

**PENGARUH NITRAT DAN FOSFAT TERHADAP KELIMPAHAN
FITOPLANKTON PADA TAMBAK UDANG VANNAMEI (*Litopenaeus
vannamei*) DI TAMBAK PT. AGEL KENCANA KABUPATEN SITUBONDO**

**THE EFFECT OF NITRATE AND PHOSPHATE ON THE ABUNDANCE OF
PHYTOPLANKTON IN VANNAMEI SHRIMP (*Litopenaeus vannamei*)
PONDS AT PT. AGEL KENCANA SITUBONDO REGENCY**

ST. Oik Koneksia*, Ervina Wahyu Setyaningrum, Mega Yuniartik

Program Studi Ilmu Perikanan, Fakultas Pertanian dan Perikanan, Universitas 17 Agustus 1945
Banyuwangi

*e-mail: stoikkoneksia@gmail.com

ABSTRAK

Kabupaten Situbondo memiliki potensi besar untuk pengembangan sektor perikanan. PT. Agel Kencana menerapkan budidaya udang vannamei secara intensif. Nitrat berperan dalam proses sintesis protein dan pembelahan sel pada fitoplankton, sehingga berpengaruh pada peningkatan kelimpahan dan keanekaragaman fitoplankton di ekosistem perairan. Selain itu, fosfat juga berkontribusi signifikan dalam pembentukan energi di dalam sel fitoplankton, ketika kadar fosfat cukup, fitoplankton dapat berkembang dengan optimal, yang akan mempertinggi produktivitas primer di ekosistem perairan khususnya perairan tambak udang vannamei. Berkaitan dengan itu, maka tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh nitrat dan fosfat terhadap kelimpahan fitoplankton di tambak udang PT. Agel Kencana Situbondo. Metode analisis data mencakup penghitungan kelimpahan fitoplankton dan regresi linier berganda, pengumpulan data dilakukan survei dan observasi langsung. Hasil dari perhitungan keseluruhan kelimpahan fitoplankton berjumlah 11.349.468. Sedangkan untuk setiap kolam memiliki nilai dengan kisaran 178.500 – 5.002.500, kolam dengan kelimpahan fitoplankton tertinggi terdapat pada kolam S3. Spesies yang sering ditemukan di seluruh kolam adalah *Prymnesium parvum* dari filum *Haptophyta* pada kolam tambak udang vannamei. Keanekaragaman fitoplankton memiliki kisaran kisaran 1,072 – 4,735 dengan rata-rata 1,706. Berkaitan hasil analisis regresi linier berganda, bahwa terdapat pengaruh nitrat dan fosfat terhadap kelimpahan fitoplankton, dengan nilai R^2 hanya 16,4%. Selebihnya dipengaruhi oleh faktor lain seperti parameter kualitas air lainnya, manajemen tambak serta faktor yang bisa memengaruhi perubahan fisika dan kimia di area budidaya yang memicu pertumbuhan fitoplankton.

Kata kunci: *kelimpahan; keanekaragaman; fitoplankton; nitrat; fosfat*

ABSTRACT

Situbondo Regency has excellent potential for the development of the fisheries sector. PT. Situbondo Regency has excellent potential for the development of the fisheries sector. PT. Agel Kencana implements intensive vannamei shrimp farming. Nitrate plays a role in the process of protein synthesis and cell division in phytoplankton, thereby affecting the increase in the abundance and diversity of phytoplankton in aquatic ecosystems. In addition, phosphate also contributes significantly to energy formation in phytoplankton cells. When phosphate levels are sufficient, phytoplankton can grow optimally, which will increase primary productivity in aquatic ecosystems, especially in vannamei shrimp ponds. In relation to this, the purpose of this study is to analyse the effect of nitrate and phosphate on phytoplankton abundance in the shrimp ponds of PT. Agel Kencana Situbondo. The data analysis methods include calculating phytoplankton abundance and multiple linear regression, with data collection conducted through surveys and

*direct observation. The results of the overall phytoplankton abundance calculation amounted to 11,349,468. Meanwhile, each pond had a value ranging from 178,500 to 5,002,500, with the highest phytoplankton abundance found in pond S3. The species most commonly found in all ponds was *Prymnesium parvum* from the Haptophyta phylum in the vannamei shrimp ponds. Phytoplankton diversity ranged from 1.072 to 4.735, with an average of 1.706. Based on the results of multiple linear regression analysis, there is an effect of nitrate and phosphate on phytoplankton abundance, with an R^2 value of only 16.4%. Other factors, including variations in water quality parameters and pond management practices, influence the remaining effects through physical and chemical changes in the cultivation area that stimulate phytoplankton growth.*

Keywords: *abundance; diversity; phytoplankton; nitrate; phosphate*

PENDAHULUAN

Peningkatan produksi udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) sejalan dengan meningkatnya permintaan pakan untuk udang. Menurut Pamungkas *et al.*, (2022) budidaya udang dengan metode intensif membutuhkan kepadatan penebaran yang besar serta memerlukan banyak pakan. Fitoplankton berfungsi sebagai makanan alami bagi organisme yang hidup di air. Dapat dikatakan bahwa perairan dengan produktivitas primer fitoplankton yang tinggi akan memiliki potensi sumber daya hayati yang besar (Setyaningrum *et al.*, 2020). Fitoplankton menjaga kelangsungan hidupnya dengan memanfaatkan bahan organik sebagai bahan makanannya.

Nitrat (NO_3^-) merupakan salah satu sumber nitrogen bagi fitoplankton yang berperan penting dalam proses pembelahan sel, ketersediaan nitrat yang tinggi dapat mendukung dominansi fitoplankton di tambak udang vannamei (Juliyanto *et al.*, 2021). Fosfat (PO_4^-) memiliki peranan krusial dalam perkembangan fitoplankton karena merupakan salah satu elemen nutrisi penting yang diperlukan dalam pembentukan energi melalui ATP dan dalam sintesis DNA serta RNA di dalam sel fitoplankton. Fosfat sering dijadikan sebagai faktor pembatas bagi fitoplankton, terutama di perairan tambak udang vannamei (Yunus *et al.*, 2025).

