

KEKSPLORASI BIODIVERSITAS MIKROALGA EPIFIT DI PERAIRAN TELUK HURUN, LAMPUNG, MENGGUNAKAN ANALISA MORFOLOGI DAN METODE METABARKODING

EXPLORING THE EPIPHYTIC MICROALGAE BIODIVERSITY IN THE HURUN BAY, LAMPUNG, USING MORPHOLOGY ANALYSIS AND METABARCODING METHOD

Riani Widiarti¹, Dian Hendrayanti¹, Milka Humaida¹, & M. Lalu Iqbal Sani²

¹Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia

²Department of Marine Science and Technology, Faculty of Fisheries and Marine Sciences, IPB University, Bogor, Indonesia

e-mail : rianiwid@sci.ui.ac.id

Diterima tanggal: 8 Juli 2024 ; diterima setelah perbaikan: 26 Juli 2024 ; Disetujui tanggal: 1 Agustus 2024

ABSTRAK

Penelitian mengenai kelimpahan mikroalga epifit di perairan Teluk Hurun belum pernah dilakukan, padahal beberapa mikroalga epifit berpotensi menimbulkan *Harmful Algal Blooms*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan menganalisis kelimpahan mikroalga epifit pada makroalga *Padina* di perairan Teluk Hurun, terutama untuk spesies yang berpotensi menyebabkan HAB sehingga memungkinkan dilakukannya upaya mitigasi. Makroalga *Padina* diambil secara acak dari kawasan rata-rata terumbu, dimasukkan ke dalam botol sampel, dan dikocok kuat selama 1 menit. Sampel air disaring menggunakan saringan bertingkat, untuk kemudian diawetkan dan diamati di bawah mikroskop. Analisis eDNA juga dilakukan dengan menyaring sampel air tersebut melalui kertas millipore berukuran pori 0,45 µm menggunakan filtering set, kemudian diamplifikasi dengan set primer 18s v9, dan dilakukan pengurutan basa DNA melalui *Illumina iSeq*. Hasil morfogenetik menunjukkan bahwa ditemukan mikroalga dari kelompok Bacillariophyceae dengan kelimpahan dan proporsi keberadaan tertinggi yaitu *Nitzschia* dan *Navicula*. Meskipun kelompok *Dinophyceae* tidak ditemukan pada pengamatan morfologi, namun analisis eDNA menunjukkan 2 spesies yang berpotensi menyebabkan HAB, yaitu *Gambierdiscus sp.* dan *Prorocentrum mexicanum*. Sel-sel dari kelompok *Dinophyceae* mungkin mengalami kerusakan selama proses perlakuan atau pengawetan, namun materi genetik yang terlarut dalam sampel air dapat terdeteksi menggunakan analisis eDNA.

Kata Kunci: *Bacillariophyceae, Dinophyceae, eDNA, Harmful Algal Blooms, Padina.*

ABSTRACT

Research on the abundance of epiphytic microalgae in the waters of Hurun Bay has never been carried out, even though some epiphytic microalgae have the potential to cause Harmful Algal Blooms. This research aimed to identify and analyze the abundance of epiphytic microalgae on macroalgae *Padina* in Hurun Bay waters, focusing on detecting the potentially HAB-causing species to enable mitigation measures. Macroalgae *Padina* were taken randomly from the reef flat area, putted into a sample bottle, and then shaken vigorously for 1 minute. The water sample was filtered using a series of sieves, preserved, and observed under a microscope. The eDNA analysis was also carried out by filtering the water sample through a millipore paper with a pore size of 0.45 µm using a filtering set, amplifying with an 18s v9 primer set, and sequencing through *Illumina iSeq*. The morphogenetic results showed that microalgae from Bacillariophyceae group were found with the highest abundance and proportion of presence, namely *Nitzschia* and *Navicula*. Although *Dinophyceae* group was not found in morphological observations, the eDNA analysis showed 2 of potentially HAB-causing species, namely *Gambierdiscus sp.* and *Prorocentrum mexicanum*. The cells from *Dinophyceae* group might be damaged during the treatment or preservation process, but the genetic material dissolved in the water sample was detected using eDNA analysis.

Keywords: *Bacillariophyceae, Dinophyceae, eDNA, Harmful Algal Blooms, Padina.*

PENDAHULUAN

Teluk Hurun merupakan teluk kecil bagian dari Teluk Lampung yang terletak di selatan kawasan pesisir Lampung, Kecamatan Padang Cermin, Kabupaten Pesawaran dengan luas wilayah sebesar 5 km² (Siregar *et al.*, 2016). Teluk Hurun termasuk kawasan pesisir yang mengalami peralihan fungsi ekosistem sehingga mendorong perkembangan berbagai aktivitas manusia di sekitarnya. Aktivitas manusia yang dapat ditemukan di Teluk Hurun antara lain pelabuhan, wisata bahari, pemukiman, pertanian, budidaya tambak udang, dan budidaya kerang mutiara (Santoso, 2007; Buynevich *et al.*, 2009; Verawati, 2016). Aktivitas keramba jaring apung (KJA) dan aktivitas lainnya yang menghasilkan limbah di Teluk Hurun berpotensi meningkatkan kandungan fosfat dan nitrat di perairan. Penelitian Barokah *et al.* (2016) menunjukkan bahwa Teluk Lampung memiliki kadar nitrat sebesar 0,706 mg/L dengan kadar fosfat sebesar 0,185 mg/L. Penelitian terkini menunjukkan bahwa Teluk Hurun memiliki kadar nitrat pada kisaran 0,133 - 4,033 mg/L dan fosfat pada kisaran 0,060 - 1,063 mg/L (Muawanah & Purnomowati, 2021). Nilai nitrat dan fosfat tersebut berada di atas nilai baku mutu air laut untuk biota berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup (2004), yaitu 0.008 mg/L dan 0.015 mg/L. Hal tersebut dapat menyebabkan pertumbuhan populasi mikroalga menjadi sangat tinggi (bloom) (Bockwoldt *et al.*, 2017). Pertumbuhan populasi tersebut apabila menimbulkan dampak kerugian bagi kesehatan manusia, sumber daya alam dan ekosistem sekitar, maka umum disebut sebagai kejadian Harmful Alga Bloom (HAB).

