

**IDENTIFIKASI FITOPLANKTON YANG BERPOTENSI MENYEBABKAN
*HARMFUL ALGAE BLOOMS (HABS) DI PERAIRAN TELUK HURUN***



SKRIPSI

Diajukan untuk Melengkapi Tugas-tugas dan Memenuhi Syarat-syarat Guna
Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd) dalam Ilmu Biologi

Oleh

Nama : Rizky Nurdevita Sari

NPM : 1311060086

Jurusan : Pendidikan Biologi

**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN**

LAMPUNG

1439 H / 2018 M

**IDENTIFIKASI FITOPLANKTON YANG BERPOTENSI MENYEBABKAN
HARMFUL ALGAE BLOOMS (HABs) DI PERAIRAN TELUK LAMPUNG**

SKRIPSI

Diajukan untuk Melengkapi Tugas-tugas dan Memenuhi Syarat-syarat Guna
Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd) dalam Ilmu Biologi

Oleh

Nama : Rizky Nurdevita Sari

NPM : 1311060086

Jurusan : Pendidikan Biologi

Pembimbing I : Dwijowati Asih Saputri, M.Si.

Pembimbing II : Suci Wulan Pawhestri, M.Si.

**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN**

LAMPUNG

1439 H / 2018 M

ABSTRAK

IDENTIFIKASI FITOPLANKTON YANG BERPOTENSI MENYEBABKAN *HARMFUL ALGAE BLOOMS* (HABS) DI PERAIRAN TELUK HURUN

Oleh
RIZKY NURDEVITA SARI

Kondisi perairan dapat memicu pertumbuhan fitoplankton yang sangat cepat hingga berpotensi merugikan biota perairan jika ditunjang dengan nutrisi yang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelimpahan fitoplankton dan mengetahui jenis fitoplankton yang berpotensi menyebabkan *Harmful Algae Blooms* (HABS) di perairan Teluk Hurun, serta menganalisis kualitas air di Teluk Hurun dengan parameter fisika, kimia, dan biologi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi mengenai keanekaragaman fitoplankton dan kualitas air di Teluk Hurun agar bisa dilakukan pencegahan terjadinya HABS. Pengambilan sampel fitoplankton dilakukan pada bulan Februari 2018 di tiga stasiun pengamatan (Keramba Jaring Apung, Bagan Apung, dan Dermaga) dengan pengambilan sampel menggunakan *plankton net*. Hasil penelitian ini terdeteksi 9 genus fitoplankton yang berpotensi berbahaya (HABS) yaitu *Chaetoceros* (46.097 sel/L), *Bacteriastrum* (1.011 sel/L), *Nitzschia* (1.295 sel/L), *Pseudo-nitzschia* (598 sel/L), *Pyrodinium* (624 sel/L), *Alexandrium* (431 sel/L), *Prorocentrum* (836 sel/L), *Skeletonema* (615 sel/L), dan *Protoperdinium* (640 sel/L). Genus yang ditemukan selalu muncul di seluruh stasiun pada setiap pengambilan sampel yaitu *Chaetoceros* yang kelimpahannya mendominasi fitoplankton lainnya. Proporsi kelimpahan fitoplankton HABS terdeteksi sebanyak 85,5% dari total kelimpahan fitoplankton. Sedangkan kelimpahan fitoplankton non HABS sangat rendah yaitu sebanyak 14,5%. Kualitas air di Teluk Hurun termasuk dalam kategori tercemar sedang dan berada pada tingkat eutrofik. Berdasarkan hasil analisis korelasi disimpulkan bahwa parameter yang memiliki hubungan kuat dan mempengaruhi kelimpahan fitoplankton (HABS dan Non-HABS) adalah pH ($p < 0,01$) dengan kekuatan hubungan yang kuat dan positif.

Kata Kunci: Fitoplankton, *Harmful Algae Blooms* (HABS), Kualitas air, Perairan Teluk Hurun.



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN

Jl. Let. Kol H. Endro Suratmin Sukarame Bandar Lampung Telp. 0721 703260

PERSETUJUAN

Judul Skripsi : Identifikasi Fitoplankton yang Berpotensi Menyebabkan Harmful Algae Blooms (HABs) di Perairan Teluk Hurun
Nama : Rizky Nurdevita Sari
NPM : 1311060086
Jurusan : Pendidikan Biologi
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan

MENYETUJUI

Untuk dimunaqosyahkan dan dipertahankan dalam Sidang Munaqosyah Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung

Pembimbing I

Dwijowati Asih Saputri, M.Si.
NIP. 197505142008011009

Pembimbing II

Suci Wulan Pawhestri, M.Si.
NIP. -

Mengetahui,
Ketua Jurusan Pendidikan Biologi

Dr. Bambang Sri Anggoro, M.Pd.
NIP. 198402282006041004



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN

Jl. Let. Kol H. Endro Suratmin Sukarame Bandar Lampung Telp. 0721 703260

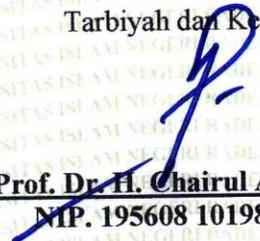
PENGESAHAN

Skripsi dengan Judul : **Identifikasi Fitoplankton yang Berpotensi Menyebabkan Harmful Algae Blooms (HABs) di Perairan Teluk Hurun**, disusun oleh : **Rizky Nurdevita Sari, NPM : 1311060086**, Jurusan : Pendidikan Biologi, diujikan dalam sidang munaqosyah Fakultas Tarbiyah dan Keguruan pada Hari/Tanggal : **Senin/16 Juli 2018**.

TIM PENGUJI

Ketua	: Dr. Bambang Sri Anggoro, M.Pd	(..... )
Sekretaris	: Fatimatuzzahra, M.Sc	(..... )
Penguji Utama	: Nurhaida Widiani, M.Biotech	(..... )
Penguji Kedua	: Dwijowati Asih Saputri, M.Si	(..... )
Pembimbing	: Suci Wulan Pawhestri, M.Si	(..... )

Dekan,
Tarbiyah dan Keguruan,


Prof. Dr. H. Chairul Anwar, M.Pd
NIP. 195608 10198703 1 001

MOTTO

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَلَكَهُ يَنْبِيعَ فِي الْأَرْضِ ثُمَّ
يُخْرِجُ بِهِ زُرْعًا مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهُ ثُمَّ يَهِيجُ فَتَرَاهُ مُصْفَرًّا ثُمَّ يَجْعَلُهُ
حُطَمًا إِنَّ فِي ذَلِكَ لَذِكْرًا لِأُولِي الْأَلْبَابِ ٢١

Artinya “Apakah engkau tidak memperhatikan, bahwa sesungguhnya Allah menurunkan air dari langit, lalu Dia mengalirkannya menjadi mata air-mata air di bumi, kemudian Dia mengeluarkan dengannya tanaman-tanaman yang bermacam-macam warnanya, lalu ia menjadi kering lalu engkau melihatnya kekuning-kuningan, kemudian Dia menjadikannya hancur. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat pelajaran bagi Ulil Albab.” (QS. Az-Zumar ayat 21).



PERSEMBAHAN

Karya ini dengan segenap hati kupersembahkan kepada :

1. Kedua orangtuaku tersayang, Ayahanda M. Nursamsi dan Ibunda Dewi Astuti yang tak pernah berhenti mendoakan dan mendukungku untuk mengejar cita-cita, dan senantiasa memberikan kesabaran dan kasih sayang yang tulus, terima kasih banyak.
2. Adikku Candra Almaliki dan nenekku Ratu Keratun beserta keluarga besar, yang selalu menyemangati baik dalam keadaan susah maupun senang dan memotivasiku untuk menjadi pribadi yang lebih baik.
3. Seluruh sahabat seperjuangan yang telah mendampingiku selama lima tahun, Fatonah, Ade Larina, Ayu Azwandari, Ropian Abidin, Putri Oktariani S, Vivi Meilani, Yeli Defrianti, Rosdiana Fitri, Eri Novita, Intan Yuliana, Tia Mutiara, Winda Yuliani, Desnalia Wanjani, dan mahasiswa Biologi B lainnya, terima kasih atas rasa persaudaraan dan canda tawa yang kalian berikan di koridor jurusan Pendidikan Biologi.
4. Almameter UIN Raden Intan Lampung yang telah memberikan banyak wawasan dan pengalaman yang berharga.

RIWAYAT HIDUP

Rizky Nurdevita Sari dilahirkan di Jakarta pada tanggal 5 November 1995. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara, dari pasangan ayahanda M. Nursamsi dan ibunda Dewi Astuti. Penulis memulai pendidikan dari SD Negeri Cipancuh II di Jawa Barat pada tahun 2001.

Pada tahun 2007 penulis menyelesaikan pendidikan tingkat SD dan pindah ke Lampung untuk melanjutkan pendidikan ke SMP Negeri 10 Kotabumi, lalu penulis melanjutkan pendidikan ke SMA Negeri 3 Kotabumi di tahun 2010. Selama menempuh pendidikan tersebut, penulis sering mengikuti lomba olimpiade Biologi dan aktif dalam kegiatan OSIS dan English Teenager Club.

Penulis melanjutkan pendidikan ke program studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan di Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung melalui jalur undangan pada tahun 2013. Selama menempuh pendidikan di Perguruan Tinggi, penulis pernah mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa Jurusan (HMJ), organisasi Persatuan Mahasiswa Islam Indonesia (PMII), dan Karate Inkai. Penulis juga pernah menjadi asisten dosen mata kuliah Entomologi dan mata kuliah Ekologi. Pada tahun 2016 penulis menyelesaikan rangkaian tugas akhir, yaitu Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sumber Bandung, Kecamatan Pagelaran Utara, Kabupaten Pringsewu, kemudian melaksanakan Praktik Pengalaman Lapangan (PPL) di SMA Negeri 7 Bandar Lampung.

KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadirat Allah SWT yang dengan limpahan rahmat-Nya maka penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Identifikasi Fitolankton yang Berpotensi Menyebabkan *Harmful Algae Blooms* (HABs) di Perairan Teluk Hurun** dalam rangka memenuhi syarat untuk memperoleh gelar sarjana pendidikan pada program studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai teladan bagi seluruh umat.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat kekurangan karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang penulis miliki, dan tanpa bantuan dari berbagai pihak maka skripsi ini tidak akan terselesaikan. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. H. Chairul Anwar, M.Pd selaku Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung.
2. Bapak Dr. Bambang Sri Anggoro, M.Pd selaku Ketua Jurusan Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung.
3. Ibu Dwijowati Asih Saputri, M.Si selaku Pembimbing I atas bimbingan dan kritik dan saran terhadap penyempurnaan skripsi ini.

4. Ibu Suci Wulan Pawhestri, M.Si selaku Pembimbing II atas motivasi dan bimbingan serta arahan selama penelitian dan penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Muawanah, S.P, M.Si selaku analis laboratorium dan seksi produksi dan pengujian, beserta jajaran yang bertugas di Balai Besar Perikanan Budidaya Laut Lampung atas ilmu yang diberikan selama pengamatan di laboratorium.
6. Seluruh dosen Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung yang telah membekali penulis dengan berbagai macam ilmu pengetahuan.
7. Sahabat-sahabat yang telah membantu dengan sepenuh hati baik dalam penelitian di lapangan dan di laboratorium, maupun dalam penyusunan skripsi, Ayu, Fatonah, Vivi, Adel, Ropian, Yassin, Novita, dan Okte, terima kasih atas kerjasama dan kebersamaannya.

Semoga semua kebaikan yang telah diberikan dengan ikhlas dicatat sebagai amal ibadah dan dibalas dengan pahala yang berlipat ganda oleh Allah SWT. *Amin Ya Rabbal 'alamin*. Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, Juli 2018

Penulis

Rizky Nurdevita Sari
NPM. 1311060086

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
PERSETUJUAN	iii
MOTTO	v
PERSEMBAHAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	8
C. Batasan Masalah	8
D. Rumusan Masalah	9
E. Tujuan Penelitian	9
F. Manfaat Penelitian	10
BAB II LANDASAN TEORI	
A. Pengertian Plankton dan Klasifikasi Plankton	
1. Pengertian Plankton	11
2. Klasifikasi Plankton	12
B. Distribusi dan Kelimpahan Plankton	15
C. Struktur Komunitas Fitoplankton	24
D. Fenomena <i>Harmful Algae Blooms (HABs)</i> atau <i>Red Tide</i>	
1. Pengertian <i>Harmful Algae Blooms (HABs)</i>	26
2. Faktor Penyebab <i>Blooming</i> Fitoplankton	32

3. Dampak <i>Blooming</i> Alga Terhadap Aktivitas Budidaya	35
E. Senyawa N dan P	37
F. Status Trofik Perairan	41
G. Gambaran Umum Pesisir Teluk Lampung	
1. Letak Geografis	43
2. Kondisi Wilayah	44
3. Kondisi Fisik dan Kimia Perairan Teluk Lampung	45
4. Teluk Hurun	46
H. Metode Pengambilan Sampel Plankton	47
I. Kerangka Pemikiran	49
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Waktu dan Lokasi	51
B. Metode Penelitian	53
C. Teknik Pengumpulan Data	55
D. Alat dan Bahan	55
E. Prosedur Penelitian	56
F. Teknik Analisis Data	58
G. Alur Kerja Penelitian	62
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Fitoplankton yang berpotensi menyebabkan Harmful Algae Blooms (HABs)	65
B. Kelimpahan fitoplankton antar stasiun	80
C. Parameter Kimia dan Fisika di lingkungan perairan Teluk Hurun	82
D. Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan Fitoplankton penyebab <i>Harmful Algae Blooms</i> (HABs)	95
E. Analisis Indeks Ekologi	96
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	98
B. Saran	99

DAFTAR PUSTAKA100
LAMPIRAN105



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Kelompok, sifat, dan jenis alga berbahaya	28
2.2. Peristiwa <i>HABs</i> dan dampaknya di beberapa lokasi di Indonesia	30
2.3. Status trofik pada eutrofikasi	43
2.4. Kualitas air Teluk Lampung	46
3.1. Pembagian stasiun dan titik sampling penelitian	53
3.2. Deskripsi area stasiun dan titik sampling penelitian	54
3.3. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian	55
3.4. Kategori indeks pemerataan	60
4.1. Kelimpahan fitoplankton di perairan Teluk Hurun	65
4.2. Taksonomi fitoplankton mulai dari famili	68
4.3. Fitoplankton yang berpotensi menyebabkan <i>HABs</i>	70
4.4. Indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, dan indeks dominansi	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Fitoplankton <i>Ceratium sp.</i>	14
2.2. Zooplankton <i>Cladocera sp.</i>	15
2.3. <i>Chaetoceros sp.</i>	34
2.4. Bagan kerangka pemikiran	50
3.1 Peta lokasi penelitian	52
3.2. Stasiun dan titik sampling	54
3.3. Skema alur kerja penelitian	62
3.4. Skema alur kerja pengukuran DO, BOD, dan COD	63
4.1. <i>Chaetoceros sp.</i>	71
4.2. <i>Nitzschia sp.</i>	73
4.3. <i>Prorocentrum sp.</i>	74
4.4. <i>Protoperdinium sp.</i>	76
4.5. <i>Pyrodinium bahamense</i>	77
4.6. <i>Skeletonema sp.</i>	79
4.7. Histogram kepadatan famili fitoplankton berpotensi HABs	79
4.8. Diagram presentase kelimpahan fitoplankton antar stasiun	81
4.9. Konsentrasi Nitrat di perairan Teluk Hurun	83
4.10. Konsentrasi Phosfat di perairan Teluk Hurun	85
4.11. Konsentrasi Nitrit di perairan Teluk Hurun	87
4.12. pH di perairan Teluk Hurun	88
4.13. COD di perairan Teluk Hurun	89
4.14. DO di perairan Teluk Hurun	90
4.15. BOD di perairan Teluk Hurun	91
4.16. Suhu di perairan Teluk Hurun	92
4.17. Salinitas di perairan Teluk Hurun	93
4.18. Kecerahan di perairan Teluk Hurun	94

4.19. Kedalaman titik pengambilan sampel di perairan Teluk Hurun95



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Lebih dari 70% permukaan bumi ditutupi oleh air, yang berwujud samudera, sungai, danau, dan sebagainya. Air merupakan elemen yang essential bagi kehidupan makhluk hidup di bumi karena setiap organisme membutuhkan air untuk memenuhi kebutuhan internalnya, yaitu untuk menunjang proses fisiologi tubuh. Jika kondisi kualitas air tidak stabil maka akan memberikan dampak buruk bagi ekosistem perairan dan merugikan manusia dalam berbagai aspek.

Air merupakan habitat bagi beberapa organisme seperti plankton dan makrobentos. Plankton dan makrobentos memiliki peranan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem sekaligus menjadi bioindikator terhadap kualitas air dalam suatu ekosistem karena memiliki kemampuan mengabsorpsi bahan pencemar dalam perairan. Makrobentos mampu hidup di lumpur, pasir, kerikil, bebatuan, atau sampah organik pada dasar lingkungan akuatik. Dengan demikian, makrobentos dapat merespon perubahan lingkungan perairan dengan cepat.¹

¹ Pawhestri, S.S., Hidayat, J.W., Putro, S.P. "Assesment of Water Quality Using Macrobenthos as Bioindicator and Its Application on Abundance- Biomass Comparison (ABC Curves)". *International Journal of Science and Engineering*, 8(2), 84-87. (Semarang: Universitas Diponegoro, 2014)

Kumpulan organisme hidup yang sebagian besar terdiri dari mikroorganisme, yang terapung atau melayang-layang dalam air atau hanyut pada permukaan ekosistem akuatik, dinamakan plankton.² Plankton sering disebut sebagai bioindikator kualitas air karena plankton memiliki sebaran yang cukup luas didalam lingkungan perairan, memiliki jangka waktu hidup yang lama, memiliki respon yang baik terhadap perubahan lingkungan, serta tidak cepat berpindah tempat saat lingkungannya dimasuki bahan pencemar.

