

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kelimpahan *Harmful Algae*: Studi Kasus *Pseudo-nitzschia* spp. di Perairan Teluk Hurun, Lampung

Factors Influencing Abundance of *Harmful Algae*: Case Study of *Pseudo-nitzschia* spp. in Hurun Bay Waters, Lampung

Muawanah¹, Septiana Widi Lestari^{*2} dan Artin Indrayati³

¹ Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung, Jl. Yos Sudarso, Hanura, Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran, Lampung 35450, Indonesia

²SUPMN Kota Agung, Jl. Pantai Harapan, Way Gelang, Kota Agung Barat, Kabupaten Tanggamus, Lampung 35384, Indonesia

³Politeknik AUP Kampus Lampung, Jl. Pantai Harapan, Way Gelang, Kota Agung Barat, Kabupaten Tanggamus, Lampung 35384, Indonesia

*Korespondensi penulis email: septianawidi2022@gmail.com

Abstrak

Pseudo-nitzschia spp. merupakan suatu jenis diatom kosmopolitan yang berpotensi menyebabkan *Harmful Algal Blooms* (HABs) yang menghasilkan toksin asam domoat, penyebab sindrom *amnesic shellfish poisoning* (ASP). Penelitian bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi kelimpahan *Pseudo-nitzschia* spp. di Perairan Teluk Hurun selama periode Agustus 2020 hingga Juli 2021. Sampling air dan fitoplankton dilakukan di tiga stasiun pengamatan, analisis dilakukan menggunakan metode regresi linier *Backward*. Hasil regresi menunjukkan bahwa nitrit, nitrat dan amonia secara signifikan berpengaruh terhadap kelimpahan *Pseudo-nitzschia* spp. dengan nilai *p-value* berturut-turut adalah 0,000 untuk variabel nitrit, 0,030 untuk variabel nitrat dan 0,015 untuk variabel amonia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan positif antara konsentrasi nitrit, nitrat dan amonia dengan kelimpahan *Pseudo-nitzschia* spp. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan zat hara dapat memicu pertumbuhan alga berbahaya. Hal ini menekankan perlunya dilakukan langkah-langkah strategis untuk mengelola eutrofikasi dan dampak perubahan iklim untuk mengurangi risiko kejadian HABs di Perairan Teluk Hurun.

Kata kunci: Amonia, Nitrit, Nitrat, *Pseudo-Nitzschia* Spp., Regresi *Backward*

Abstract

Pseudo-nitzschia spp. is a cosmopolitan diatom species that has the potential to cause Harmful Algal Blooms (HABs) which produces domoic acid toxin, the cause of amnesic shellfish poisoning syndrome (ASP). The study aims to determine the environmental factors that affect the abundance of *Pseudo-nitzschia* in Hurun Bay Waters during the period August 2020 to July 2021. Water and phytoplankton sampling was conducted from three observation stations, the analysis was conducted using the Backward linear regression method. The regression results showed that nitrite, nitrate and ammonia significantly influenced the abundance of *Pseudo-nitzschia* spp. with *p-values* of 0.000 for the nitrite variable, 0.030 for the nitrate variable and 0.015 for the ammonia variable, respectively. The results showed that there was a positive relationship between nitrite, nitrate and ammonia concentrations and the abundance of *Pseudo-nitzschia* spp. This indicates that an increase in nutrients can trigger harmful algal

Received: 13 March 2024

Accepted: 2 May 2024

Published: XXX May 2024

growth. This emphasizes the need for strategic measures to manage eutrophication and climate change impacts to reduce the risk of HABs occurrence in Hurun Bay Waters.

Keywords: *Ammonia, Nitrite, Nitrate, Pseudo-Nitzschia Spp., Backward Regression*

PENDAHULUAN

Diatom adalah kelompok fitoplankton yang mendominasi perairan laut dan berperan penting sebagai produsen bagi rantai makanan ekosistem laut. Walaupun sebagian besar spesies diatom tidak berbahaya akan tetapi ada beberapa jenis diatom yang berpotensi menyebabkan *Harmful Algal Blooms* (HABs). *Pseudo-nitzschia* merupakan jenis diatom kosmopolitan yang dapat menyebabkan HABs (Trainer *et al.*, 2012). Beberapa spesies dari jenis ini dapat memproduksi neurotoksin yang dikenal sebagai asam domoat. Racun ini dapat menyebabkan penyakit *amnesic shellfish poisoning* (ASP) yang masuk ke manusia melalui konsumsi kerang-kerangan. Kejadian *blooming* diatom ini telah menyebabkan kerugian ekonomi hingga jutaan dolar pada Pesisir Barat Amerika sepanjang tahun 2015 (McCabe *et al.*, 2016).