Salah satu perairan di Indonesia yang sering mengalami fenomena HAB adalah perairan Teluk Lampung (Tabel

1). Kasus kemunculan HAB di Teluk Lampung telah menyebabkan kematian massal udang tambak maupun ikan budidaya di Keramba Jaring Apung. Kegiatan budidaya yang banyak ditemukan di wilayah perairan Teluk Lampung, merupakan salah satu upaya di bidang perikanan yang telah membantu meningkatkan produktifitas produk perikanan dan perekonomian masyarakat di wilayah tersebut. Kegiatan budidaya juga merupakan penyebab terjadinya fenomena HAB di suatu perairan. Kegiatan budidaya menyebabkan self eutrophication, yaitu pengkayaan nutrien di suatu perairan akibat dari produk budidaya itu sendiri misalnya dari hasil metabolisme biota budidaya maupun sisa pakan yang tidak habis dikonsumsi (Hallegraeff, 1993).

Semakin seringnya kejadian fenomena HAB di wilayah Teluk Lampung, membutuhkan suatu upaya mitigasi. Mitigasi didefinisikan sebagai upaya yang dilakukan untuk meminimalisir kerugian sumber daya, perekonomian, dan resiko kesehatan manusia, sebagai dampak dari suatu peristiwa yang dalam hal ini merupakan fenomena HAB (Boesch *et al.*, 1997). Upaya mitigasi yang dilakukan meliputi monitoring dan pengawasan, forecasting untuk pengembangan early warning system, dan restorasi sumber daya alam. Kegiatan yang paling umum dilakukan di beberapa wilayah dunia, termasuk Indonesia, adalah kegiatan monitoring yang dapat merupakan dasar dari upaya forecasting apabila data yang diperoleh merupakan data serial yang menunjukkan suatu pola/kecenderungan. Upaya monitoring yang umum dilakukan adalah monitoring terhadap keberadaan sel-sel fitoplankton di suatu perairan, sehingga apabila ditemukan satu atau beberapa spesies yang berpotensi toksik dalam jumlah yang mengkhawatirkan di perairan tersebut, maka dapat segera dilakukan tindakan untuk

Tabel 1. Peristiwa HAB yang pernah terjadi di perairan Teluk Lampung
Table 1. HAB cases that have occurred in the waters of Lampung Bay

No	Tahun	Spesies Penyebab	Kasus	Acuan
1.	1991	<i>Trichodesmium sp.</i>	Kematian massal udang tambak akibat deplesi oksigen, yang mengakibatkan kerugian sebesar Rp. 3,5 milyar	Wiadnyana & Praseno, 1997;
2.	1997	<i>Trichodesmium sp.</i>	Kematian massal udang tambak akibat deplesi oksigen. Analisa plankton menunjukkan kelimpahan mencapai 4,2 x 10 ⁶ trichome/liter.	Praseno, 1995 Praseno <i>et al.</i> , 1999
3.	1998	<i>Pyrodinium bahamense</i>	Ledakan populasi sel planktonik hingga mencapai 2,4 x 10 ⁹ yang menyebabkan visibilitas dalam air hanya sekitar 2 meter.	Widiarti, 2003
4.	2013	<i>Cochlodinium</i>	Kematian serentak 360 ribu ikan budidaya di keramba jaring apung di Pantai Ringgung, ditandai berubahnya warna perairan menjadi kemerahan atau coklat pekat. Nilai kerugian diperkirakan sedikitnya Rp. 8 miliar.	Irawan <i>et al.</i> , 2015; Sitanggang, 2016

meminimalisir dampak negatif yang akan ditimbulkan. Beberapa penelitian terdahulu di wilayah Teluk Hurun, hanya membahas mengenai kelimpahan mikroalga penyebab HAB atau kelimpahan fitoplankton secara umum. Penelitian yang membahas secara spesifik mengenai kelimpahan dan keanekaragaman mikroalga epifit di Teluk Hurun belum banyak dilakukan. Penelitian komunitas mikroalga epifit di Teluk Hurun yang terkini dilakukan oleh Swastiki (2022) pada genus *Halimeda* yang memperoleh kelimpahan tinggi berkisar 375 - 8750 sel/mL. Penelitian mikroalga epifit pada *Padina* belum pernah dilakukan di Teluk Hurun, sementara *Padina* ditemukan dalam kelimpahan yang tinggi di perairan tersebut. Struktur talus lamina yang dimiliki *Padina* dilengkapi dengan *blade* (struktur seperti daun) berbentuk pipih dan padat sehingga dapat dimanfaatkan oleh mikroalga epifit sebagai substrat penempelan (Widiarti, 2002). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan mengetahui kelimpahan jenis mikroalga epifit pada *Padina* di Teluk Hurun, sehingga apabila ditemukan spesies-spesies yang berpotensi menyebabkan HAB, maka dapat dilakukan tindakan mitigasi untuk menghindari dampak negatif yang mungkin terjadi. Hasil penelitian mengenai kelimpahan dan keragaman mikroalga epifit pada *Padina* diharapkan dapat memberikan informasi terkait biodiversitas yang ada di Teluk Hurun, Lampung, sehingga dapat dijadikan acuan untuk penelitian dan pengelolaan perairan selanjutnya.