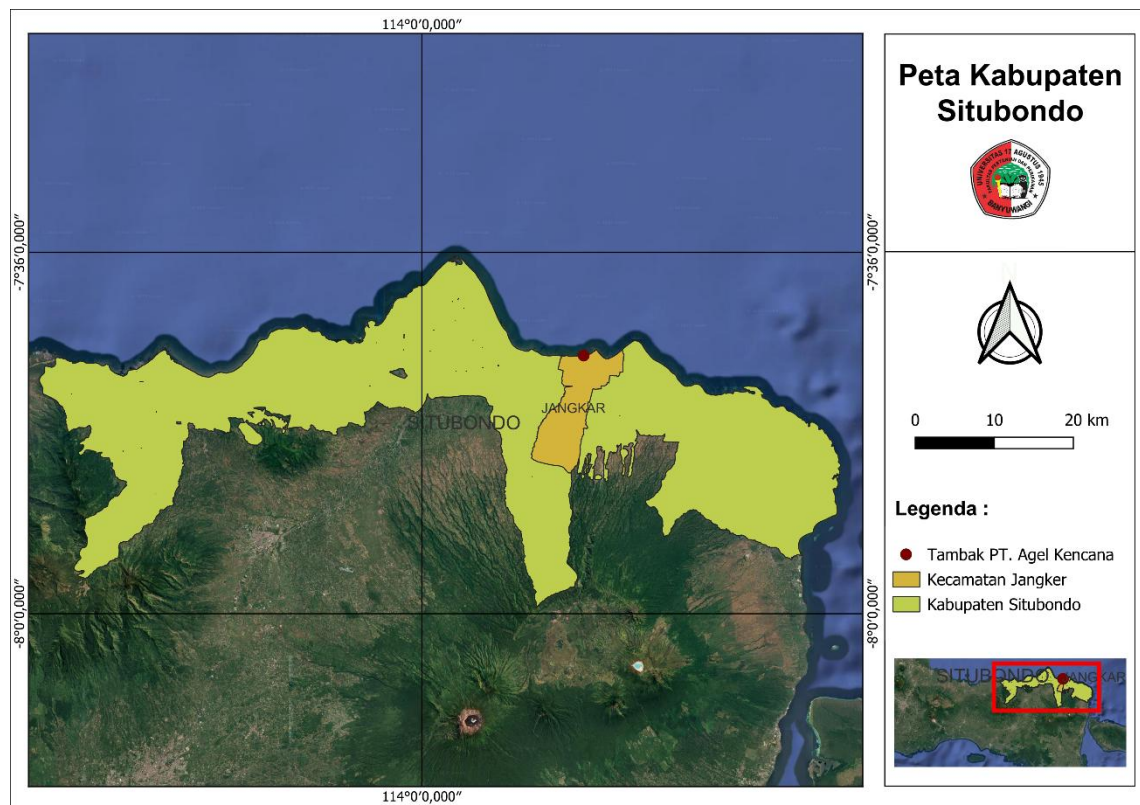
Peningkatan Nitrat (NO_3^-) dan Fosfat (PO_4^-) dalam kegiatan budidaya sering terjadi akibat intensifikasi budidaya, seperti penggunaan pakan berlebih serta sistem pengelolaan limbah yang kurang baik. Ketika konsentrasi dua elemen ini bertambah, jumlah populasi fitoplankton bisa berkembang pesat, hal ini dapat memicu eutrofikasi hingga menimbulkan fenomena ledakan fitoplankton (*algal bloom*). Ketika fenomena tersebut didominasi oleh jenis yang mengandung racun serta berpotensi membahayakan kehidupan organisme akuakultur, biasanya disebut sebagai ledakan alga berbahaya (HABs) (Bosman *et al.*, 2021). Berdasarkan penjelasan di atas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh nitrat dan fosfat terhadap

kelimpahan fitoplankton pada tambak udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) di PT. Agel Kencana Kabupaten Situbondo.

METODOLOGI

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Tambak PT. Agel Kencana berlokasi di Kecamatan Jangker, Kabupaten Situbondo, dengan letak geografis berdasarkan posisi garis lintang dan garis bujur berada diantara $7^{\circ}42'49.60''\text{S}$ $114^{\circ}11'0.27''\text{E}$ (Gambar 1). Penelitian ini dilaksanakan dalam satu siklus (120 hari) yaitu pada bulan Oktober 2024 – Februari 2025.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Sumber : Indonesia Geospasial

Jenis dan Metode Pengambilan Data

Jenis data yang digunakan mencakup data primer dan sekunder. Data primer menurut Srivastava (2023) adalah informasi yang dikumpulkan langsung oleh peneliti melalui observasi dan pengukuran pribadi, sehingga lebih akurat dan dapat diandalkan karena belum diubah atau diproses oleh pihak lain. Jenis data primer dalam penelitian ini meliputi konsentrasi nitrat (NO_3^-), fosfat (PO_4^{3-}), kelimpahan dan keanekaragaman

fitoplankton. Sedangkan data sekunder menurut Sugiyono (2024) merupakan sumber yang tidak secara langsung menyediakan informasi untuk pengumpulan data. Data sekunder diambil dari berbagai sumber yang dapat mendukung penelitian, seperti jurnal, buku, data satelit dan penelitian sebelumnya.

Pengambilan sampel dilakukan selama satu siklus (DOC 30, 60, 90 dan 120), sedangkan titik pengambilan sampel air pada bagian *Inlet* (saluran masuk air), *central* (tengah kolam) dan *outlet* (saluran keluar air) dengan total keseluruhan 12 kolam, terlihat pada Gambar 2. Metode pengambilan sampel data primer menggunakan dua botol sampel kapasitas 600 ml, setelah itu dianalisis menggunakan metode spektrofotometri dengan satuan miligram per liter (mg/L). Pengamatan sampel plankton menggunakan mikroskop binokuler Olympus CX-23 LED menggunakan perbesaran 400 kali dengan metode *haemocytometer* dengan satuan sel per mililiter (sel/ml). Adapun perangkat lunak yang digunakan untuk mengolah dan menganalisis data yaitu *Microsoft Excel*.