Kejadian HABs dapat terjadi karena kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan fitoplankton berbahaya. Glibert (2020) menyatakan bahwa faktor-faktor berpengaruh kuat terhadap aspek ekologi HABs antara lain eutrofikasi dan perubahan iklim. Eutrofikasi disebabkan pencemaran zat hara terutama nitrogen dan fosfor dalam ekosistem perairan. Fitoplankton yang berbahaya maupun tidak berbahaya membutuhkan nitrogen dan fosfor sebagai nutrisi yang sangat dibutuhkan bagi pertumbuhannya. Peningkatan nutrisi dalam perairan akan mendukung pembentukan biomassa HABs yang lebih besar dan pertumbuhan HABs yang lebih cepat. Analisis diatom *Pseudo-nitzschia* spp. pada sedimen di Teluk Mexico menunjukkan adanya peningkatan kelimpahan dan frekuensi *blooming* secara drastis dari tahun 1950 ke tahun 2000 akibat peningkatan masukan nutrisi dari Sungai Mississippi (Bargu *et al.*, 2016). Adanya pemanasan global sebagai salah satu indikator perubahan iklim akan meningkatkan suhu air laut, selain itu terjadinya *upwelling* yang bisa menaikkan zat organik dari level bawah, terjadinya peningkatan evaporasi dan presipitasi yang berpotensi membawa zat organik dari darat ke laut memicu pertumbuhan mikroalga dengan cepat. *Blooming* diatom HABs di Teluk Kalifornia, Mexico pada tahun 2006 dilaporkan disebabkan oleh perubahan suhu secara mendadak, serta kondisi perairan yang kaya akan nitrogen dan silika (García-Mendoza *et al.*, 2009).

Faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi peningkatan populasi *Pseudo-nitzschia* sangat kompleks dan bervariasi antar wilayah dan musim. *Pseudo-nitzschia* berkaitan dengan

variabilitas iklim dan dalam beberapa kasus dihubungkan dengan ketersediaan nutrisi (Trainer et al., 2012). Lefebvre et al. (2002) menyatakan bahwa asam domoat terdeteksi pada organ dalam tubuh ikan pada saat kelimpahan *Pseudo-nitzschia* pada perairan mencapai lebih dari 1.000 sel/L, sedangkan kontaminasi racun asam domoat yang melebihi ambang batas (20 µg/g berat total ikan) hanya terjadi jika kelimpahan *Pseudo-nitzschia* pada perairan melebihi 10.000 sel/L.

Teluk Hurun yang merupakan bagian dari wilayah perairan Teluk Lampung telah mengalami masalah lingkungan akibat peningkatan konsentrasi nitrogen dan fosfat. Penanganan masalah ini menjadi lebih rumit karena fluktuasi musim yang tidak stabil, mempersulit mitigasi dampak negatif dari nutrisi tersebut. Kondisi ini, dipadukan dengan perubahan musim yang tidak konsisten, telah memicu peningkatan kejadian *Harmful Algal Blooms* (HABs) di perairan Teluk Lampung. Fenomena ini sering mengakibatkan kematian besar-besaran pada ikan budidaya yang dipelihara pada keramba jaring apung (KJA) di perairan tersebut (Muawanah et al., 2023).

Penyebab umum kejadian HABs di wilayah Teluk Lampung kebanyakan adalah fitoplankton dari kelompok dinoflagellata, termasuk jenis *Pyrodinium* sp., *Noctiluca scintillans*, dan *Cochlodinium* sp. (Sidabutar et al., 2021). Hingga saat ini, belum ada laporan mengenai kejadian wabah keracunan yang diakibatkan oleh *Pseudo-nitzschia* di Teluk Hurun (Rachman & Thoha, 2022). Namun, dengan pertumbuhan yang cepat pada area pesisir, industri, dan kegiatan budidaya laut di sekitar perairan ini, ada kekhawatiran bahwa kecenderungan *blooming* mungkin beralih ke diatom beracun, khususnya *Pseudo-nitzschia* spp. Dengan demikian, tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan kajian terhadap faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap kelimpahan *Pseudo-nitzschia* spp. di Teluk Hurun. Metode regresi dipilih untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi keberadaan *Pseudo-nitzschia*, pendekatan tersebut dipilih karena struktur model dan proses komputasi yang sederhana. Hasil analisis regresi terhadap kelimpahan diatom yang potensial berbahaya diharapkan memberikan informasi penting yang bisa dijadikan sebagai referensi dalam membuat kebijakan pengelolaan daerah pesisir Teluk Hurun, dengan tujuan mencegah terjadinya HABs di masa yang akan datang.