Faktor fisika-kimia lingkungan terutama unsur hara nitrat dan fosfat sangat berpengaruh pada pertumbuhan plankton. Jika terjadi pencemaran yang diakibatkan dua unsur tersebut dapat menyebabkan peledakan jumlah populasi plankton tertentu yang bisa mengeluarkan zat toksin kedalam perairan. Hal tersebut sangat merugikan bagi organisme yang ada disekitarnya.³

Keberadaan plankton sebagai mikroorganisme telah disinggung dalam Al Qu'ran surat An Nur ayat 45:

وَاللَّهُ خَلَقَ كُلَّ دَابَّةٍ مِّن مَّاءٍ فَمِنْهُمْ مَّن يَمْشِي عَلَىٰ بَطْنِهِ ۗ وَمِنْهُمْ مَّن يَمْشِي عَلَىٰ رِجْلَيْنِ وَمِنْهُمْ مَّن يَمْشِي عَلَىٰ أَرْبَعٍ يَخْلُقُ اللَّهُ مَا يَشَاءُ إِنَّ اللَّهَ عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ ٤٥

² Irianto, Koes. *MIKROBIOLOGI: Menguk Dunia Mikroorganisme*, jilid 2. h. 151. (Bandung: Yrama Widya, 2007)

³ Wibisono, M.S. *Pengantar Ilmu Kelautan*. h. 66. (Jakarta: PT. Gramedia Widiasarana Indonesia, 2005)

Artinya “Dan Allah telah menciptakan semua jenis hewan dari air, maka sebagian dari hewan itu ada yang berjalan di atas perutnya dan sebagian berjalan dengan dua kaki, sedang sebagian (yang lain) berjalan dengan empat kaki. Allah menciptakan apa yang dikehendaki-Nya, sesungguhnya Allah Maha Kuasa atas segala sesuatu.”⁴

Dalam surat tersebut Allah menjelaskan tentang Kekuasaan-Nya dalam menciptakan makhluk-makhluk dengan beraneka macam bentuk, yang semuanya berasal dari air. Riset dan penelitian para ahli seperti Ibnu Maskawaihi, Ibnu Khaldun, dan Charles Darwin sudah dapat membuktikan ayat ini, bahwa unsur yang menjadi permulaan hidupnya tumbuhan dan hewan di dunia ini adalah air. Dalam dunia air, baik air laut maupun air tawar, terdapat makhluk hidup yang bernama plankton.

Terdapat 2 jenis plankton, yaitu fitoplankton dan zooplankton. Fitoplankton adalah organisme satu sel mikroskopik yang hidup di perairan tawar maupun laut. Kebanyakan fitoplankton tidak berbahaya selama pertumbuhannya normal dan tidak mengganggu ekosistem di sekitarnya karena pada dasarnya fitoplankton adalah produsen energi (produsen primer) pada suatu rantai makanan dalam ekosistem. Tetapi bila pada perairan tertentu terjadi pertumbuhan alga yang sangat berlimpah yang dikenal dengan nama ledakan alga atau *Blooming Algae* dan dikenal juga dengan istilah *HABs (Harmful Alga Blooms)* karena berlimpahnya nutrisi pada badan air, maka akan berdampak besar terhadap lingkungan perairan tersebut.⁵

⁴ Al Quran dan terjemahnya. DEPAG RI. h. 552. (Jakarta: CV Samara Mandiri, 1999)

⁵ PASARIBU, A.P.H., *Siaran Pel's: "Red Tide" Sebabkan Ribuan Ikan Mati di Teluk Jakarta*. (Jakarta: Departemen Kelautan dan Perikanan RI, 2004)

Pada awal pembentukan dunia ini, Allah menciptakan makhluk dari air atau makhluk yang pertama hidup adalah di perairan. Alga diyakini sebagai tumbuhan pertama yang diciptakan Allah. Organisme rumput-rumputan ini (alga/ganggang) dimasukkan dalam mikroorganisme meskipun morfologinya bervariasi dari bersel tunggal sampai bersel banyak. Seperti dijelaskan pada Al Qu'ran surat Al- Anbiya ayat 30:

أَوَلَمْ يَرِ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا
وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ ۝ ۳۰

Artinya “Dan apakah orang-orang yang kafir tidak mengetahui bahwasanya langit dan bumi itu keduanya dahulu adalah suatu yang padu, kemudian Kami pisahkan antara keduanya. Dan dari air Kami jadikan segala sesuatu yang hidup. Maka mengapakah mereka tiada juga beriman?”⁶

Alga/ganggang merupakan organisme yang dapat menghasilkan energi sendiri, seperti tumbuhan karena dapat melangsungkan fotosintesis, artinya selnya mengandung kloroplas (*chlorophyll*). Alga bersel tunggal seperti *Euglena* kadang-kadang dianggap protozoa. Alga bersel banyak dan tidak dapat bergerak leluasa adalah agar laut, jenisnya antara lain Alga hijau (*Chlorophyte*) contoh spesiesnya *Ulva*, Alga merah (*Rhodophyte*) contoh spesiesnya *Porphyra* sp., Alga coklat (*Heterokontophyte*) contoh spesiesnya *Macrocystis* s.p.

Fitoplankton dalam ekosistem perairan berperan sebagai dasar bagi kehidupan yaitu penyumbang oksigen dan bahan organik. Fitoplankton membentuk sejumlah besar biomassa di laut. Total produksi primer bersih fitoplankton di laut secara global

⁶ Al Quran dan terjemahnya. DEPAG RI. h. 499. (Jakarta: CV Samara Mandiri, 1999)

berkisar 15-18 x 10⁹ ton C/th. Fitoplankton memiliki klorofil yang berperan dalam fotosintesis untuk menghasilkan bahan organik dan oksigen dalam air yang digunakan sebagai dasar mata rantai pada siklus makanan di laut. Namun fitoplankton tertentu mempunyai peran menurunkan kualitas perairan laut apabila jumlahnya berlebih (*blooming*).⁷

Peningkatan populasi fitoplankton secara berlebihan (ledakan populasi/*algae bloom*) dapat terjadi karena kondisi lingkungan yang mendukung. Ledakan populasi fitoplankton yang diikuti dengan keberadaan jenis fitoplankton beracun akan menyebabkan ledakan populasi alga berbahaya (*Harmful Algae Blooms*).⁸ *Blooming* fitoplankton dapat terjadi akibat faktor alam dan faktor manusia (*anthropogenic effect*). Faktor alam seperti ; sirkulasi nutrien di perairan, *upwelling* dan *downwelling*, masuknya nutrien yang terbawa aliran sungai, peningkatan suhu (saat perubahan musim), dan curah hujan.⁹

Ada beranekaragam organisme mikroskopik nabati yang merupakan bagian terbesar dari organisme planktonik yang mampu menghasilkan bahan-bahan organik. Melalui rantai makanan, bahan organik dapat mencapai ke organisme konsumen dari tingkat trofik yang lebih rendah hingga ke tingkat trofik lebih tinggi. Namun, umumnya jenis fitoplankton dari dinoflagellata dapat memproduksi racun, yang dapat

⁷ Anderson, D.M., J.M, Burkholder., W.P, Cochlan., P.M, Gilbert., C.J, Gobler., C.A, Heil., "Harmful algal blooms and eutrophication: Examining linkages from selected coastal region of the United States, Harmful Algae". *NIH Public Access* 8, 39-53 (USA, 2008)

⁸ Agustina, Farida. *Studi Fitoplankton Yang Berpotensi Menyebabkan Red Tide Di Pantai Timur Surabaya*. (Surabaya, 2005)

⁹ Sellner, K. G., G. J. Doucette, and G. J. Kirkpatrick. "Harmful Algal Blooms : Causes, Impacts, And Detection". *J. Ind. Microbiol. Biotechnol*, 30 : 383-406 (USA: 2003)

menyebabkan kerugian ekonomi yang cukup besar, seperti kematian massal pada usaha budidaya laut dan perikanan, serta membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan hidup akuatik.¹⁰

Adanya fitoplankton beracun yang muncul di dalam perairan dapat membahayakan kehidupan organisme konsumen seperti ikan dan invertebrata, bahkan sampai pada manusia yang kebetulan memakan produk laut yang mengandung racun yang berasal dari fitoplankton. Faktor-faktor yang dapat memicu ledakan populasi fitoplankton berbahaya antara lain: adanya pengayaan unsur-unsur hara atau eutrofikasi, adanya *upwelling* yang mengangkat massa air kaya unsur-unsur hara, dan adanya hujan lebat dan masuknya air ke laut dalam jumlah yang besar.¹¹

Tingginya populasi fitoplankton beracun di dalam suatu perairan dapat menyebabkan berbagai akibat negatif bagi ekosistem perairan, seperti berkurangnya oksigen di dalam air yang dapat menyebabkan kematian berbagai makhluk air lainnya.¹² Hal ini diperparah dengan fakta bahwa beberapa jenis fitoplankton yang potensial *blooming* adalah yang bersifat toksik, seperti dari beberapa kelompok dinoflagellata, yaitu *Alexandrium sp.*, *Gymnodinium sp.*, dan *Dinophysis sp.*. Dari kelompok Diatom tercatat jenis *Chaetoceros sp.* termasuk fitoplankton perusak

¹⁰ Wiadnyana, N. "Mikroalga Berbahaya di Perairan Indonesia". *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. No 29: 15-28. (Bogor: LIPI press, 1996)

¹¹ Ibid.

¹² Damar, A. "Musim hujan dan eutrofikasi perairan pesisir". (*Majalah Tempo*, 30 Nopember 2006)

sistem pernapasan dan *Pseudo-nitzschia sp.* termasuk fitoplankton toksik yang menyebabkan *Amnesic Shellfish Poisoning (ASP)*.¹³

Banyak penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa peningkatan kadar nutrisi seperti nitrat, urea, fosfat, silika, senyawa karbon terlarut, senyawa nitrogen terlarut berkaitan dengan peningkatan populasi spesies – spesies fitoplankton HABs. Berdasarkan data monitoring dari Dinas Kelautan dan Perikanan (2012) meningkatnya populasi fitoplankton khususnya alga merah (Rhodophyta) dari jenis *Cochlodinium polykricoides* di Teluk Lampung mengakibatkan ikan-ikan yang ada di keramba mati lemas secara massal. Pemanfaatan Perairan Teluk Lampung sebagai area pusat produksi perikanan budidaya nasional seharusnya didukung dengan adanya informasi mengenai potensi dan ancaman di perairan Teluk Lampung agar dapat digunakan seoptimal mungkin dan untuk mempermudah dalam pengelolaan. Penelitian ini bertujuan untuk menginventarisasi serta mengetahui kepadatan dan distribusi fitoplankton yang berpotensi menyebabkan *Harmful Algae Blooms (HABs)* di perairan Teluk Hurun yang merupakan bagian dari Teluk Lampung, dan hasil penelitian diharapkan dapat digunakan sebagai alternatif sumber belajar biologi pada materi Protista pada peserta didik Sekolah Menengah Atas (SMA) kelas X semester Ganjil. Maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul **“Identifikasi Fitoplankton yang Berpotensi Menyebabkan *Harmful Algae Blooms (HABs)* di Perairan Teluk Hurun”**.

¹³ Mos, L., “Domoic acid: a fascinating marine toxin”. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 9, 79-85 (USA, 2001)

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan, penulis mengidentifikasi beberapa masalah yaitu sebagai berikut:

1. Kurangnya pemahaman terhadap informasi biologi atas fitoplankton dan faktor-faktor yang mempengaruhi perkembangan mikroorganisme ini dalam upaya pengendalian *Harmful Algae Blooms (HABs)* yang efektif.
2. Perlu adanya penelitian dalam hal identifikasi spesies-spesies fitoplankton yang terdapat di perairan Teluk Hurun, dan menganalisis kualitas air di perairan tersebut.
3. Banyaknya aktifitas manusia di perairan Teluk Hurun yang mempengaruhi kualitas air dan memicu terjadinya *Harmful Algae Blooms (HABs)* setiap tahun.

C. Batasan Masalah

Agar permasalahan yang diteliti tidak terlalu luas dan tidak menyimpang dari judul penelitian, maka peneliti membatasi masalah-masalah dalam penelitian sebagai berikut:

1. Penelitian tentang identifikasi fitoplankton yang terdapat di Perairan Teluk Hurun sampai tingkat famili.
2. Titik kepadatan dan distribusi fitoplankton yang berpotensi menyebabkan *Harmful Algae Blooms (HABs)*.

3. Kualitas air di perairan Teluk Hurun yang diukur dengan parameter fisika, kimia, dan biologi pada penelitian.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian adalah:

1. Fitoplankton apa saja yang berpotensi menyebabkan *Harmful Algae Blooms* (HABs) di perairan Teluk Hurun?
2. Faktor apakah yang paling mempengaruhi kelimpahan fitoplankton di perairan Teluk Hurun?
3. Bagaimana hasil pengukuran parameter fisika, kimia, dan biologi terhadap kualitas air di perairan Teluk Hurun?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kelimpahan fitoplankton yang hidup di perairan Teluk Hurun;
2. Mengetahui jenis fitoplankton yang berpotensi menyebabkan *Harmful Algae Blooms* (HABs) di perairan tersebut;
3. Menganalisis kualitas air di Teluk Hurun dengan parameter fisika, kimia, dan biologi di laboratorium Balai Besar Perikanan Budidaya Laut Lampung.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian ini akan berguna bagi banyak pihak, antara lain:

1. Bagi institut mendapatkan sumber informasi mengenai keanekaragaman fitoplankton di perairan Teluk Hurun dan menjadi referensi bagi mahasiswa yang akan melakukan kajian terhadap fitoplankton yang berpotensi menyebabkan *Harmful Algae Blooms* (HABs);
2. Bagi peneliti memperluas wawasan dan kemampuan berpikir mengenai penerapan teori yang telah diperoleh selama mengikuti kegiatan perkuliahan di jurusan Pendidikan Biologi kedalam penelitian yang sebenarnya;
3. Bagi sekolah dapat menggunakan hasil penelitian sebagai alternatif sumber belajar biologi pada materi Protista pada peserta didik Sekolah Menengah Atas (SMA) kelas X semester Ganjil;
4. Bagi Pemerintah Kota Bandar Lampung dapat membuat kebijakan terkait dengan kualitas air di perairan Teluk Hurun yang diukur dengan parameter fisika-kimia-biologi di laboratorium Balai Besar Perikanan Budidaya Laut Lampung.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Pengertian dan Klasifikasi Plankton

1. Pengertian Plankton

Plankton berasal dari bahasa Yunani yaitu *Planktos* yang mempunyai arti meng hanyut atau mengembara. Istilah tersebut pertama kali diperkenalkan oleh Victor Hensen pada tahun 1887.¹⁴ Plankton biasanya mengalir bersama arus laut karena tidak dapat melawan arus. Ukuran plankton sangat beranekaragam dari yang terkecil yang disebut Ultraplankton dengan ukuran < 0,005 mikrometer, Nanoplankton yang berukuran 60-70 mikro meter, dan Netplankton yang dapat berukuran beberapa millimeter dan dapat dikumpulkan dengan jaring plankton berukuran besar baik berupa tumbuhan ataupun hewan.¹⁵

Plankton adalah setiap organisme hanyut (hewan, tumbuhan, archaea, atau bakteri) yang menempati zona pelagic samudera, laut, atau air tawar. Plankton ditentukan oleh niche ekologi mereka dari pada taksonomi filogenetik atau klasifikasi. Mereka menyediakan sumber makanan penting yang lebih besar, lebih dikenal organisme akuatik seperti ikan dan cetacea. Meskipun banyak spesies

¹⁴ Nontji, Anugerah. *Plankton Laut*. (Bogor: LIPI Press, 2008)

¹⁵ Romimohtarto, K. S. Juwana. *Biologi Laut Ilmu Pengatahuan Tentang Biota Laut*. (Jakarta: Penerbit Djambatan, 2001)

plankton berukuran mikro dalam ukuran, plankton termasuk organisme meliputi berbagai ukuran, termasuk organisme besar seperti ubur-ubur.¹⁶

Plankton merupakan organisme yang berukuran sangat kecil yang hidup melayang-layang dalam air dan memiliki kemampuan gerak yang sangat lemah sehingga perpindahannya sangat dipengaruhi oleh pergerakan massa air. Plankton yang berukuran mikroskopis meliputi dua golongan yaitu tumbuhan dan hewan. Golongan dari tumbuhan disebut fitoplankton dan golongan dari hewan disebut zooplankton.¹⁷

2. Klasifikasi Plankton

Klasifikasi dalam biologi membedakan plankton dalam dua kategori utamanya yaitu fitoplankton yang meliputi semua tumbuhan kecil dan zooplankton yang meliputi hewan yang umumnya kecil. Fitoplankton ada yang berukuran besar dan kecil, dan biasanya yang besar tertangkap oleh jaring plankton yang terdiri dari dua kelompok besar, yaitu diatom dan dinoflagellata.

Diatom mudah dibedakan dari dinoflagellata karena bentuknya seperti kotak gelas yang unik dan tidak memiliki alat gerak. Pada proses reproduksi tiap diatom akan membelah dirinya menjadi dua. Satu belahan dari bagian hidup diatom akan menempati katup atas (epiteka) dan belahan yang kedua akan menempati katup bawah (hipoteka). Sedangkan kelompok utama kedua yaitu dinoflagellata yang dicirikan dengan sepasang flagella yang digunakan untuk bergerak dalam air.

¹⁶ Nybakken, J. W. *Biologi Laut : Suatu Pendekatan Ekologis*. Diterjemahkan oleh H. M. Eidman. Koesoebiono. D. G. Bengen. M. (Jakarta: PT Gramedia, 1992)

¹⁷ Odum, E. P. *Dasar-Dasar Ekologi*. (Yogyakarta: Gajah Mada University Press, 1971)

Beberapa dinoflagellata seperti Nocticula yang mampu menghasilkan cahaya melalui proses *bioluminesens*.¹⁸

Berdasarkan kemampuan membuat makanan, plankton digolongkan mejadi dua golongan utama, yaitu fitoplankton dan zooplankton. Fitoplankton disebut juga plankton nabati, adalah tumbuhan yang hidupnya mengapung atau melayang di laut. Ukurannya sangat kecil sehingga tidak dapat dilihat oleh mata telanjang. Umumnya fitoplankton berukuran 2 – 200 μm (1 μm = 0,001mm). Fitoplankton umumnya berupa individu tunggal, tetapi ada juga yang berbentuk rantai.

a) Fitoplankton

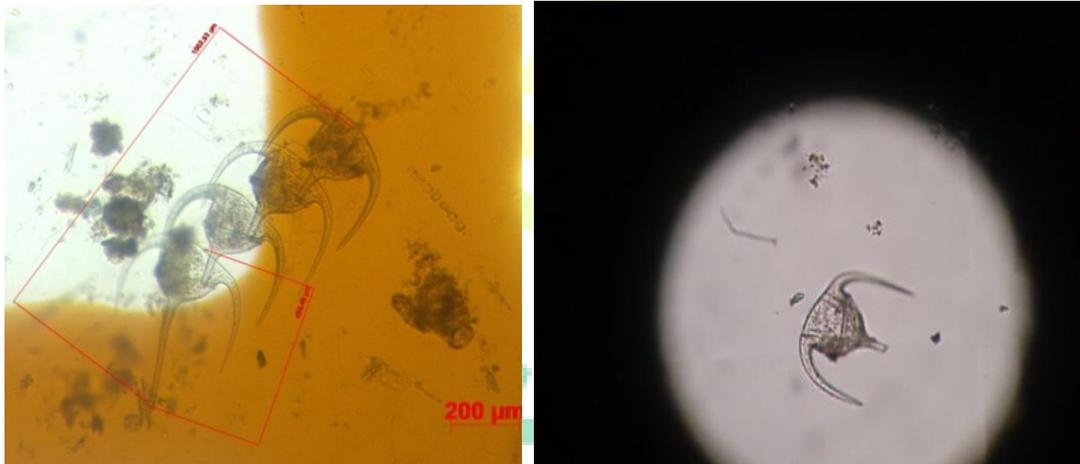
Fitoplankton adalah organisme mikroskopik yang hidup melayang dan hanyut dalam air dan organisme ini mampu membuat makanan sendiri dengan cara melakukan proses fotosintesis. Dengan kemampuan membuat makanan sendiri tersebut, maka di dalam urutan rantai makanan perairan, fitoplankton menempati urutan pertama, yakni sebagai produsen primer. Salah satu faktor lingkungan yang mempengaruhi kepadatan fitoplankton di suatu perairan biotik adalah kecepatan arus air. Secara umum kepadatan fitoplankton akan berkurang drastis pada kecepatan arus yang lebih besar dari 1 m/detik. Selain itu kekeruhan air juga sangat mempengaruhi keberadaan fitoplankton.¹⁹

Peranan fitoplankton dalam ekosistem perairan marine demikian penting, yakni selain sebagai penyediaan energi, beberapa jenis diantaranya *Gymnodinium*

¹⁸ Ibid.

