SKRIPSI

SEBARAN SPASIAL DAN STRUKTUR KOMUNITAS FITOPLANKTON YANG BERPOTENSI MENYEBABKAN *HARMFUL ALGAE BLOOMS* (HABs) DI PERAIRAN TELUK LAIKANG, SULAWESI SELATAN

Disusun dan diajukan oleh

FADILLA TRIMURTI

L011 17 1512

PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022

SEBARAN SPASIAL DAN STRUKTUR KOMUNITAS FITOPLANKTON YANG BERPOTENSI MENYEBABKAN *HARMFUL ALGAE BLOOMS* (HABs) DI PERAIRAN TELUK LAIKANG, SULAWESI SELATAN

Disusun dan diajukan oleh

FADILLA TRIMURTI

L011 17 1512

PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN

FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN

SEBARAN SPASIAL DAN STRUKTUR KOMUNITAS FITOPLANKTON YANG BERPOTENSI MENYEBABKAN *HARMFUL ALGAE BLOOMS* (HABs) DI PERAIRAN TELUK LAIKANG, SULAWESI SELATAN

Disusun dan diajukan oleh

FADILLA TRIMURTI
L011171512

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin pada tanggal 4 Februari 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,	Pembimbing Pendamping
Dr. Ir. Rahmadi Tambaru, M.Si	Dr. Ir. Muh. Hatta, M.Si
NIP. 196901251993031002	NIP. 19671231992021002

Mengetahui,
Ketua Program Studi

Dr. Khairul Amri, S.T., M.Sc.Stud
NIP. 196907061995121002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama	: Fadilla Trimurti
NIM	: L011171512
Program Studi	: Ilmu Kelautan
Jenjang	: S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

"Sebaran Spasial dan Struktur Komunitas Fitoplankton yang Berpotensi Menyebabkan *Harmful Algae Blooms* (HABs) di Perairan Teluk Laikang, Sulawesi Selatan"

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 4 Februari 2022
Yang Menyatakan

Fadilla Trimurti

PERNYATAAN AUTHORSHIP

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	: Fadilla Trimurti
NIM	: L011171512
Program Studi	: Ilmu Kelautan
Fakultas	: Ilmu Kelautan dan Perikanan

Menyatakan bahwa publikasi sebagian atau keseluruhan isi Skripsi pada jurnal atau forum ilmiah lain harus seizin dan menyertakan tim pembimbing sebagai author dan Universitas Hasanuddin sebagai institusinya. Apabila dalam waktu sekurang-kurangnya dua semester (satu tahun sejak pengesahan Skripsi) saya tidak melakukan publikasi dari sebagian atau keseluruhan Skripsi ini, maka pembimbing sebagai salah seorang dari penulis berhak mempublikasikannya pada jurnal ilmiah yang ditentukan kemudian, sepanjang nama mahasiswa tetap diikutkan.

Makassar, 4 Februari 2022

Mengetahui,

Ketua Program Studi Ilmu Kelautan,

Dr. Khairul Amri, S.T., M.Sc.Stud
NIP. 196907061995121002

Penulis

Fadilla Trimurti
NIM. L011171512

ABSTRAK

FADILLA TRIMURTI. L011171512. "Sebaran Spasial dan Struktur Komunitas Fitoplankton yang Berpotensi Menyebabkan *Harmful Algae Blooms* (HABs) di Perairan Teluk Laikang, Sulawesi Selatan" dibimbing oleh **Rahmadi Tambaru** sebagai Pembimbing Utama dan **Muh. Hatta** sebagai Pembimbing Anggota.

Keberadaan zat hara seperti nitrat dan fosfat dapat berdampak positif bagi pertumbuhan fitoplankton. Namun, apabila konsentrasi zat hara sangat tinggi di perairan maka dapat menyebabkan ledakan populasi fitoplankton atau *Harmful Algae Blooms* (HABs) di perairan. Ledakan fitoplankton di perairan memberikan dampak negatif bagi ekosistem di sekitarnya, biota laut dan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sebaran spasial dan struktur komunitas fitoplankton yang berpotensi menyebabkan HABs di Perairan Teluk Laikang, Sulawesi Selatan. Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni Tahun 2021. Hasil penelitian ditemukan 20 jenis fitoplankton HABs dari 2 kelas yaitu Bacillariophyceae (8 jenis) dan Dinophyceae (12 jenis). Kelas Bacillariophyceae memiliki persentase lebih tinggi yaitu sebesar 93% sedangkan Dinophyceae sebesar 7%. Status kelimpahan fitoplankton HABs tergolong tidak *blooming*, dengan kelimpahan tertinggi terdapat pada Stasiun 4 (Kontrol) yaitu 210 ± 80 sel/L. Indeks keanekaragaman fitoplankton HABs (H') tergolong sedang dengan nilai 1,576 – 2,332, indeks keseragaman (E) Stasiun 1 (Barat) dan Stasiun 4 (Kontrol) tergolong sedang dengan nilai 0,568 dan 0,582 sedangkan Stasiun 2 (Utara) dan Stasiun 3 (Selatan) tergolong tinggi yaitu 0,807 dan 0,823, indeks dominansi (D) tergolong rendah dengan nilai 0,135 – 0,357. Secara spasial, fitoplankton HABs berdasarkan stasiun dapat dibedakan menjadi 5 kelompok. Hasil analisis PCA menunjukkan bahwa Stasiun 1.A, 1.B, 1.C, 2.A, 2.B dan 2.C dicirikan dengan parameter suhu dan salinitas yang tinggi. Stasiun 3.A, 3.B dan 3.C dicirikan dengan parameter nitrat dan fosfat yang tinggi. Sedangkan Stasiun 4.A, 4.B dan 4.C dicirikan dengan parameter kecerahan, kecepatan arus dan pH yang tinggi dan terkait dengan kelimpahan fitoplankton HABs yang tinggi.

Kata kunci: Fitoplankton, HABs, Teluk Laikang.

ABSTRACT

FADILLA TRIMURTI. L011171512. “Spatial Distribution and Community Structure of Phytoplankton that Causes *Harmful Algae Blooms* (HABs) in Laikang Bay, South Sulawesi” supervised by **Rahmadi Tambaru** as the main supervisor and **Muh. Hatta** as the co-supervisor.

The presence of nutrients such as nitrate and phospate can have a positive impact on the growth of phytoplankton. If the concentration of nutriens is very high in the waters, it can cause an explosion in the phytoplankton population or Harmful Algae Blooms (HABs). The explosion of phytoplankton in the waters has a negative impact on the surrounding ecosystem, marine life and humans. This study aims to analyze the spatial distribution and structure community of Phytoplankton that causes HABs in Laikang Bay, South Sulawesi. This research was conducted in June 2021. The results of the study found 20 species of phytoplankton HABs from 2 classes, namely Bacillariophyceae (12 species) and Dinophyceae (8 species). Bacillariophyceae class has a higher percentage of 93% while Dinophyceae is 7%. The status of the abundance of HABs phytoplankton is classified as not blooming, with the highest abundance found at Station 4 (Control) which is 210 ± 80 cells/L. The HABs phytoplankton diversity index (H’) is moderate with a value of 1,576 – 2,332, the evennes index (E) at Station 1 (West) and Station 4 (Control) is classified as moderate with value 0,568 and 0,582 while Station 2 (North) and Station 3 (South) classified as high with value 0,807 and 0,823, the dominance index (D) is classified low with value 0,135-0,357. Spatially, HABs phytoplankton based on stations can be divided into 5 groups. The results of PCA analysus showed that Stations 1.A, 1.B, 1.C, 2.A, 2.B and 2.C were characterized by high temperature and salinity. Stations 3.A, 3.B and 3.C are characterized by high nitrate and phospate. While Stations 4.A, 4.B and 4.C are characterized by high brightness, current speed and pH and are associated with high abundance of HABs phytoplankton.

Keywords: Phytoplankton, HABs, Laikang Bay.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur tak terhingga penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas berkat dan kasih-Nya yang senantiasa tercurahkan kepada seluruh umat-Nya, sehingga penulis masih diberikan kesehatan dan kesempatan untuk menyelesaikan penelitian yang berjudul **"Sebaran Spasial dan Struktur Komunitas Fitoplankton yang Berpotensi Menyebabkan *Harmful Algae Blooms* (HABs) di Perairan Teluk Laikang, Sulawesi Selatan"** sebagai syarat kelulusan di Jurusan Ilmu Kelautan, Universitas Hasanuddin.

Penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah terlibat dalam penyusunan skripsi. Olehnya dengan penuh kerendahan hati penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Orang tua tercinta Daniely Transuryani Tallesang, Darwis dan Joni Popang, S.H. Saudara terkasih Rio, Ato, Rara, Kevin dan Putri serta keluarga yang senantiasa mendoakan dan memberikan dukungan hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
2. Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, M.A selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Safruddin, S.Pi, MP, Ph.D selaku Dekan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr. Ahmad Faizal, S.T., M.Si selaku Ketua Departemen Ilmu Kelautan, Universitas Hasanuddin.
5. Ibu Dr. Dr. Ir. Esther Sanda Manapa, M.T dan Drs. Sulaiman Gosalam, M.Si selaku Penasehat Akademik yang senantiasa membimbing dan memberikan nasehat akademik kepada penulis hingga menyelesaikan studi.
6. Bapak Dr. Ir. Rahmadi Tambaru, M.Si dan Bapak Dr. Ir. Muh. Hatta, M.Si selaku Pembimbing yang telah bersedia membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Bapak Dr. Ir. Muh. Farid Samawi, M.Si, Ibu Dr. Ir. Arniati Massinai, M.Si dan Bapak Prof. Dr. Chair Rani, M.Si selaku Penguji yang senantiasa memberikan kritik dan saran dalam penyempurnaan skripsi ini.
8. Ibu Isyanita, S.TP., MM selaku Laboran di Laboratorium Oseanografi Kimia dan Ibu Huyyirnah, S.P., M.Si selaku Laboran di Laboratorium Mikrobiologi Laut yang telah memberikan arahan kepada penulis selama melakukan proses penelitian.
9. Seluruh Dosen dan Staf Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan yang telah mengajar, memberikan pengetahuan, dan membantu dalam pengurusan administrasi selama penulis berkuliah.

10. Seluruh pemerintah dan masyarakat Dusun Puntondo yang telah memberikan izin penelitian serta Bapak Muh. Kasim, S.Kel yang membantu penulis selama melakukan penelitian di Teluk Laikang.
11. Seluruh tim penelitian "Laikang *Squad*" : Fitriani, Pricilia Gaby Angelica, Sri Mulyani Akil, Muh. Syahrul, Dwi Pradisti Irwan dan Aksel yang telah membantu penulis dalam pengurusan administrasi, pengambilan sampel di lapangan hingga analisis data.
12. Keluarga Mahasiswa Jurusan Ilmu Kelautan FIKP-UH (KEMA JIK FIKP-UH) yang membantu penulis untuk terus berkembang ke arah yang lebih baik. Saudara seiman Persekutuan Mahasiswa Kristen Ilmu Kelautan Unhas (PERMAKRIS IK-UH) yang senantiasa membantu serta memberikan semangat kepada penulis. Teman seperjuangan, Kelautan Unhas Angkatan 2017 (KLASATAS) yang senantiasa merangkul penulis dalam keadaan apapun.
13. Sahabat-sahabat penulis, PERMAKRIS 17: Adolf Sebastian, Axel Bimo Kneefel, Pricilia Gaby Angelica, Thesyalonika Tarima, Yoseva dan Aksel yang senantiasa merangkul, menghibur penulis baik susah ataupun senang. Tidak lupa juga sahabat sejak masa SMA: Andi Wahyuni Suherman, Anggun Rahim, Azhima Chofifah Suhardi Andi Ara, Ilmiyanti Aulya Luthfiyah Anshari, Serina, Utami Wulandari dan Zaskia Dwi Utami.
14. Kak Beni Kalotang, S.Kel yang senantiasa membantu penulis dalam penulisan skripsi ini.
15. YG Entertainment yang senantiasa memberikan semangat bagi penulis melalui karya-karya yang luar biasa.
16. Seluruh pihak yang membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan baik dari segi penulisan, sistematika penyusunan dan lainnya. Oleh karena itu, dengan penuh kerendahan hati penulis sangat terbuka dengan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan skripsi ini kedepannya. Besar harapan penulis skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Amin.

Terima kasih.

Makassar, 4 Februari 2022

Penulis

Fadilla Trimurti

BIODATA PENULIS

Fadilla Trimurti, dilahirkan pada tanggal 19 September 1999 di Kota Palopo, Sulawesi Selatan. Anak bungsu dari 3 bersaudara, merupakan putri dari pasangan Darwis dan Daniely Transuryani Tallesang. Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 95 Bulo Walenrang pada tahun 2011. Kemudian melanjutkan pendidikan pertama di SMP Negeri 1 Palopo hingga lulus pada tahun 2014. Lalu melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 3 Palopo dan lulus pada tahun 2017. Pada tahun 2017, penulis diterima di Universitas Hasanuddin, Makassar Program Studi Ilmu Kelautan melalui Jalur Mandiri (JNS).

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten praktikum pada mata kuliah Planktonologi Laut. Penulis juga aktif dalam organisasi sebagai Badan Pengurus Harian Keluarga Mahasiswa Jurusan Ilmu Kelautan FIKP-UH (BPH KEMA JIK FIKP-UH) dengan posisi anggota Departemen Keilmuan dan Keprofesian periode 2019/2020. Selain itu penulis juga aktif dalam organisasi Persekutuan Mahasiswa Kristen Ilmu Kelautan Universitas Hasanuddin (PERMAKRIS IK-UH) sebagai Pengurus selama 2 periode dan Sekretaris PERMAKRIS IK-UH periode 2020/2021. Penulis juga melakukan praktik magang di Laboratorium Balai Besar Karantina Ikan, Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan, Makassar pada tahun 2020.

Penulis menyelesaikan rangkaian tugas akhir yaitu Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik 104 “Bersatu Melawan Covid-19” di wilayah Kecamatan Tamalanrea, Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Akhirnya sebagai syarat untuk menyelesaikan studi, penulis melakukan penelitian dengan judul “Sebaran Spasial dan Struktur Komunitas Fitoplankton yang Berpotensi Menyebabkan *Harmful Algae Blooms* (HABs) di Perairan Teluk Laikang, Sulawesi Selatan”.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR) ii
PERNYATAAN KEASLIAN iii
PERNYATAAN AUTHORSHIP iv
ABSTRAK v
KATA PENGANTAR vii
BIODATA PENULIS ix
DAFTAR ISI x
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR LAMPIRAN xiv
I. PENDAHULUAN 1
A. Latar Belakang 1
B. Tujuan dan Kegunaan 2
II. TINJAUAN PUSTAKA 3
A. Fitoplankton 3
B. Fenomena Harmful Algae Blooms (HABs) 4
C. Parameter Fisikia-Kimia yang Mempengaruhi Kehidupan Fitoplankton 12
D. Indeks Ekologi 16
III. METODE PENELITIAN 19
A. Waktu dan Tempat 19
B. Alat dan Bahan 20
C. Prosedur Penelitian 21
D. Analisis Data 26
IV. HASIL 30
A. Struktur Komunitas Fitoplankton HABs dan Status Kelimpahannya 30
B. Indeks Ekologi Fitoplankton HABs 37
C. Distribusi Spasial Fitoplankton HABs di Perairan Teluk Laikang 38
D. Keterkaitan Antara Faktor Lingkungan dengan Sebaran Fitoplankton HABs 39
V. PEMBAHASAN 42
A. Struktur Komunitas Fitoplankton HABs dan Status Kelimpahannya 42
B. Indeks Ekologi Fitoplankton HABs 50
C. Distribusi Spasial Fitoplankton HABs di Perairan Teluk Laikang 51
D. Keterkaitan Antara Faktor Lingkungan dengan Sebaran Fitoplankton HABs 52
VI. KESIMPULAN DAN SARAN 58

