Press.
- Al-Yamani, F., Valeriy, S., Gubanova, A., Sergey, K., & Irina, P. (2011). *Marine Zooplankton Practical Guide (Volumes 1 and 2) for the Northwestern Arabian Gulf Oceanographic Atlas of Kuwait's waters View project Monitoring and Assessment Project of Plankton View project*. Kuwait Institute for Scientific Reserach.
- Amorim, C. A., & Moura, A. do N. (2020). Ecological impacts of freshwater algal blooms on water quality, plankton biodiversity, structure, and ecosystem functioning. *Science of the Total Environment*, 758. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143605>
- Ariadi, H., Wafi, A., & Supriatna. (2020). Hubungan kualitas air dengan nilai FCR pada budidaya intensif udang vanname (*Litopenaeus vannamei*). *Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan*, 11(1), 44–50. <https://doi.org/10.35316/jsapi.v11i1.653>
- Arifin, N. B., Fakhri, M., Fakhri, M., Yuniarti, A., Yuniarti, A., Hariati, A. M., & Hariati, A. M. (2018). Komunitas fitoplankton pada sistem budidaya intensif udang vaname, *Litopenaeus vannamei* di Probolinggo, Jawa Timur. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 10(1), 46. <https://doi.org/10.20473/jipk.v10i1.8542>
- Arimoro, F. O., Olisa, H. E., Keke, U. N., Ayanwale, A. V., & Chukwuemeka, V. I. (2018). Exploring spatio-temporal patterns of plankton diversity and community

- structure as correlates of water quality in a tropical stream. *Acta Ecologica Sinica*, 38(3), 216–223. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2017.10.002>
- Atmomarsono, M., Supito, Mangampa, M., Pitoyo, H., Lideman, Tjahyo, H., Akhdiat, I., Wibowo, H., Ishak, M., Basori, A., Wahyono, N. T., Latief, S. S., & Akmal. (2014). *Budidaya Udang Vannamei Tambak Semi Intensif dengan Instalasi Pengolah Air Limbah*. In WWF-Indonesia (Vol. 74).
- Balqis, N., Rahimi, S. A., & Damora, A. (2021). Keanekaragaman dan kelimpahan fitoplankton di perairan ekosistem mangrove Desa Rantau Panjang, Kecamatan Rantau Selamat, Kabupaten Aceh Timur. *Jurnal Kelautan dan Perikanan Indonesia*, 1(1), 35–43.
- Barsanti, L., & Gualtieri, P. (2006). *ALGAE: Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology*. CRC Press.
- Bengen, D. (1999). *Teknik Pengambilan Contoh dan Analisis Data Biofisik Sumberdaya Pesisir*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Boyd, C. E. (1998a). *Water Quality for Pond Aquaculture*. Department of Fisheries and Allied Aquacultures. Auburn University.
- Boyd, C. E. (1998b). Pond water aeration systems. *Aquacultural Engineering*, 18(1), 9–40. [https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(98\)00019-3](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(98)00019-3)
- Boyd, C. E. (1991). *Water Quality Management Aeration in Shrimp Farming Title*. Auburn University.
- Choo, P., & Tanaka, K. (2000). Nutrient levels in ponds during the grow-out and harvest phase of *Penaeus monodon* under semi-intensive or intensive culture. *JIRCAS Journal*, 20(8), 13–20.
- Conway, D. V. P., White, R. G., Hugues-Dit-Ciles, J., Gallienne, C. P., & Robins, D. B. (2003). Guide to the coastal and surface zooplankton of the south-western Indian Ocean. *Marine Biological Association of the United Kingdom Occasional Publication*, 15, 356.
- Dewiyanti, G. A. D., Bambang, I., & Moehammadi, N. (2015). Kepadatan dan keanekaragaman plankton di Perairan Magetan Kanal Kabupaten Sidoarjo Provinsi Jawa Timur dari daerah hulu, Daerah Tengah dan Daerah Hilir. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 3(1), 37–46.
- Djunaidah, I. S., Supenti, L., Sudinno, D., & Suhwardhan, H. (2017). Kondisi perairan dan struktur komunitas plankton di Waduk Jatigede. *Jurnal Penyuluhan Perikanan Dan Kelautan*, 11(2), 79–93. <https://doi.org/10.33378/jppik.v11i2.87>
- Duan, Y., Liu, Q., Wang, Y., Zhang, J., & Xiong, D. (2018). Impairment of the intestine barrier function in *Litopenaeus vannamei* exposed to ammonia and nitrite stress. *Fish and Shellfish Immunology*, 78, 279–288. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.04.050>
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanasius.