¹⁹ Bagus, T. A. *Pengantar Limnologi Studi Tentang ekosistem Air Daratan*. (Medan: USU Press, 2004)

mikroadriaticum (*Dinoflagellata/Pyrrophyta*) membentuk simbiot sebagai zoox (zooxanthelae) yang mampu bersimbiosis dengan hewan koral (*Coelenterata*). Zoox inilah yang memberi warna-warni *exotic* pada koral hidup. Peranan lain dalam ekosistem perairan marine adalah pada kasus-kasus kematian ikan dan udang secara mendadak dalam jumlah besar di tambak-tambak di wilayah pantai, tidak bisa dijawab hanya dengan analisis fisika-kimia kualitas air semata.²⁰



Gambar 2.1. Fitoplankton: *Ceratium sp.*

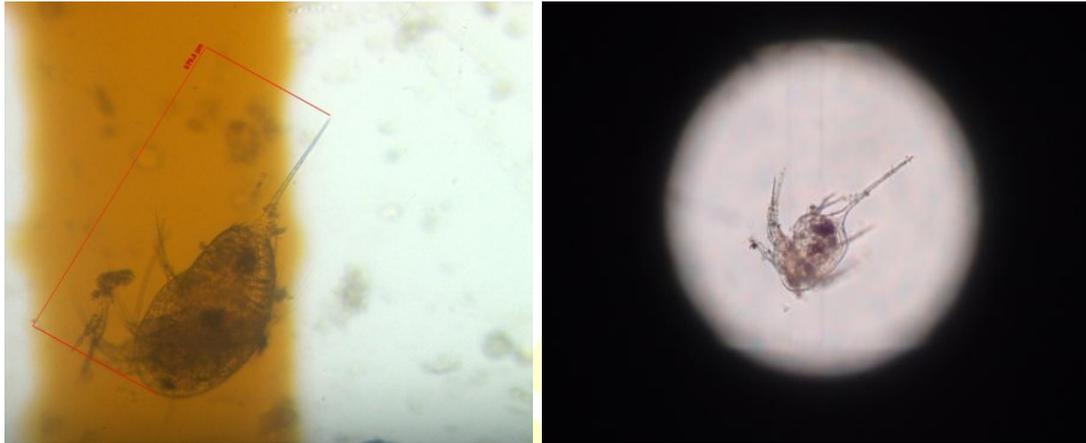
Sumber: dokumentasi pribadi milik Rizky Nurdevita Sari (2018) dan Sartina (2017)

b) Zooplankton

Zooplankton merupakan organisme hewan berukuran mikroskopik yang hidup dengan cara melayang dan hanyut di dalam suatu perairan. Zooplankton tidak dapat membuat makanan sendiri, karena zooplankton tidak dapat melakukan proses fotosintesis seperti yang dilakukan oleh fitoplankton. Di dalam rantai makanan perairan, zooplankton memiliki peran sebagai hewan herbivora, yang memakan

²⁰ Wibisono, M. S. *Pengantar Ilmu Kelautan*. (Jakarta: Grasindo, 2005)

fitoplankton yang berperan sebagai produsen primer. Pengaruh kecepatan arus terhadap fitoplankton jauh lebih kuat dibandingkan pada zooplankton.²¹



Gambar 2.2. Zooplankton *Cladocera sp.*

Sumber: dokumentasi pribadi milik Rizky Nurdevita Sari (2018) dan Sartina (2017)

B. Distribusi dan Kelimpahan Plankton

Secara spasial dan musiman penyusunan, biomassa dan ukuran sel fitoplankton di daerah paparan benua sebelah timur laut Selandia baru berkaitan dengan keterbatasan nutrien, cahaya, dan *grazing*. Pada awal musim semi dan selama turbulensi dan *upwelling* musim dingin fitoplankton didominasi oleh diatom berbentuk rantai dan berukuran besar. *Blooming* menurun pada akhir musim semi karena keterbatasan nutrien, diatom berbentuk lebih kecil bertepatan dengan munculnya dinoflagellata, nannoflagellata kecil dan fitoplankton pada awal dan akhir musim panas. Biomassa lebih rendah di sebelah luar dibanding di pantai dan

²¹ Bagus, T. A. *Pengantar Limnologi Studi Tentang ekosistem Air Daratan*. (Medan: USU Press, 2004)

didominasi oleh *taxa motile* yang kecil yang kemungkinan dibatasi oleh *grazing* dan cahaya.²²

Perbedaan kelimpahan spesies yang mendominasi komunitas fitoplankton pada tiga perairan teluk (Jakarta, Lampung, dan Semangka) yang berbeda didapatkan dari hasil penelitian Damar (2003). Meskipun pada ketiga teluk komunitas fitoplankton didominasi oleh diatom, namun terdapat perbedaan dalam tingkat genus dan spesies yang mendominasi. Spesies dari diatom kecil yang berbentuk rantai *Skeletonema costatum* dan *Chaetoceros sp.*, terutama mendominasi daerah lepas pantai di teluk Jakarta, sementara di perairan pantai yang kurang teraduk cyanophyceae (*Tricodesmium sp.*) dan dinophyceae (*Ceratium sp.* dan *Dynokhysis caudate*) juga ditemukan tetapi dengan jumlah yang relatif terbatas dibandingkan dengan diatom. Di Teluk Lampung dan Teluk Semangka lebih didominasi oleh *Chaetoceros spp.*, di daerah yang kurang teraduk dan lebih terstratifikasi di mulut sungai didapatkan dinoflagellata dan cyanophyceae yang lebih melimpah dibandingkan pada lepas pantai.²³

Faktor yang mempengaruhi kehidupan plankton, yaitu faktor fisika dan faktor kimia perairan adalah sebagai berikut.

²² Chang, F. H., J. Zeldis, M. Gall, dan J. Hall. "Seasonal And Spatial Variation of Phytoplankton Assemblages, Biomass and Cell Size From Spring to Summer Across the North-Eastern New Zealand Continental Shelf". *Journal of plankton Research*, 25 (7). (New Zealand, 2003)

²³ Damar, A. "Effect of Enrichment on Nutrient Dynamics, Phytoplankton Dynamics and productivity on Indonesia Tropical Waters: A Comparison". Fakultat der Christian-Albrechts-Universitatzu Kiel. (Jerman, 2003)

1) Cahaya

Ketersediaan cahaya di perairan baik secara kuantitatif sangat tergantung pada waktu (harian, musiman, tahunan), dan tempat (kedalaman, letak geografis). Bagi hewan laut, cahaya mempunyai pengaruh terbesar secara tidak langsung, yakni sebagai sumber energi untuk proses fotosintesis tumbuh-tumbuhan yang menjadi tumpuan hidup mereka karena menjadi sumber makanan. Cahaya juga merupakan faktor penting dalam hubungannya dengan perpindahan populasi hewan laut.

Hubungan antara cahaya dan perpindahan hewan laut banyak dipelajari, terutama pada plankton hewan.²⁴ Laju pertumbuhan fitoplankton sangat tergantung pada ketersediaan cahaya di dalam perairan. Laju pertumbuhan maksimum fitoplankton akan mengalami penurunan bila perairan berada pada kondisi ketersediaan cahaya yang rendah.²⁵

Cahaya sangat mempengaruhi distribusi vertikal fitoplankton di laut. Hal ini disebabkan oleh adanya sifat responsibilitas dan adaptasi yang berbeda antara jenis fitoplankton terhadap intensitas cahaya.²⁶ Sehubungan dengan cahaya, perbedaan pigmen yang dikandungnya mempengaruhi tingkat efisiensi fotosintesisnya. Berdasarkan efisiensi fotosintesis pigmennya alga dikelompokkan atas tipe klorofil-a dan b untuk alga hijau dan euglenoid; tipe klorofil-a, c, dan caratenoid untuk diatom,

²⁴ Romimohtarto, K., dan S. Juwana., *Biologi Laut, Ilmu Pengetahuan Tentang Biota Laut*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi-LIPI. (Jakarta, 1999)

²⁵ Heyman, U., dan A. Lundgren. "Phytoplankton Biomass and Production in Relation to Phosforus". Some Conclusions From Field Studies. *Hydrobiologia*, 170: 211-227. (USA, 1988)

²⁶ Nontji. A. *Laut Nusantara*. Edisi revisi cetakan kelima. h. 356. (Jakarta: Penerbit Djambatan, 2007)

dinoflagellata dan alga coklat serta tipe klorofil-a dan ficobilin untuk alga merah dan alga hijau biru.

2) Suhu

Suhu air di permukaan dipengaruhi oleh kondisi meteorologi seperti curah hujan, penguapan, kelembaban udara, suhu udara, kecepatan angin, dan intensitas radiasi matahari. Perubahan suhu sangat berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan biologi badan air. Suhu juga sangat berperan dalam mengendalikan kondisi ekosistem perairan. Algae dari filum Chlorophyta dan diatom akan tumbuh dengan baik pada kisaran suhu berturut-turut 30°C-35°C dan 20°C-30°C. Sedangkan filum Cyanophyta lebih dapat bertoleransi terhadap kisaran suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan Chlorophyta dan diatom.²⁷

Suhu di perairan estuari lebih bervariasi daripada di perairan pantai didekatnya. Ketika air tawar masuk ke estuaria dan bercampur dengan air laut, terjadi perubahan suhu dimana suhu perairan estuaria lebih rendah pada musim dingin dan lebih tinggi pada musim panas daripada perairan pantai sekitarnya. Variasi suhu yang besar ini sebagai fungsi dari perbedaan antara suhu air laut dan air sungai.²⁸

3) Kecerahan dan kekeruhan

Kecerahan merupakan ukuran transparansi perairan, yang ditentukan secara visual dengan menggunakan *secchi disk*. Nilai ini sangat dipengaruhi oleh keadaan

²⁷ Effendi, H. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius. (Yogyakarta, 2003)

²⁸ Nybakken, J. W. *Biologi Laut : Suatu Pendekatan Ekologis*. Diterjemahkan oleh H. M. Eidman. Koesoebiono. D. G. Bengen. M. (Jakarta: PT Gramedia, 1992)

cuaca, waktu pengukuran, kekeruhan, dan padatan tersuspensi, serta ketelitian orang yang melakukan pengukuran.²⁹ Besarnya jumlah partikel tersuspensi dalam perairan estuari akan menyebabkan perairan menjadi sangat keruh. Kekeruhan tertinggi terjadi pada saat aliran sungai maksimum. Kekeruhan biasanya minimum di dekat mulut estuaria, karena sepenuhnya berupa air laut, dan makin meningkat bila menjauh ke arah pedalaman.³⁰

Semakin tinggi tingkat kecerahan suatu perairan maka tingkat kepadatan plankton semakit tinggi pula. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Fitriya (2003). Pada siang hari, fitoplankton naik ke permukaan untuk menyerap cahaya matahari sebagai bahan fotosintesis. Kecerahan merupakan penentu daya penetrasi cahaya matahari yang masuk, sehingga jika pengambilan sampel dilakukan pada siang hari atau ketika intensitas cahaya matahari maksimal akan mendapatkan sampel dengan kelimpahan plankton yang tinggi.³¹

4) Arus

Arus berpengaruh besar terhadap distribusi organisme perairan dan juga meningkatkan terjadinya difusi oksigen dalam perairan. Arus juga membantu penyebaran plankton dari suatu tempat ketempat lainnya dan membantu menyuplai

²⁹ Effendi, H. Op.Cit.

³⁰ Nybakken, J. W. *Biologi Laut : Suatu Pendekatan Ekologis*. Diterjemahkan oleh H. M. Eidman. Koesoebiono. D. G. Bengen. M. (Jakarta: PT Gramedia, 1992)

³¹ Novia, Rani, Adnan, Irwan Ramadhan Ritonga. "Hubungan Parameter Fisika-Kimia Perairan dengan Kelimpahan Plankton di Samudera Hindia bagian Barat Daya". *Depik*, 5(2): 67-76. ISSN Cetak: 2089-7790 (Kalimantan Timur, 2016)

bahan makanan yang di butuhkan plankton.³² Berdasarkan kecepatan arusnya maka perairan dikelompokkan menjadi berarus sangat cepat (> 100 cm/detik), cepat (50-100 cm/detik), sedang (25-50 cm/detik), lambat (10-25 cm/detik), dan sangat lambat (<10 cm/detik).

Arus merupakan faktor utama yang membatasi penyebaran biota dalam perairan. Larva planktonik dapat menyebar jauh dari habitat induknya karena terbawa arus. Arus adalah faktor utama dalam menentukan pergerakan dan distribusi plankton.³³ Arus juga memiliki peran yang sangat penting di perairan karena merupakan media transportasi dalam laut yang selalu bergerak tanpa henti.³⁴

5) DO (*Disolved Oxygen*)

DO (*Disolved Oxygen*) merupakan banyaknya oksigen terlarut dalam suatu perairan. Oksigen terlarut merupakan suatu faktor yang sangat penting di dalam ekosistem perairan, terutama sekali dibutuhkan untuk proses respirasi bagi sebagian besar organisme air. Kelarutan oksigen di dalam air terutama sangat dipengaruhi oleh faktor suhu, dimana kelarutan maksimum terdapat pada suhu 0 °C, yaitu sebesar 14,16 mg/L O₂. Nilai oksigen terlarut di perairan sebaliknya tidak lebih kecil dari 8 mg/L H₂O.

³² Mujib, A.S., Ario D dan Yusli W. "Spatial distribution of Planktonic dinoflagellate in Makassar Waters, South Sulawesi". *Jurnal Perikanan dan Kelautan* vol. 3 No 1. (Bandung: Universitas Padjajaran, 2012)

³³ Odum, E.P. *Fundamental of Ecology*. 3rd Edition. (London: W.B. Saunders Company, 1971)

³⁴ Aramita, Gabriella Inez, Muhammad Zainuri. "Pengaruh Arus Terhadap Persebaran Fitoplankton di Perairan Morosari Demak". *Jurnal Oseanografi*, volume 4, nomor 1. h.130. (Semarang: Universitas Diponegoro, 2014)

Sumber utama oksigen terlarut dalam air berasal dari adanya kontak antara permukaan air dengan udara dan juga dari proses fotosintesis. Air kehilangan oksigen melalui pelepasan dari permukaan ke atmosfer dan melalui aktivitas respirasi dari organisme akuatik. Kisaran toleransi plankton terhadap oksigen terlarut berbeda-beda. Oksigen hilang dari air secara alami oleh adanya pernafasan biota, penguraian bahan organik, aliran masuk air bawah tanah yang miskin oksigen dan kenaikan suhu.

Pengukuran DO dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu Metoda titrasi dengan cara Winkler dan Metoda elektrokimia dengan DO meter. Metoda titrasi dengan cara Winkler secara umum banyak digunakan untuk menentukan kadar oksigen terlarut. Prinsip kerjanya dengan menggunakan titrasi iodometri. Sedangkan cara penentuan oksigen terlarut dengan metoda elektrokimia adalah cara langsung untuk menentukan oksigen terlarut dengan alat DO meter. Prinsip kerjanya adalah menggunakan probe oksigen yang terdiri dari katoda dan anoda yang direndam dalam larutan elektrolit.³⁵

6) BOD (*Biological Oxygen Demand*)

BOD (*Biological Oxygen Demand*) didefinisikan sebagai jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk penguraian bahan organik melalui oksidasi biokimia.³⁶

Proses penguraian bahan buangan organik melalui proses oksidasi oleh mikroorganisme memerlukan waktu lebih kurang 5 hari. Dalam waktu 5 hari,

³⁵ Salmin. "Oksigen Terlarut (Do) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (Bod) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan". Oseana, Volume XXX, No. 3. (Bogor: LIPI - Pusat Penelitian Oseanografi. 2005.)

³⁶ Gunandjar, Zainus Salimin, Sugeng Purnomo, Ratiko. "Proses Oksidasi Biokimia Untuk Pengolahan Limbah Simulasi Cair Organik Radioaktif". JFN, Vol 4 No. 1. (Tangerang: Batan, PUSPITEK. 2010)

kemungkinan reaksi telah mencapai sedikitnya 75%, tergantung pada kerja bakteri yang menguraikannya.

Konsentrasi BOD menunjukkan suatu kualitas perairan yang masih tergolong baik apabila konsumsi O_2 selama periode 5 hari berkisar 5 mg/L O_2 maka perairan tersebut tergolong baik, apabila konsumsi O_2 berkisar antara 10 mg/L – 20 mg/L O_2 menunjukkan tingkat pencemaran oleh materi organik yang tinggi dan untuk air limbah nilai BOD umumnya lebih dari 100 mg/L.

Cara pengukuran BOD yaitu dengan mengukur kandungan oksigen terlarut awal (DO_i) segera setelah pengambilan sampel, kemudian mengukur kandungan oksigen terlarut pada sampel yang telah diinkubasi selama 5 hari pada kondisi gelap dan suhu tetap ($20^\circ C$) yang sering disebut dengan DO_5 . Selisih DO_i dan DO_5 ($DO_i - DO_5$) merupakan nilai BOD yang dinyatakan dalam miligram oksigen per liter (mg/L).³⁷

7) COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Nilai COD menyatakan jumlah oksigen total yang dibutuhkan dalam proses oksidasi kimia yang dinyatakan dalam mg O_2/L . Dengan mengukur nilai COD maka akan diperoleh nilai yang menyatakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk proses oksidasi terhadap total senyawa organik baik yang mudah diuraikan secara biologis maupun terhadap yang sukar diuraikan secara biologis.