A. Kesimpulan 58
B. Saran 58
DAFTAR PUSTAKA 59
LAMPIRAN 66

DAFTAR TABEL

Nomor Halaman

1. Kelompok, sifat dan jenis mikroalga berbahaya (Wiadnyana, 1996). 6
2. Daftar spesies penyebab HABs yang pernah ditemukan di perairan Indonesia (Thoha, 2016). 8
3. Alat yang digunakan dalam penelitian 20
4. Bahan yang digunakan dalam penelitian 21
5. Pengelompokkan fitoplankton yang berpotensi menyebabkan HABs yang ditemukan di Teluk Laikang 35
6. Status kelimpahan fitoplankton HABs di setiap stasiun 37
7. Indeks Ekologi Fitoplankton 38
8. Fitoplankton HABs penciri berdasarkan kelompok stasiun 39
9. Parameter lingkungan di Teluk Laikang 40

DAFTAR GAMBAR

Nomor Halaman

1. Peta lokasi pengambilan sampel beserta letak titik sampling. 19
2. Bagan alur penelitian. 22
3. Proporsi kelimpahan fitoplankton berdasarkan kelas 31
4. Jumlah jenis fitoplankton HABs di setiap stasiun penelitian 32
5. Proporsi jumlah jenis fitoplankton HABs dan jumlah jenis fitoplankton antar stasiun 32
6. Proporsi kelimpahan fitoplankton HABs dan non HABs di Teluk Laikang 33
7. Kelimpahan rata-rata fitoplankton HABs di setiap stasiun penelitian. 34
8. Proporsi fitoplankton HABs dan nilai kelimpahan fitoplankton antar stasiun 34
9. Proporsi kelimpahan fitoplankton HABs berdasarkan kelas pada masing-masing stasiun 35
10. Perbandingan kelompok red tide maker dan toxin producer antar stasiun 37
11. Symmetric plot CA sebaran spasial fitoplankton HABs dengan masing-masing stasiun. 38
12. Sebaran titik pengamatan dan kondisi oseanografi serta kelimpahan fitoplanakton HABs pada 2 sumbu utama PCA (Sumbu 1 dan 2). 41

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor Halaman

1. Data kelimpahan fitoplankton 66
2. Data kelimpahan fitoplankton HABs 67
3. Data parameter fisika-kimia perairan 68
4. Uji One Way Anova jumlah jenis fitoplankton antar stasiun 70
5. Uji normalitas kelimpahan fitoplankton antar stasiun 72
6. Uji One Way Anova kelimpahan fitoplankton antar stasiun 73
7. Uji One Way Anova jumlah jenis fitoplankton HABs 75
8. Uji normalitas kelimpahan fitoplankton HABs antar stasiun 77
9. Uji One Way Anova kelimpahan fitoplankton HABs antar stasiun 78
10. Analisis Korespondensi (CA) sebaran spasial fitoplankton HABs pada masing-masing stasiun 80
11. Analisis Komponen Utama (PCA) karakteristik stasiun pengamatan 84
12. Hasil identifikasi fitoplankton yang berpotensi HABs 85
13. Dokumentasi penelitian 87

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Plankton memiliki peranan penting dalam perairan yaitu sebagai produsen primer dan awal dalam mata rantai makanan sehingga plankton seringkali dijadikan sebagai indikator kesuburan suatu perairan (Soliha *et al*., 2016). Plankton terbagi menjadi dua golongan yaitu plankton hewan (zooplankton) dan plankton tumbuhan (fitoplankton). Fitoplankton merupakan organisme mikroskopik yang hidup melayang di dekat permukaan air (Soeprobowati & Suedy, 2011).

Fitoplankton memiliki klorofil yang berperan aktif dalam proses fotosintesis untuk menghasilkan bahan organik dan oksigen dalam air yang digunakan sebagai dasar rantai pada siklus makanan di laut (Aunurohim *et al*., 2008). Keberadaan zat hara seperti nitrat dan fosfat yang melimpah di lingkungan perairan memiliki dampak positif, yaitu peningkatan produksi fitoplankton dan total produksi ikan. Pada konsentrasi yang tinggi, keberadaan zat hara tersebut dapat menimbulkan dampak negatif yaitu terjadi ledakan fitoplankton atau disebut *Harmful Algae Blooms* (HABs) (Choirun *et al*., 2015).

Harmful Algae Blooms (HABs) merupakan pertumbuhan fitoplankton di air laut maupun air payau yang dapat mengeluarkan toksik (Hidayati, 2020). Istilah HABs digunakan mengacu pada pertumbuhan lebat fitoplankton di laut yang dapat menyebabkan kematian ikan secara massal, mengontaminasi makanan bahari *(seafood)* dengan toksin yang diproduksi oleh fitoplankton dan mengubah ekosistem (LIPI, 2008). Terjadinya fenomena HABs ini disebabkan oleh meningkatnya kesuburan perairan akibat aktivitas industri di sekitar pesisir dan masuknya limbah dari daratan ke perairan dalam jumlah yang besar serta adanya *upwelling* (Barokah *et al*., 2016).

Di Indonesia telah terjadi beberapa kasus yang fatal akibat fenomena HABs di antaranya pada Oktober 1982 terjadi *blooming* di perairan Teluk Jakarta yang awalnya diduga sebagai tumpahan minyak. Keesokan harinya terjadi pembusukan fitoplankton yang mengakibatkan kematian sejumlah organisme yakni cacing, ikan, dan hewan lainnya, dan hanya bintang laut yang dapat bertahan hidup. Terjadinya *blooming* di Teluk Jakarta ini diduga akibat ledakan populasi fitoplankton jenis *Trichodesmium* sp. Kasus lainnya terdapat di perairan Selat Lewotobi (Flores) pada November 1983 sebanyak 240 orang sakit dan 4 orang meninggal dunia setelah mengkonsumsi ikan tembang dan ikan selar (Adnan, 1985). Dari beberapa kasus tersebut dapat kita lihat bahwa ledakan populasi alga ini sangat berbahaya bagi organisme laut dan juga manusia.

Teluk Laikang yang terletak di Kabupaten Takalar memiliki potensi sumber daya kelautan dan perikanan yang besar. Potensi yang dimiliki meliputi perikanan tangkap

(pelagis kecil, rajungan, kakap, kerapu, dll), perikanan budidaya (rumput laut), produk kelautan (garam dan wisata bahari) (Zamroni & Istiana, 2017). Secara ekologis perairan ini memiliki peranan yang penting bagi biota laut dan secara ekonomis merupakan tempat bagi masyarakat untuk mencari nafkah melalui berbagai aktivitas yang dilakukan seperti budidaya rumput laut dan budidaya (ikan, udang dan lobster) melalui sistem keramba jaring apung (KJA). Sehubungan dengan fungsi perairan ini, maka setiap kegiatan yang dilakukan di daerah Teluk Laikang berpotensi mencemari perairan. Limbah yang terus masuk ke perairan akibat aktivitas perikanan, buangan limbah rumah tangga serta buangan air bahang dari PLTU Punagaya secara sirkuler ke perairan akan mengakibatkan kualitas perairan Teluk Laikang semakin menurun, sehingga dapat menyebabkan eutrofikasi hingga fenomena HABs.

Untuk pemanfaatannya secara optimal, potensi sumber daya kelautan dan perikanan di Teluk Laikang sebaiknya didukung dengan adanya informasi mengenai potensi dan ancaman yang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem. Oleh karena itu, telah dilakukan penelitian mengenai "Sebaran Spasial dan Struktur Komunitas Fitoplankton yang Berpotensi Menyebabkan *Harmful Algae Blooms* (HABs) di Perairan Teluk Laikang, Sulawesi Selatan."

B. Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui struktur komunitas fitoplankton yang berpotensi HABs dan status kelimpahannya.
2. Mengetahui indeks ekologi komunitas fitoplankton penyebab HABs.
3. Menganalisis distribusi spasial fitoplankton HABs di perairan Teluk Laikang.
4. Menganalisis keterkaitan antara faktor lingkungan dengan sebaran fitoplankton penyebab HABs.

Kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai bahan informasi bagi beberapa pihak antara lain:

1. Bagi mahasiswa yang akan melakukan penelitian mengenai fitoplankton yang berpotensi menyebabkan HABs.
2. Bagi Pemerintah Kabupaten Takalar dapat membuat kebijakan mengenai pencegahan maupun penanganan HABs di Teluk Laikang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Fitoplankton

Plankton adalah organisme renik yang hidup melayang-layang mengikuti pergerakan air. Plankton memegang fungsi ekologi penting dalam suatu perairan yaitu sebagai produsen primer dan awal mata rantai dalam jaring makanan, sehingga plankton sering dijadikan skala ukuran kesuburan perairan (Soliha *et al*., 2016). Dalam batasan biologi, plankton dikelompokkan menjadi fitoplankton (plankton nabati) dan zooplankton (plankton hewani) (Asriyana & Yuliana, 2012).

Fitoplankton adalah tumbuh-tumbuhan air yang berukuran sangat kecil yang terdiri dari sejumlah besar kelas yang berbeda (Hutabarat & Evans, 2014). Fitoplankton mempunyai fungsi sebagai produktivitas primer perairan dan sebagai rantai makan paling bawah (Afif *et al*., 2014). Mereka mempunyai peranan yang sama pentingnya baik di sistem pelagik maupun seperti yang diperankan juga oleh tumbuh-tumbuhan hijau yang lebih tinggi tingkatnya di ekosistem daratan; mereka adalah produsen utama *(primary producer)* zat-zat organik (Hutabarat & Evans 2014). Fitoplankton memiliki struktur komunitas yang mudah berubah oleh perubahan sifat fisik, kimia (zat-zat hara) dan biologi ekosistemnya, sehingga keberadaan fitoplankton dalam suatu perairan bukan hanya dapat dijadikan sebagai parameter biologi dalam analisis status kualitas lingkungan perairan (Gurning *et al.,* 2020). Pengukuran fitoplankton sangat penting karena sebagai produsen primer yang memberikan kontribusi terbesar terhadap produksi total di dalam ekosistem perairan (Asriyana & Yuliana, 2012). Kelompok fitoplankton yang sangat umum dijumpai di perairan tropis adalah diatom (Bacillariophyceae) dan dinoflagelata (Dynophyceae) (Nontji, 2008).

1. Bacillariophyta

Bacillariophyta atau diatom merupakan fitoplankton yang memiliki ciri adanya dinding sel dari silikat atau disebut *frustule* (Sulastri, 2018). Diatom merupakan produser primer terbanyak di perairan laut. Diatom terdapat di semua bagian lautan dan melimpah di daerah permukaan dengan intensitas cahaya yang cukup dan kaya akan unsur hara. Diatom biasanya hidup bebas melayang-layang di perairan baik air tawar maupun air laut (Saribu *et al*, 2017). Menurut Nugroho (2019), faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan diatom adalah air, bila tidak ada air maka diatom tidak akan mampu bertahan lama dalam keadaan aktif. Cahaya juga termasuk faktor penting yang ikut menentukan fotosintesis, pertumbuhan dan perkembangan diatom. Selain itu, suhu juga merupakan faktor yang mempengaruhi keberadaan diatom dalam habitatnya.

Fitoplankton dari kelas diatom memiliki daya adaptasi yang tinggi sehingga dapat bertahan pada kondisi yang ekstrem dan berpotensi menyebabkan fenomena HABs (*Harmful Algae Blooms*) (Aprianti *et al*., 2015).

2. Pyrrhophyta

Keanekaragaman jenis terbesar dari phylum Pyrrhophyta adalah jenis-jenis dari kelas Dinophyceae atau juga dikenal dengan nama Dinoflagelata. Dinoflagelata umumnya terdiri atas jenis-jenis fitoplankton bersel tunggal yang mampu berenang dengan ciri khusus pigmen yang berwarna cokelat (Sulastri, 2018). Banyaknya nutrien seperti nitrat dan fosfat dapat menyebabkan tingginya kelimpahan dinoflagelata karena unsur hara tersebut digunakan sebagai sumber energi untuk pertumbuhan dan perkembangan (Andini *et al.*, 2019). Dinoflagelata berkaitan dengan adanya fenomena *red tide* yang menyebabkan terjadinya perubahan warna air laut (*discolouration*). Fenomena *red tide* dari kelompok dinoflagelata yang bersifat racun dapat menyebabkan kematian pada organisme laut lainnya dan juga dapat menimbulkan kematian akibat akumulasi dari racun yang terkandung (Sediadi, 1999). Dinoflagellata beracun ada 11 marga yaitu: *Alexandrium, Gonyaulax, Pyrodinium, Gambierdiscus, Dinophysis, Ostreopsis, Prorocentrum, Amphidinium, Gymnodinium, Ptychodiscus* dan *Gyrodinium*. Tujuh marga termasuk jenis yang mempunyai cangkang (*armoured species*) dan empat lainnya telanjang (*unarmoured species*) (Panggabean, 2006).

3. Cyanophyta

Cyanophyta atau alga biru hijau sering juga disebut *cyanobacteria* merupakan organisme yang memiliki struktur sel prokariotik serta bergantung pada CO_2 dan memperbanyak oksigen pada proses fotosintesis. Beberapa jenis dari kelompok *Cyanophyta* memiliki kemampuan fiksasi nitrogen dari udara dan memproduksi toksik (Sulastri, 2018). Nama Cyanophyta didasarkan atas pigmen fikosianin yang berwarna biru dan juga terdapat pigmen lain yaitu fikoeritrin yang berwarna merah. Filum ini mempunyai sifat-sifat khas yaitu tahan kering hingga tahan kisaran suhu yang tinggi (0 - 70°C) (Thoha, 1991). Cara berkembang biaknya adalah dengan cara membelah diri (sel division) atau dengan spora (Ambarwati *et al*., 2014). Salah satu jenis fitoplankton dari kelas ini adalah *Trichodesmium erythrae* yang dapat menyebabkan perubahan warna pada air hingga kematian pada biota laut (Thoha, 1991).

B. Fenomena Harmful Algae Blooms (HABs)

Fitoplankton dalam ekosistem perairan memiliki peranan penting bagi kehidupan sebagai penyumbang oksigen dan bahan organik yang digunakan sebagai dasar pada

siklus rantai makanan di laut, namun fitoplankton mempunyai peran menurunkan kualitas perairan apabila jumlahnya berlebih atau terjadinya ledakan populasi fitoplankton yang disebut dengan fenomena HABs (Lubis, 2019).

1. Pengertian *Harmful Algae Blooms* (HABs)

Harmful Algae Blooms (HABs) merupakan pertambahan populasi fitoplankton yang dapat menimbulkan kerugian baik manusia, biota laut maupun ekosistem di sekitarnya. Fenomena ini banyak terjadi di perairan laut dan payau (Mulyani *et al*., 2012). Keberadaan HABs secara umum dapat diklasifikasikan dalam 2 kelompok penyebab antara lain (Pasaribu, 2004 *dalam* Makmur, 2008) :

1. Organisme fitoplankton yang dapat mengeluarkan zat racun spesifik sehingga mengakibatkan kematian ikan, meskipun densitas fitoplanktonnya rendah.
2. Organisme fitoplankton yang tidak mengeluarkan zat beracun, namun karena densitasnya yang sangat tinggi telah mengakibatkan terjadinya dampak negatif dan merusak, seperti penurunan kandungan oksigen terlarut karena proses pembusukan, penyumbatan insang oleh sel-sel fitoplankton dan pengeluaran gas/uap yang mematikan (aerosol) (kelompok non-diskriminatif).

Berdasarkan penyebabnya, peristiwa HABs dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu *red tide maker* dan *toxin producer* (Mulyani *et al.,* 2012). Fenomena *red tide* didefinisikan sebagai suatu kejadian dimana satu atau beberapa jenis fitoplankton mencapai suatu kepadatan tertentu yang dapat membahayakan organisme laut. *Red tide* akan memperlihatkan perubahan warna air laut mengikuti warna utama dari pigmen fitoplankton yang sedang melimpah tersebut. Umumnya perubahan air laut akibat *red tide* tidak hanya menyebabkan perubahan warna, tetapi dapat juga berupa perubahan bau (Asriyana & Yuliana, 2012).

Peristiwa HABs yang disebabkan oleh spesies fitoplankton yang merupakan *toxin producer* terjadi akibat metabolit sekunder yang bersifat toksin. Toksin tersebut dapat terakumulasi pada biota seperti ikan dan kerang. Baik *red tide maker* maupun *toxin producer* keduanya dapat memberikan dampak negatif sehingga harus dicegah untuk memproteksi kesehatan masyarakat (GEOHAB, 2001).