MATERI AND METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian model kelimpahan *Pseudo-nitzschia* spp. dilakukan pada bulan Agustus 2020 sampai dengan Juli 2021 di Perairan Teluk Hurun, Desa Hurun, Kecamatan Teluk Pandan,

Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung seperti terlihat pada **Gambar 1**. Penetapan lokasi penelitian tersebut berdasarkan pertimbangan bahwa di daerah tersebut merupakan wilayah budidaya ikan air laut serta memiliki riwayat kejadian *blooming* alga berbahaya (HABs). Pengambilan sampel yang mencakup analisis kualitas air, kandungan nutrien, dan populasi *Pseudo-nitzschia* spp. dilakukan di tiga lokasi observasi. Lokasi pertama adalah area keramba jaring apung yang digunakan untuk pembenihan ikan laut, lokasi kedua adalah keramba jaring apung untuk pembiakan induk ikan laut, dan lokasi ketiga berada di pintu masuk air laut yang digunakan sebagai media pemeliharaan ikan oleh Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung. Proses pengambilan sampel air dan fitoplankton dilakukan setiap bulan dari Agustus 2020 sampai dengan Juli 2021, tepatnya pada pekan pertama dari setiap bulan. Pengambilan sampel dilakukan di pagi hari pada rentang waktu pukul 08.00 sampai 10.00. Analisis nutrien dan kelimpahan *Pseudo-nitzschia* spp. dilakukan di Laboratorium Kesehatan dan Lingkungan BBPBL Lampung.



Gambar 1. Peta lokasi sampling di Perairan Teluk Hurun.

Bahan dan Alat Penelitian

Alat yang digunakan untuk penelitian adalah plankton net 25 μm , *water sampler*, refraktometer, termometer digital, pH meter, DO meter, mikroskop binokuler, *Sedgwick rafter counting cell* (SRCC), dan spektrofotometer. Bahan-bahan yang digunakan meliputi larutan lugol, akuades, pereaksi nitrit, pereaksi nitrat, pereaksi amonia, dan pereaksi ortofosfat.

Prosedur

Pengambilan sampel air laut dilakukan di permukaan perairan Teluk Hurun pada kedalaman sekitar 0-1 m dengan menggunakan *water sampler*, sedangkan sampel plankton

diambil secara vertikal menggunakan plankton net ukuran 25 µm. Sampel diambil secara komposit dari 3 titik, sehingga setiap stasiun cukup diwakili oleh satu sampel setiap kali sampling. Sampel yang sudah disaring dimasukkan ke dalam botol plastik dan diawetkan dengan lugol. Sampel plankton yang telah diawetkan kemudian diidentifikasi menggunakan SRCC dan mikroskop binokuler dengan perbesaran 10 x 10. Identifikasi sampel fitoplankton dilakukan menggunakan literatur dari Al-Yamani & Saburova (2019). Jumlah individu per volume pada SRCC merupakan fraksi dari sampel plankton yang tersaring pada plankton net. Kelimpahan plankton dihitung menggunakan **Rumus 1** di bawah ini (APHA, 2012).

$$\text{Jumlah individu / liter} = \frac{D \times E \times R \times B}{A} \times f \quad \text{dengan } E = \frac{D}{C} \quad \text{(Rumus 1)}$$

Keterangan :

A = Volume sampel yang diambil (liter)

B = Volume sampel yang tersaring (ml)

C = Luas 1 bidang pandang mikroskop

D = Luas permukaan SRCC

R = Rata-rata jumlah fitoplankton (individu)

f = Faktor koreksi (1,3)

Parameter kualitas air yang diamati adalah suhu, salinitas, DO, pH, nitrit, nitrat, amonia dan ortofosfat. Pengukuran suhu, salinitas, DO, dan pH diukur secara in situ pada saat sampling dengan menggunakan alat termometer, refraktrometer, DO meter dan pH meter. Konsentrasi nitrit, nitrat, amonia dan ortofosfat di perairan dianalisis di laboratorium dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