³⁷ Atima, Wa. "BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah". Jurnal Biology Science & Education. (Ambon, 2014)

Cara pengukuran COD menggunakan peralatan khusus *reflux*, penggunaan asam pekat, pemanasan, dan titrasi. Peralatan *reflux* diperlukan untuk menghindari berkurangnya air sampel karena pemanasan. Pada prinsipnya pengukuran COD adalah penambahan sejumlah tertentu kalium bikromat ($K_2Cr_2O_7$) sebagai oksidator pada sampel (dengan volume diketahui) yang telah ditambahkan asam pekat dan katalis perak sulfat, kemudian dipanaskan selama beberapa waktu. Selanjutnya, kelebihan kalium bikromat ditera dengan cara titrasi. Dengan demikian kalium bikromat yang terpakai untuk oksidasi bahan organik dalam sampel dapat dihitung dan nilai COD dapat ditentukan.³⁸

8) pH (derajat keasaman)

Setiap spesies memiliki kisaran toleransi yang berbeda terhadap pH. Nilai pH yang ideal bagi kehidupan organisme akuatik termasuk plankton pada umumnya berkisar antara 7 sampai 8,5. Kondisi perairan yang bersifat sangat asam maupun sangat basa akan membahayakan kelangsungan hidup organisme karena akan menyebabkan terjadinya gangguan metabolisme dan respirasi. Disamping itu pH yang sangat rendah akan menyebabkan mobilitas berbagai senyawa logam berat yang bersifat toksik semakin tinggi yang tentunya akan mengancam kelangsungan hidup organisme akuatik. Sementara pH yang tinggi akan menyebabkan keseimbangan antara amonium dan amoniak dalam air akan terganggu, dimana kenaikan pH diatas normal akan meningkatkan konsentrasi amoniak yang juga bersifat sangat toksik bagi organisme.

³⁸ Ibid.

Pengukuran pH air dapat dilakukan dengan cara kalorimeter, dengan kertas pH, dan dengan pH meter. Pengukurannya tidak begitu berbeda dengan pengukuran pH tanah. Yang perlu diperhatikan adalah cara pengambilan sampelnya yang benar sehingga nilai pH yang diperoleh benar. Nilai pH air yang normal adalah netral, yaitu antara 6 sampai 8, sedangkan pH air yang tercemar, misalnya oleh limbah cair berbeda-beda nilainya tergantung jenis limbahnya dan pengolahannya sebelum dibuang.

C. Struktur Komunitas Fitoplankton

Komunitas adalah kumpulan spesies organisme yang mendiami suatu tempat. Komunitas organisme adalah sesuatu yang dinamis, dimana populasi-populasi yang ada di dalamnya saling berinteraksi, dan mengalami variasi dari waktu ke waktu. Variasi atau perubahan komunitas tersebut terjadi karena adanya pengaruh faktor-faktor lingkungan yang kompleks. Salah satu faktor lingkungan yang mempengaruhi perkembangan komunitas fitoplankton (biomassa, keragaman spesies, dan produksi) adalah ketersediaan nutrisi di perairan.³⁹

Struktur komunitas merupakan suatu kumpulan berbagai jenis mikroorganisme yang berinteraksi dalam suatu zonasi tertentu. Dinamika kelimpahan dan struktur komunitas fitoplankton terutama dipengaruhi oleh faktor fisika dan kimia, khususnya ketersediaan unsur hara (nutrien) serta kemampuan fitoplankton

³⁹ Basmi, J. *Perkembangan Komunitas Fitoplankton Sebagai Indikator Perubahan Tingkat Kesuburan Kualitas Perairan*. (Institut Pertanian Bogor, 1988)

untuk memanfaatkannya.⁴⁰ Komunitas dikendalikan oleh spesies-spesies yang dominan yang memperlihatkan kekuatan spesies tersebut dengan spesies lainnya. Hilangnya spesies-spesies yang dominan akan menimbulkan perubahan-perubahan penting yang tidak hanya pada komunitas biotiknya sendiri tetapi juga dalam lingkungan fisiknya.⁴¹

Suatu ekosistem mengalami perubahan dari waktu ke waktu. Perkembangan ekosistem tersebut biasa disebut dengan istilah “suksesi ekologi”. Suksesi pada komunitas fitoplankton adalah perubahan-perubahan dari komposisi spesies yang disebabkan oleh perbedaan laju pertumbuhan masing-masing spesies yang membuat komunitas berkembang. Laju pertumbuhan dikontrol oleh faktor-faktor lingkungan, sehingga variasi perkembangan komunitas tersebut merupakan hasil dari pengaruh kondisi lingkungan. Faktor-faktor lingkungan tersebut akan mempengaruhi peningkatan atau penurunan laju suksesi dari komunitas fitoplankton.

Hubungan antara komunitas fitoplankton dengan perairan adalah positif. Bila kelimpahan fitoplankton di suatu perairan tinggi, maka dapat diduga perairan tersebut memiliki produktivitas perairan yang tinggi pula.⁴² Jenis fitoplankton yang sering dijumpai di laut dalam jumlah besar adalah diatom.

⁴⁰ Muharram, N. *Struktur Komunitas Perifiton dan Fitoplankton di Bagian Hulu Sungai Ciliwung, Jawa Barat*. [Skripsi]. Departemen Sumberdaya Perairan. (Institut Pertanian Bogor, 2006)

⁴¹ Odum, E. P. *Dasar-Dasar Ekologi*. Edisi ketiga. Terjemahan : Samingan, T., Srigandono. *Fundamentals Of Ecology*. Third Edition. (Gadjah Mada University Press, 1993)

⁴² Raymont, J.E.G. *Plankton dan Produktivitas Bahari* (Alih bahasa: Koesoebiono). (Institut Pertanian Bogor, 1981)

Fitoplankton yang berukuran besar dan biasanya tertangkap oleh jaring plankton terdiri dari dua kelompok besar yaitu diatom dan dinoflagellata.⁴³ Di perairan Indonesia diatom paling sering ditemukan, baru kemudian dinoflagellata. Kelas Bacillariophyceae lebih mampu beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang ada, kelas ini bersifat kosmopolitan serta mempunyai toleransi dan daya adaptasi yang tinggi.⁴⁴ Sedangkan kelas Dinoflagellata (Dinophyceae) adalah grup fitoplankton yang sangat umum ditemukan di laut setelah diatom.⁴⁵

D. Fenomena *Harmful Algae Blooms (HABs)* atau *Red tide*

1. Pengertian *Harmful Algae Blooms (HABs)*

Harmful Algae Blooms (HABs) atau *Red tide* adalah suatu keadaan di mana air, terutama air laut mengalami perubahan warna menjadi merah, merah kecoklatan, merah oranye, ungu, kuning, hijau dan putih akibat dari ledakan populasi fitoplankton.⁴⁶ Istilah *Red tide* atau pasang merah saat ini lebih populer dikenal dengan istilah *Harmful Algae Blooms (HABs)*, karena tidak semua alga yang

⁴³ Nybakken, J. W. *Biologi Laut : Suatu Pendekatan Ekologis*. Diterjemahkan oleh H. M. Eidman, Koesoebiono, D. G. Bengen, M. (Jakarta: PT Gramedia, 1992)

⁴⁴ Arinardi, O.H., Sutomo, A.B., *Kisaran Kelimpahan dan Komposisi Plankton Predominan di Perairan Kawasan Timur Indonesia*. (Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, 1997)

⁴⁵ Nontji, A. *Tiada Kehidupan di Bumi Tanpa Keberadaan Plankton*. (Bogor: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia - Pusat Penelitian Oseanografi, 2006)

⁴⁶ Sellner, K. G., G. J. Doucette, and G. J. Kirkpatrick. "Harmful Algal Blooms : Causes, Impacts, And Detection". *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*30 : 383-406 (USA, 2003)

Blooming, menghasilkan toksin dan menyebabkan kematian biota air menimbulkan perubahan warna air secara mencolok menjadi merah.⁴⁷

Saat ini jumlah fitoplankton yang dapat menyebabkan *blooming* ada sekitar 50 jenis diantaranya adalah *Ptychodiscus brevis*, *Prorocentrum*, *Gymnodiniumbreve*, *Cochlodinium sp.*, *Alexandrium catenella* dan *Noctiluca Scintillans*, dan hampir semuanya dari kelompok dinoflagelata (Pyrrophyta) yang dapat menyebabkan kematian massal biota laut, perubahan struktur komunitas ekosistem perairan, bahkan keracunan/kematian pada manusia.⁴⁸

Dampak pemanasan global dan anomali cuaca diduga menjadi salah satu pemicu mayor terjadinya peningkatan *blooming*. Curah hujan dengan intensitas tinggi berperan dalam penghantaran unsur hara ke perairan dan memicu eutrofikasi. Perubahan cuaca lokal secara spesifik menimbulkan perubahan arah angin yang berdampak terhadap pola arus permukaan perairan, sehingga mempengaruhi pola sebaran *blooming*. Intensitas cahaya yang memadai serta suhu perairan yang hangat bisa memicu plankton di perairan berkembang pesat sehingga seringkali terjadi kompetisi antar spesies dan terjadi dominasi jenis tertentu.⁴⁹

Peristiwa kematian massal ikan beserta kasus keracunan dan kematian manusia akibat *blooming* di Indonesia pertama kali dilaporkan terjadi di Flores pada tahun 1983. Selain itu juga pernah terjadi di Ujung Pandang pada bulan Agustus 1987

⁴⁷ Mujib, A.S. Op.Cit. h.20

⁴⁸ Nasir A, Muhammad L dan Nurfadillah. "Ratio of Nutrient and Diatom – Dinoflagellate community In Spermonde Waters, South Sulawesi". *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, Vol 3 No. 1. (Bandung: Universitas Padjajaran, 2012)

⁴⁹ Masó, M. and Garcés, E. "Harmful Microalgae Blooms (HAB); The Problematic and Conditions that Induce Them". *Marine Pollution Bulletin*, 53 (2006): 620 – 630. (USA, 2006)

dan di Kalimantan Timur pada bulan Januari 1988. Di Teluk Jakarta pertama kali dilaporkan terjadi peristiwa *blooming* pada tanggal 31 Juli 1986. Kejadian ini tampak pada beberapa ikan yang mati mengapung di atas air laut yang pada mulanya masyarakat beranggapan hal ini disebabkan oleh pembuangan bahan kimia dan limbah ke laut. Kemungkinan perairan di Teluk Jakarta sudah mengalami eutrofikasi yang menjadi faktor utama terjadinya *blooming*.⁵⁰

Jumlah fitoplankton berlebih di sebuah perairan berpotensi membunuh berbagai jenis biota laut secara massal karena keberadaan fitoplankton mengurangi jumlah oksigen terlarut. Kemungkinan lain adalah insang-insang ikan penuh dengan fitoplankton sehingga lendir pembersihnya menggumpal karena fitoplanktonnya berlebih dan ikan pun sulit bernapas.⁵¹

Tabel 2.1. Kelompok, sifat, dan jenis alga berbahaya.

Kelompok	Sifat	Contoh spesies
Anoxious	Kurang berbahaya, ledakan terjadi pada kondisi tertentu; dapat berkembang sangat padat menyebabkan penurunan kadar oksigen yang drastis dan kematian masal ikan dan vertebrata.	Dinoflagellata <ul style="list-style-type: none"> • <i>Gonyaulax polygramma</i> • <i>Noctiluca scintillans</i> • <i>Scrippsiella trochoidea</i> Cyanobacterium <i>Trichodesmium erythraeum</i>
Beracun	Beracun berat: menyebabkan berbagai macam penyakit perut dan sistem syaraf. <ul style="list-style-type: none"> • <i>Paralytic Shellfish Poisoning (PSP)</i> 	Dinoflagellata <ul style="list-style-type: none"> • <i>Alexandrium acatenella</i> • <i>Alexandrium catenella</i> • <i>Alexandrium cohorticula</i>

⁵⁰ Sutomo. "Kejadian Red tide dan Kematian Massal Udang Jebbung (*Peaneusmurguensis*) dan Udang Windu (*Peaneusmonodon*) dalam Budidaya Jaring Apung di Muara Keramat Kebo, Teluk Naga, Tangerang". (Bogor: Puslit Oseanografi LIPI, 1993)

⁵¹ Glibert, P. M., R. Magnien, M. W. Lomas, J. Alexander, C. Fan, E. Haramoto, M. Trice, and T. M. Kana. "Harmful Algal Blooms In The Chesapeake and Coastal Bays Of Maryland". (USA: 2001)

	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP)</i> • <i>Amnesic Shellfish Poisoning (ASP)</i> • <i>Ciguatera Fishfood Poisoning (CFP)</i> • <i>Neurotoxic Shellfish Poisoning (NSP)</i> • <i>Racun Cyanobacterium</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Alexandrium fundyense</i> • <i>Alexandrium minutum</i> • <i>Alexandrium tamarense</i> • <i>Gymnodinium catenatum</i> • <i>Pyrodinium bahamense</i> var. <i>Compressum</i> Dinoflagellata • <i>Dinophysis acuta</i> • <i>Dinophysis acuminata</i> • <i>Dinophysis fortii</i> • <i>Dinophysis norvegica</i> • <i>Dinophysis mitra</i> • <i>Dinophysis rotundata</i> • <i>Prorocentrum lima</i> Diatom • <i>Nitzschia pungens</i> f. <i>multiseriis</i> • <i>Nitzschia pseudodelicatissima</i> • <i>Nitzschia pseudoseriata</i> Dinoflagellata • <i>Gambierdiscus toxicus</i> • <i>Ostreopsis</i> sp. • <i>Prorocentrum</i> sp. Dinoflagellata • <i>Cochlodinium polykrikoides</i> • <i>Gymnodinium breve</i> Cyanobacterium • <i>Anabaena flos-aquae</i> • <i>Microcystis aeruginosa</i> • <i>Nodularia spumigena</i>
Perusak sistem pernapasan	Tidak beracun, secara fisik mengganggu sistem pernafasan avertebrata dan ikan karena penyumbatan, terutama di waktu kepadatan tinggi	<ul style="list-style-type: none"> Diatom • <i>Chaetoceros convolutus</i> Dinoflagellata • <i>Cochlodinium polykrikoides</i> • <i>Gymnodinium mikimotoi</i> Prymnessiophyta • <i>Chrysocromulina polylepis</i> • <i>Chrysocromulina leadbeateri</i> • <i>Prymaesium parvum</i> • <i>Prymaesium patelliferum</i>

		<p>Raphidophyta</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Heterosigma akashiwo</i> • <i>Chattonella antique</i>
--	--	--

Tabel 2.2. Peristiwa *HABs* dan dampaknya di beberapa lokasi di Indonesia.

Waktu	Lokasi	HABs	Dampaknya
November 1983	Selat Lewotobi, Desa Wulanggitang, Flores Timur	<i>Pyrodinium bahamense var. compressum</i>	240 orang keracunan, 4 orang meninggal dunia dan 9 orang meninggal dunia (keracunan ikan selar)
Januari 1985	Pantai Binaria, Ancol	<i>Noctiluca scintillans</i>	Kematian massal ikan
31 Juli 1986	Teluk Jakarta	Beberapa jenis diatom dan dinoflagellata	Kematian massal ikan
Juli 1987	Ujung Pandang	<i>Pyrodinium bahamense</i>	4 orang meninggal dunia (keracunan kerang, <i>Meritrix meritrix</i>)
9 Januari 1988	Nunukan, Pulau Sebatik Selatan, Kaltim.	<i>Pyrodinium bahamense</i>	65 orang keracunan, 2 orang meninggal dunia (keracunan kerang, <i>Meritrix meritrix</i>)
April-November 1991	Pantai timur Lampung Pulau Pari, Kepulauan Seribu	<i>Trichodesmium erythraeum</i>	Kematian massal udang windu, dan ikan bandeng, kematian ikan di dasar perairan
Juli 1994	Teluk Ambon	<i>Pyrodinium bahamense var. Compressum</i>	33 orang menderita keracunan, 3 orang meninggal dunia
1994, 1998, 2003, 2007	Selat Bali dan Pantai pesisir timur Bali	Dinoflagellata	Kematian massal ikan
Oktober-November 1999	Pulau Pari, Kepulauan Seribu	<i>Trichodesmium erythraeum</i>	Ikan menjadi langka
Septembr 1999	Perairan Kalimantan Timur	<i>Trichodesmium thiebautii</i>	Ikan menjadi langka
Mei 1999	Muara Membrano, Irian Jaya	<i>Trichodesmium thiebautii</i>	Ikan menjadi langka
Oktober 2000	Sulawesi Utara	<i>Trichodesmium thiebautii</i>	Ikan menjadi langka
6-9 Mei 2004, 2005, 2006	Teluk Jakarta	<i>Chaetoceros</i> , <i>Pseudonitzschia</i> , <i>Ceratium</i> , dan <i>Dinophysis</i>	Kematian massal ikan
6-17 Mei 2005, 2006, 2007	Perairan Indramayu-Cirebon	Dinoflagellata	Kematian massal ikan
12 Juli 2012	Teluk Ambon	<i>Trichodesmium erythrum</i> , <i>Dinophysis caudata</i> , <i>Dinophysis miles</i> , <i>Pyrodinium</i>	Kematian massal ikan

		<i>bahaamense</i> , dan <i>Noctiluca scintillans</i>	
17 Oktober 2012	Teluk Hurun	<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	Kematian massal ikan
15 Desember 2012, Februari – Juli 2013	Teluk Lampung	<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	Kematian massal ikan
21 Juni 2015	Laut di Pulau Ai, Kepulauan Banda, Maluku Tengah	Dinoflagellata dan Cyanobacteria	Kematian massal ikan
29-30 November 2015	Pantai Ancol	Dinoflagellata jenis <i>Coscinodiscus sp.</i>	Kematian massal ikan

Sumber berita: Kompas dan Tribun Lampung.

2. Faktor Penyebab *Blooming* Fitoplankton

Faktor- faktor yang menyebabkan terjadinya *blooming* ada empat faktor yaitu:

- a) pengkayaan unsur hara di laut atau eutrofikasi;⁵²
- b) perubahan hidro-meteorologi dalam skala besar;
- c) adanya gejala *upwelling* yaitu pengangkatan massa air yang kaya akan unsur hara ke permukaan;
- d) akibat hujan dan masuknya air tawar ke laut dalam jumlah besar.

Keempat faktor tersebut merupakan faktor penyebab terjadinya *blooming* spesies fitoplankton Gymnodiniales yang berwarna merah. Spesies ini akan hilang dengan sendirinya, bila ekosistem dalam air kembali seimbang, yaitu kembali pada kondisi normalnya. *Blooming* biasanya terjadi pada perairan pantai dan muara.