- Elfinulfajri, F. (2009). Struktur komunitas fitoplankton serta keterkaitannya dengan perairan di lingkungan tambak udang intensif. *Jurnal Bionature*, 13(2), 108–115.
- Febrinawati, N., Putri, B., & Hudaidah, S. (2020). Pemanfaatan limbah budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) sebagai media kultur *Chaetoceros amami*. *Jurnal Perikanan Unram*, 10(1), 20–28. <https://doi.org/10.29303/jp.v10i1.199>
- Flach, E., & De Bruin, W. (1999). Diversity patterns in macrobenthos across a continental slope in the NE Atlantic. *Journal of Sea Research*, 42(4), 303–323. [https://doi.org/10.1016/S1385-1101\(99\)00034-9](https://doi.org/10.1016/S1385-1101(99)00034-9)
- Fuady, M. F., Supardjo, M. N., & Haeruddin. (2013). Pengaruh pengelolaan kualitas air terhadap tingkat kelulushidupan dan laju pertumbuhan udang vaname. *Jurnal Maquares*, 2(4), 155–162.
- Ge, H., Li, J., Chang, Z., Chen, P., Shen, M., & Zhao, F. (2016). Effect of microalgae with semicontinuous harvesting on water quality and zootechnical performance of white shrimp reared in the zero water exchange system. *Aquacultural Engineering*,

- 70–76. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2016.04.006>
- Ghufron, M., Lamid, M., Sari, P. D. W., & Suprpto, H. (2018). Teknik pembesaran udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) pada tambak pendampingan PT Central Proteina Prima Tbk Di Desa Randutata, Kecamatan Paiton, Proboloinggo, Jawa Timur. *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 7(2), 70. <https://doi.org/10.20473/jafh.v7i2.11251>
- Gracia, W. U., & Gracia, R. U. (1985). *Prawn Farming*.
- Gunalan, B., Soundarapandian, P., Anand, T., Kotiya, A. S., & Simon, N. T. (2014). Disease occurrence in *Litopenaeus vannamei* shrimp culture systems in different geographical regions of India. *International Journal of Aquaculture*, 4(04). <https://doi.org/10.5376/ija.2014.04.0004>
- Heinle, M. J., Kolchar, R. M., Flandez, A. V., Clardy, T. R., Thomas, B. K., Hikmawan, T. I., Prihartato, P. K., Abdulkader, K. A., & Qurban, M. A. (2021). Spatial and temporal variability in the phytoplankton community of the Western Arabian Gulf and its regulation by physicochemical factors and zooplankton. *Regional Studies in Marine Science*, 47, 101982. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101982>
- Huang, C., Luo, Y., Zeng, G., Zhang, P., Peng, R., Jiang, X., & Jiang, M. (2022). Effect of adding microalgae to whiteleg shrimp culture on water quality, shrimp development and yield. *Aquaculture Reports*, 22, 100916. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100916>
- Khasanah, I. U., Setyaningrum, E., Tugiyono, T., & Susanto, G. N. (2019). Does expired-larvicides impacted to plankton abundance and diversity? *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati*, 6(2), 71–75. <https://doi.org/10.23960/jbekh.v6i2.45>
- Kilawati, Y., & Maimunah, Y. (2015). Kualitas lingkungan tambak insentif *Litopenaeus vannamei* dalam kaitannya dengan prevalensi penyakit *white spot syndrome virus*. *Research Journal of Life Science*, 2(1), 50–59. <https://doi.org/10.21776/ub.rjls.2015.002.01.7>
- Li, E., Wang, X., Chen, K., Xu, C., Qin, J. G., & Chen, L. (2017). Physiological change and nutritional requirement of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* at low salinity. *Reviews in Aquaculture*, 9(1), 57–75. <https://doi.org/10.1111/raq.12104>
- Liu, B., Chen, S., Liu, H., & Guan, Y. (2020). Changes in the ratio of benthic to planktonic diatoms to eutrophication status of Muskegon Lake through time: Implications for a valuable indicator on water quality. *Ecological Indicators*, 114, 106284. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106284>
- Lyu, T., Yang, W., Cai, H., Wang, J., Zheng, Z., & Zhu, J. (2021). Phytoplankton community dynamics as a metrics of shrimp healthy farming under intensive cultivation. *Aquaculture Reports*, 21, 100965. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100965>
- Ma, Z., Song, X., Wan, R., & Gao, L. (2013). A modified water quality index for intensive shrimp ponds of *Litopenaeus vannamei*. *Ecological Indicators*, 24, 287–293. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.06.024>
- Munthe, Y. V., Aryawati, R., & Isnaini. (2012). Struktur komunitas dan sebaran fitoplankton di Perairan Sungsang Sumatera Selatan. *Maspari Journal*, 4(1), 122–130. <https://doi.org/10.56064/maspari.v4i1.1437>
- Nontji, A. (2008). *Plankton laut*. LIPI Press.