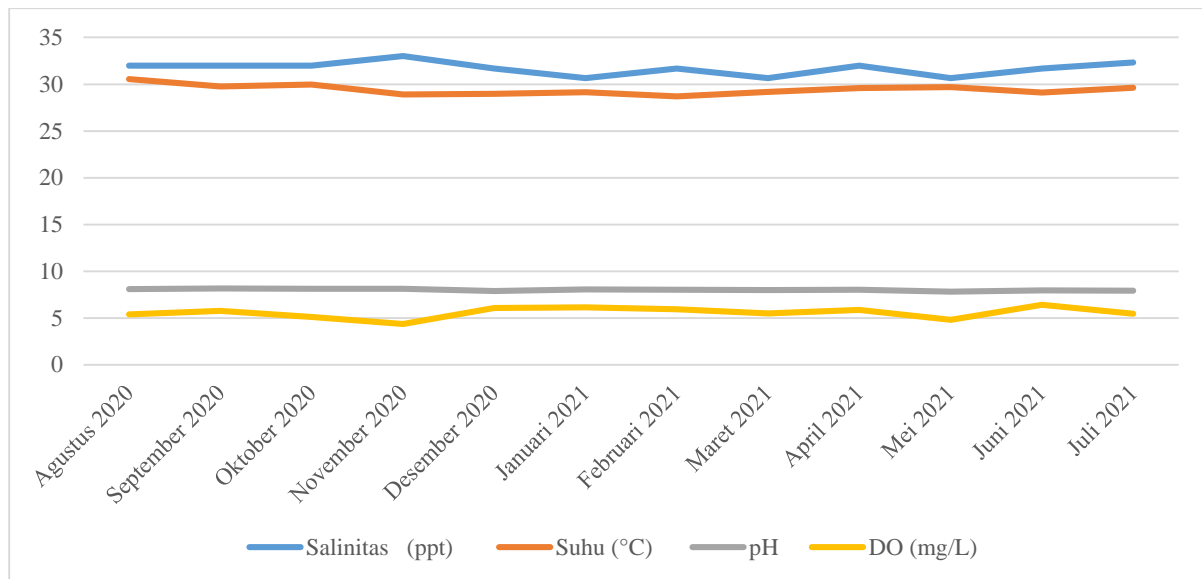
Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan regresi linier metode *Backward* untuk mengidentifikasi variabel regresi yang memiliki signifikansi. Variabel independen dalam penelitian ini adalah salinitas (x1), suhu (x2), pH (x3), DO (x4), nitrit (x5), nitrat (x6), amonia (x7), ortofosfat (x8) dan variabel terikatnya adalah kelimpahan *Pseudo-nitzschia* spp. (y). Regresi linier metode *Backward* dilakukan dengan bantuan SPSS 26.

HASIL DAN PEMBAHASAN

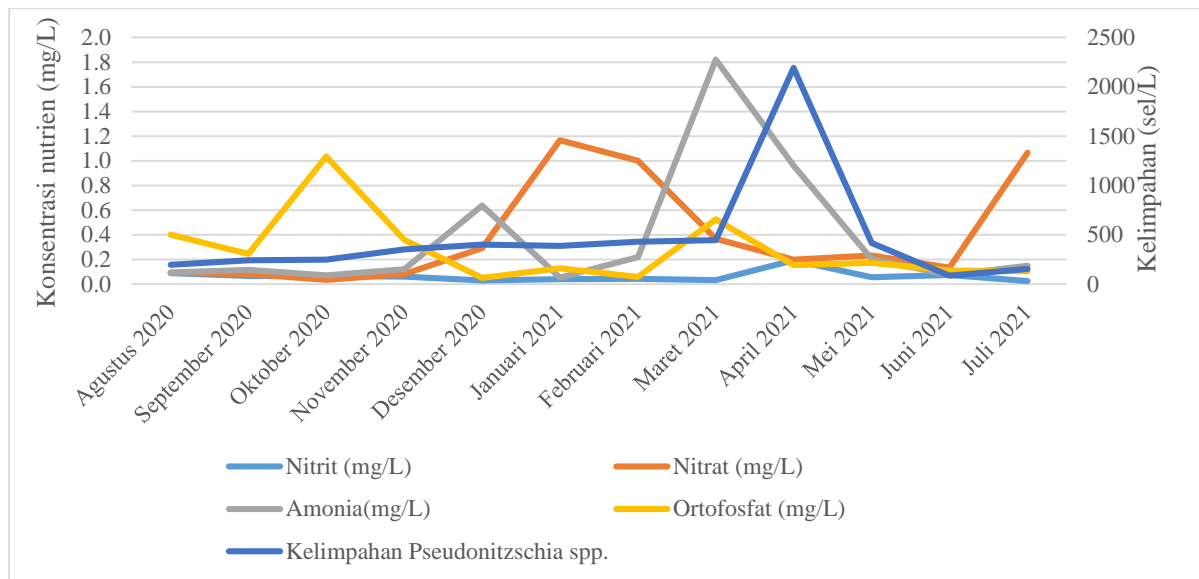
Parameter kualitas air

Data rata-rata pengukuran parameter kualitas air, kelimpahan *Pseudo-nitzschia* spp. serta konsentrasi nutrien dari 3 stasiun pengamatan di perairan Teluk Hurun selama periode penelitian diuraikan sebagai berikut:



Gambar 2. Variasi parameter kualitas air di perairan Teluk Hurun sepanjang periode penelitian.