Global ecology and oceanography of harmful algal blooms (GEOHAB) (2011) menyatakan bahwa toksin yang ditimbulkan akibat alga penghasil toksin dapat diklasifikasikan menjadi:

1. *Diarrhetic Shellfish Poisoning* (DSP). Beberapa toksin penyebab DSP adalah *okadaic acid* yang berasal dari alga bentik dan *dinophysis toxin* yang bersumber dari *Dinophysis* spp. (Panggabean, 2006).

2. *Paralytic Shellfish Poisoning* (PSP). Kejadian luar biasa PSP disebabkan oleh konsumsi biota yang terkontaminasi saxitoxin yang berasal dari *blooming Pyodinium bahamense* (Nurlina & Liambo, 2018). PSP paling berbahaya karena dapat menyebabkan kematian. PSP juga dapat terjadi pada burung-burung, mamalia laut yang makan kerang beracun (Panggabean, 2006).
3. *Neurotoxic Shellfish Poisoning* (NSP). Keracunan ini disebabkan oleh toksin brevitoxin yang diproduksi oleh alga laut *Ptychdiscus brevis* melalui rantai makanan (Rosmini & Amsir, 2019).
4. *Amnestic Shellfish Poisoning* (ASP). ASP disebabkan oleh blooming diatom penghasil *domoic acid*, antara lain *Pseudo-nitzchia australis, P. delicatissima, P. pungens (some strains), P. seriata, Nitzschia navis-varingica, Amphora caffeaeformis*. Gejala ASP termasuk gangguan pada gastrointesnial yaitu muntah, kram perut dan diare, sedangkan pada saraf lainnya yaitu nyeri pada kepala dan paling parah yaitu kehilangan daya ingat sementara (*short term memory*) (Panggabean, 2006).
5. *Ciguatera Fish Poisoning* (CFP). Toksin yang dihasilkan yaitu Ciguatoxin yang merupakan golongan polyether majemuk yang larut dalam lemak *Gamberdiscus toxicus* yang berasosiasi dengan terumbu karang. Ikan yang terkontaminasi CFP penampakan dan rasanya tidak berbeda dengan ikan sehat dan normal (Panggabean, 2006).

Spesies fitoplankton dapat berbahaya dan merusak ekosistem perairan dalam kondisi sangat melimpah dan menghasilkan racun. Adapun tipe-tipe jenis berbahaya yang diuraikan menjadi 3 bagian (Tabel 1) (Wiadnyana, 1996).

Tabel 1. Kelompok, sifat dan jenis mikroalga berbahaya (Wiadnyana, 1996).

Kelompok	Sifat	Contoh spesies
Anoxius	Kurang berbahaya, ledakan terjadi pada kondisi tertentu; dapat berkembang sangat padat menyebabkan penurunan kadar oksigen yang drastis dan kematian masal ikan dan Vertebrata	**Dinoflagellata** - *Gonyaulax polygramma* - *Noctiluca scintillans* - *Scrippsiella trochoidea* **Cyanobacterium** - *Trichodesmium erythraeum*

Tabel 1. (lanjutan)

Kelompok	Sifat	Contoh spesies
Beracun	Beracun berat; menyebabkan berbagai macam penyakit perut dan sistem saraf;	**Dinoflagellata**
	- *Paralytic Shellfish Poisoning* (PSP)	- *Alexandrium acatenella* - *A. catenella* - *A. coadhorticula* - *A. fundyense* - *A. fraterculus* - *A. minutum* - *A. tamarense* - *Gymnodinium catenatum* - *Pyrodinium bahamense var compressum*
	- *Diarrhetic Shellfish Poisoning* (DSP)	**Dinoflagellata** - *Dinophysis acuta* - *D. acuminata* - *D. fortii* - *D. norvegica* - *D. mitra* - *D. rotundata*
	- *Amnesic Shellfish Poisoning* (ASP)	- *Prorocentrum lima* **Diatomae** - *Nitzschia pungens f. multiseries* - *N. pseudodelicatissima* - *N. pseudoseriata*
	- *Ciguatera Fisfood Poisoning* (CFP)	**Dinoflagellata** - *Gambierdiscus toxicus* - *Ostreopsis* spp. - *Prorocentrum* spp.
	- *Neurotoxic Shellfish Poisoning* (NSP)	**Dinoflagellata** - *Gymnodinium breve*
	- Racun *Cyanobacterium*	**Cyanobacterium** - *Anabaena flos-aquae* - *Microcystis aeroginosa* - *Nodularia spumigena*
Perusak sistem pernapasan	Tidak beracun, secara fisik mengganggu sistem pernafasan Avertebrata dan ikan karena penyumbatan, terutama diwaktu kepadatan tinggi	**Diatomae** - *Chaetoceros convolutus* **Dinoflagellata** - *Gymnodinium mikimotoi* **Prymnesiophyta** - *Chrysocromulina polylepis* - *C. leadbeateri* - *Prymnesium parvum* - *P. patelliferum* **Raphidophyta** - *Heterosigma akashiwo* - *Chattonella antiqua*

Informasi mengenai spesies fitoplankton yang berpotensi menyebabkan HABs, bahaya dan lokasi penemuannya disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Daftar spesies penyebab HABs yang pernah ditemukan di perairan Indonesia (Thoha, 2016).

Tahun	Spesies Fitoplankton	Kelompok	Tipe HAB	Lokasi Penemuan	Bahaya yang ditimbulkan
1991	*Trichodesmiun erythraeum*	Cyanobacteria	*Red Tide*	Perairan Jawa	-
1992	*Gymnodinium* sp. / *Gonyaulax* sp.	Dinoflagellata	*Red Tide*	Manokwari, Papua	
1992	*Gonyaulax* sp.	Dinoflagellata	*Red Tide*	Teluk Jakarta	
1993	*Noctiluca scintillans*	Dinoflagellata		Teluk Jakarta	
1993	*Pyrodinium bahamense* var. *compressum*	Dinoflagellata		Teluk Kao, Halmahera	
1994	*Pyrodinium bahamense* var. *compressum*	Dinoflagellata		Teluk Ambon	
1995	*Noctiluca scintillans*	Dinoflagellata		Teluk Ambon	
1995	*Trichodesmium* sp.	Cyanobacteria		Teluk Ambon	
1996	*Chaetoceros* sp.	Diatom		Teluk Ambon	
1997	*Alexandrium affine*	Dinoflagellata		Teluk Ambon	
1997	*Gonyaulax spinifera*	Dinoflagellata		Sumatera Barat	
1997	*Trichodesmium thiebautii*	Cyanobacteria		Teluk Jakarta	
1998	*Chaetoceros* spp.	Diatom		Teluk Ambon	
1999	*Pyrodinium bahamense* var. *compressum*	Dinoflagellata		Teluk Lampung	

Tabel 3. (lanjutan)

Tahun	Spesies Fitoplankton	Kelompok	Tipe HAB	Lokasi Penemuan	Bahaya yang ditimbulkan
2012	*Pyrodinium bahamense* var. *compressum*	Dinoflagellata	Produksi *toxin*	Teluk Ambon	Masalah kesehatan
2012	*Chaetoceros* spp.	Diatom	*Bloom*	Teluk Ambon	Deplesi oksigen, kematian ikan
2012	*Nitzcshia* spp.	Diatom	*Bloom*	Teluk Ambon	Deplesi oksigen, kematian ikan
2012	Diatoms lainnya	Diatom	*Bloom*	Teluk Ambon	Deplesi oksigen, kematian ikan
2012	*Cochlodinium polykrikoides*	Dinoflagellata		Teluk Lampung	
2013	*Cochlodinium polykrikoides*	Dinoflagellata		Teluk Lampung	
2015	Tidak diketahui	Tidak diketahui	*Red Tide*	Pulau Ai, Banda	
2015	*Coscinodiscus* spp.	Diatom	*Bloom*	Teluk Jakarta	Deplesi oksigen, kematian ikan
2015	*Alexandrium* spp.	Dinoflagellata	*Bloom*	Teluk Jakarta	Deplesi oksigen, kematian ikan

Penelitian yang dilakukan oleh Junaidi (2017) di Perairan Pesisir Laut Kota Makassar, ditemukan tujuh genus dari kelas Dinophyceae yaitu *Protoperidinium, Gymnodinium, Ceratium, Prorocentrum, Gyrodinium, Gonyaulax* dan *Dinophysis.* Namun proporsi kelimpahan fitoplankton penyebab HABs tersebut masih lebih rendah jika dibandingkan dengan jenis fitoplankton yang bukan HABs. Berdasarkan penelitian terbaru yang dilakukan oleh Kalotang (2020) di Perairan Laut Desa Mallasoro, Kabupaten Jeneponto ditemukan tujuh jenis fitoplankton yang berpotensi berbahaya (HABs) dan dapat memproduksi *toxin* yaitu jenis *Nitzschia* sp., *Alexandrium* sp.,

Gonyaulax sp., *Dinophysis caudata*, *Dinophysis* sp., *Protoperidinium* sp., dan *Prorocentrum* sp.