Blooming fitoplankton dapat terjadi akibat faktor alam seperti sirkulasi nutrisi di perairan, *upwelling* dan *downwelling*, masuknya nutrisi yang terbawa aliran

⁵² Barokah et al. *JPB Kelautan dan Perikanan* Vol. 11 No. 2. (Jakarta, 2016)

sungai, peningkatan suhu (saat perubahan musim), dan curah hujan.⁵³ Banyak penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa peningkatan kadar nutrient seperti nitrat, urea, fosfat, silica, senyawa karbon terlarut, senyawa nitrogen terlarut berkaitan dengan peningkatan populasi spesies – spesies fitoplankton yang berpotensi *Harmful Algae Blooms* (HABs).⁵⁴ *Blooming C. polykrikoides* terjadi karena laju pemanfaatan fosfor dan nutrisi N, dan *blooming C. polykrikoides* didefinisikan bila telah mencapai kepadatan sel >330 sel/ml.⁵⁵

Peranan manusia (*anthropogenic effect*) dianggap sebagai salah satu faktor kunci yang menyebabkan munculnya fenomena *Harmful Algae Blooms* (HABs).⁵⁶ Ledakan populasi plankton ini diduga disebabkan karena pengkayaan unsur hara di perairan sehingga menyebabkan eutrofikasi dan memicu terjadi *blooming C. polykrikoides*.

***Chaetoceros* sp.**

Diantara 300 jenis alga yang memiliki potensi menyebabkan *blooming*, ada sekitar 100 jenis yang memproduksi toksin. Racun yang dihasilkan oleh alga tersebut dapat mengakibatkan kasus keracunan seperti *Ciguatera Fish Poisoning* (CFP),

⁵³ Sellner, K. G., G. J. Doucette, and G. J. Kirkpatrick. "Harmful Algal Blooms : Causes, Impacts, And Detection". *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*30 : 383-406. (Jakarta, 2003)

⁵⁴ Glibert, P. Op.Cit. h. 27.

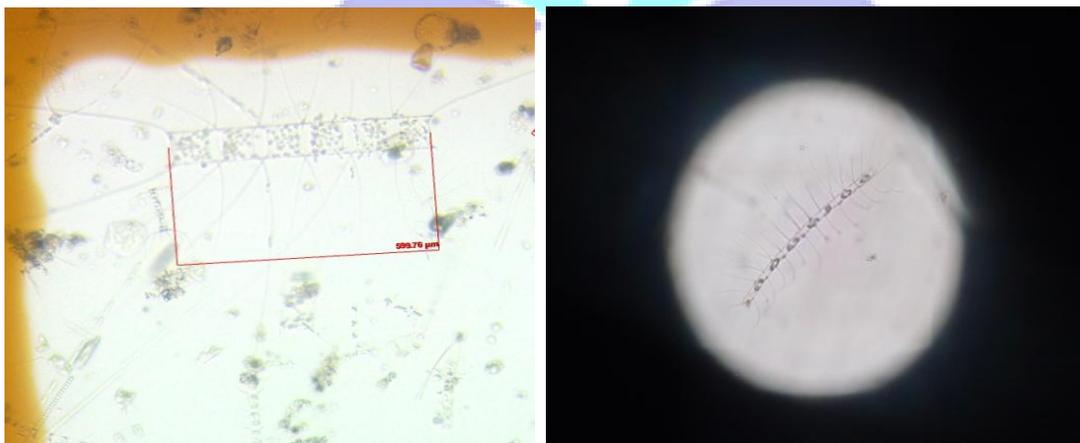
⁵⁵ Gobler CJ, A Burson, F Koch, Y Tang, MR Mulholland. "The Role of Nitrogenous Nutrients in the Occurrence of Harmful Algal Blooms Caused by *Cochlodinium polykrikoides* in New York Estuaries (USA)". *Journal Harmful Algae* 17: 64–74. (USA, 2012)

⁵⁶ Prayitno, H B. "Kondisi trofik perairan Teluk Jakarta dan potensi terjadinya ledakan populasi alga berbahaya (HABs)". *Jurnal* Vol. 37, No. 2, hal. 247 - 262. 2011. Pusat Penelitian Oseanografi dan Limnologi - LIPI. (Jakarta, 2011)

Amnesic Shellfish Poisoning (ASP), *Paralytic Shellfish Poisoning* (PSP), dan *Diarrhetic Shellfish Poisoning* (DSP).⁵⁷ Jenis alga beracun tersebut kebanyakan berasal dari filum Dinoflagellata dan Diatom. Diantara filum Diatom yang ditemukan di perairan Teluk Lampung, spesies *Chaetoceros* sp. memiliki jumlah populasi terbanyak dan berpotensi menyebabkan terjadinya *Harmful Algae Blooms* (HABs).

Klasifikasi *Chaetoceros* sp.

Kingdom : Protista
Phylum : Chrysophyta
Class : Bacillariophyceae
Ordo : Centroles
Family : Chaetocerataceae
Genus : *Chaetoceros*
Species : *Chaetoceros* sp.



⁵⁷ M.G Panggabean, Lily. "Toksin Alam dari Mikroalga". *Jurnal Oseana*, volume XXXI, nomor 3 : 1-12 (ISSN 0216-1877). (Jakarta, 2006)

Gambar 2.3. *Chaetoceros* sp.

Sumber: dokumentasi pribadi milik Rizky Nurdevita Sari (2018) dan Sartina (2017)

Deskripsi sel *Chaetoceros* sp.: berbentuk bulat dengan diameter 4 sampai 6 mikron dan ada yang berbentuk segiempat dengan ukuran 8x7 sampai 12x18 mikron. Sel pembungkus diatom ini dibentuk dari silikat. Pigmen yang dominan pada diatom ini adalah karotenoid dan diatomin sehingga fitoplankton ini berwarna kuning keemasan hingga coklat. Susunan tubuhnya ada yang berbentuk sel tunggal dan ada juga yang berbentuk koloni dengan bentuk tubuh simetri bilateral (pennales) dan simetri radial (centrals).

Chaetoceros bersifat thermophilic yang berarti mampu hidup pada kisaran suhu tinggi. Bahkan pada suhu 400°C fitoplankton ini dapat bertahan hidup meski tidak berkembang biak. Suhu optimal bagi pertumbuhan *Chaetoceros* adalah 25 – 30 °C. Sedangkan salinitas optimal bagi pertumbuhan *Chaetoceros* adalah 17 – 25 ppt. Pertumbuhan *Chaetoceros* juga dipengaruhi pH dan intensitas cahaya.⁵⁸

3. Dampak *Blooming* Alga Terhadap Aktivitas Budidaya

Di Perairan seluruh dunia terdapat lebih kurang 5000 spesies fitoplankton laut, dari jumlah tersebut sekitar 2% diketahui berbahaya atau beracun.⁵⁹ Di Indonesia ada 31 jenis fitoplankton yang diidentifikasi sebagai penyebab *Blooming* dan 7

⁵⁸ Manurung A.I. *Karakterisasi Awal Protein Diatom Chaetoceros gracilis yang Terlibat Dalam Pembentukan Biosilika*. (Medan: Universitas Darma Agung, 2008)

⁵⁹ Steidinger K. A. and K. Tangen. *Dinoflagellates : Identifying Marine Phytoplankton*. pp. 387-584. (USA: Academic Press. San Diego, California, 1997)

diantaranya dapat menyebabkan *Red tide*.⁶⁰ Namun tidak menutup kemungkinan jumlahnya bertambah dari waktu ke waktu. Migrasi strain fitoplankton penyebab *Blooming* dapat terjadi melalui ballast kapal/*shipping*, terutama di wilayah yang open akses dengan Samudra Hindia dan memiliki pelabuhan cargo internasional seperti Perairan Teluk Lampung. Akumulasi bahan-bahan organik/zat hara di suatu Perairan sering menyebabkan terjadinya eutrofikasi dan memicu terjadinya *blooming* alga.⁶¹

Blooming alga yang menyebabkan perubahan warna air laut menjadi coklat kemerahan diakibatkan oleh jenis dinoflagellata *Cochlodinium*, yang jika didiamkan beberapa saat \pm 5 menit akan membentuk gumpalan gel coklat dan sangat licin. Sel-sel *Cochlodinium* terhubung dalam rantai (2-8 sel atau lebih), ujung-ujung sel mengerucut dan bulat di puncak. *C. polykrikoides* mengandung klorofil a, c dan fucoxanthin (memberi warna kemerahan) serta lapisan selulosa. Lapisan selulose memberikan sifat licin dan menyebabkan kerusakan atau gangguan jaringan epitel insang pada ikan sehingga mati lemas.⁶²

C. polykrikoides mengandung neurotoksin, hemolytic, hemagglutinative dan PSP/saxitoxin, dapat menyebabkan penyakit pada manusia atau keracunan melalui konsumsi makanan laut terutama kekerangan yang terkontaminasi oleh alga

⁶⁰ Praseno, D. P. dan Sugestiniingsih. *Red tide* di perairan Indonesia. (Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi – LIPI, 2000)

⁶¹ Masó, M. and Garcés, E. “Harmful Microalgae Blooms (HAB); The Problematic and Conditions that Induce Them”. *Marine Pollution Bulletin*, 53 (2006): 620 – 630. (USA, 2006)

⁶² Kim, D., T. Oda, T. Muramatsu, D. Kim, Y. Matsuyama & T. Honjoc. “Possible factors responsible for the toxicity of *Cochlodinium polykrikoides*, a red tide phytoplankton”. *Comp. Bioch. Physiol. Part C*. 132: 415-423. (Jepang, 2002)

tersebut.⁶³ Beberapa kali kejadian *blooming* di Teluk Lampung telah menyebabkan kematian massal ikan-ikan budidaya di KJA (Karamba Jaring Apung), sehingga para pembudidaya mengalami kerugian.⁶⁴

Spesies *C. polykrikoides* merupakan termasuk jenis alga berbahaya, pada konsentrasi tinggi dapat menyebabkan kematian ikan karena banyak mengkonsumsi oksigen dalam air laut (tanaman umumnya menghasilkan oksigen berlebih di siang hari, tapi seperti binatang, mereka juga selalu mengkonsumsi oksigen).⁶⁵ Dari hasil penelitian terbaru disimpulkan bahwa *C. polykrikoides* menghasilkan toksisitas kimia.⁶⁶ Kerang mengalami kematian 100% selama 3 hari⁶⁷, dan dari hasil studi senyawa yang terkandung pada *C. polykrikoides* yang menjadi penyebab kematian dan menyebabkan neurotoksik, efek hemolitik, dan hemaglutinative.⁶⁸ Konsentrasi *C. polykrikoides* yang berlimpah juga dapat mempengaruhi pertumbuhan, kelangsungan hidup, dan perkembangan dari beberapa spesies zooplankton dan larva kekerangan seperti tiram.

⁶³ Yu, R.C., C. Hummert, B. Luckas, P.Y. Qian & M.J. Zhou. *Modified HPLC method for analysis of PST toxins in algae and shellfish from China*. Chromatography 48: 671-676. (China, 1998)

⁶⁴ Muawanah, Kurniastuty, T. Haryono dan W. Widiatmoko. *Dominasi plankton kategori Blooming (Harmful Algal Blooms) di Teluk Hurun*. Balai Besar Pengembangan Budidaya Laut Lampung. (Lampung, 2013)

⁶⁵ Muawanah, T Haryono, W Widiatmoko dan R Purnomowati. "Fenomena Out Break HABs (Harmful Algal Blooms) di Teluk Lampung". *Buletin Budidaya Laut* No. 39. Balai Besar Perikanan Budidaya Laut Lampung. (Lampung, 2015)

⁶⁶ Gobler CJ, A Burson, F Koch, Y Tang, MR Mulholland. "The Role of Nitrogenous Nutrients in the Occurrence of Harmful Algal Blooms Caused by *Cochlodinium polykrikoides* in New York Estuaries (USA)". *Journal Harmful Algae* 17: 64-74 (USA, 2012)

⁶⁷ Glibert, P. M., R. Magnien, M. W. Lomas, J. Alexander, C. Fan, E. Haramoto, M. Trice, and T. M. Kana. "Harmful Algal Blooms In The Chesapeake and Coastal Bays Of Maryland". *Estuaries*, Vol. 24. (USA, 2001)

⁶⁸ Kim, D., T. Oda, T. Muramatsu, D. Kim, Y. Matsuyama & T. Honjoc. "Possible factors responsible for the toxicity of *Cochlodinium polykrikoides*, a red tide phytoplankton". *Comp. Bioch. Physiol.* Part C. 132: 415-423. (Jepang, 2002)

E. Senyawa N dan P

Media tumbuh *C. polycrikoides* adalah makro nutrient yang berupa N dan P yang terkandung dalam suatu perairan. Nitrogen di perairan terdiri dari dua golongan yang berbeda bentuknya yaitu nitrogen organik dan nitrogen anorganik.⁶⁹ Nitrogen organik di perairan adalah nitrogen yang terikat dengan senyawa organik dalam bentuk protein, asam amino, dan urea.⁷⁰ Nitrogen anorganik adalah nitrogen yang tidak dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan akuatik dan harus mengalami fiksasi terlebih dahulu menjadi amonia (NH_3), amonium (NH_4^+), nitrit (NO_2^-) dan nitrat (NO_3^-).

Nitrogen ammonia, yaitu nitrogen berupa garam-garam ammonia, ammonium serta amonia bebas ($(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$). Nitrogen nitrit, tidak terdapat dalam jumlah yang besar. Nitrogen nitrit merupakan bentuk nitrogen yang tidak stabil dan merupakan keadaan sementara proses oksidasi antara ammonia dan nitrat. Nitrogen nitrat dapat dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan.⁷¹ Nitrat adalah bentuk senyawa stabil yang merupakan zat hara penting bagi organisme

⁶⁹ Boyd, C. E. *Water Quality In Warmwater Fish Pond*. 4th Printing. Auburn University Agricultural Experiment Station, Alabama, h.359. (USA, 1988)

⁷⁰ Nasir A, Muhammad L dan Nurfadillah. "Ratio of Nutrient and Diatom – Dinoflagellate community In Spermonde Waters, South Sulawesi?". *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, Vol. 3, No. 1. (Bandung: Universitas Padjajaran, 2012)

⁷¹ Effendi, H. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. (Yogyakarta: Penerbit Kanisius, 2003)

autotrof dan diketahui sebagai faktor pembatas pertumbuhan. Nitrat pada konsentrasi yang tinggi dapat mengakibatkan *blooming* alga dan proses eutrofikasi.⁷²

Fosfor sangat penting untuk kehidupan organisme perairan karena berfungsi dalam penyimpanan dan transfer energi dalam sel dan berfungsi dalam sistem genetik.⁷³ Fosfor di perairan dalam bentuk senyawa fosfat, yang terdiri atas fosfat terlarut dan fosfat partikulat. Fosfat terlarut terbagi atas fosfat organik dan fosfat anorganik yang terdiri dari ortofosfat dan polifosfat.⁷⁴ Ortofosfat merupakan bentuk fosfat yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh fitoplankton, sedangkan polifosfat sebelum dimanfaatkan sebagai sumber fosfor harus terlebih dahulu dihidrolis membentuk ortofosfat.

Ortofosfat adalah senyawa-senyawa seperti monofosfat (HPO_4^{2-}) dan dihidrogen fosfat (H_2PO_4^-), sedangkan polifosfat merupakan senyawa-senyawa polimer seperti heksametafosfat ($(\text{PO}_3)_6^{3-}$), pirofosfat ($\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$), dan tripolifosfat ($\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}$). Kadar fosfor di perairan alami biasanya relatif kecil dengan kadar yang lebih sedikit dibandingkan dengan sumber nitrogen.⁷⁵

Perbandingan nitrogen dan fosfor (N/P) dalam perairan dapat digunakan sebagai suatu cara untuk menilai jenis atau macam populasi fitoplankton yang

⁷² Rahman, A. "Peranan zooplankton dalam mengontrol fenomena *Harmful Algal Blooms* (HAB)". *Oseana.Majalah Ilmiah Semi Populer*. Vol. XXXVI Nomor 3. (Bogor: LIPI - Penelitian Oseanografi, 2011)

⁷³ Cole, G.A., *Textbook of Limnology*. McGraw-Hill Book Company. (New York, USA, 1983)

⁷⁴ Anderson, D.M., Glibert, P.M., Burkholder, J.M. "Harmful algal Bloom and Eutrofication : Nutrient Sources, Composition and Consequences". *Estuaries* 25 : 562 – 584. (USA, 2002)

⁷⁵ Effendi, H. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. (Yogyakarta: Penerbit Kanisius, 2003)

mungkin ada atau dominan di suatu perairan.⁷⁶ Untuk mengetahui nutrisi yang menjadi faktor pembatas digunakan dua pendekatan yaitu: melalui nilai konsentrasi masing-masing nutrisi (dalam hal ini N dan P) atau melalui perbandingan keduanya.⁷⁷

Nitrogen dan fosfor bila dilihat dari konsentrasi masing-masing dapat menjadi faktor pembatas jika fosfor kurang dari 0,005 mg/L dan nitrogen kurang dari 0,02 mg/L. Nitrogen dan fosfor apabila berada dalam konsentrasi yang melebihi nilai batas tersebut maka faktor pembatas ditentukan dengan perbandingan keduanya. Pada umumnya bila nilai rasio total N dan total P < 12 mengindikasikan bahwa nitrogen merupakan faktor pembatas pertumbuhan fitoplankton sedangkan rasio total N dan total P > 12 mengindikasikan bahwa fosfor merupakan faktor pembatas pertumbuhan fitoplankton.⁷⁸ Dengan demikian konsentrasi N dan P di suatu perairan akan berpengaruh terhadap kelimpahan fitoplankton di perairan.