Gambar 2. Titik kolam pengambilan sampel

Sumber : Google Satelit

Metode Analisis

a. Kelimpahan Plankton

Perhitungan kelimpahan fitoplankton menggunakan *haemocytometer*, dilakukan perhitungan dengan persamaan menurut Qian *et al.*, (2023) :

$$N = \left(\frac{C}{A}\right) \times D \times 10^4 \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

- N = kelimpahan fitoplankton (sel/mL)
- C = total sel terhitung
- A = jumlah kotak yang diamati
- D = faktor pengenceran
- 10⁴ = faktor volume ruang hitung haemocytometer (0,0001 mL)

Pengamatan dilakukan pada beberapa lapang pandang mikroskop. Setiap sampel dihitung dalam lima kotak pada *haemocytometer* dan setiap perhitungan dilakukan dalam tiga kali pengulangan. Rata-rata dari seluruh pengulangan menghasilkan nilai kelimpahan akhir.

Dilihat dari kelimpahannya, plankton menjadi faktor kesuburan pada suatu perairan yang dapat dikategorikan sebagai berikut:

- a) 0 – 2.000 sel/ml: Oligotrofik (kurang subur)
- b) 2.000 – 15.000 sel/ml: Mesotrofik (agak subur)
- c) >15.000 sel/ml: Eutrofik (sangat subur)

Indeks Keragaman (H')

Rumus indeks keragaman (H') menggunakan Shannon-Wiener dengan persamaan menurut Triawan dan Arisandi, (2020):

$$H' = - \sum_{i=1}^s (P_i)(\ln P_i) \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

- H' = indeks keanekaragaman
- Pi = ni/N
- ni = jumlah individu jenis ke-l
- N = jumlah total individu
- ln = logaritma semua total individu

Nilai persamaan indeks keanekaragaman (H') Shannon-Wiener dijelaskan sebagai berikut :

- H' < 1 : keanekaragaman komunitas rendah (tidak stabil)
- 1 < H' < 3 : keanekaragaman komunitas sedang (kestabilannya sedang)
- H' > 3 : keanekaragaman komunitas tinggi (stabil)

b. Analisis Regresi Linier Berganda

Analisis data menggunakan analisis regresi linier berganda, analisis regresi linier berganda digunakan untuk mengamati hubungan antara kandungan nitrat, fosfat terhadap kelimpahan dan keanekaragaman fitoplankton. Menurut Purnomo *et al.*, (2023) Analisis regresi linier berganda merupakan teknik analisis yang sesuai digunakan ketika penelitian melibatkan satu variabel dependen dan dianggap berkaitan dengan dua atau lebih variabel independen. Tujuan dari analisis regresi berganda adalah untuk memproyeksikan perubahan pada variabel dependen sebagai reaksi terhadap variasi pada variabel independen. Berikut persamaan dari analisis regresi linier berganda:

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan

- Y = variabel terikat (fitoplankton (sel/ml))
- a = nilai konstanta
- bn = koefisien regresi
- Xn = variabel bebas (X₁ : nitrat (mg/L)) ; X₂ : fosfat (mg/L))

Penelitian ini belum melaksanakan serangkaian pengujian terhadap asumsi regresi. Selain itu, data yang digunakan adalah data yang bersifat waktu (DOC 0, 30, 60, 90, 120), dan beberapa petak tambak mengalami panen parsial pada DOC tertentu. Situasi ini dapat menyebabkan ketidakstabilan dalam jumlah sampel dari waktu ke waktu serta kemungkinan adanya autokorelasi yang belum diuji, sehingga kemandirian data tidak dapat benar-benar dipastikan. Dengan demikian, interpretasi hasil dari analisis regresi harus ditafsirkan dengan cermat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kelimpahan Fitoplankton

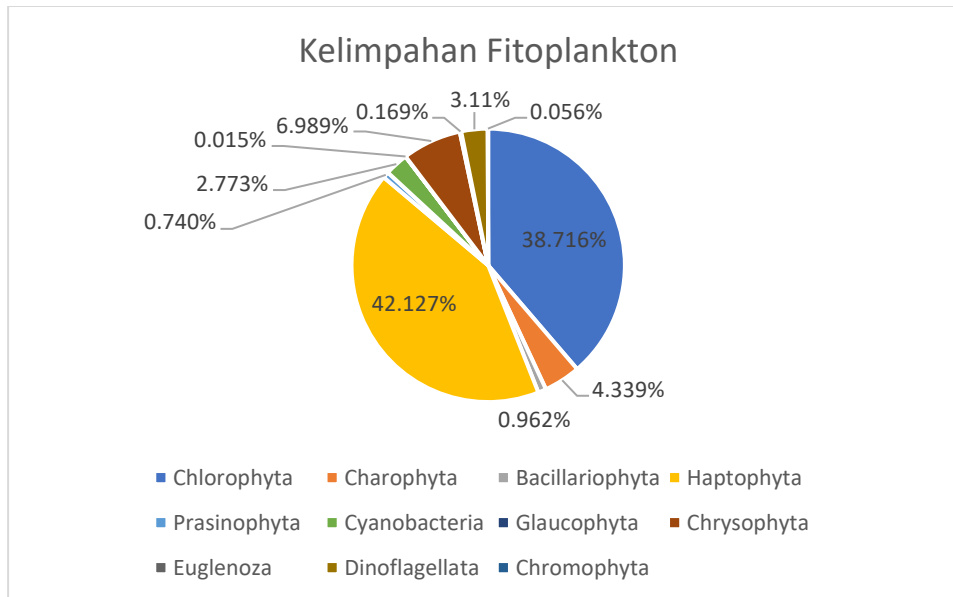
Berdasarkan hasil analisis kelimpahan fitoplankton, maka kisaran kelimpahan plankton di 12 kolam tambak udang PT. Agel Kencana Situbondo adalah 178.500 – 5.002.500 sel/ml, dimana termasuk pada kategori Eutrofik atau perairan yang sangat subur. Menurut Musa *et al.*, (2023) jika memiliki total kelimpahan fitoplankton >15. 000 sel/ml, menunjukkan bahwa perairan tersebut berstatus eutrofik yang menandakan perairan tambak PT. Agel Kencana sangat subur. Lebih detailnya bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data perhitungan kelimpahan fitoplankton di Tambak PT. Agel Kencana Situbondo.