Rata-rata dari nilai parameter kualitas air seperti salinitas, suhu, pH, dan kadar oksigen terlarut, yang diamati selama periode satu tahun disajikan pada **Gambar 2**. Berdasarkan parameter tersebut, rata-rata bulanan menunjukkan nilai yang relatif stabil tanpa adanya fluktuasi yang signifikan. Rentang salinitas tercatat antara 30 sampai 33 ppt, dengan rata-rata sebesar 32 ppt, kisaran tersebut masih layak untuk pertumbuhan fitoplankton. Suhu berkisar dari 28,70°C hingga 30,50°C, dengan rata-rata 29,43 °C. Derajat keasaman (pH) memiliki rentang 7,82 hingga 8,18, dengan rata-rata 8,02. Parameter kadar oksigen terlarut (DO) berada di antara 4,38 sampai 6,42 mg/L dengan rata-rata 5,67 mg/L. Nilai kadar oksigen terlarut (DO) sebagian besar masih dalam batas Baku Mutu Air Laut untuk Biota berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021 yaitu lebih besar dari 5 mg/L, walaupun ada beberapa pengamatan misalnya pada bulan November 2020 dan bulan Mei 2021 yang nilainya di bawah 5 mg/L yaitu 4,38 mg/L dan 4,83 mg/L. Nilai kisaran salinitas, suhu, dan pH pada perairan Teluk Hurun masih dalam batas Baku Mutu Air Laut untuk Biota berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021 (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, 2021). Secara umum nilai-nilai parameter salinitas, suhu, pH dan DO di perairan ini tergolong optimum untuk mendukung pertumbuhan fitoplankton.



Gambar 3. Variasi nilai konsentrasi nutrisi dan kelimpahan *Pseudo-nitzschia* spp. di perairan Teluk Hurun selama periode penelitian.

Standar kualitas nitrat untuk kehidupan biota laut ditetapkan sebesar 0,06 mg/L, namun pengukuran di Perairan Teluk Hurun menunjukkan kisaran nitrat antara 0,035 hingga 1,167 mg/L (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, 2021). Standar untuk amonia ditetapkan tidak boleh lebih dari 0,3 mg/L, sementara pengukuran di perairan tersebut berkisar antara 0,053 hingga 1,820 mg/L. Selain itu, tingkat ortofosfat yang ditemukan juga melewati standar kualitas yang ditetapkan sebesar 0,015 mg/L, dengan hasil pengukuran yang berkisar antara 0,050 hingga 1,036 mg/L. Mengacu pada data konsentrasi nutrisi selama tahun 2020-2021, Perairan Teluk Hurun tergolong dalam kategori perairan yang kadar nutriennya sudah melebihi ambang Baku Mutu Air Laut untuk Biota berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021 (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, 2021).

Kelimpahan genus *Pseudo-nitzschia* di Teluk Hurun pada periode pengamatan Agustus 2020 sampai dengan Juli 2021 disajikan pada **Gambar 3**. Rata-rata kelimpahan *Pseudo-nitzschia* sebesar 463 sel/L, kelimpahan *Pseudo-nitzschia* tertinggi terjadi pada April 2021 sebesar 2193 sel/L dan kelimpahan *Pseudo-nitzschia* terendah terjadi pada Juli 2021 sebesar 88 sel/L. Gambar 3 menunjukkan kelimpahan *Pseudo-nitzschia* spp di atas 1000 sel/L terjadi pada bulan April 2021. Kelimpahan *Pseudo-nitzschia* paling tinggi terjadi pada minggu pertama bulan April 2021 yaitu sejumlah 2193 sel/L. Lefebvre *et al.* (2002) menyatakan bahwa asam domoat terdeteksi pada organ dalam tubuh ikan pada saat kelimpahan *Pseudo-nitzschia* pada perairan mencapai lebih dari 1.000 sel/L, akan tetapi pengukuran asam domoat pada tubuh ikan yang diperkirakan mengkonsumsi *Pseudo-nitzschia* tidak dilakukan pada penelitian ini.

Model kelimpahan *Pseudo-nitzschia* spp.