BAHAN DAN METODE

Lokasi pengambilan sampel

Lokasi penelitian dan pengambilan sampel dilakukan di perairan Teluk Hurun, Lampung, dengan koordinat 105°15'14.68434"E dan -5°31'27.69237"S. Pengambilan sampel dilakukan pada bulan September 2022. Sampel yang diambil berasal dari makroalga genus *Padina* di 10 titik sampling yang berjarak kurang dari 10 meter dari garis pantai. Pengamatan sampel dan analisis data dilakukan di laboratorium Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, meliputi Laboratorium Biologi Kelautan, Laboratorium Kolaborasi MERCK, dan Laboratorium Kultur Mikroalga.

Pengambilan sampel

Sampel makroalga diambil dari 10 titik sampling di lokasi perairan Teluk Hurun, Lampung dengan teknik purposive sampling (Lestari *et al.*, 2020). Stasiun sampling ditentukan berdasarkan tutupan makroalga yang mencapai luasan 1 x 1 m². Pengambilan talus makroalga dilakukan di bawah air agar terhindar dari

paparan sinar matahari (Jauzei *et al.*, 2018; Widiarti *et al.*, 2021). Sebelum pengambilan makroalga, peneliti memastikan bahwa kondisi perairan tidak keruh akibat terangkatnya pasir dari dasar laut. Botol sampel dibuka di dalam air dekat dengan makroalga yang akan diambil. Sampel makroalga diangkat dari substratnya, kemudian dimasukkan ke dalam botol plastik bersama dengan air laut (Widiarti *et al.*, 2016; Tester *et al.*, 2014). Pengukuran serta pencatatan parameter lingkungan berupa suhu, oksigen terlarut, derajat keasaman (pH), dan salinitas dilakukan di setiap stasiun (Lestari *et al.*, 2020), sedangkan data koordinat lokasi diambil menggunakan GPS.

Analisa morfologi

Sampel air laut dan makroalga dalam botol plastik dikocok secara manual selama satu menit agar mikroalga epifit terlepas (Tawong *et al.*, 2015). Pemisahan mikroalga epifit dan pengukuran berat basah makroalga dilakukan secara langsung di lapangan setelah pengambilan sampel. Air laut yang telah dipisahkan dari makroalga, disaring dengan saringan bertingkat. Penyaringan pertama dilakukan dengan saringan berukuran 125 µm untuk memisahkan dari detritus atau pasir, kemudian penyaringan kedua dilakukan dengan saringan berukuran 20 µm. Hasil penyaringan kedua yang tertinggal pada saringan selanjutnya diambil dan diawetkan. Berat makroalga dihitung dengan cara talus makroalga diletakkan di atas timbangan digital, kemudian angka yang muncul dicatat sebagai berat basah makroalga (Widiarti *et al.*, 2021).

Penghitungan jumlah sel mikroalga epifit dilakukan dengan metode subsampel menggunakan object glass (Suthers *et al.*, 2009). Sebanyak 0,04 ml sampel ditetaskan pada permukaan object glass, kemudian ditutup menggunakan cover glass berukuran 18 x 18 mm². Jumlah sel mikroalga epifit diamati di bawah mikroskop cahaya dengan perbesaran 10 x 10 dan 40 x 10 (APHA, 2012; Widiarti *et al.*, 2021). Sel diamati dengan mencocokkan karakter morfologi, secara deskriptif menggunakan buku identifikasi mikroalga Marine Phytoplankton of the Western Pacific (Omura *et al.*, 2012) dan Algae Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology (Barsanti *et al.*, 2014). Pada setiap pengamatan dilakukan dokumentasi setiap mikroalga epifit yang teramati secara fotomikrograf menggunakan mikroskop Leica DM 500 dengan perbesaran 40 x 10 (Widiarti *et al.*, 2021).

Analisa DNA

Sampel air laut sebanyak 100 mL hasil dari pengocokan

bersama makroalga *Padina* dan telah melewati proses penyaringan bertingkat, kemudian disaring melalui kertas saring steril 0,45 μM *Pall Corporation* menggunakan pompa multi vakum. Setelah proses penyaringan, masing-masing kertas saring kemudian ditempatkan ke dalam *cryotube* 2 mL yang sebelumnya telah diisi dengan 1,5 mL DNA shield (*ZymoBIOMICS DNA/RNA shield*). Dekontaminasi dilakukan melalui sterilisasi terhadap seluruh peralatan pengambilan sampel yang digunakan pada setiap tahapan prosedur pengambilan sampel, dengan larutan pemutih komersial 30%. Sampel kemudian dibawa ke laboratorium untuk analisis laboratorium lebih lanjut.