Filum	Kode Kolam Kelimpahan Fitoplankton (sel/ml)												Total Filum
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	
Chlorophyta	907,708	130,208	145,833	134,000	77,668	179,444	306,389	154,583	333,958	249,444	313,125	1,461,667	4,394,029
Charophyta	41,667	24,792	11,875	8,167	16,667	185,556	17,500	8,125	2,917	9,722	10,417	155,000	492,403
Bacillariophyta	2,500	2,500	13,958	0	1,000	0	11,944	208	1,042	29,167	625	46,250	109,194
Haptophyta	1,875	10,417	4,612,361	133	29,167	6,944	63,056	13,542	5,208	28,333	9,792	417	4,781,244
Prasinophyta	417	3,958	68,472	667	667	0	3,611	417	0	0	5,833	0	84,042
Cyanobacteria	2,500	26,250	8,958	26,000	8,333	68,611	43,056	33,750	12,500	23,056	20,000	41,667	314,681
Glaucophyta	0	0	0	0	500	0	0	0	1,250	0	0	0	1,750
Chrysophyta	50,625	32,083	63,958	35,833	26,833	193,333	13,056	36,458	17,917	23,611	53,333	246,167	793,208
Euglenozoa	833	2,917	417	2,667	833	1,111	0	208	2,500	5,000	1,458	1,250	19,194
Dinoflagellata	107,708	10,625	75,833	49,167	17,167	8,333	7,222	41,042	1,667	9,167	2,917	22,500	353,347
Chromophyta	0	1,042	833	167	167	0	0	625	417	0	208	2,917	6,375
Total	305,833	244,792	5,002,500	258,000	178,500	643,333	455,833	288,983	379,375	377,500	417,708	1,955,833	11,349,468

Tabel 1 di atas menjelaskan bahwa kolam dengan kelimpahan fitoplankton tertinggi terdapat pada kolam S3 yaitu 5.002.500 sel/ml. Hal ini disebabkan pada karakteristik lingkungan perairan tambak yang berbeda-beda, yang dapat mempengaruhi secara fisiologis dinamika populasi fitoplankton mencakup faktor-faktor baik fisika maupun kimia di dalam air seperti tingkat cahaya atau kecerahan, salinitas, kadar oksigen terlarut dan ketersediaan nutrisi seperti nitrat dan fosfat. Selain itu, faktor biologis juga berperan, seperti kematian secara alami, dan proses dekomposisi pada perairan. Hal tersebut sesuai pendapat Wijayanti *et al.*, (2021) bahwasannya perbedaan ini bisa dipengaruhi oleh sejumlah faktor, meliputi kualitas air, pemangsaan atau kematian alami fitoplankton, serta proses pemecahan senyawa organik seperti nitrat dan fosfat. Selain itu, seiring bertambahnya umur udang jumlah perbedaan kepadatan yang diterapkan di tambak dapat berdampak pada kehidupan organisme disebabkan oleh variasi distribusi nutrisi yang diterapkan di tambak.

Analisis menghasilkan ditemukannya 11 jenis filum fitoplankton di tiap kolam PT. Agel Kencana Situbondo, yaitu filum *Chlorophyta*, *Charophyta*, *Bacillariophyta*, *Haptophyta*, *Prasinophyta*, *Cyanobacteria*, *Glaucophyta*, *Chrysophyta*, *Euglenozoa*, *Dinoflagellata*, dan filum *Chromophyta* (ditampilkan pada Gambar 3).



Gambar 3. Persentase Total Filum Fitoplankton di Tambak PT. Agel Kencana Situbondo.

Gambar 3 menjelaskan bahwa populasi fitoplankton di tambak udang vannamei PT. Agel Kencana Situbondo, yang memiliki kelimpahan tertinggi total cukup tinggi yaitu 42.994% dari filum *Haptophyta* spesies *Prymnesium parvum*. Hal ini dikarenakan pada kolam menggunakan aerasi *paddle wheel* atau roda dayung serta penambahan mineral atau probiotik yang menghasilkan kondisi kimia yang optimum terutama DO, pH, kalsium, magnesium sehingga mendukung pertumbuhan fitoplankton seperti *Prymnesium parvum*. Kadar DO yang tinggi pada perairan tambak dapat mengakibatkan peningkatan nitrat karena menghambat proses denitrifikasi. Menurut Zhang *et al.*, (2021) ketika konsentrasi DO naik dari 3 menjadi 5 mg/L, jumlah nitrat yang terakumulasi juga bertambah. Diperkirakan bahwa pengurangan zona hipoksia disebabkan oleh peningkatan kedalaman penetrasi oksigen dalam kolam yang terjadi karena kenaikan DO, hal tersebut merupakan salah satu faktor lainnya yang menghambat proses denitrifikasi. *Prymnesium parvum*, mikroalga yang dapat membunuh ikan maupun udang, dikenal dapat menyesuaikan diri dengan variasi suhu yang luas (5 – 30 °C) dan tingkat salinitas (3 – 32 ppt) di ekosistem perairan. *Prymnesium parvum* memiliki siklus hidup yang melibatkan fase haploid dan diploid secara bergantian serta dapat melakukan fotosintesis, menggunakan bahan organik sebagai sumber makanannya, serta menunjukkan kemampuan adaptasi yang baik terhadap berbagai suhu, salinitas, dan kondisi pencahayaan (Qin *et al.*, 2020).

Penurunan kualitas air dapat memicu pertumbuhan alga berbahaya (HABs) dari ketidakseimbangan nutrisi, seperti pada kandungan nitrat dan fosfat serta perairan yang bersifat alkali (pH > 7,0), diidentifikasi sebagai faktor yang berperan dalam peningkatan

toksisitas *P. parvum* (Hartman *et al.*, 2021). Nitrat adalah unsur yang dibutuhkan dalam proses fotosintesis pada sel alga. Unsur tersebut dapat meningkatkan produksi klorofil dalam sel alga dan mendukung proses fotosintesis. Sehingga laju pertumbuhan *Prymnesium parvum* akan bertambah seiring dengan meningkatnya kadar nitrat (Yin *et al.*, 2021). Saat kadar nitrat melebihi fosfat, *Prymnesium parvum* cenderung akan memangsa organisme lain, yang mengakibatkan dominansi kompetitif. Selain keberadaan bahan organik seperti nitrat dan fosfat, terdapat faktor eksternal yang berpengaruh terhadap sintesis dan pelepasan toksin, seperti salinitas, tingkat pH, dan intensitas cahaya yang stabil. Pada saat kondisi seperti ini *Haptophyta* (*Prymnesium parvum*) dapat berkembang biak dengan baik. HABs (*Harmful Alga Blooms*) di tambak sering mengakibatkan penurunan DO yang parah, kegagalan molting pada udang, serta kematian massal larva dan juvenil (Sobieraj dan Metelski, 2023).