2. Faktor Penyebab HABs

Keberadaan fitoplankton HABs di perairan dipicu oleh beberapa faktor. Salah satu faktor penyebab *blooming* adalah pengkayaan unsur hara. Nutrien yang dominan mengakibatkan pengkayaan unsur hara yaitu nitrat dan fosfat (Gurning *et al*., 2020). Unsur hara ini diperlukan fitoplankton untuk tumbuh dan berkembang biak. Zat-zat hara lain, baik anorganik dan organik, mungkin diperlukan dalam jumlah kecil atau sangat kecil, namun pengaruhnya terhadap produktivitas tidak sebesar nitrogen dan fosfor. Beban masukkan nutrien dari daratan yang melampaui batas optimal akan sangat berbahaya bagi pertumbuhan dan perkembangan fitoplankton jenis tertentu. Apabila kandungan unsur hara tersebut melebihi batas optimal maka akan menyebabkan pertumbuhan yang berlebihan atau akan terjadi peledakan populasi fitoplankton (Asriyana & Yuliana, 2012).

Upwelling juga merupakan salah satu faktor penyebab HABs. *Upwelling* adalah peristiwa menaiknya massa air laut dari lapisan bawah ke permukaan (dari kedalaman 150-250 meter) karena proses fisik perairan. *Upwelling* ditandai oleh naiknya unsur hara atau nutrien khususnya nitrat dan fosfat dari bawah ke lapisan permukaan. Nutrien ini sangat berpengaruh terhadap produktivitas fitoplankton. *Upwelling* juga berpotensi membangunkan kista (*encysment*) fitoplankton. Kista (*cyst*) ini terbentuk akibat kondisi lingkungan perairan yang dianggap tidak mendukung pertumbuhan sel planktonik, seperti kekurangan nutrien. Kista tersebut menetap di dasar perairan untuk beberapa periode hingga pada waktu pecah (*excysment*/germinasi) dan menjadi sel planktonik. Pecahnya kista dapat disebabkan oleh kandungan nutrien yang tinggi, suhu yang tepat, tersedianya oksigen dan intensitas cahaya yang sesuai (Makmur, 2008).

3. Dampak dan Penanggulangan HABs

Dampak HABs pada perikanan tangkap dapat menurunkan hasil tangkapan. Nelayan harus menambah biaya produksi untuk menangkap ikan karena harus menjauhi lokasi *red tide*. Pada perikanan budidaya, HABs memberikan dampak langsung pada keramba. Ikan-ikan yang berada dalam keramba mengalami kematian massal dan meningkatkan potensi keracunan bagi perairan di luar keramba. Secara ekonomi, nelayan budidaya mengalami kerugian besar karena ikan-ikan yang mati tidak dapat dikonsumsi dan harus dimusnahkan. Kejadian *red tides* juga memberikan dampak langsung terhadap masyarakat pesisir laut. Air yang terkontaminasi oleh fitoplankton

berbahaya mengakibatkan gatal-gatal serta keracunan jika masyarakat mengkonsumsi makanan laut terutama kepiting dan kerang-kerangan (Hidayati, 2020).

Kejadian fenomena akuatik yang sangat tinggi dapat menyebabkan terjadinya penurunan oksigen *(oxygen depletion)* yang drastis di kolom air. Pengaruh turunnya oksigen secara drastis dapat terjadi akibat kepadatan populasi fitoplankton yang sangat tinggi *(fase stationary)* yang menyebabkan populasi tidak dapat bertumbuh lagi dan akhirya mengalami fase kematian. Kematian massal populasi fitoplankton ini berdampak negatif pada lingkungan karena dalam proses dekomposisi oleh bakteri aerob membutuhkan oksigen yang cukup banyak sehingga stok oksigen di perairan turun drastis. Di samping itu, proses ini dapat menghasilkan zat-zat sampingan berupa gas ammonia dan zat beracun lainnya sehingga berdampak pada kehidupan biota seperti ikan yang dapat mengalami *hypoxia* (sesak nafas) dan kematian massal (Asriyana & Yuliana, 2012).

Masalah HABs mencakup skala ruang dan waktu. Riset dan monitoring HABs banyak dilakukan oleh negara-negara yang mengalami HABs dengan tujuan untuk menanggulangi atau mencegah dampak negatif dari HABs. Pendekatan secara observasi pada sampel plankton terbatas hanya pada kondisi sel-sel aktif di kolom air dan belum menjawab dinamika *blooming*. Bila tidak dalam kondisi *blooming*, alga yang akan dipelajari tidak ada dalam sampel plankton. Pendekatan melalui kista lebih tepat karena kista selalu ada dalam sedimen. Mempelajari distribusi kista memiliki dua cara yaitu kualitatif dan kuantitatif. Cara kualitatif merupakan studi pendahuluan untuk mendeteksi ada tidaknya kista dari spesies tertentu dalam suatu area. Sedangkan studi kuantitatif dapat menggambarkan wilayah penyebaran kista atau sumber penyebaran dan inokulum terjadinya *blooming* spesies tertentu (Panggabean, 2006).

Langkah-langkah yang diambil untuk menanggulangi *red tide* adalah sebagai berikut (Adnan, 1985):

1. *Surveillance*, yaitu pengamatan toksisitas langsung pada kerang-kerangan yang berada di lokasi yang dicurigai mengalami *red tide*. Jika ditemukan toksin yang berbahaya maka kultur kerang dari tempat tersebut tidak boleh dipanen. Jika dinyatakan aman maka tempat tersebut boleh dibuka kembali. Cara ini telah sukses dilakukan dibeberapa negara salah satunya Canada sejak tahun 1943. Setiap minggu tiram dan kerang yang ada di Teluk Fundy dan sungai St. Lawrence diteliti toksisitasnya melalui percobaan “bio-assay”.
2. *Depuration,* yaitu pembebasan kerang dari toksin. Dilakukan dengan penyediaan oksigen yang cukup dengan ditambahkan harum-haruman yang segar untuk menetralkan toksin secara cepat. Cara yang lebih sederhana yaitu merendam

kerang yang terkena racun ke dalam air yang bebas racun. Tetapi cara ini memakan waktu yang lama sehingga terlambat dipasarkan.

C. Parameter Fisikia-Kimia yang Mempengaruhi Kehidupan Fitoplankton

Pertumbuhan fitoplankton di perairan sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter lingkungan dan juga karakteristik fisiologisnya. Bermacam faktor kimia dan fisik dapat mempengaruhi pertumbuhan, kelangsungan hidup dan produktivitas fitoplankton (Asriyana & Yuliana, 2012).

1. Suhu

Suhu adalah suatu besaran fisika yang menyatakan banyaknya panas yang terkandung dalam suatu benda. Secara alamiah sumber utama panas dalam air laut adalah matahari (Hutagalung, 1988). Suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang *(latitude)*, ketinggian dari permukaan laut *(altitude)*, waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan, dan aliran serta kedalaman badan air. Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan biologi badan air. Suhu juga sangat berperan mengendalikan ekosistem perairan (Effendi, 2003). Suhu air merupakan salah satu faktor abiotik yang mempengaruhi pertumbuhan fitoplankton. Peningkatan suhu pada kisaran toleransi dapat meningkatkan laju metabolisme dan aktivitas fotosintesis fitoplankton (Asriyana & Yuliana, 2012).