Model kelimpahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah model regresi linier berganda, mengikuti metodologi serupa yang dipakai dalam studi sebelumnya oleh Yuliana pada tahun 2012 untuk memproyeksikan kelimpahan fitoplankton di Teluk Jakarta, serta penelitian yang dilakukan oleh Lestari *et al.* (2022) pada tahun 2022 di Teluk Hurun. Pendekatan ini memilih variabel melalui teknik *Backward* dengan dukungan *software* SPSS versi 26.0. Sejumlah variabel independen seperti salinitas, suhu, pH, oksigen terlarut (DO), serta konsentrasi nitrit, nitrat, amonia, dan ortofosfat, dimasukkan ke dalam model regresi. Koefisien determinasi (R^2) digunakan untuk mengukur seberapa besar variabilitas dalam variabel dependen (Y) dapat dijelaskan oleh variasi dari variabel independen (X).

Metode eliminasi *Backward* pada regresi linear dimulai dengan model yang mencakup semua variabel independen. Tahap pertama dari metode ini adalah menyingkirkan variabel dengan nilai *p-value* tertinggi dari model. Variabel salinitas dengan *p-value* 0,971 tereliminasi pertama kali. Kemudian, variabel ortofosfat juga tidak dimasukkan dalam model selanjutnya karena memiliki *p-value* tertinggi kedua, yaitu 0,916. Tanpa salinitas dan ortofosfat, model selanjutnya dibangun dan pH juga dieliminasi karena memiliki nilai *p-value* tertinggi sebesar 0,458. Model berikutnya, yang tidak termasuk salinitas, ortofosfat, dan pH, mengeliminasi oksigen terlarut dengan *p-value* 0,341. Dalam pembentukan model kelima, tanpa salinitas, ortofosfat, pH, dan oksigen terlarut, variabel suhu juga dieliminasi karena *p-value* nya 0,261. Proses eliminasi berlanjut hingga model akhir yang keenam. Dalam model final, hanya variabel dengan *p-value* di bawah 0,05 yang dipertahankan, yaitu nitrit (*p-value* 0,000), nitrat (*p-value* 0,030), dan amonia (*p-value* 0,015). Model regresi linier berganda untuk prediksi *Pseudo-nitzschia* spp. (y) pada Teluk Hurun dihitung menggunakan **Rumus 2**.

$$y = -589 + 11.518 x_5 + 426 x_6 + 363 x_7 \quad \text{(Rumus 2)}$$

Keterangan:

y = kelimpahan *Pseudo-nitzschia* spp.

x₅ = konsentrasi nitrit

x₆ = konsentrasi nitrat

x₇ = konsentrasi amonia

Nilai R^2 pada model regresi kelimpahan *Pseudonitzschia* sebesar 0,900 atau 90 % sehingga dapat dikatakan bahwa keseluruhan variabel bebas (X) mampu menjelaskan variabel terikat (Y) pada model regresi linier berganda sebesar 90 %. Berdasarkan model regresi linier berganda (**Rumus 2**), maka dapat disimpulkan bahwa faktor-faktor yang secara signifikan mempengaruhi

kelimpahan *Pseudo-nitzschia* sp. di perairan Teluk Hurun adalah konsentrasi nitrit, nitrat dan amonia. Konsentrasi nitrit mempunyai koefisien sebesar 11.518 memberikan makna bahwa apabila jumlah nitrit semakin besar akan mengakibatkan peningkatan kelimpahan. Koefisien ini bertanda positif, maka pada setiap peningkatan satu mg/L konsentrasi nitrit, maka akan menaikkan kelimpahan *Pseudo-nitzschia spp* sebesar 11.518 sel/L. Konsentrasi nitrat memiliki koefisien sebesar 426, bermakna bahwa jika jumlah nitrat semakin besar akan menyebabkan peningkatan kelimpahan *Pseudo-nitzschia spp*. Koefisien bernilai positif, maka setiap kenaikan satu mg/L konsentrasi nitrat maka akan meningkatkan kelimpahan *Pseudo-nitzschia spp*. sebesar 426 sel/L. Konsentrasi amonia bernilai positif sebesar 363, berarti bahwa setiap kenaikan satu mg/L amonia akan meningkatkan kelimpahan *Pseudo-nitzschia spp*. sebesar 363 sel/L.

Faktor fisika kimia lingkungan seperti salinitas, suhu, pH dan kadar oksigen terlarut tidak signifikan berpengaruh terhadap kelimpahan *Pseudonitzschia spp*. Temuan ini sejalan dengan penelitian lapangan yang dilakukan oleh Thessen *et al.* (2009) di Teluk Chesapeake. Kelimpahan *Pseudo-nitzschia* tidak berkorelasi secara signifikan dengan salinitas atau suhu pada periode penelitian tahun 2003 atau 2007.