Menurut Taylor *et al.*, (2020) *Prymnesium parvum* menunjukkan bahwa terdapat senyawa prymnesin yang merupakan racun, sebagai faktor utama yang dapat menyebabkan kematian biota budidaya saat blooming alga emas beracun. Sehingga membutuhkan rekomendasi manajemen pada tambak udang vannamei untuk pencegahan HABs, dapat dilakukan dengan penggunaan aerasi yang tepat pada tambak udang juga penting, kenaikan jumlah bahan organik dikarenakan bertambahnya biomassa udang yang berdampak pada peningkatan kebutuhan oksigen di dalam sedimen dan kolom air untuk proses respirasi. Operasional aerasi yang dianjurkan yaitu memastikan DO pada malam hari tidak turun di bawah 4 mg/L, sedangkan DO untuk siang hari adalah 3 – 5 mg/L (atau lebih pada tingkat intensitas tinggi) untuk menghindari stres dan mengurangi faktor yang menyebabkan eutrofikasi yang ekstrem hingga HABs. Pemantauan kualitas air secara rutin dan pengelolaan nutrisi perlu dilakukan bersamaan dengan aerasi, hanya mengandalkan aerasi saja tidak cukup (Nguyen *et al.*, 2024).

Hasil pengamatan nitrat di tambak udang vannamei PT. Agel Kencana Situbondo dibandingkan dengan standar baku mutu kualitas air berdasarkan Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 75/PERMEN-KP/2016 Tahun 2016 terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Konsentrasi Nitrat dan Fosfat di Tambak Udang PT. Agel Kencana Situbondo.

Parameter Kualitas air	Kisaran	Baku Mutu Kualitas Air	Nilai Rata-rata	Keterangan
Nitrat (mg/L)	2 – 25	0.5	11.19	Tidak Optimum
Fosfat (mg/L)	0,016 – 1,435	0.1 – 5	0.67	Optimum

Kadar nitrat menunjukkan bahwa nilai melebihi standar baku mutu atau tidak optimum, sedangkan fosfat menunjukkan angka berkisar 0,016 – 1,435 mg/L dengan konsentrasi sesuai baku mutu atau optimum. Hal ini disebabkan karena kadar nitrat di tambak tersebut telah melampaui standar kualitas karena terjadinya akumulasi sisa pakan dan feses udang selama proses budidaya.

Kadar nitrat yang ideal untuk perkembangan fitoplankton berada dalam rentang antara 0,9 – 3,5 mg/L, sedangkan nilai fosfat yang ideal untuk perkembangan fitoplankton dalam rentang antara 0,09 – 1,80 mg/L. Dikarenakan nutrisi unsur hara yaitu nitrat dan fosfat berada mencukupi, dimanfaatkan oleh fitoplankton untuk mendukung pertumbuhannya (Nindarwi *et al.*, 2021).

Peristiwa HABs dalam sistem akuakultur berkaitan dengan penumpukan N dan P serta perbandingan N:P, dengan mengendalikan masuknya nutrisi dapat mengurangi peluang terjadinya bloom (Luo *et al.*, 2022). Mengurangi *overfeeding* (pemberian pakan yang berlebihan) dengan menyesuaikan frekuensi pakan pada udang serta melakukan pengolahan limbah organik dasar (sedimen) secara rutin untuk mengendalikan sumber N dan P yang telah terakumulasi dengan cara, mengganti satu per tiga dari air di dasar tambak agar kelangsungan hidup udang dan ekosistem perairan tetap terjaga. Menurut Cao, (2025) pergantian air dan pengelolaan lumpur pada tambak udang vannamei dilakukan untuk mencegah penumpukan nutrien di kolam yang berasal dari sisa pakan dan kotoran udang.

Keanekaragaman Fitoplankton

Hasil analisis keanekaragaman fitoplankton di tambak PT. Agel Kencana Situbondo menunjukkan kisaran 1,072 – 4,735 dengan rata-rata 1,706, hal tersebut mengindikasikan tingkat keanekaragaman komunitas kestabilannya sedang. Menurut Mansyah *et al.*, (2020) kisaran indeks $1 < H' < 3$ menunjukkan bahwa tingkat keanekaragamannya berada pada tingkat sedang, yang mengindikasikan bahwa kualitas air di perairan tambak PT. Agel Kencana Situbondo masih memadai untuk mendukung pertumbuhan dan variasi fitoplankton.

Tabel 3. Data perhitungan keanekaragaman fitoplankton di Tambak PT. Agel Kencana Situbondo.

Keanekaragaman Fitoplankton	Kode kolam												Rata-rata
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	
H'	1,273	1,558	4,735	1,359	1,409	1,482	1,530	1,516	1,521	1,547	1,470	1,072	1,706

Indeks keanekaragaman fitoplankton di tambak udang PT. Agel Kencana Situbondo tersebut cukup fluktuatif, kondisi air juga dapat mendukung bagi kemunculan spesies baru. Hambatan pada faktor lingkungan di lokasi tambak diakibatkan oleh musim, arus pasang surut, sumber air yang mengisi tambak, serta limbah dari kegiatan tambak intensif. Mahmudi *et al.*, (2021) mengemukakan bahwa faktor-faktor yang terlibat dalam penataan komunitas fitoplankton di tambak muncul dari hubungan yang dihasilkan oleh kondisi lingkungan, seperti, fisik (suhu, cahaya bawah air, perubahan iklim) serta kimia (nutrien), lingkungan yang heterogen dapat mendorong bertambahnya struktur komunitas keanekaragaman pada fitoplankton.

Pengaruh Nitrat dan Fosfat Terhadap Kelimpahan Fitoplankton

Berdasarkan penilaian hasil uji regresi linier berganda seperti pada Tabel 4, didapatkan angka signifikansi sebesar 0,0000072, dimana angka tersebut kurang dari 0,05, yang artinya terdapat pengaruh signifikan untuk nitrat dan fosfat terhadap kelimpahan fitoplankton di tambak PT. Agel Kencana Situbondo.