Persiapan data dan sekuensing

Qiagen Blood and Tissue DNA Extraction Kit digunakan untuk mengekstraksi eDNA dari kertas saring, sesuai dengan instruksi pabrik. PCR awal memperkuat wilayah target menggunakan set primer 1391F Euk dan EukBr (18S) (Amaral-Zettler *et al.*, 2009). Reaksi PCR pertama terdiri dari 12 Kapa HotStart HiFi 2 \times ReadyMix DNA polimerase, 1 μL primer masing-masing 10 nM (F dan R), 8 μL ddH₂O, dan 2 μL DNA template. Fase profil PCR amplifikasi DNA meliputi pra-denaturasi DNA template pada suhu 95 °C selama 5 menit, denaturasi DNA template pada suhu 98 °C selama 30 detik, dilanjutkan dengan annealing pada suhu 65°C selama 30 detik, ekstensi primer pada suhu 72 °C selama 30 detik, dan ekstensi final (*post*) pada suhu 72 °C selama 5 menit dengan 35 siklus tahapan (2)-(4). Selanjutnya, mesin PCR 96 Universal peqSTAR (Peqlab Ltd, USA) digunakan dengan kontrol negatif (template kosong) untuk memeriksa kontaminasi.

Kualitas produk PCR divisualisasikan menggunakan elektroforesis pada gel agarosa 2% (100 mL buffer TAE dan 2 g agarosa). Aliquot produk PCR sebanyak 3 μl dimasukkan ke dalam setiap agarosa well dengan DNA ladder 100 bp di salah satu well. Mesin elektroforesis dijalankan pada tegangan 50 Volt selama 60 menit dan hasilnya divisualisasikan menggunakan UV Fluorescent melalui *Alpha imager Mini Gel Documentation System* (ProteinSimple Ltd, California, USA). Semua produk PCR yang lolos kendali mutu elektroforesis dilakukan PCR kedua untuk indeks. *IDT double index* dan *Illumina sequencing adapter for Illumina - Nextera DNA Unique Dual Index, Set A* (catalog number 20027213) (Illumina, San Diego, USA) ditambahkan ke amplicon target pada PCR kedua menggunakan 12,5 μl Kapa HotStart HiFi 2 \times ReadyMix DNA polimerase (Kapa Biosystems Ltd., London, UK) dan 2 μl produk PCR. Siklus PCR terdiri dari denaturasi awal pada suhu 95°C (3 menit), 9 siklus 95°C selama 30 detik, 55°C

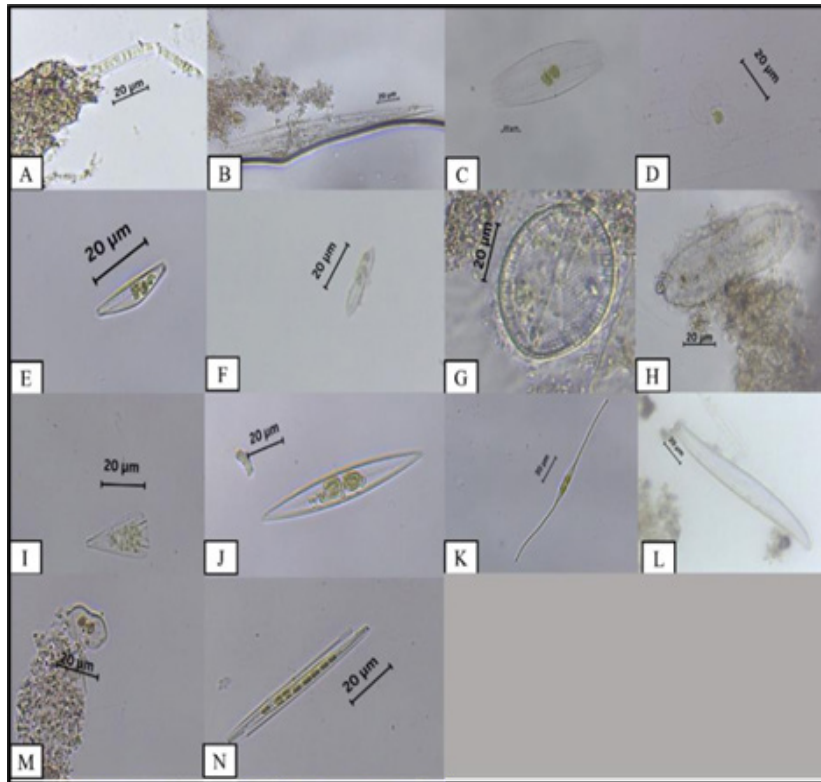
selama 30 detik, 72°C selama 30 detik, dan ekstensi final pada suhu 72°C selama 5 menit. Pemurnian PCR dilakukan pada produk PCR pertama dan kedua menggunakan AMPure XP (Beckman Coulter, Inc.) sebelum dilanjutkan ke langkah berikutnya. Urutan DNA dilakukan pada Illumina iSeq100. Semua protokol sekuensing dilakukan sesuai dengan protokol data sekuensing metagenomik Illumina MiSeq 16S, dengan sedikit modifikasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil identifikasi mikroalga epifit pada *Padina* dari perairan Teluk Hurun menunjukkan 14 genus, yaitu *Aulacoseira*, *Amphipleura*, *Amphora*, *Amphiprora*, *Cymbella*, *Cymatopleura*, *Cocconeis*, *Diploneis*, *Licmophora*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Gyrosigma*, *Psammodictyon*, dan *Synedra*. Seluruh genus yang ditemukan tersebut tergolong ke dalam kelompok Bacillariophyta yang diidentifikasi secara morfologi berdasarkan perbedaan panjang sel, bentuk *valve*, dan *raphe* (Lee, 2018; Blanco, 2020) (Gambar 1).