- Pirzan, A. M., & Utojo, U. (2013). Pengaruh variabel kualitas air terhadap produktivitas udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) di Kawasan Pertambakan Kabupaten Gresik, Jawa Timur. *Majalah Ilmiah Biologi BIOSFERA: A Scientific Journal*, 30(3), 1–8.
- Putra, F. ., & Abdul, M. (2014). Monitoring kualitas air pada tambak pembesaran udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) di Situbondo, Jawa Timur. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 6(2), 137–141. <https://doi.org/10.20473/jipk.v6i2.11298>
- Qiao, L., Chang, Z., Li, J., & Chen, Z. (2020). Phytoplankton community succession

- in relation to water quality changes in the indoor industrial aquaculture system for *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 527, 735441. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735441>
- Sathishkumar, R. S., Sundaramanickam, A., Sahu, G., Mohanty, A. K., Ramesh, T., & Khan, S. A. (2021). Intense bloom of the diatom *Hemidiscus hardmanianus* (Greville) in relation to water quality and plankton communities in Tuticorin coast, Gulf of Mannar, India. *Marine Pollution Bulletin*, 163, 111757. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111757>
- Shabrina, F. N., Saptarini, D., & Setiawan, E. (2020). Struktur komunitas plankton di Pesisir Utara Kabupaten Tuban. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 9(2), 5–10. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v9i2.55150>
- Sirait, M., Rahmatia, F., & Pattulloh, P. (2018). Komparasi indeks keanekaragaman dan indeks dominansi fitoplankton di Sungai Ciliwung Jakarta. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 11(1), 75. <https://doi.org/10.21107/jk.v11i1.3338>
- Sudinno, D., Jubaedah, I., & Anas, P. (2015). Kualitas air dan komunitas plankton pada tambak pesisir Kabupaten Subang Jawa Barat. *Jurnal Penyuluhan Perikanan dan Kelautan*, 9(1), 13–28. <https://doi.org/10.33378/jppik.v9i1.55>
- Suprpto. (2005). *Petunjuk Teknis Budidaya Udang Vaname (Litopenanenus vannamei)*. CV. Biotirta.
- Utojo & Ahmad. (2016). Struktur komunitas plankton pada tambak intensif dan tradisional Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 8(1), 269–288. <https://doi.org/https://doi.org/10.29244/jitkt.v8i1>
- Vieira-Girão, P. R. N., I. R. C. B. Rocha, M. G., Vieira, P. R. N., Lucena, H. M. R., Costa, F. H. F., & Rádis-Baptista1, G. (2015). Low salinity facilitates the replication of infectious myonecrosis virus and viral co-infection in the shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Aquaculture Research & Development*, 06(02). <https://doi.org/10.4172/2155-9546.1000302>
- Xu, C., S. J. Zhang, C.-Y. Chuang, E. J. Miller, K. A. Schwehr, & P. H. Santsch. (2011). Chemical composition and relative hydrophobicity of microbial exopolymeric substances (EPS) isolated by anion exchange chromatography and their actinide-binding affinities. *Marine Chemistry*, 126, 27–36. <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2011.03.004>
- Xu, H., Yong, J., & Xu, G. (2016). Bioassessment of water quality status using a potential bioindicator based on functional groups of planktonic ciliates in marine ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, 110(1), 409–414. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.033>
- Yan, T., Li, X. D., Tan, Z. J., Yu, R. C., & Zou, J. Z. (2022). Toxic effects, mechanisms, and ecological impacts of harmful algal blooms in China. *Harmful Algae*, 111, 102148. <https://doi.org/10.1016/j.HAL.2021.102148>
- Zhang, D., Wang, X., Xiong, J., Zhu, J., Wang, Y., Zhao, Q., Chen, H., Guo, A., Wu, J., & Dai, H. (2014). Bacterioplankton assemblages as biological indicators of shrimp health status. *Ecological Indicators*, 38, 218–224. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.11.002>