Tabel 4. Nilai Signifikansi Kelimpahan Fitoplankton

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	2	1,28725E+12	6,44E+11	12,97130533	0,0000072
Residual	132	6,54973E+12	4,96E+10		
Total	134	7,83698E+12			

Selanjutnya dilakukan uji korelasi determinasi untuk menilai seberapa besar nitrat dan fosfat mempengaruhi jumlah kelimpahan fitoplankton. Hasil dari pengujian ini sesuai Tabel 5, menunjukkan bahwa nilai Multiple R yang mencapai 0,405 menunjukkan adanya hubungan positif yang cukup atau berarti sedang, antara variabel independen yaitu nitrat dan fosfat dan variabel dependen yaitu jumlah kelimpahan fitoplankton.

Tabel 5. Korelasi Determinasi Kelimpahan Fitoplankton

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,405281876
R Square	0,164253399
Adjusted R Square	0,151590572
Standard Error	222753,5761

Kontribusi dari variabel independen terhadap perubahan variabel dependen masih terbilang kecil. Nilai $R^2 = 0,164$ menunjukkan bahwa hanya sebesar 16,4% mengindikasikan bahwa perubahan kelimpahan fitoplankton dapat dijelaskan oleh variabel independen dalam model ini (nitrat dan fosfat) dengan hubungan relatif yang lemah. Selebihnya, 83,6% dipengaruhi oleh faktor lain di luar model seperti parameter kualitas air lainnya, manajemen tambak serta faktor yang bisa memengaruhi perubahan fisika dan kimia di area budidaya. Kualitas air sangat berpengaruh dalam meningkatkan hasil tambak, dalam konteks ini kegiatan budidaya membutuhkan kondisi yang seimbang dan sehat. Perubahan pada parameter kualitas air seperti suhu, salinitas, pH dan kecerahan serta parameter yang tidak memperhatikan standar baku mutu, dapat mengakibatkan peningkatan kelimpahan fitoplankton (Setyaningrum *et al.*, 2023).

Berikutnya, dilakukan analisis untuk uji parsial (uji T) untuk mengidentifikasi pengaruh dari setiap parameter kualitas air secara terpisah terhadap jumlah plankton. Hasil dari analisis uji parsial (uji T) menunjukkan bahwa dari kedua parameter kualitas air yaitu nitrat dan fosfat di tambak PT. Agel Kencana Situbondo, hanya nitrat yang memiliki pengaruh terhadap kelimpahan fitoplankton (Sig. < 0,05), sementara itu, nitrat secara terpisah memiliki dampak atau memiliki pengaruh signifikan sebesar 0,0000072 terhadap kelimpahan plankton (Sig. < 0,05) dapat terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai persamaan regresi linier berganda dan Uji T (Parsial)

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>T</i>	<i>P-value</i>
Intercept	108029,384	44451,73635	2,430262413	0,016431575
Nitrat	18385,26914	3612,230396	5,089727711	0,0000012073
Fosfat	-233,9838128	201,6258866	-1,160484979	0,2479459356

Hasil dari analisis uji parsial (uji T) menunjukkan nitrat memberikan pengaruh yang signifikan, sementara fosfat tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kelimpahan fitoplankton. Nilai signifikansi untuk fosfat adalah 0,2479459356, sementara untuk hasil dari analisis uji parsial (uji T) nitrat memiliki nilai signifikansinya sebesar 0,0000012073 yang berarti berpengaruh nyata terhadap kelimpahan fitoplankton di tambak PT. Agel Kencana. Nilai signifikansi nitrat dapat berdiri sendiri dengan kata lain,

dibandingkan dengan variasi kadar fosfat, jika dilihat dari perspektif statistik variasi jumlah fitoplankton lebih berhubungan dengan fluktuasi kadar nitrat.

Menurut Tangguda *et al.*, (2025) Nitrat mudah terlarut dalam air daripada fosfat dan cukup stabil. Senyawa nitrat terbentuk melalui proses oksidasi total senyawa nitrogen di dalam air. Sehingga konsentrasi nitrat lebih tinggi daripada konsentrasi fosfat.

Pada proses budidaya, seiring bertambahnya usia udang, jumlah pakan yang diberikan juga semakin meningkat. Pakan berfungsi sebagai kebutuhan utama nitrogen karena kandungan protein pada pakan. Kandungan protein yang tinggi tersebut berakibat pada meningkatnya unsur hara dari budidaya yang bersifat beracun. Hal tersebut dihasilkan dari sisa pakan, kotoran, dan sisa-sisa metabolisme. Peningkatan pakan ini yang dapat memicu kenaikan senyawa yang berbahaya bagi udang, seperti amonia (NH_3), nitrat (NO_3^-) dan nitrit (NO_2^-) (Prasetiyono *et al.*, 2022). Selain itu, Kadar parameter kualitas air yang fluktuatif terutama DO yang dapat menghambat proses denitrifikasi, akhirnya nitrat meningkat dan menyebabkan ketidakseimbangan pada sumber Nitrat dan Fosfat. Menurut Liu *et al.*, (2022) proses denitrifikasi terjadi dalam keadaan anaerobik, jika aerasi digunakan secara terus-menerus nitrat tidak akan berkurang, melainkan kondisi dengan oksigen dapat menyebabkan penumpukan nitrat di air tambak.

Didapatkan rumus regresi yang menunjukkan dampak faktor kualitas air terhadap Kelimpahan fitoplankton di tambak udang vannamei PT. Agel Kencana Kabupaten Situbondo seperti berikut:

$$Y = 108029,384 + 18385,26914X_1 - 233,9838128X_2 \dots\dots\dots (4)$$

Berdasarkan rumus linier di atas, artinya bahwa jika terjadi peningkatan 1 mg/L Nitrat, maka memiliki pengaruh terhadap kelimpahan fitoplankton yaitu akan bertambah sebesar 18385,2691 sel/ml. Sementara bila terdapat penambahan 1 mg/L Fosfat, artinya memiliki pengaruh terhadap kelimpahan fitoplankton yaitu akan berkurang sebesar 233,9838128 sel/ml.