Mikroalga epifit pada *Padina* di Teluk Hurun memiliki kelimpahan dengan kisaran 500 - 85.000 sel/mL. *Nitzschia* memiliki kelimpahan tertinggi pada *Padina* di Teluk Hurun karena termasuk jenis diatom dengan persebaran yang luas di perairan laut dan tawar, dan didukung oleh kemampuan adaptasinya yang tinggi (Roziaty *et al.*, 2018; Tarigas *et al.*, 2020) (Gambar 2). Selain itu, terdapat tangkai gelatin berlendir pada *Nitzschia* yang membantunya lebih mudah menempel pada berbagai substrat (Lestari *et al.*, 2020). *Amphora* merupakan genus dengan kelimpahan terendah yang ditemukan pada *Padina* di Teluk Hurun karena kondisi lingkungan perairan yang kurang mendukung pertumbuhan genus tersebut, terutama pH. Derajat keasaman (pH) yang ideal bagi *Amphora* sekitar 6,34 - 7,16 sedangkan kondisi pH perairan Teluk Hurun cenderung lebih basa yakni 8,3 (Sulastri, 2018).

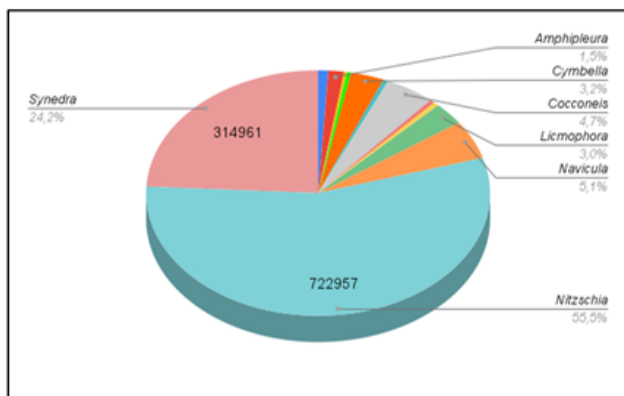
Hasil identifikasi juga menunjukkan bahwa 14 genus mikroalga epifit pada *Padina* berasal dari Kelas *Bacillariophyceae*. Menurut Hidayat *et al.* (2021), *Bacillariophyceae* merupakan kelas mikroalga yang kosmopolitan, banyak ditemukan pada perairan laut, dan memiliki siklus reproduksi yang tinggi (Hidayat *et al.*, 2021; Ritonga *et al.*, 2023). *Bacillariophyceae* juga memiliki kemampuan beradaptasi yang baik dalam menghadapi berbagai kondisi perairan (Hadi *et al.*, 2022). Hal tersebut salah satunya didukung karena proses metabolisme *Bacillariophyceae* yang dapat lebih banyak memanfaatkan kandungan nutrisi perairan



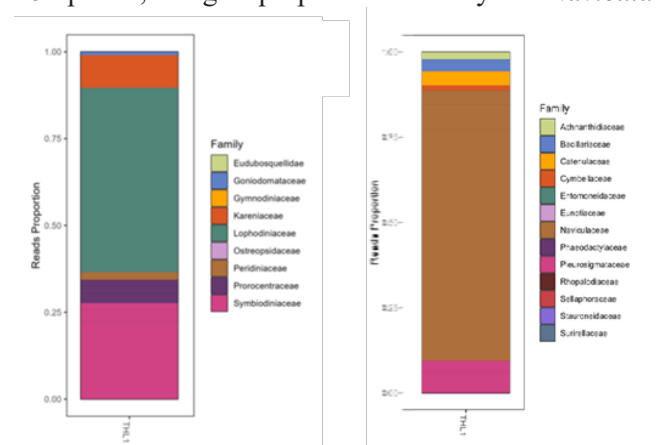
Gambar 1. Hasil Identifikasi Mikroalga Epifit pada *Padina*: A. *Aulacoseira*; B. *Amphipleura*; C. *Amphora*; D. *Amphiprora*; E. *Cymbella*; F. *Cymatopleura*; G. *Cocconeis*; H. *Diploneis*; I. *Licmophora*; J. *Navicula*; K-M. *Nitzschia*; L. *Gyrosigma*; N. *Synedra* [Sumber: Dokumentasi Pribadi]
 Figure 1. Identification of Epiphytic Microalgae on *Padina*: A. *Aulacoseira*; B. *Amphipleura*; C. *Amphora*; D. *Amphiprora*; E. *Cymbella*; F. *Cymatopleura*; G. *Cocconeis*; H. *Diploneis*; I. *Licmophora*; J. *Navicula*; K-M. *Nitzschia*; L. *Gyrosigma*; N. *Synedra* [Source: Authors's Documentation]

terutama fosfat dan nitrat sehingga pada lingkungan tercemar masih tetap dapat ditemukan (Hidayat *et al.*, 2021). Mikroalga epifit dari Kelas *Dinophyceae* tidak ditemukan pada *Padina* dari perairan Teluk Hurun disebabkan laju reproduksi yang lebih lambat dibandingkan kelas mikroalga epifit lainnya (Muthe *et al.*, 2012).