Beberapa peneliti telah membuktikan bahwa peningkatan unsur hara N dan P dari limbah pertambakan, pembenihan (*hatchery*) dan budidaya ikan dalam Keramba Jaring Apung (KJA) mengakibatkan terjadinya *Harmful Algae Blooms (HABs)* di Teluk Hurun. Masukan N dan P ke perairan akan menyebabkan eutrofikasi perairan yang selanjutnya dapat memicu terjadinya ledakan populasi fitoplankton yang dapat

⁷⁶ Haarcoryati, A. "Hubungan Rasio N/P Dengan Kecenderungan Dominasi Komunikasi Mikroalga Pada Waduk - Waduk di DPS Citarum". *Bulletin Keairan*, Vol. 1, No.1. (Jakarta, 2008)

⁷⁷ Rahman, A. "Peranan zooplankton dalam mengontrol fenomena *Harmful Algal Blooms (HAB)*". *Oseana.Majalah Ilmiah Semi Populer*.Vol. XXXVI Nomor 3. (Bogor: LIPI- Penelitian Oseanografi, 2011)

⁷⁸ Sulastri. "Komposisi dan kelimpahan fitoplankton paska kematian ikan secara masal di danau Maninjau, Sumatera Barat". *Jurnal Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia*, Vol. 37, No. 3, hal. 479 - 493. ISSN 0125-9830. Pusat Penelitian Oseanografi dan Limnologi - LIPI. (Jakarta, 2011)

berbahaya bagi organisme perairan. Hubungan unsur hara N dan P dengan *HABs* juga ditunjukkan dengan analisis regresi berganda dan *Canonical Corelation Analysis (CCA)* yang menunjukkan adanya korelasi positif yang kuat antara konsentrasi unsur hara N dan P dengan potensi kemunculan *HABs* pada berbagai lokasi budidaya perikanan di Teluk Lampung.⁷⁹

F. Status Trofik Perairan

Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 28 tahun 2009, status trofik adalah status kualitas air danau berdasarkan kadar unsur hara dan kandungan biomassa fitoplankton atau produktifitasnya. Status trofik suatu perairan menunjukkan tingkat kesuburan serta dampak adanya beban limbah unsur hara yang masuk ke perairan. Tingkat kesuburan suatu perairan terdiri dari: *oligotrofik*, *mesotrofik* dan *eutrofik*.⁸⁰

Oligotrofik merupakan perairan yang dalam dan kekurangan makanan atau nutrient, karena fitoplankton di daerah limnetik tidak produktif. Ciri-ciri perairan oligotropik ini adalah : Airnya jernih sekali, dihuni oleh sedikit organisme, dari atas

⁷⁹ Hasani, Qadar, Enan Mulyana Adiwilaga dan Niken Tunjung Murti Pratiwi. "The Relationship between the Harmful Algae Blooms (*HABs*) Phenomenon with Nutrients at Shrimp Farms and Fish Cage Culture Sites in Pesawaran District Lampung Bay". *Makara Journal of Science* 16/3, 183-191. (Lampung, 2012)

⁸⁰ Nastiti, S N.dan M.R.A Putri. "Komposisi dan kelimpahan fitoplankton di Teluk Jakarta". *Jurnal Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia*, Vol. 39, No. 2, h. 139 - 151. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. (Jakarta – Bogor, 2013)

sampai dasar air banyak terdapat oksigen sepanjang tahun.⁸¹ Perairan oligotrofi lama kelamaan akan meningkat aktifitas biologisnya dan menjadi mesotrofik.

Mesotrofik merupakan perairan yang airnya lebih keruh, produksi bahan organik bertambah, kesuburan danau lebih tinggi namun belum mencapai kesuburan optimal. Jika kesuburan perairan telah mencapai titik optimal, perairan tersebut disebut perairan eutrofik.

Eutrofik merupakan perairan yang dangkal dan kaya akan kandungan makanan atau nutrien, karena fitoplankton sangat produktif. Ciri-ciri perairan eutrofik ini adalah : Airnya keruh, terdapat bermacam-macam organisme, oksigen di daerah profundal, yaitu daerah dalam (afotik atau tidak tertembus cahaya matahari).

Perairan oligotrofik dapat berkembang menjadi eutrofik akibat adanya materi-materi organik yang masuk dan endapan.⁸² Perubahan ini juga dapat dipercepat oleh aktivitas manusia, misalnya dari sisa-sisa pupuk buatan pertanian dan timbunan sampah kota yang memperkaya perairan dengan buangan sejumlah nitrogen dan fosfor. Akibatnya terjadi peledakan populasi ganggang atau *Blooming*, sehingga terjadi produksi detritus yang berlebihan yang akhirnya menghabiskan suplai oksigen di perairan tersebut.

Selain air didominasi oleh fitoplankton yang tidak ramah lingkungan, eutrofikasi juga merangsang pertumbuhan tanaman air lainnya. Eutrofikasi disebabkan peningkatan unsur hara terutama parameter Nitrat dan Fosfat pada

⁸¹ Odum, E. P. *Dasar-Dasar Ekologi*. Edisi ketiga. Terjemahan : Samingan, T., Srigandono. *Fundamentals Of Ecology*. Third Edition. (Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 1993)

⁸² Ibid.

perairan danau eutrofikasi diklasifikasikan menjadi empat katagori status trofik yang tertera pada tabel.⁸³

Tabel 2.3. Status trofik pada eutrofikasi.

Status Trofik	Kadar Rata-rata Total-N (µg/l)	Kadar Rata-rata Total-P (µg/l)	Kadar Rata-rata Total Klorofil-a (µg/l)	Kecerahan Rata-rata (m)
Oligatrof	≤650	<10	<2,0	≥10
Mesatrof	≤750	<30	<5,0	≥4
Eutrof	≤1900	<100	<15	≥2,5
Hipereutrof	>1900	≥100	≥200	<2,5

Nitrat dapat digunakan untuk mengelompokkan tingkat kesuburan perairan. Perairan oligotrofik memiliki kadar nitrat antara 0-1 mg/L, perairan mesotrofik memiliki kadar nitrat antara 1-5 mg/L dan perairan eutrofik memiliki kadar nitrat antara 5 – 50 mg/L. Sedangkan dari rasio N/P di perairan oligotrofik 0-2, mesotrofik 2-4 dan di eutrofik 4-6.⁸⁴

G. Gambaran Umum Pesisir Teluk Lampung

1. Letak Geografis

Teluk Lampung merupakan salah satu dari dua teluk di ujung paling selatan pulau Sumatra, Kota Bandar Lampung terletak pada pangkal teluk, dan bagian mulut

⁸³ Cole, G.A. *Textbook of Limnology*. McGraw-Hill Book Company. (New York USA, 1983)

⁸⁴ Nastiti, S N.dan M.R.A Putri. "Komposisi dan kelimpahan fitoplankton di Teluk Jakarta. Jurnal Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia". *Jurnal Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia*, Vol. 39, No. 2. (Bogor: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, 2013)

teluk (arah selatan-tenggara) berhadapan langsung dengan Selat Sunda yang merupakan perairan penghubung antara Laut Jawa di sebelah utara dan Samudera Hindia di selatan. Pesisir Teluk Lampung meliputi daratan dan perairan, dengan posisi geografis terletak antara 104°56'-105°45' BT dan 5°25'-5°59' LS. Luas total wilayah daratan adalah 127.902 ha, dan luas perairan adalah 161.178 ha.

Daratan wilayah pesisir Teluk Lampung tergolong sebagai dataran pantai sempit dan perbukitan, dengan batuan dominan meliputi endapan aluvium dan rawa, batu gamping terumbu, dan endapan gunung api muda berumur quarter (Qhv). Wilayah yang berbatasan dengan daratan memiliki kelerengan beragam mulai dari landai (3-8%) sampai dengan sangat curam (>40%), dengan elevasi beragam mulai dari 10 sampai dengan >1.000 m dpl.

2. Kondisi Wilayah

Wilayah pesisir Teluk Lampung memiliki potensi ekonomi wilayah yang besar. Secara ekologis wilayah ini merupakan kesatuan fungsional yang relatif dapat dibatasi dari wilayah lainnya di Provinsi Lampung. Wilayah pesisir Teluk Lampung, dipisahkan oleh daerah aliran sungai (DAS) tersendiri, dan memiliki perairan teluk yang semi tertutup dengan tubuh air lainnya. Nilai strategis lain dari wilayah pesisir Teluk Lampung adalah lokasi geografisnya sebagai pintu gerbang antar Pulau Sumatra dan Jawa, serta dari sisi pertahanan sebagai calon pusat armada barat TNI-AL.

Berdasarkan kondisi wilayah dan nilai strategis kawasan, maka terdapat cukup alasan untuk memberikan status sebagai kawasan strategis provinsi pada wilayah

pesisir Teluk Lampung. Dengan status tersebut maka penataan ruang dan pengelolaan wilayah pesisir Teluk Lampung, dapat lebih diprioritaskan. Dengan demikian, wilayah ini akan memiliki peluang untuk lebih maju dan berkelanjutan, serta akan lebih berperan bagi Provinsi Lampung secara keseluruhan.

3. Kondisi Fisik dan Kimia Perairan Teluk Lampung

a. Arus dan sedimen

Arus di Teluk Lampung terdiri dari arus pasut yang dibangkitkan oleh pasut, dan arus non pasut yang utamanya dibangkitkan oleh angin. Kekuatan arus berkisar antara 0,02-0,87 knot (1 knot = 1,852 km/jam). Pada musim barat antara bulan November hingga Maret, arus mengalir dengan kecepatan 0,52-0,87 knot dan mencapai kecepatan maksimum pada bulan Desember. Arus pada musim barat ini mengalir dengan tetap menuju ke arah tenggara. Sedangkan arus pada musim timur antara bulan April hingga Oktober melemah dengan kisaran kecepatan 0,02-0,70 knot. Pada bulan Juli arus mencapai minimum, berkisar antara 0,02-0,10 knot.

Sebaran sedimen di Teluk Lampung cukup bervariasi mengikuti pola arus yang terjadi. Pada lokasi-lokasi dasar perairan yang dipengaruhi oleh arus pasut yang cepat akan didominasi pasir; dan sebaliknya yang dipengaruhi oleh pergerakan arus pasut lemah akan didominasi sedimen lumpur. Sedimen pasir yang berasal dari aliran sungai akan diendapkan di sekitar muara sungai.

b. Kualitas Air

Kualitas air adalah kondisi kualitatif air yang diukur dan di uji berdasarkan parameter- parameter tertentu dan metode tertentu. Parameter ini meliputi parameter fisik, kimia, dan mikrobiologis. Kualitas air Teluk Lampung ditunjukkan dengan penggambaran beberapa parameter yang dirujuk dari berbagai sumber, seperti disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.4. Kualitas Air Teluk Lampung.

Parameter	Satuan	Kisaran Nilai	Baku Mutu
Suhu	°C	28,0-31,5	Alami
Salinitas	‰	32-35	Alami
Padatan Tersuspensi (TSS)	mg/L	35,0-55,4	< 20
Oksigen Terlarut (DO)	mg/L	6,4-7,5	> 5
Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD)	mg/L	22,8-29,2	< 20
Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)	mg/L	45,8-75,7	-

Sumber : Kep-Men-LH No. 51 tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut

4. Teluk Hurun

Teluk Hurun merupakan bagian dari Teluk Lampung, berada di arah Timur Laut dari Teluk Lampung. Secara geografis Teluk Hurun terletak pada 105° 12' 45'' sampai 105° 13' 0'' BT dan 5° 31' 30'' sampai 5° 31' 36''LS. Luas Teluk Hurun kurang lebih 5 km² dengan panjang 2,5 km dan lebar 2 km. Dasar perairan teluk di bagian Barat Daya dan Selatan umumnya landai dengan kedalaman kurang dari 5 m. Dasar perairan di bagian Tenggara (sekitar mulut teluk) cukup dalam yaitu sekitar 10-15 m. Kondisi muara teluk di bagian Utara diselimuti hutan mangrove sementara bagian Selatan terdapat beberapa tambak tradisional. Di bagian mulut teluk terdapat 3

unit Keramba Jaring Apung (KJA) milik Balai Besar Pengembangan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung serta lepas pantai terdapat kegiatan budidaya kerang mutiara. Kedalaman rata-rata teluk sekitar 15 m.

Teluk Hurun memiliki iklim tropis basah yang dipengaruhi oleh angin yang bertiup dari Samudera Indonesia. Musim tahunan di Teluk Hurun adalah musim kemarau, musim peralihan dan musim hujan. Musim hujan terjadi pada bulan Desember – Maret, sedangkan musim peralihan terjadi pada bulan April – Mei dan Oktober – November dan musim kemarau terjadi pada bulan Juni – September. Suhu udara di wilayah Teluk Hurun berkisar antara 24 °C – 34 °C. Angin bertiup dari arah Barat dan Barat Laut pada bulan November – Maret. Sedangkan pada bulan Juli – Agustus bertiup dari arah timur.

H. Metode Pengambilan Sampel Plankton

Metode pengambilan sampel plankton dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu secara mendatar, tegak, dan miring.⁸⁵

1. Tegak (vertikal)

Pengambilan secara vertikal ini merupakan cara termudah untuk mengambil plankton dari seluruh kolom air (*composite sample*). Ketika kapal berhenti, jaring diturunkan pada kedalaman yang diinginkan dengan pemberat diikat dibawahnya (biasanya 10 kg itu mulut jaring berdiameter 0,45 m). Setelah itu jaring ditarik dengan kecepatan

⁸⁵ Arinardi, O. H., et al, *Kisaran Kelimpahan dan Komposisi Plankton Predominan Di Perairan Kawasan Timur Indonesia*. h.140. (Jakarta: Pusat dan Pengembangan Oseanologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, 1997)

konstan. Untuk mata jaring halus biasanya berkecepatan sebesar 0,5 meter/detik dan untuk mata jaring yang kasar adalah 1,0 meter/detik. Sudut antara kawat jaring dan garis vertikal sebaiknya dicatat untuk mengetahui kedalaman pengambilan yaitu dengan menghitung kosinus dari sudut antara kawat dan garis tegak.

2. Mendatar (horisontal)

Dengan cara ini plankton diambil secara mendatar (horisontal) di dalam air pada kedalaman tertentu seperti yang diinginkan. Seiring dengan Bergeraknya kapal secara perlahan (sekitar 2 knot), jaring di tarik untuk jarak atau waktu yang diinginkan (biasanya sekitar 5-8 menit). Dari pengambilan cara ini akan di dapatkan jumlah plankton cukup banyak walau terbatas pada satu lapisan saja.

3. Miring (oblique)

Sebuah pemberat diikat pada bagian ujung kawat dan jaring dipasang pada jarak tertentu diatas pemberat. Jaring diturunkan dengan perlahan ketika kapal bergerak lambat (sekitar 2 knot). Besar sudut kawat dengan garis vertikal (sekitar 45 derajat) tetap dipertahankan sampai kawat terulur pada panjang di kedalaman yang diinginkan (biasanya pada kedalaman 200-300 meter). Setelah mencapai kedalaman yang diinginkan, kawat beserta jaring ditarik secara perlahan dengan posisi sudut yang sama sampai tiba diatas kapal. Sampel yang diperoleh merupakan plankton yang tertangkap dari berbagai lapisan air (*composite sampel*). Kelemahan sampling dengan cara ini adalah waktu yang dibutuhkan sangat relative lama, kawat dan alat penggulungnya (*winch*) harus kuat. Masih banyak alat dan cara yang digunakan oleh

para peneliti tergantung kepada apa yang ingin diketahui tentang plankton di ekosistem bahari.⁸⁶

I. Kerangka Pemikiran

Chaetoceros sp. merupakan salah satu jenis fitoplankton laut perusak sistem pernafasan yang jika jumlahnya berlebih di sebuah perairan maka berpotensi membunuh berbagai jenis biota laut secara massal. *Blooming Chaetoceros sp.* sudah sering terjadi di perairan Teluk Hurun, hingga menyebabkan kematian massal ikan budidaya yang diakibatkan penurunan jumlah oksigen terlarut yang ada di perairan. Sel – sel *Chaetoceros sp.* menutupi insang ikan yang mengakibatkan ikan sulit bernapas. Aktifitas manusia di sekitar perairan, seperti pembuangan limbah rumah tangga maupun industri ke perairan, adalah penyebab utama terjadinya eutrofikasi yang memicu *blooming* spesies tersebut.

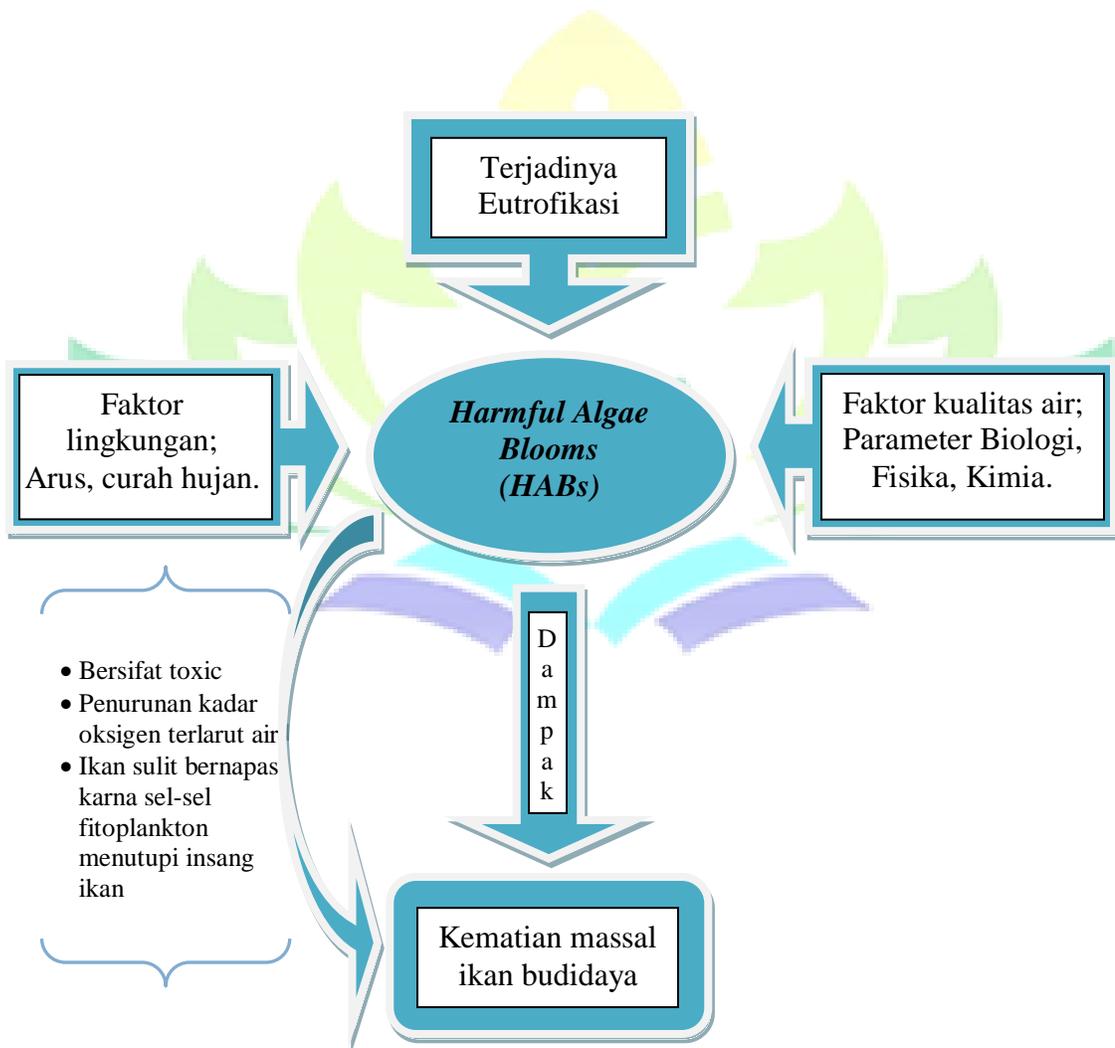
Blooming Chaetoceros sp. sangat berbahaya bagi organisme perairan. Jika *blooming* di Perairan Teluk Hurun dibiarkan terus terjadi maka akan merugikan banyak nelayan karena Teluk Hurun telah lama dijadikan sebagai salah satu area pusat produksi perikanan budidaya nasional. Berdasarkan uraian diatas, maka perlu dilakukan penelitian tentang identifikasi fitoplankton yang berpotensi menyebabkan *Harmful Algae Blooms (HABs)* di Perairan Teluk Hurun. Dari hasil penelitian ini juga diharapkan dapat digunakan sebagai alternatif sumber belajar biologi pada materi