Secara umum, nitrat merupakan bentuk utama nitrogen di air dan merupakan nutrisi utama untuk mendorong pertumbuhan fitoplankton dan alga. Nitrat dihasilkan melalui pengubahan amonia menjadi nitrit, dan kemudian menjadi nitrat. Proses ini sangat penting dan terjadi dalam keadaan ada oksigen, yang dikenal dengan sebutan nitrifikasi (Adawiah *et al.*, 2021). Menurut Pauwah *et al.*, (2020) zat hara dalam ekosistem air memberikan efek yang baik, namun pada level tertentu dapat menghasilkan efek buruk. Efek positifnya adalah peningkatan jumlah fitoplankton karena tingginya kadar unsur hara salah satunya nitrat. Sementara itu, efek buruknya mencakup

berkurangnya oksigen terlarut pada dalam air tambak dan meningkatnya kemungkinan muncul serta berkembangnya jenis fitoplankton yang berbahaya yang lebih sering disebut dengan HABs.

KESIMPULAN

Hasil penelitian telah menunjukkan bahwa kondisi perairan di tambak PT. Agel Kencana termasuk pada kategori Eutrofik atau perairan yang sangat subur, kolam dengan kelimpahan fitoplankton tertinggi terdapat pada kolam S3. Populasi fitoplankton cukup tinggi dengan total 11.349.468, dimana filum *Haptophyta* spesies *Prymnesium parvum* mendominasi pada setiap kolam. Indeks keanekaragaman (H') komunitas fitoplankton pada tambak tersebut memiliki rata-rata 1,706 menunjukkan stabilitas yang sedang.

Hasil uji regresi linier berganda mengindikasikan bahwa ada pengaruh pada nitrat dan fosfat terhadap kelimpahan fitoplankton di tambak PT. Agel Kencana Situbondo. Sementara nilai R^2 tergolong rendah yaitu 16,4%, selebihnya 83,6% dipengaruhi oleh faktor lain seperti parameter kualitas air lainnya (suhu, salinitas, pH dan kecerahan), manajemen tambak serta faktor yang bisa memengaruhi perubahan fisika dan kimia di area budidaya, yang dapat memicu pertumbuhan fitoplankton.

Terdapat kekhawatiran bahwa hal ini bisa mengakibatkan berkembangnya fitoplankton dengan pesat dan tinggi (*Blooming algae*) dari filum *Haptophyta* di kolam tambak PT. Agel Kencana Situbondo. Dengan demikian, penting untuk menerapkan pengelolaan kualitas air seperti DO, tindakan dapat melalui target operasional aerasi, untuk siang hari adalah 3 – 5 mg/L (atau lebih pada tingkat intensitas tinggi) sedangkan pada malam hari tidak turun di bawah 4 mg/L. Monitoring kadar nitrat secara berkala dan mengendalikan sumber N dan P dengan cara mengurangi *overfeeding* serta mengganti satu per tiga dari air di dasar tambak agar kelangsungan hidup udang dan ekosistem perairan tetap terjaga.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada Laboratorium perikanan dari Fakultas Pertanian dan Perikanan, Universitas 17 Agustus 1945 Banyuwangi serta kepada JALA (PT. JALA Akuakultur Lestari Alamku) atas dukungan fasilitas penelitian yang telah diberikan kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiah, S. R., Amalia, V., & Purnamaningtyas, S. E. (2021). Analisis Kesuburan Perairan di Daerah Keramba Jaring Apung Berdasarkan Kandungan Unsur Hara (Nitrat dan Fosfat) di Waduk Ir . H . Djuanda Jatiluhur Purwakarta Analysis of Aquatic Fertility in Floating Nets Based on Nutrient (Nitrate and Phosphate). *Jurnal Kartika Kimia*, 4(2), 96–105.
- Bosman, O., Soesilo, T. E. B., & Rahardjo, S. (2021). Pollution index and economic value of vannamei shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming in indonesia. *Indonesian Aquaculture Journal*, 16(1), 51–60. <https://doi.org/10.15578/iaj.16.1.2021>.
- Cao, Thu Thuy., Hung Anh Le., G. E. (2025). Nutrient dynamics, environmental impacts, and feed efficiency in intensive whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming on sandy soils in Ninh Thuan, Vietnam. *Aquaculture Reports*, 44, 103050. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2025.103050>
- Hartman, K. J., Wellman, D. I., Kingsbury, J. W., Cincotta, D. A., Clayton, J. L., Eliason, K. M., Jernejcic, F. A., Owens, N. V., & Smith, D. M. (2021). A case study of a prymnesium parvum harmful algae bloom in the ohio river drainage: Impact, recovery and potential for future invasions/range expansion. *Water (Switzerland)*, 13(22). <https://doi.org/10.3390/w13223233>
- Isya Tri Pamungkas, Anggun Wijaya, Bahren Qurrotul Nada, & Mega Yuniartik. (2022). Produksi Udang Pada Sistem Budidaya Intensif Udang Vaname (*Litopenaeus Vannamei*) Dengan Metode Pengelolaan Lumpur Budidaya Yang Berbeda. *Journal of Aquaculture Science*, 7(1), 44–52. <https://doi.org/10.31093/joas.v7i1.132>
- Juliyanto, N. A., Maftuch, M., & Masithah, E. D. (2021). Analisis of Phytoplankton Diversity on the Productivity of Vannamei Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Intensive Pond, Jatisari Village, Banyuwangi. *The Journal of Experimental Life Sciences*, 11(2), 26–33. <https://doi.org/10.21776/ub.jels.2021.011.02.01>
- Liu, X., Gao, M., Wang, J., Gu, Z., & Cheng, G. F. (2022). Characteristics of denitrification and anammox in the sediment of an aquaculture pond. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 1–10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1023835>
- Luo, N., Huang, H., & Jiang, H. (2022). Establishment of methods for rapid detection of *Prymnesium parvum* by recombinase polymerase amplification combined with a lateral flow dipstick. *Frontiers in Marine Science*, 9(October), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1032847>
- Mahmudi, M., Musa, M., Arsad, S., Lusiana, E. D., Bunga, A., & Wati, N. A. (2021). Use of Phytoplankton to Assess Water Quality of Eco-Aquaculture System in Super-Intensive Whiteleg Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Pond. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 10(5), 971–979. <https://doi.org/10.17582/JOURNAL.AAVS/2022/10.5.971.979>
- Mansyah, Y. P., Mardhia, D., & Ahadiansyah, Y. (2020). Identifikasi Jenis Fitoplankton Di Tambak Udang Vannamei (*Litopenaeus Vannamei*) LSO AV3 Kecamatan Utan Kabupaten Sumbawa. *Indonesian Journal of Applied Science and Technology*, 1(1), 20–28.
- Musa, M., Thoyibah, A. A., Puspitaningtyas, D. A., Arsad, S., Mahmudi, M., Lusiana, E. D., Maftuch, M., & Huda, A. S. (2023). The impact of water quality on the availability of phytoplankton and growth of *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Water and Land Development*, 56, 127–135. <https://doi.org/10.24425/jwld.2023.143753>
- Nguyen, Nhut Tien., Thi Sinh Vo., Phuong Lan Tran-Nguyen., Minh Nhut Nguyen., Van