Analisa eDNA terhadap hasil penyaringan sampel air menunjukkan keberadaan mikroalga epifit dari kelompok *Bacillariophyceae* sebanyak 13 famili dan *Dinophyceae* sebanyak 9 famili (Gambar 3). Kelompok *Bacillariophyceae* tersebut terdiri dari 26 spesies, dengan proporsi terbesar yaitu *Navicula*

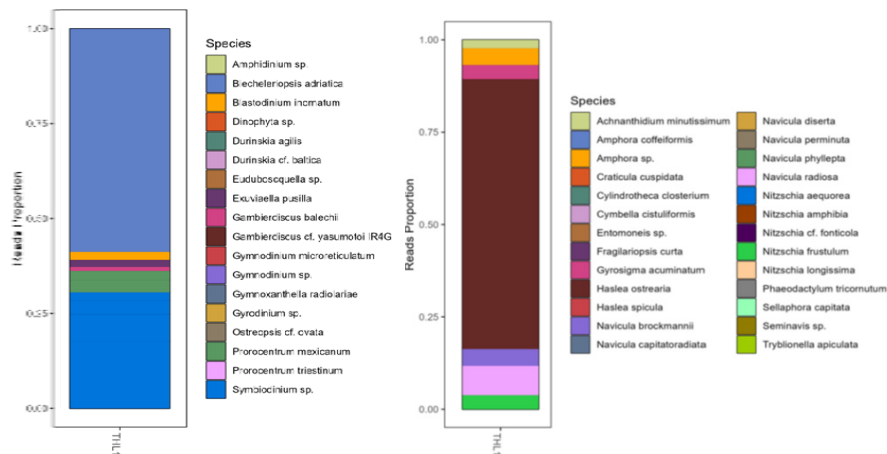


Gambar 2. Diagram Lingkaran Total Kelimpahan (sel/mL) Setiap Genus Mikroalga Epifit pada *Padina*.
 Figure 2. Total Abundance (cells/mL) of Each Epiphytic Microalgae Genus on *Padina*.



Gambar 3. Kelimpahan Relatif Famili A) *Dinophyceae* dan B) *Bacillariophyceae* Berdasarkan Pembacaan Sekuens DNA.

Figure 3. Relative Abundance at Family Level of A) *Dinophyceae* and B) *Bacillariophyceae* Based on DNA Reads Sequence.

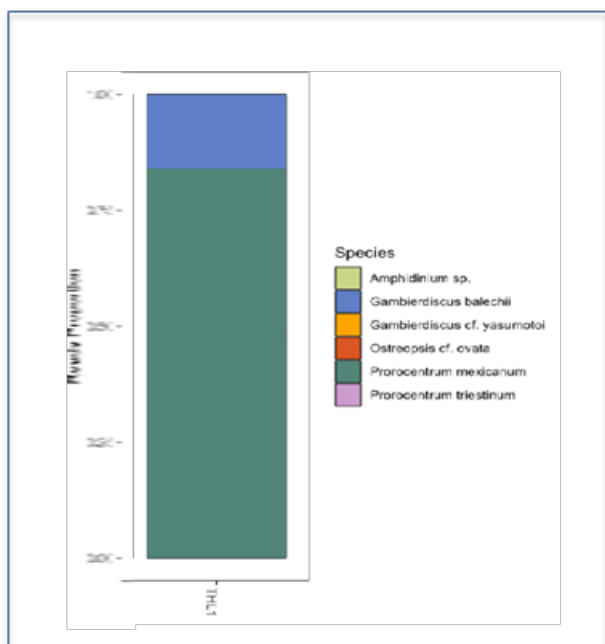


Gambar 4. Kelimpahan Relatif Spesies A) *Dinophyceae* dan B) *Bacillariophyceae* Berdasarkan Pembacaan Sekuens DNA
 Figure 4. Relative Abundance at Species Level of A) *Dinophyceae* and B) *Bacillariophyceae* Based on DNA Reads Sequence

spp., *Nitzschia sp.*, *Amphora sp.* dan *Gyrosigma sp.* (Gambar 4). Keempat genera tersebut juga ditemukan pada pengamatan sampel secara morfologi. Kelompok *Dinophyceae* yang ditemukan terdiri dari 18 spesies, dengan proporsi terbesar yaitu *Biecheleriopsis sp.*, *Symbiodinium sp.*, *Prorocentrum sp.*, *Gambierdiscus sp.*, *Exuviaela sp.* dan *Blastodinium sp.* (Gambar 5). *Symbiodinium* merupakan nama ilmiah dari kelompok *zooxanthellae* yang umumnya bersimbiosis dengan hewan karang. Lokasi pengambilan makroalga *Padina* sebagai substrat, berdekatan dengan kawasan terumbu karang sehingga memungkinkan bagi ditemukannya materi genetik kelompok *Symbiodinium* di dalam

sampel.

Dua spesies *Dinophyceae* yang merupakan kelompok epifitik dan ditemukan dalam sampel adalah *Prorocentrum mexicanum* dan *Gambierdiscus sp.*, dengan proporsi terbesar yaitu *Prorocentrum mexicanum*. Kedua spesies tersebut merupakan spesies yang berpotensi menyebabkan *Ciguatera Fish Poisoning*, yaitu peristiwa keracunan yang timbul pada manusia akibat mengkonsumsi ikan-ikan karang, yang telah terkontaminasi toksin dari *dinoflagellata* epifit (Hallegraeff, 1993). Ditemukannya kedua spesies tersebut dapat dijadikan semacam *early warning system* pada wilayah perairan Teluk Hurun, terutama apabila kelak ditemukan dalam jumlah melimpah. Sampel *Dinophyceae* tidak ditemukan pada pengamatan sampel secara morfologi, tetapi ditemukan dalam analisa secara molekular menggunakan *eDNA metabarcoding*. Sebagaimana yang telah diketahui, analisa *eDNA metabarcoding* menggunakan sampel air hasil pengocokan dan penyaringan yang mengandung materi-materi genetik terlarut. Sel-sel dari kelompok *Dinophyceae* kemungkinan terbuang atau telah mengalami kerusakan saat proses perlakuan maupun pengawetan, sehingga tidak dapat terlihat saat pengamatan menggunakan mikroskop tetapi materi genetik yang terlarut di dalam sampel air tetap dapat terdeteksi menggunakan analisa *eDNA*.