⁸⁶ Sari, R.A. *Analisis Kuantitatif Berbagai Teknik Pengambilan Contoh Plankton di Perairan Pantai Pulau Lae-Lae Makassar.* (Makassar: Unhas, 2015)

Protista pada peserta didik Sekolah Menengah Atas (SMA) kelas X semester Ganjil untuk mencapai Kompetensi Dasar :

3.6. Mengelompokkan protista berdasarkan ciri-ciri umum kelas dan mengaitkan peranannya dalam kehidupan.

4.3. Menyajikan laporan hasil investigasi tentang berbagai peran protista dalam kehidupan.



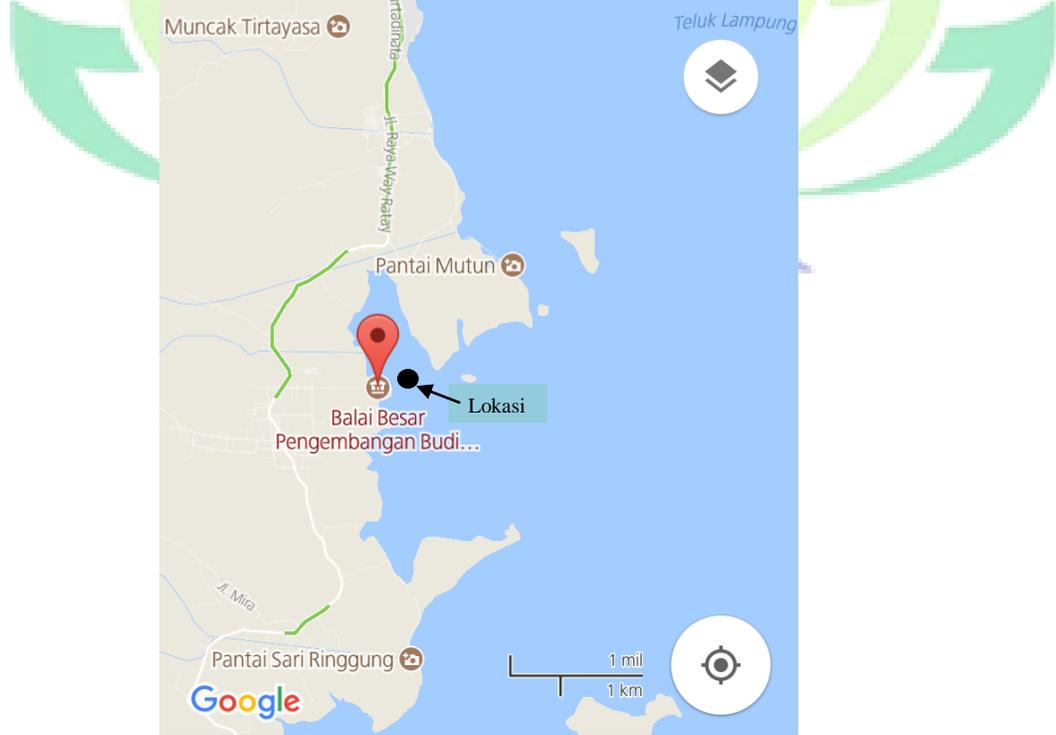
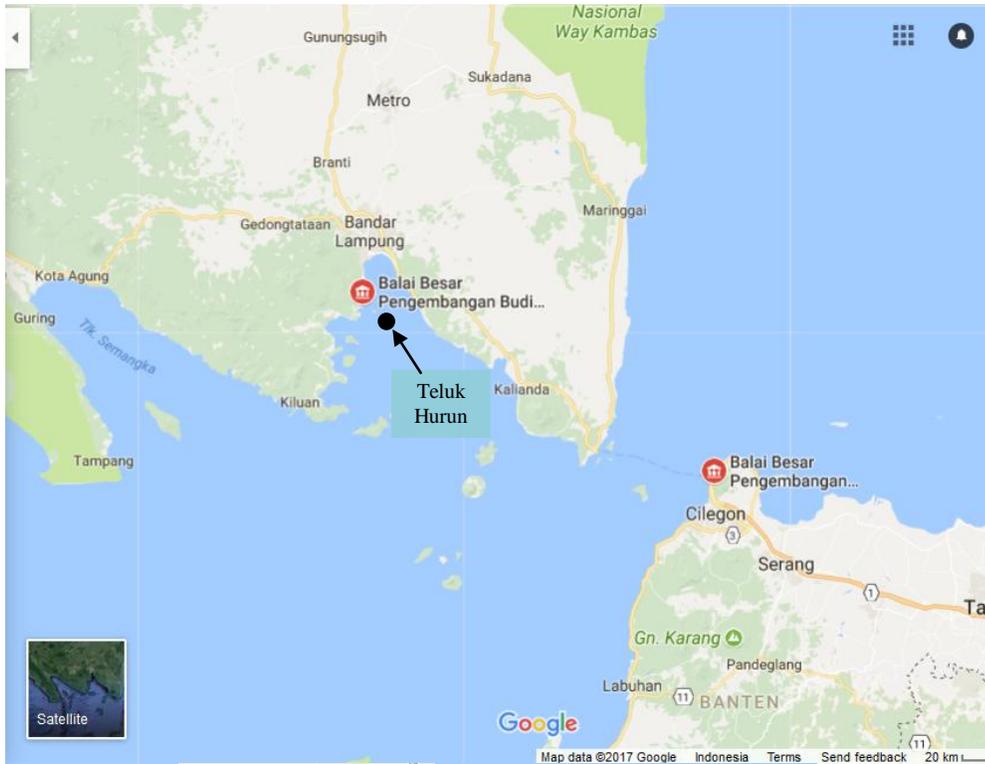
Gambar 2.4. Bagan kerangka pemikiran.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2018, terhitung sejak persiapan sampai analisis laboratorium. Pengambilan sampel dilaksanakan di perairan Teluk Hurun, Lampung, sedangkan pengukuran parameter fisika dan kimia dilaksanakan di Laboratorium Balai Besar Perikanan Budidaya Laut Lampung yang terletak di Jalan Yos Sudarso, Padang Cermin, Kabupaten Pesawaran, Lampung, dan khusus untuk pengukuran COD dilaksanakan di Laboratorium Analisis Air Politeknik Negeri Lampung (Polinela) yang terletak di Jalan Soekarno-Hatta No.10, Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung.



Gambar 3.1. Peta lokasi penelitian.
Sumber: Google maps.

B. Metode Penelitian

Metode penelitian ini adalah deskriptif yang bersifat studi kasus, sedangkan untuk penentuan lokasi sampling digunakan metode *Purposive Random Sampling* pada tiga stasiun pengamatan (stasiun A, B, dan C) dengan desain sebagai berikut.

- Lokasi pengambilan sampel ditentukan berdasarkan perbedaan aktifitas budidaya yang terdapat pada masing-masing lokasi.
- Pada masing-masing stasiun dilakukan 3 (tiga) kali ulangan pengambilan sampel, yaitu pengambilan sampel pertama (PS1), pengambilan sampel kedua (PS2), dan pengambilan sampel ketiga (PS3).
- Pengambilan sampel air dilakukan sebanyak tiga sampel, masing-masing satu sampel untuk indikator biologi (a), sampel untuk BOD (b), dan sampel untuk COD (c).

Tabel 3.1. Pembagian Stasiun dan Titik Sampling Penelitian

	Pengambilan Sampel Pertama	Pengambilan Sampel Kedua	Pengambilan Sampel Ketiga
Stasiun A	PSA1 _{(a)(b)(c)}	PSA2 _{(a)(b)(c)}	PSA3 _{(a)(b)(c)}
Stasiun B	PSB1 _{(a)(b)(c)}	PSB2 _{(a)(b)(c)}	PSB3 _{(a)(b)(c)}
Stasiun C	PSC1 _{(a)(b)(c)}	PSC2 _{(a)(b)(c)}	PSC3 _{(a)(b)(c)}

Tabel 3.2. Deskripsi Area Stasiun dan Titik Sampling Penelitian

Gambar Stasiun dan Titik Sampling	Deskripsi Area Stasiun
 <p data-bbox="302 863 906 898">Titik pengambilan sampel di stasiun A</p>	<p data-bbox="930 415 1401 562">Stasiun A, yang terletak di area Keramba Jaring Apung milik Balai Besar Perikanan Budidaya Laut Lampung, berukuran 8x8 m.</p>
 <p data-bbox="302 1346 906 1381">Titik pengambilan sampel di stasiun B</p>	<p data-bbox="930 898 1401 1045">Stasiun B, yang terletak di area Bagan Apung milik Balai Besar Perikanan Budidaya Laut Lampung, berukuran 20x10 m.</p>
 <p data-bbox="302 1829 906 1864">Titik pengambilan sampel di stasiun C</p>	<p data-bbox="930 1381 1401 1497">Stasiun C, yang terletak di area dermaga, tempat yang berhubungan dengan transportasi air.</p>

C. Teknik Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data pada penelitian ini adalah pengamatan langsung ke lokasi penelitian (metode survey) dan dalam proses pengumpulan data peneliti menggunakan beberapa teknik diantaranya teknik observasi dan dokumentasi.

1. Observasi: *Study Observasional (Expost Facto)* yang bersifat komparasi, peneliti tidak memberikan intervensi apapun pada subyek penelitian.
2. Dokumentasi: pengambilan gambar sampel dan hasil pengamatan dengan menggunakan kamera.

D. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini tertera dalam tabel berikut.

Tabel 3.3. Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian.

No.	Alat dan Bahan	Kegunaan
1	Roll meter	Untuk mengukur jarak titik stasiun yang satu dengan stasiun lainnya
2	GPS	Untuk menentukan titik koordinat/posisi
3	Plankton net	Untuk menyaring Plankton
4	Botol sampel	Untuk menyimpan sampel air
5	Kamera	Untuk mendokumentasi seluruh kegiatan dan sampel yang diidentifikasi
6	Mikroskop	Sebagai alat untuk mengidentifikasi sampel plankton
7	Termometer	Untuk mengukur suhu
8	Ph meter	Untuk mengukur derajat keasaman air
9	<i>Hand Refraktometer</i>	Untuk mengukur salinitas air laut
10	<i>Sedgwick Rafter</i>	Untuk menghitung atau mencacah plankton yang telah tersaring
11	<i>Secchidish</i>	Untuk mengukur kecerahan
12	DO meter	Untuk mengukur DO

13	Larutan Asam sulfat pekat (H ₂ SO ₄)	Untuk menghilangkan endapan dalam larutan
14	Larutan potasium dikromat + larutan FAS (Ferrous amonium sulfat) + larutan indikator ferroin	Untuk menganalisis COD
15	<i>Spektrofotometer</i>	Untuk menguji kandungan senyawa N dan P
16	Perahu motor	Sebagai sarana transportasi dalam pengambilan sampel
17	Alat tulis	Untuk mencatat hasil pengukuran dan buku identifikasi plankton untuk pedoman dalam mengidentifikasi plankton
18	Air laut	Sebagai sampel
19	Larutan formalin	Untuk mengawetkan sampel

E. Prosedur Penelitian

1. Persiapan alat dan bahan

Alat dan bahan dipersiapkan sebelum dilakukan pelaksanaan sampel di lapangan. Kegiatan persiapan meliputi pengumpulan peralatan utama dan alat bantu yang akan dipakai selama pengambilan data lapangan.

2. Pengukuran kualitas air dengan parameter fisika

Variabel kualitas air berdasarkan parameter fisika yang akan diukur selama pengambilan sampel adalah suhu dan kecerahan. Suhu air diukur dengan cara mencelupkan *thermometer* kedalam air di permukaan laut. Pengukuran kecerahan dilakukan dengan menggunakan alat *secchidish*, dengan cara dimasukkan kedalam air. Ukuran kecerahan merupakan jarak antara permukaan air kepingan saat pertama kali piringan tidak terlihat.

Piringan dimasukkan ke dalam air kemudian diangkat sampai terlihat kembali, di rata – rata yang dinyatakan dalam sentimeter (cm).

3. Pengukuran kualitas air dengan parameter kimia

Variabel kualitas air berdasarkan parameter kimia yang akan diukur selama pengambilan sampel adalah pH, salinitas, DO, BOD, dan COD. Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan alat pH meter, sedangkan pengukuran salinitas dilakukan dengan Refraktometer. Saat menggunakan Refraktometer, sampel air laut diteteskan ke bagian prisma Refraktometer lalu menutup pelat ke posisi awal. Skala salinitas dapat dilihat di ujung bulat Refraktometer.

Cara penentuan oksigen terlarut dengan alat DO meter adalah cara langsung untuk menentukan oksigen terlarut dengan metoda elektrokimia. Caranya dengan memasukkan probe DO meter ke dalam kolom air, kemudian ditunggu beberapa saat sampai angka digital yang muncul stabil. Prinsip kerjanya adalah menggunakan probe oksigen yang terdiri dari katoda dan anoda yang direndam dalam larutan elektrolit. Pada alat DO meter, probe ini biasanya menggunakan katoda perak (Ag) dan anoda timbal (Pb).

Pengukuran BOD mengukur kandungan oksigen terlarut awal (DO_i) segera setelah pengambilan sampel, kemudian mengukur kandungan oksigen terlarut pada sampel yang telah diinkubasi selama 5 hari pada kondisi gelap dan suhu tetap (20°C) yang sering disebut dengan DO_5 . Selisih DO_i dan DO_5 ($DO_i - DO_5$) merupakan nilai BOD yang dinyatakan dalam miligram

oksigen per liter (mg/L). Pengukuran COD menggunakan peralatan khusus *reflux*, penggunaan asam pekat, pemanasan, dan titrasi.

4. Pengambilan sampel fitoplankton

Metode pengambilan sampel plankton yang digunakan adalah metode penarikan (*towing*) di permukaan secara vertikal. Sampel diambil dengan teknik filtrasi, yaitu dengan mengambil sampel air sebanyak 100 ml kemudian sampel air tersebut disaring dengan menggunakan *plankton net* 30 μ dan hasilnya dimasukkan kedalam botol sampel 250 mL yang telah diberi label. Metode pengambilan plankton secara vertikal ini dimaksudkan untuk mengetahui sebaran plankton di berbagai lapisan air. Bagian akhir ujung *plankton net* terdapat *bucket*, yaitu alat penampung plankton yang telah terkumpul. *Bucket* tidak dapat menampung air terlalu banyak. Alat penampung ini biasanya berbentuk tabung yang mudah dicopot dari tabungnya. Formalin 4% akan diteteskan kedalam botol sampel pada tahap fiksasi (pengawetan) untuk selanjutnya diidentifikasi di laboratorium.

F. Teknik Analisis Data

Dengan menggunakan data hasil penelitian maka kelimpahan plankton, indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, dan indeks dominansi akan dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

Untuk menentukan kelimpahan plankton secara kuantitatif berdasarkan metode sapuan di atas gelas objek *Segwick Rafter* digunakan rumus:⁸⁷

$$N = n \times (V_r/V_o) \times (1/V_s)$$

Dimana :

N = Jumlah sel per liter

n = Jumlah sel yang diamati

V_r = Volume air tersaring (ml)

V_o = Volume air yang diamati (pada *Segwick Rafter*) (ml)

V_s = Volume air yang disaring (l)

Kemudian Indeks keanekaragaman (H') dihitung dengan menggunakan rumus persamaan Shannon-Wiener⁸⁸:

$$H' = - \sum_{t=1}^s P_i \ln P_i$$

Atau

$$H' = - \sum P_i \log P_i$$

Dimana:

H' = Indeks keanekaragaman

⁸⁷ Fachrul, Melati Ferianita, Dr. *Metode Sampling Bioekologi*. (Jakarta: Bumi Aksara, 2012)

⁸⁸ Fachrul, Melati Ferianita. *Metode Sampling Bioekologi*. h. 96 (Jakarta: Bumi Aksara, 2012)

$$P_i = n_i/N$$

n_i = jumlah individu jenis ke- i

N = jumlah total individu

S = jumlah genera

Kriteria:

$H' < 1$ = Komunitas biota tidak stabil atau kualitas air tercemar berat

$1 < H' < 3$ = Stabilitas komunitas biota sedang atau kualitas air tercemar sedang

$H' > 3$ = Stabilitas komunitas biota dalam kondisi prima (stabil) atau kualitas air bersih

Untuk mengetahui indeks keseragaman dihitung dengan menggunakan persamaan Evenness:

$$E = H'/H_{maks}$$

Dimana:

E = Indeks Keseragaman

H' = Indeks Keanekaragaman

$H_{maks} = \ln S$ (indeks keanekaragaman maksimum, S adalah jumlah general)

Tabel 3.4. Kategori indeks pemerataan

Nilai E	Kondisi struktur komunitas	Kategori
$>0,81$	Sangat merata	Sangat baik
$0,61 - 0,80$	Lebih merata	Baik
$0,41 - 0,60$	Merata	Sedang
$0,21 - 0,40$	Cukup merata	Buruk
$<0,20$	Tidak merata	Sangat buruk

Untuk menghitung indeks dominansi digunakan rumus indeks dominansi dari

Simpson:

$$D = \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

Dimana:

D = Indeks Dominansi

N_i = Jumlah individu setiap spesies

N = Jumlah total individu yang teramati

S = Jumlah genera

Indeks Dominansi antara 0-1:

D ≈ 0, berarti tidak terdapat spesies yang mendominasi spesies lainnya atau struktur komunitas dalam keadaan stabil.