Konsentrasi nitrit, nitrat dan ammonia secara signifikan berkorelasi positif dengan kelimpahan *Pseudo-nitzschia spp*. Hal ini berarti bahwa setiap peningkatan kadar nitrit, nitrat dan amonia di perairan akan menyebabkan peningkatan kelimpahan populasi *Pseudo-nitzschia spp*. *Pseudo-nitzschia spp*. memiliki hubungan yang signifikan terhadap nitrit, nitrat dan amonia. Hal ini mengisyaratkan bahwa *Pseudo-nitzschia spp*. mampu menggunakan nitrogen anorganik baik dalam bentuk nitrit, nitrat maupun amonia sebagai sumber nitrogen. Diatom dapat mengasimilasi nitrogen baik dalam bentuk organik maupun anorganik, sehingga tidak mengherankan jika *Pseudo-nitzschia* dapat memanfaatkan nitrogen untuk pertumbuhannya. Sebagian besar spesies fitoplankton dapat menggunakan nitrat dan amonia sebagai sumber nitrogen (Lachmann *et al.*, 2019). Setiap jenis fitoplankton memiliki preferensi jenis nutrisi yang diserapnya. Beberapa spesies fitoplankton cenderung tumbuh lebih cepat dengan nitrat daripada amonia (Lachmann *et al.*, 2019). Beberapa jenis fitoplankton hanya mampu memanfaatkan nitrogen dari unsur sederhana seperti nitrat dan jenis lainnya mampu menyerap nitrogen dari unsur yang lebih kompleks seperti amonia dan urea (Martin-Jézéquel *et al.*, 2015).

Efek nitrat dan amonia terhadap peningkatan kelimpahan *Pseudo-nitzschia* dilaporkan oleh Radan & Cochlan (2018). Penelitian pada kultur menunjukkan hasil bahwa pengkayaan media kultur dengan amonia akan meningkatkan laju pertumbuhan serta biomassa *Pseudo-nitzschia*. Pengaruh positif amonia terhadap laju pertumbuhan *Pseudo-nitzschia* juga

dikemukakan oleh Likumahua *et al.* (2019). Pengaruh positif nitrat dan amonium sejalan dengan hasil penelitian Garali *et al.*, (2016) yang melaporkan terjadinya peningkatan kelimpahan dan pertumbuhan *Pseudo-nitzschia* baik pada penelitian laboratorium maupun penelitian lapangan di laguna Bizerte, Tunisia.

KESIMPULAN

Hasil pengukuran kualitas air di Teluk Hurun menunjukkan konsentrasi nitrat, amonia, dan ortofosfat yang melebihi baku mutu air laut. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa faktor-faktor kualitas air, termasuk suhu, salinitas, dan kandungan nutrisi (nitrit, nitrat, dan amonia), memainkan peran penting dalam menentukan kelimpahan *Pseudo-nitzschia* spp. Konsentrasi nitrit, nitrat, dan amonia yang tinggi terbukti berkorelasi positif dengan peningkatan kelimpahan *Pseudo-nitzschia* spp., yang mengindikasikan bahwa peningkatan nutrisi dapat memicu pertumbuhan HABs. Hasil penelitian ini menegaskan perlunya pengelolaan dan pemantauan kualitas air termasuk nutrisi untuk mencegah dampak negatif HABs, seperti kerugian ekonomi dan risiko kesehatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Kepala Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) atas dukungan sarana dan prasarana penelitian yang telah diberikan dan seluruh rekan-rekan di Laboratorium Kesehatan dan Lingkungan yang telah membantu selama penelitian dan penulisan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Yamani, F., & Saburova, M. (2019). *Marine phytoplankton of Kuwait's waters Volume II: Diatoms*. Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait.
- APHA. (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 1496.
- Bargu, S., Baustian, M. M., Rabalais, N. N., Del Rio, R., Von Korff, B., & Turner, R. E. (2016). Influence of the Mississippi River on *Pseudo-nitzschia* spp. Abundance and Toxicity in Louisiana Coastal Waters. *Estuaries and Coasts*, 39(5), 1345–1356. <https://doi.org/10.1007/s12237-016-0088-y>.
- Garali, M. B; S., Sahraoui, I., de la Iglesia, P., Chalghaf, M., Diogène, J., Ksouri, J., & Sakka Hlaili, A. (2016). Effects of nitrogen supply on *Pseudo-nitzschia calliantha* and *Pseudo-nitzschia* cf. *seriata*: field and laboratory experiments. *Ecotoxicology*, 25(6), 1211–1225. <https://doi.org/10.1007/s10646-016-1675-1>.
- García-Mendoza, E., Rivas, D., Olivos-Ortiz, A., Almazán-Becerril, A., Castañeda-Vega, C., & Peña-Manjarrez, J. L. (2009). A toxic *Pseudo-nitzschia* bloom in Todos Santos Bay, northwestern Baja California, Mexico. *Harmful Algae*, 8(3), 493–503. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2008.10.002>.
- Glibert, P. M. (2020). Harmful algae at the complex nexus of eutrophication and climate change. *Harmful Algae*, 91(March), 101583. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2019.03.001>.