Gambar 5. Kelimpahan Relatif dari Taksa-taksa pada Tingkat Spesies Berdasarkan Pembacaan Sekuens DNA
 Figure 5. Relative Abundance at Species Level of Interested Taxa Based on DNA Reads Sequence

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian berhasil menganalisis kelimpahan mikroalga epifit pada makroalga *Padina* di perairan Teluk Hurun, untuk mendeteksi spesies yang berpotensi menyebabkan HAB sehingga memungkinkan dilakukannya tindakan mitigasi. Hasil yang diperoleh

adalah Pengamatan secara morfologi menunjukkan ditemukannya 14 genera mikroalga dari kelompok *Bacillariophyceae*, dengan tiga genus yang memiliki persentase kehadiran sebesar 100% pada semua lokasi pengambilan sampel yaitu genus *Nitzschia*, *Navicula*, dan *Synedra*. Analisa eDNA menunjukkan keberadaan mikroalga dari kelompok *Bacillariophyceae* yang terdiri dari 26 spesies, dengan proporsi terbesar yaitu *Navicula* spp., *Nitzschia* sp., *Amphora* sp. dan *Gyrosigma* sp.; sedangkan kelompok Dinophyceae yang ditemukan terdiri dari 18 spesies, dengan proporsi terbesar yaitu *Biecheleriopsis* sp., *Symbiodinium* sp., *Prorocentrum* sp., *Gambierdiscus* sp., *Exuviaela* sp. dan *Blastodinium* sp., dimana spesies *Prorocentrum mexicanum* dan *Gambierdiscus* sp. berpotensi menyebabkan CFP.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Besar Perikanan Budi Daya Laut (BBPBL) Lampung atas kemudahan akses penelitian dan penyediaan alat pengukuran parameter lingkungan, demikian pula kepada Ibu Muawanah, M.Si. atas bimbingan dan bantuannya selama proses pengambilan sampel.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaral-Zettler, L. A., McCliment, E. A., Ducklow, H. W., & Huse, S. M. (2009). A method for studying protistan diversity using massively parallel sequencing of V9 hypervariable regions of small-subunit ribosomal RNA genes. *PLoS One*, 4(7), 63-72.
- American Public Health Association (APHA). (2012). Standard methods for the examination for water and wastewater 21st ed. Washington: American Water Works Association (AWWA).
- Barokah, G., Putri, R. A. K., & Gunawan. (2016). Kelimpahan fitoplankton penyebab hab (harmful algal bloom) di perairan Teluk Lampung pada musim barat dan timur. *Jurnal Kelautan dan Perikanan*, 11(2), 115-126.
- Blanco, S. (2020). Diatom Taxonomy and Identification Keys. In: Cristóbal, G., Blanco, S., Bueno, G. (eds) *Modern Trends in Diatom Identification. Developments in Applied Phycology*, 10. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39212-3_3.
- Bockwoldt, K., Nodine, E., Mihuc, T., Shambaugh, A., & Stockwell, J. (2017). Reduced Phytoplankton and Zooplankton Diversity Associated with Increased Cyanobacteria in Lake Champlain, USA. *Journal of Contemporary Water Research & Education*, 160(1), 100-118.
- Boesch, D. F., Anderson, D. M., Horner, R.A., Shumway, S. E., Tester, P. A., & Whitedge, T. E. (1997). Harmful algal blooms in coastal waters: options for prevention, control and mitigation. *NOAA Coastal Ocean Program*, 29-35.
- Buynevich, I.V.H., Jol, M., & Gerald, D.M.F. (2009). Coastal Environments. In *Ground Penetrating Radar Theory and Applications* (pp. 299-315). Philadelphia: Temple University.
- Hadi, Y. S., Japa, L., & Zulkifli, L. (2022). Community structure of bacillariophyceae in the water of Klui Beach, North Lombok. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(2), 557-564.
- Hallegraeff, G.M. (1993). A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia*, 32(2), 79-99.
- Hidayat, M., Warsidah., & Safitri, I. (2021). Struktur komunitas mikroalga epifit pada *Padina* dan *Caulerpa* di perairan Pulau Kabung Kalimantan Barat. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 4(1), 29-39.
- Irawan, A., Hasani, Q., & AU -Yuliyanto, Herman. (2015). Fenomena of Harmful Algal Blooms (HABs) di Pantai Ringgung Teluk Lampung, pengaruhnya dengan tingkat kematian ikan yang dibudidayakan pada Karamba Jaring Apung. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 15(1), 48-53.
- Jauzein, C., Açaf, L., Accoroni, S., Asnaghi, V., Fricke, A., Hachani, M., Abboud-Abi Saab, M., Chiantore, M., Mangialajo, L., Totti, C., Zaghmouri, I., & Lemée, R. (2018). Optimization of sampling, cell collection and counting for the monitoring of benthic harmful algal blooms: Application to *Ostreopsis* spp. blooms in the Mediterranean Sea. *Ecological Indicators*, 91, 116-127.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. (2004). Baku mutu air laut. Jakarta: Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan.