Peningkatan suhu perairan sebesar 10°C menyebabkan terjadinya peningkatan konsumsi oksigen oleh organisme akuatik sekitar 2-3 kali lipat. Namun, peningkatan suhu ini disertai dengan penurunan kadar oksigen terlarut sehingga keberadaan oksigen sering kali tidak mampu memenuhi kebutuhan oksigen bagi organisme akuatik untuk melakukan proses metabolisme dan respirasi. Peningkatan suhu menyebabkan terjadinya peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroba. Suhu memegang peranan penting dalam menentukan keberadaan fitoplankton dalam perairan. Suhu dapat mempengaruhi laju fotosintesis secara langsung maupun tidak langsung (Gurning *et al.,* 2020). Kisaran suhu optimum bagi pertumbuhan fitoplankton di perairan adalah 20°C - 30°C (Effendi, 2003). Pengurukan suhu dapat dilakukan dengan dua cara yaitu secara langsung menggunakan thermometer dan pengukuran tidak langsung menggunakan sensor satelit (citra satelit) (Syaifullah, 2015).

2. Kecerahan

Kecerahan merupakan tingkat transparansi perairan yang dapat diamati secara visual. Kecerahan menunjukkan adanya kemampuan intensitas cahaya matahari untuk

menembus suatu perairan (Gurning *et al.,* 2020). Pada perairan alami kecerahan sangat penting karena erat kaitannya dengan aktifitas fotosintesis dan produksi primer (Nuriya *et al.,* 2010). Nilai kecerahan dinyatakan dalam satuan meter dan dipengaruhi oleh keadaan cuaca, waktu pengukuran, kekeruhan dan padatan tersuspensi (Effendi, 2003). Pola persebaran kecerahan juga bergantung dari proses fisis air laut yang memiliki kemampuan untuk membawa padatan tersuspensi menyebar ke berbagai arah (Indrayana *et al.,* 2014).

Kecerahan dapat ditentukan secara visual menggunakan *secchi disk* (Indaryanto, 2015). Perairan yang memiliki nilai kecerahan 0.60 m – 0.90 m dianggap cukup baik untuk menunjang kehidupan ikan dan organisme perairan dan nilai kecerahan < 0.30 m dapat menimbulkan masalah bagi ketersediaan oksigen terlarut di perairan (Maresi *et al*., 2015).

3. Kecepatan Arus

Arus laut adalah gerakan massa air dari suatu tempat (posisi) ke tempat lain. Pada hakekatnya, energi yang menggerakkan massa air laut tersebut berasal dari matahari. Arus permukaan laut umumnya digerakkan oleh stress angin yang bekerja pada permukaan laut mendorong lapisan air di permukaan air laut dalam arah gerakan angin (Azis, 2006). Pentingnya arus terutama berkaitan dengan aspek lain seperti biologi, kimia dan polutan. Kaitan arus dengan aspek biologi yaitu dalam hal distribusi biota (bagi yang mempunyai kemampuan pergerakan yang lemah seperti fitoplankton), bagi aspek kimia perairan adalah distribusi unsur-unsur kimia dari satu tempat ke tempat lain (Permadi *et al.,* 2015). Arus mempengaruhi pola penyebaran nitrat dan fosfat di perairan. Pada saat pasang, arus akan mentransformasikan massa air laut dari laut lepas menuju pantai. Adapun pada saat arus laut surut, arus akan mentransformasikan massa air laut dari pantai menuju laut lepas. Maka limbah-limbah yang berasal dari daratan yang terbawa oleh aliran air sungai ketika sampai di muara sungai akan menyebar ke berbagai arah (Utami *et al.,* 2016).

Kecepatan arus dibedakan atas empat kategori (Harahap, 1999 *dalam* Ramlah *et al*., 2015) :

1) Kecepatan arus 0-0,25 m/s tergolong kecepatan arus yang lambat;
2) Kecepatan arus 0,25-0,5 m/s tergolong kecepatan arus yang sedang;
3) Kecepatan arus 0,5-1 m/s tergolong kecepatan arus yang cepat;
4) Kecepatan arus >1 m/s tergolong kecepatan arus yang sangat cepat.

Terdapat beberapa cara dalam mengukur arus laut, yaitu secara mekanik dengan baling-baling, akustik dan pengukuran arus. Sistem kerja secara mekanik berdasarkan pada putaran propeller (baling-baling) yang digerakkan oleh aliran air.

Pengukuran secara akustik mirip dengan sistem kerja echosounder yang memanfaatkan perubahan frekuensi suara. Alat ukur ini dikenal dengan nama "*Acoustic Douppler Current Meter Profiler*" (ADCP) yang dapat dipasang baik di kapal maupun dalam air. Teknik pengukuran arus secara langsung adalah dengan mengukur berapa jauh bergeraknya air persatuan waktu menggunakan pelampung atau *drouge* yang diukur secara manual (Sudarto, 1993).

5) Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut dalam laut dimanfaatkan oleh organisme untuk proses respirasi dan untuk menguraikan zat-zat organik yang dilakukan oleh mikroorganisme. Menurunnya kadar oksigen terlarut di perairan menyebabkan terganggunya ekosistem dan mengakibatkan berkurangnya populasi biota (Patty *et al.,* 2015). Dinamika oksigen terlarut dalam ekosistem perairan ditentukan oleh keseimbangan antara produksi dan konsumsi oksigen (Panggabean & Prastowo, 2017). Menurut Panggabean & Prastowo (2017), produksi oksigen berlangsung melalui proses fotosintesis oleh komunitas autotrof, sedangkan konsumsi oksigen dilakukan oleh semua organisme melalui proses respirasi dan perombakan bahan organik. Tumbuhan aquatik dan fitoplankton efektif meningkatkan kadar oksigen dalam air melalui proses fotosintesis. Karbondioksida dalam proses fotosintesis diserap dan oksigen dilepas ke dalam air. Akan tetapi tingkat respirasi akan lebih besar daripada fotosintesis ketika tidak ada cahaya matahari. Hal ini tidak hanya terjadi di malam hari. Ketika fitoplankton *bloom*, maka cahaya matahari pun terhalang masuk ke perairan sehingga oksigen terlarut semakin berkurang (Irawan *et al*., 2015). Penurunan konsentrasi oksigen terlarut dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu adanya respirasi organisme akuatik dan dekomposisi bahan organik. Adanya penurunan konsentrasi oksigen terlarut sampai batas titik kritis akan menyebabkan terjadinya *hypoxia* yang dapat merugikan kehidupan organisme akuatik yang hidup di dalamnya (Mubarak *et al*., 2010).

Oksigen terlarut dapat dianalisis menggunakan 2 metode yaitu metoda titrasi dengan cara WINKLER dan metoda elektrokimia. Metoda titrasi dengan cara WINKLER menggunakan prinsip titrasi iodometri sedangkan metoda elektrokimia adalah secara langsung menggunakan alat DO meter. Prinsip kerja DO meter adalah menggunakan probe oksigen yang terdiri dari katoda dan anoda yang direndam dalam larutan elektrolit (Salmin, 2005).

6) Derajat Keasaman (pH)

pH merupakan salah satu parameter penting dalam memantau kualitas perairan, seringkali dijadikan petunjuk untuk menyatakan baik buruknya suatu perairan dan

indikator mengenai kondisi keseimbangan unsur-unsur kimia (hara dan mineral) di dalam ekosistem perairan. pH dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu aktivitas biologis, masukan air limbah, suhu, fotosintesis, respirasi, oksigen terlarut dan kelarutan ion-ion dalam air (Syamsuddin, 2014). Perubahan pH pada air laut sangat minim terjadi karena air laut memiliki sifat penyangga yang baik. Namun jika hal tersebut terjadi maka perairan tersebut dapat dikategorikan mengalami gangguan pada sistem penyangganya dan mengakibatkan ketidakseimbangan jumlah kadar CO^2 sehingga dapat membahayakan keseimbangan ekosistem di perairan (Saputra *et al.,* 2020). Nilai pH yang terlalu tinggi dapat mengganggu aktivitas enzimatis dan metabolisme pada fitoplankton sehingga fotosintesis tidak akan berjalan dengan maksimal (Ramadani *et al.,* 2012). Kondisi derajat keasaman optimal untuk pertumbuhan fitoplankton adalah 7 - 8,5 (KEPMEN LH, 2004).