- Lachmann, S. C., Mettler-Altmann, T., Wacker, A., & Spijkerman, E. (2019). Nitrate or ammonium: Influences of nitrogen source on the physiology of a green alga. *Ecology and Evolution*, 9(3), 1070–1082. <https://doi.org/10.1002/ece3.4790>.
- Lefebvre, K. A., Silver, M. W., Coale, S. L., & Tjeerdema, R. S. (2002). Domoic acid in planktivorous fish in relation to toxic Pseudo-nitzschia cell densities. *Marine Biology*, 140(3), 625–631. <https://doi.org/10.1007/s00227-001-0713-5>.
- Lestari, S. W., Tugiono, Wahono, E. P., & Rinawati. (2022). Model Prediksi Kelimpahan Nitzschia sp. di Periran Teluk Hurun, Lampung. *Jurnal Techno Fish*, 6(1), 29–41. <https://ejournal.unitomo.ac.id/index.php/perikanan/article/view/4526/2292>.
- Likumahua, S., de Boer, M. K., Krock, B., Nieuwenhuizen, T., Tatipatta, W. M., Hehakaya, S., Imu, L., Abdul, M. S., Moniharapon, E., & Buma, A. G. J. (2019). First record of the dynamics of domoic acid producing Pseudo-nitzschia spp. in Indonesian waters as a function of environmental variability. *Harmful Algae*, 90(April), 101708. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2019.101708>.
- Martin-Jézéquel, V., Calu, G., Candela, L., Amzil, Z., Jauffrais, T., Séchet, V., & Weigel, P. (2015). Effects of organic and inorganic nitrogen on the growth and production of domoic acid by pseudo-nitzschia multiseriis and p. Australis (bacillariophyceae) in culture. *Marine Drugs*, 13(12), 7067–7086. <https://doi.org/10.3390/md13127055>.
- McCabe, R. M., Hickey, B. M., Kudela, R. M., Lefebvre, K. A., Adams, N. G., Bill, B. D., Gulland, F. M. D., Thomson, R. E., Cochlan, W. P., & Trainer, V. L. (2016). An unprecedented coastwide toxic algal bloom linked to anomalous ocean conditions. *Geophysical Research Letters*, 43(19), 10,366-10,376. <https://doi.org/10.1002/2016GL070023>.
- Muawanah, Bayu Intan, M. D., Boudin, E., Thoha, H., Rachman, A., Sianturi, O. R., Sidabutar, T., Iwataki, M., Takahashi, K., Avarre, J.-C., Carcaillet, F., & Masseret, E. (2023). Harmful Algae in Indonesia: Small in Size, Big in Effect. *Frontiers for Young Minds*, 11. <https://doi.org/10.3389/frym.2023.858326>.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. (2021). Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. *Sekretariat Negara Republik Indonesia*, 8(22), 483. <http://www.jdih.setjen.kemendagri.go.id/>.
- Rachman, A., & Thoha, H. (2022). Characterization and Identification of Pseudo-Nitzschia Species in Lampung Bay, Indonesia. *Marine Research in Indonesia*, 46(1). <https://doi.org/10.14203/mri.v46i1.602>.
- Radan, R. L., & Cochlan, W. P. (2018). Differential toxin response of Pseudo-nitzschia multiseriis as a function of nitrogen speciation in batch and continuous cultures, and during a natural assemblage experiment. *Harmful Algae*, 73, 12–29. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2018.01.002>.
- Sidabutar, T., Cappenberg, H., Srimariana, E. S., Muawanah, A., & Wouthuyzen, S. (2021). Harmful algal blooms and their impact on fish mortalities in Lampung Bay: An overview. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 944(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/944/1/012027>.
- Thessen, A. E., Bowers, H. A., & Stoecker, D. K. (2009). Intra- and interspecies differences in growth and toxicity of Pseudo-nitzschia while using different nitrogen sources. *Harmful Algae*, 8(5), 792–810. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2009.01.003>.
- Trainer, V. L., Bates, S. S., Lundholm, N., Thessen, A. E., Cochlan, W. P., Adams, N. G., & Trick, C. G. (2012). Pseudo-nitzschia physiological ecology, phylogeny, toxicity, monitoring and impacts on ecosystem health. *Harmful Algae*, 14, 271–300. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2011.10.025>.