- Lee, R. E. (2018). *Phycology* 15th ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lestari, R. D. A., Apriansyah., & Safitri, I. (2020). Struktur komunitas mikroalga epifit berasosiasi pada *Padina* sp. di perairan Desa Sepempang Kabupaten Natuna. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 3(2), 40-47.
- Muawanah., & Purnomowati, R. (2021). Monitoring kesehatan ikan dan lingkungan pada beberapa lokasi budidaya di Lampung Tahun 2021. Lampung: Balai Besar Perikanan Budidaya Laut Lampung.
- Muthe, Y. V., Aryawati, R., & Isnaini. (2012). Struktur komunitas dan sebaran fitoplankton di perairan Sungsang Sumatera Selatan. *Maspari Journal*, 4(1), 122-130.
- Praseno, D.P. (1995). A study on HAB organisms in Indonesian waters. In *Proceedings of the international seminar on marine fisheries environment, Thailand*, 119-125.
- Praseno, D. P., Fukuyo, Y., Wiadiarti, R., Badrudin., Efendi, Y., & Pain, S. S. (1999). The HAB/ Red Tide blooms in Indonesian waters during 1997/1998. In *Proceedings of the Fourth ASEAN-Canada Technical Conference on Marine Science*, 432-437.
- Ritonga, A., Agnesia., & Siregar, Y. I. (2023). Phytoplankton abundance and diversity in the coastal waters of Lalang Village, Siak Regency. *Journal of Coastal and Ocean Sciences*, 4(1), 20-24.
- Roziaty, E. & Fatimah, N. (2018). Identifikasi mikroalga epifit di kawasan pantai Sepanjang Gunung Kidul Jogjakarta. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, 58-65.
- Santoso, A. D. (2007). Kandungan zat hara fosfat pada musim barat dan musim timur di Teluk Hurun Lampung. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 8(3), 207-210.
- Siregar, J., Nedi, S., & Mulyadi, A. (2016). Analysis of organic matter in sediments and macrozoobenthos from coastal waters of Hurun Bay of Lampung. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau*, 3(1), 1-11.
- Sitanggang, H. (2016). Selamatkan budi daya kerapu di Teluk Lampung. Diakses 31 Oktober 2016, dari <http://www.antarabogor.com/berita/20281/selamatkan-budi-daya-kerapu-di-teluk-lampung>.
- Sulastri. (2018). *Fitoplankton danau-danau di Pulau Jawa keanekaragaman dan perannya sebagai bioindikator perairan* 1sted. Jakarta: LIPI Press.
- Suthers, I. M., & Rissik, D. (2009). *Plankton (a Guide to Their Ecology and Monitoring for Water Quality)*, 2nded. Australia: CSIRO Publishing.
- Swastiki, N. M. D. (2022). Kelimpahan dan Keanekaragaman Mikroalga Epifit pada *Halimeda* di Teluk Hurun, Lampung. Universitas Indonesia.
- Tarigas, M. T., Apriansyah., & Safitri, I. (2020). Struktur komunitas mikroalga epifit berasosiasi pada *Sargassum* sp. di perairan Desa Sepempang Kabupaten Natuna. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 3(2), 61-68.
- Tawong, W., Nishimura, T., Sakanari, H., Sato, S., Yamaguchi, H., Adachi, M. (2015). Characterization of *Gambierdiscus* and *Coolia* (Dinophyceae) isolates from Thailand based on morphology and phylogeny. *Phycological Research*, 63, 125-133.
- Tester, P., Kibler, S., Holland, W., Usup, G., Vandersea, M., Leaw, C. P., Lim, P. T., Larsen, J., Mohammad Noor, N., Faust, M., & Litaker, R. (2014). Sampling harmful benthic dinoflagellates: Comparison of artificial and natural substrate methods. *Harmful Algae*, 39, 8-25.
- Verawati. (2016). Analisis Kualitas Air laut di Teluk Lampung. Universitas Lampung.
- Wiadnyana, N.N., & Praseno, D.P. (1997). Dampak munculnya spesies Red Tide terhadap perikanan di Indonesia. *Terubuk*, 33(69), 15-27.
- Widiarti, R. (2002). Dinoflagellata epibentik pada makroalga di rata-rata terumbu Pulau Penjaliran Barat, Teluk Jakarta. *Sains Indonesia*, 7(1), 1-9.
- Widiarti, R. (2003). *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* research activities in Hurun Bay,

Lampung Bay (1999-2003). In Laporan hasil lokakarya National Workshop on HAB research and monitoring in Indonesia, P2O-LIPI, Jakarta.

Widiarti, R., Pudjiarto, R. K., & Pratama, I. S. (2016). Dinoflagellata bentik yang berpotensi toksik di rataan terumbu Gili Meno dan Gili Air, Lombok. *Prosiding Seminar Nasional Biodiversitas*, 129-133.

Widiarti, R., Zamani, N., Bengen, D., & Madduppa, H. (2021). The diversity of potentially toxic benthic dinoflagellates in Indonesian waters: research study within 2010-2015 period. *Mar. Res. Indones*, 46(1), 15-21.