7) Salinitas

Salinitas perairan menggambarkan kandungan garam dalam suatu perairan. Tiga sumber garam-garaman di laut adalah pelapukan batuan di darat, gas-gas vulkanik dan sirkulasi lubang-lubang hidrotermal *(hydrothermal vents)* di laut dalam. Sedangkan sumber utama salinitas di daerah pantai yaitu air laut dan aliran air tanah (Rahmatsyah *et al.,* 2020). Selain itu, arus laut juga mempengaruhi persebaran salinitas yang terjadi. Tingginya kecepatan arus dapat mempengaruhi sebaran salinitas yang ada (Indrayana *et al.,* 2014). Variasi salinitas mempengaruhi laju fotosintesis, terutama di daerah estuaria khususnya pada fitoplankton pada batas-batas salinitas yang kecil (Asriyana & Yuliana, 2012). Tingginya salinitas dapat menghambat pertumbuhan fitoplankton sedangkan nilai salinitas yang rendah dapat mengakibatkan pertumbuhan fitoplankton yang tinggi (Yanasari *et al,.* 2017). Menurut Faturohman *et al* (2016), salinitas yang baik untuk pertumbuhan plankton di laut adalah 30 – 35 $^{o}/_{oo}$.

8) Nitrat (NO_3)

Zat hara merupakan zat-zat yang diperlukan dan mempunyai pengaruh terhadap proses dan perkembangan hidup fitoplankton terutama zat nitrat dan fosfat. Kedua zat hara ini berperan penting dalam sel jaringan jasad hidup organisme dan berperan penting dalam proses fotosintesis (Mustofa, 2015).

Nitrat (NO_3) merupakan bentuk dari nitrogen utama di perairan alami yang berasal dari ammonium yang masuk ke dalam badan sungai terutama limbah domestik (Mustofa, 2015). Nitrat merupakan nutrien utama dalam air dan bersifat stabil (Effendi, 2003). Konsentrasinya akan semakin berkurang jika titik pembuangannya semakin jauh. Hal ini disebabkan oleh adanya aktifitas mikroorganisme di dalam air contohnya bakteri

Nitrosumonas yang mengoksidasi ammonium menjadi nitrit dan akhirnya menjadi nitrat oleh bakteri (Mustofa, 2015). Pengaruh kelimpahan nitrat yang tidak dapat terkendalikan di perairan laut yang diakibatkan oleh aktivitas antropogenik (misalnya penggunaan pupuk) dapat mengganggu ekosistem perairan yaitu terjadinya eutrofikasi. Fenomena eutrofikasi di perairan laut sering terjadi di daerah pantai yang secara langsung dipengaruhi oleh adanya penyebaran nitrat dari darat (Susana, 2004). Fenomena ini berdampak pada proses osmoregulasi, transpor oksigen dan ledakan populasi alga *(blooming)*. Konsentrasi nitrat dapat diketahui masing-masing melalui analisis laboratorium dengan metode spektrometrik (menggunakan spektrofotometer) dengan pereaksi *Sulfanilamid* dan *Brusin* (Syamsuddin, 2014). Pertumbuhan optimal fitoplankton memerlukan kandungan nitrat sebesar 0,9 – 3,5 mg/L (Asriyana & Yuliana, 2012).

9) Fosfat (PO_4^{2-})

Fosfat (PO_4^{2-}) merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan (Latuconsina, 2019). Sumber alami fosfor di perairan adalah dalam bentuk pelapukan batuan mineral, selain itu fosfor juga berasal dari dekomposisi bahan organik. Sedangkan sumber antropogenik fosfor adalah limbah industri dan domestik yang berupa detergen dan sabun, serta limpasan dari lahan pertanian yang menggunakan pupuk (Effendi, 2003). Fosfat organik dari hewan dan tumbuhan yang mati diuraikan oleh *decomposer* (pengurai) menjadi fosfat anorganik yang terlarut di air tanah atau air laut akan terkikis dan mengendap di sedimen laut. Oleh karena itu, fosfat banyak terdapat di batu karang dan fosil. Fosfat anorganik ini kemudian akan diserap lagi oleh akar tumbuhan. Keberadaan fosfor secara berlebihan disertai dengan keberadaan nitrogen dapat menstimulasi ledakan pertumbuhan alga di perairan *(algae bloom)* (Latuconsina, 2019). Baku mutu konsentrasi fosfat yang layak untuk kehidupan biota laut adalah 0,015 mg/L (KEPMEN LH, 2004).

Berdasarkan kadar fosfat total, perairan diklasifikasikan menjadi 3 bagian yaitu perairan dengan tingkat kesuburan rendah dengan kadar fosfat total berkisar antara 0 – 0,002 mg/liter, perairan dengan tingkat kesuburan sedang dengan kadar fosfat total berkisar antara 0,021 – 0,05 mg/liter dan perairan dengan tingkat kesuburan tinggi dengan kadar fosfat total berkisar antara 0,051 – 0,1 mg/liter (Effendi, 2003).

D. Indeks Ekologi

Beberapa indeks ekologi dalam struktur komunitas meliputi indeks dominansi, indeks keanekaragaman dan indeks keseragaman yang ketiga indeks ini saling berkaitan dan mempengaruhi (Latuconsina, 2019). Ketiga indeks ini telah digunakan

dalam berbagai penelitian mengenai fitoplankton, seperti yang dilakukan oleh Aunurohim *et al* (2008), Afif *et al* (2014) dan Aprianti *et al* (2015).

1. Indeks Keanekaragaman

Indeks keanekaragaman (H') dapat diartikan sebagai suatu penggambaran secara sistematik yang melukiskan struktur komunitas dan dapat memudahkan proses analisa informasi-informasi mengenai macam dan jumlah organisme. Indeks keanekaragaman merupakan suatu angka yang tidak memiliki satuan dengan kisaran 0-3. Tingkat keanekargaman akan tinggi jika nilai H' mendekati 3, sehingga hal ini menunjukkan kondisi perairan baik. Sebaliknya jika nilai H' mendekati 0 maka keanekaragaman rendah dan kondisi perairan kurang baik (Odum, 1993 *dalam* Insafitri, 2010). Indeks keanekaragaman dapat digunakan untuk mencirikan hubungan kelompok genus dalam komunitas. Indeks keanekaragaman yang dipergunakan adalah indeks Shannon Wiever. Menurut Wilhm & Dorris (1986) *dalam* Insafitri (2010), kriteria indeks keanekaragaman dibagi menjadi 3 kategori yaitu :

H' < 1 = Keanekaragaman jenis rendah
1 < H' < 3 = Keanekaragaman jenis sedang
H' > 3 = Keanekaragaman jenis tinggi

2. Indeks Keseragaman

Indeks keseragaman adalah komposisi tiap individu pada suatu spesies yang terdapat dalam suatu komunitas (Leviton, 1982 *dalam* Insafitri, 2010). Indeks keseragaman (E) menggambarkan penyebaran individu antar spesies yang berbeda dan diperoleh dari hubungan antara keanekaragaman (H') dengan keanekaragaman maksimalnya (Harmoko & Sepriyaningsih, 2019). Adapun kisarannya sebagai berikut :

E < 0,4 = Keseragaman populasi kecil
0,4 < E < 0,6 = Keseragaman populasi sedang
E > 0,6 = Keseragaman populasi tinggi

Semakin kecil nilai indeks keanekaragaman (H') maka indeks keseragaman (E) juga akan semakin kecil, yang mengisyaratkan adanya dominansi suatu spesies terhadap spesies lain (Insafitri, 2010).

3. Indeks Dominansi

Indeks dominansi (C) digunakan untuk melihat tingkat dominansi kelompok biota tertentu. Nilai indeks dominansi berkisar antara 1 – 0. Semakin tinggi nilai indeks

tersebut, maka akan terlihat suatu biota mendominasi substrat dasar perairan. Sebaliknya, jika semakin mendekati angka 0 maka tidak ada biota yang mendominasi dan biasanya diikuti oleh nilai keseragaman (E) yang tinggi (Harmoko & Sepriyaningsih, 2019).