- Hoan Pham, Ryuji Matsuhashi., Kyunghoon Kim., T. T. B. C. V. (2024). A comprehensive review of aeration and wastewater treatment. *Aquaculture*, 591, 741113. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.741113>
- Nindarwi, D. D., Samara, S. H., & Santanumurti, M. B. (2021). Nitrate and phosphate dynamics of phytoplankton abundance in Kanceng River, Sepuluh, Bangkalan, East Java, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 679(1), 6–12. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/679/1/012063>
- Pauwah, A., Irfan, M., & Muchdar, F. (2020). Analisis Kandungan Nitrat Dan Fosfat Untuk Mendukung Pertumbuhan Rumput Laut *Kappahycus alvarezii* Yang Dibudidayakan Dengan Metode Longline Di Perairan Kastela Kecamatan Pulau Ternate Kota Ternate. *Hemyscyllium*, 1(1), 10–22.
- Prasetyono, E., Bidayani, E., Robin, R., & Syaputra, D. (2022). Analisis Kandungan Nitrat dan Fosfat pada Lokasi Buangan Limbah Tambak Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Kabupaten Bangka Tengah Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. *Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 18(2), 73–79. <https://doi.org/10.14710/ijfst.18.2.73-79>
- Purnomo, Dwi Agus Sudjimat, Setya Chendra Wibawa, Laili Hidayat, iDhega Febiharsa. (2023). *Analisis Data Multivariat Bidang Pendidikan Vokasi dengan SPSS* (Tim Penerbit Cerdas Ulet Kreatif (ed.)). Cerdas Ulet Kreatif.
- Qian, K., Liu, X., & Chen, Y. (2023). A review on methods of cell enumeration and quantification of freshwater phytoplankton. *J. Lake Sci*, 27(5), 767–775. <https://doi.org/10.18307/2015.0502>
- Qin, J., Hu, Z., Zhang, Q., Xu, N., & Yang, Y. (2020). Toxic effects and mechanisms of *Prymnesium parvum* (Haptophyta) isolated from the Pearl River Estuary, China. *Harmful Algae*, 96, 101844. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2020.101844>
- Setyaningrum, E. W., Masithah, E. D., Yuniartik, M., Nugrahani, M. P., & Dewi, A. T. K. (2020). Comparison of water quality and its influences on phytoplankton abundance based on water characteristics in coastal of Banyuwangi Regency, Jawa Timur, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 441(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/441/1/012129>
- Setyaningrum, E. W., Yuniartik, M., & Yuniari, S. H. (2023). Water Quality Analysis for Vannamei Shrimp Culture in Coastal of Banyuwangi Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1273(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1273/1/012050>
- Sobieraj, J., & Metelski, D. (2023). Insights into Toxic *Prymnesium parvum* Blooms as a Cause of the Ecological Disaster on the Odra River. *Toxins*, 15(6), 1–39. <https://doi.org/10.3390/toxins15060403>
- Srivastava, R. (2023). Karl Pearson and “Applied” Statistics. *Resonance*, 28(2), 183–189. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12045-023-1542-3>
- Sugiyono. (2024). *Metode penelitian kuantitatif kualitatif dan R&D* (ed. 2). Alfabeta.
- Tangguda, S., Serihollo, L. G. G., Usman, Z., Amalo, P., Yuli, R., Pratiwi, R., Putu, N., Kusuma, D., & Hariyadi, D. R. (2025). Aplikasi Bioball dalam Menurunkan Kadar Nitrit Pada Limbah Tambak Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) Application Of Bioball In Reducing Nitrite Level In White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Pond Waste. *Jurnal Megaptera*, 4(1), 43–50.
- Taylor, R. B., Hill, B. N., Bobbitt, J. M., Hering, A. S., Brooks, B. W., & Chambliss, C. K.

- (2020). Suspect and non-target screening of acutely toxic *Prymnesium parvum*. *Science of the Total Environment*, 715, 136835. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136835>
- Triawan, A. C., & Arisandi, A. (2020). Struktur Komunitas Fitoplankton Di Perairan Muara Dan Laut Desa Kramat Kecamatan Bangkalan Kabupaten Bangkalan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, 1(1), 97–110. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v1i1.6867>
- Wijayanti, K. A. N., Murwantoko, M., & Istiqomah, I. (2021). Struktur Komunitas Plankton pada Air Kolam Ikan Lele yang Berbeda Warna. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 23(1), 45. <https://doi.org/10.22146/jfs.62733>
- Yin, J., Sun, X., Zhao, R., Qiu, X., & Eeswaran, R. (2021). Application of uniform design to evaluate the different conditions on the growth of algae *Prymnesium parvum*. *Scientific Reports*, 11(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92214-y>
- Yunus, M., Samawi, M. F., & Jalil, A. R. (2025). The relationship between nitrate and phosphate nutrients with phytoplankton abundance in Arungkeke waters. *Journal of Earth Kingdom*, 2(2), 146–160. <https://doi.org/10.61511/jek.v2i2.2025.1627>
- Zhang, S., Chen, J., Yuan, J., & Wang, G. (2021). Response of simultaneous nitrification-denitrification to do increments in continuously aerated biofilm reactors for aquaculture wastewater treatment. *Water Practice and Technology*, 16(4), 1067–1077. <https://doi.org/10.2166/wpt.2021.062>