D = 1, berarti terdapat spesies yang mendominasi spesies lainnya atau struktur komunitas labil, karena terjadi tekanan ekologis (stres).⁸⁹

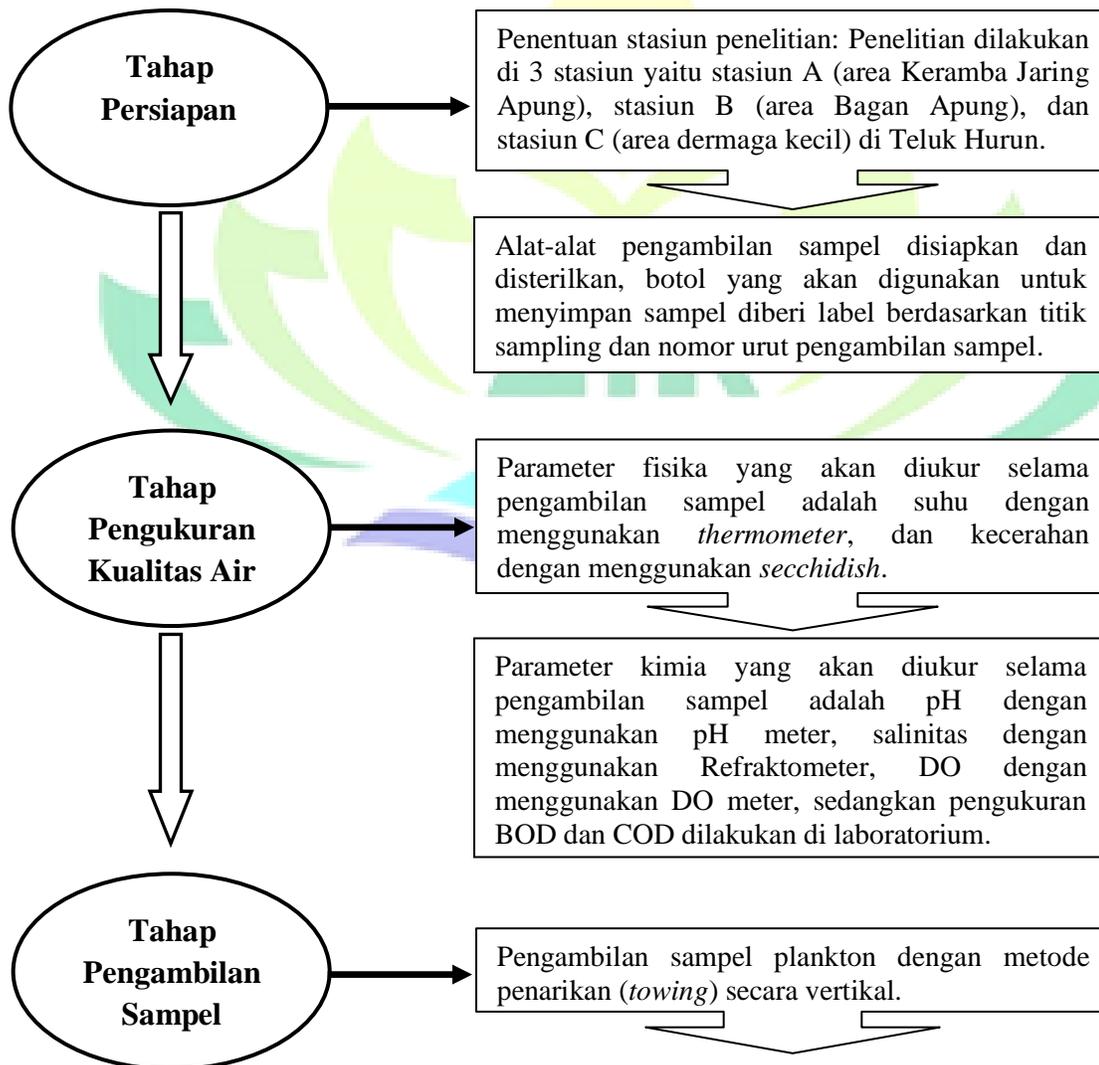
Apabila nilai indeks dominansi mendekati 1, artinya dalam populasi yang ada cenderung didominasi oleh salah satu jenis kondisi populasi. Jika nilai indeks dominansi mendekati 0 artinya dalam populasi cenderung tidak ada dominasi oleh salah satu jenis yang berarti populasi stabil.

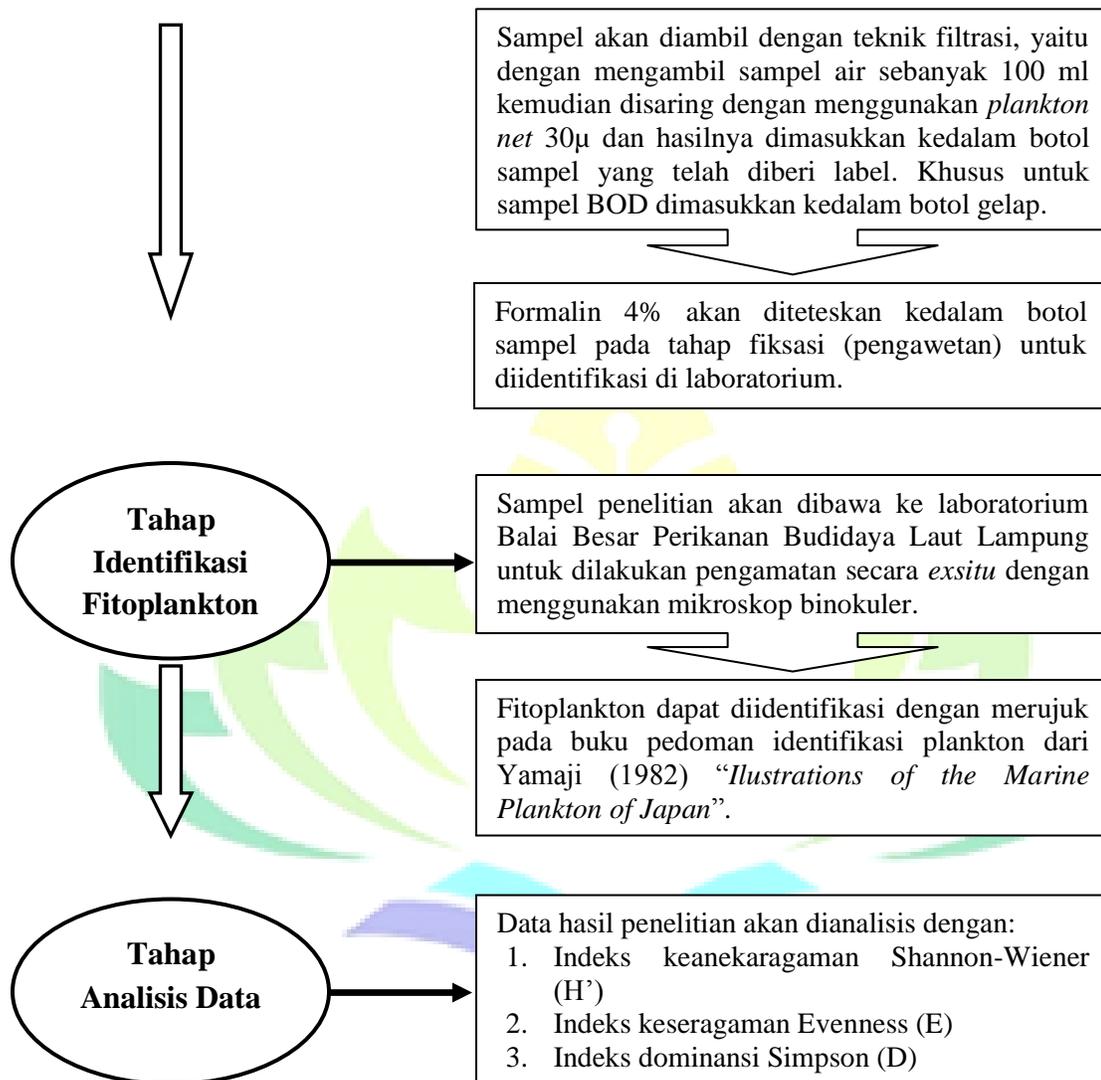
Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah analisis deskriptif digunakan untuk mendapatkan nilai rata-rata (Means) dari parameter fisika

⁸⁹ Ibid. h. 97.

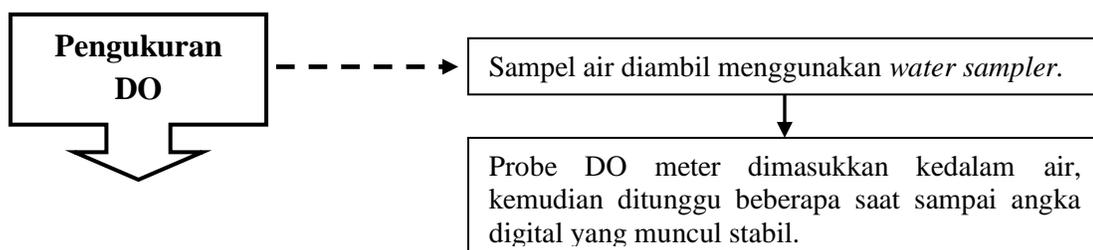
dan kimia berdasarkan letak stasiun pengambilan sampel, dan analisis korelasi digunakan untuk mengetahui hubungan antara parameter fisika dan kimia terhadap kelimpahan fitoplankton (HABs dan nonHABs). Data penelitian ini dianalisis menggunakan program SPSS 17.

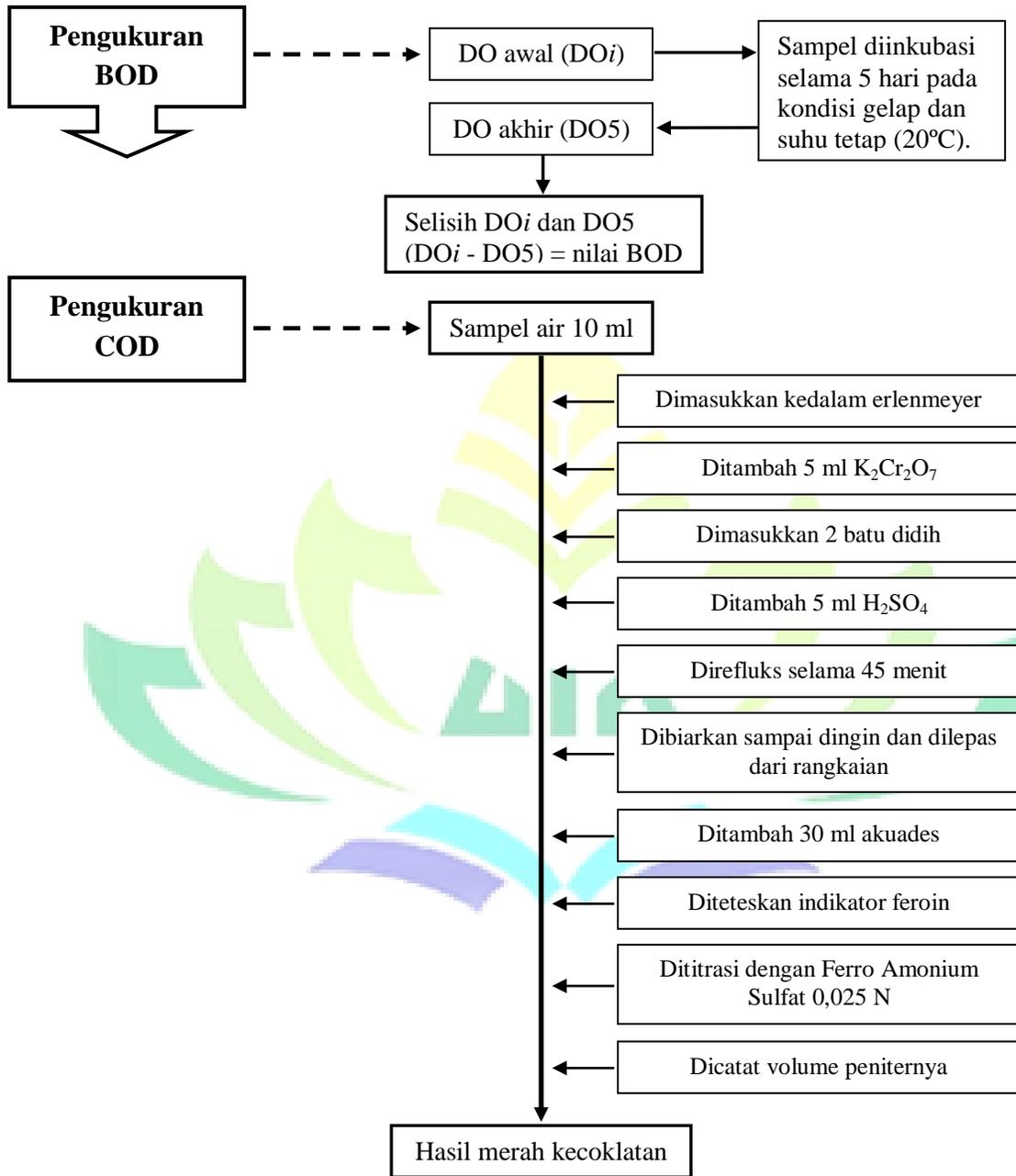
G. Alur Kerja Penelitian





Gambar 3.3. Skema alur kerja penelitian





Gambar 3.4. Skema alur kerja pengukuran DO, BOD, dan COD.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Fitoplankton yang berpotensi menyebabkan Harmful Algae Blooms

(HABs)

Hasil identifikasi berdasarkan pencacahan jenis fitoplankton yang terdapat pada sampel selama penelitian terdeteksi bahwa ada 65 genus yang termasuk dalam 51 famili.

Tabel 4.1. Kelimpahan fitoplankton di perairan Teluk Hurun.

No.	Fitoplankton (sp)	Jumlah (individu/L)									N
		Stasiun KJA			Stasiun Bagan Apung			Stasiun Dermaga			
		PS-1	PS-2	PS-3	PS-1	PS-2	PS-3	PS-1	PS-2	PS-3	
1.	<i>Bacteriastrum</i> sp.	132	44	44	110	132	44	154	88	263	1011
2.	<i>Chaetoceros</i> sp.	4387	3509	3509	5264	6141	3509	6141	7019	2632	42.111
3.	<i>Chaetoceros socialis</i>	9	44	44	44	44	22	132	110	3509	3.958
4.	<i>Nitzschia</i> sp.	-	132	197	132	154	88	197	263	132	1.295
5.	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	26	97	53	53	35	35	132	44	123	598
6.	<i>Pyrodinium bahamense</i>	53	53	35	132	53	35	105	105	53	624
7.	<i>Prorocentrum</i> sp.	22	154	110	88	66	88	66	132	110	836
8.	<i>Skeletonema</i> sp.	175	88	66	66	66	22	44	44	44	615
9.	<i>Protoperidinium</i> sp.	61	35	53	61	97	70	79	105	79	640
10.	<i>Alexandrium</i> sp.	35	18	18	105	35	-	123	44	53	431

No.	Fitoplankton (sp)	Jumlah (individu/L)									N
		Stasiun KJA			Stasiun Bagan Apung			Stasiun Dermaga			
		PS-1	PS-2	PS-3	PS-1	PS-2	PS-3	PS-1	PS-2	PS-3	
11.	<i>Actinoptychus</i>	35	-	26	18	9	61	35	18	35	237
12.	<i>Amphiprora</i> sp.	26	26	9	26	18	-	79	9	9	202
13.	<i>Amphora</i> sp.	18	9	9	18	-	26	9	26	18	133
14.	<i>Asterionella</i> sp.	18	9	18	9	26	9	26	9	-	124
15.	<i>Asteromphalus</i> sp.	9	-	-	18	9	9	9	-	-	54
16.	<i>Biddulphia</i> sp.	9	9	9	9	9	-	18	18	18	99
17.	<i>Campylodiscus</i> sp.	18	-	9	-	18	9	-	9	9	72
18.	<i>Cerataulina</i> sp.	18	18	9	26	18	44	9	26	44	212
19.	<i>Climacosphenia</i> sp.	-	18	-	-	-	9	9	9	-	45
20.	<i>Cocconeis</i> sp.	53	35	18	35	44	18	-	35	26	264
21.	<i>Coscinodiscus</i> sp.	26	18	18	26	18	18	18	26	18	186
22.	<i>Cyclotella</i> sp.	9	-	9	-	18	-	-	-	9	45
23.	<i>Diploneis</i> sp.	18	18	9	-	9	-	18	-	9	81
24.	<i>Ditylum</i> sp.	9	18	9	18	18	-	26	9	9	116
25.	<i>Flagilaria</i> sp.	35	18	-	-	9	26	9	-	9	106
26.	<i>Grammatophora</i> sp.	-	18	35	26	18	18	53	26	26	220
27.	<i>Guinardia</i> sp.	26	26	18	18	26	9	26	18	35	202
28.	<i>Hemidiscus</i> sp.	-	-	9	-	9	-	9	-	-	27
29.	<i>Licmophora</i> sp.	-	26	18	18	18	26	35	26	18	185
30.	<i>Leptocylindrus</i> sp.	154	-	-	9	9	9	-	-	-	181
31.	<i>Lauderia</i> sp.	35	22	44	44	66	44	88	88	88	519
32.	<i>Melosira</i> sp.	9	18	18	-	18	-	18	9	18	108
33.	<i>Navicula</i> sp.	263	-	9	9	9	-	-	-	9	299
34.	<i>Oocystis</i> sp.	9	9	-	-	9	9	9	-	-	45
35.	<i>Odontella</i> sp.	9	9	9	9	9	-	-	-	9	54
36.	<i>Planktoniella</i> sp.	18	9	9	9	9	-	-	-	9	63
37.	<i>Pleurosigma</i> sp.	140	9	9	53	9	26	44	18	18	326
38.	<i>Rhizosolenia</i> sp.	-	18	9	9	18	26	18	26	9	133
39.	<i>Ornithocercus</i> sp.	9	-	9	18	-	9	9	9	-	63

No.	Fitoplankton (sp)	Jumlah (individu/L)									N
		Stasiun KJA			Stasiun Bagan Apung			Stasiun Dermaga			
		PS-1	PS-2	PS-3	PS-1	PS-2	PS-3	PS-1	PS-2	PS-3	
40.	<i>Pyrophacus</i> sp.	-	-	-	18	9	-	9	-	9	45
41.	<i>Peridinium</i> sp.	79	70	26	53	26	26	35	61	18	394
42.	<i>Pyrocystis</i> sp.	18	9	9	18	9	-	9	18	9	99
43.	<i>Anabaena</i> sp.	-	-	-	9	18	26	18	26	18	115
44.	<i>Merismopedia</i> sp.	9	9	9	9	9	9	-	18	26	98
45.	<i>Oscillatoria</i> sp.	35	26	18	18	35	18	26	26	44	246
46.	<i>Pelagothrix</i> sp.	9	9	18	26	18	26	9	9	9	133
47.	<i>Podolampas</i> sp.	9	9	9	18	9	18	9	18	9	108
48.	<i>Trichodesmium</i> sp.	18	18	9	26	26	-	-	18	-	115
49.	<i>Closterium</i> sp.	-	-	-	26	18	18	9	26	26	123
50.	<i>Distephanus</i> sp.	9	18	9	9	18	18	18	18	18	135
51.	<i>Euglena</i> sp.	-	-	9	18	18	18	-	35	9	107
52.	<i>Synedra</i> sp.	18	22	22	18	22	44	22	-	22	190
53.	<i>Stephanopyxis</i> sp.	-	-	-	-	-	-	9	9	9	27
54.	<i>Tabellaria</i> sp.	-	18	18	-	18	-	18	-	-	72
55.	<i>Thalassionema</i> sp.	307	9	9	66	9	18	88	18	26	550
56.	<i>Thalassiosira</i> sp.	53	-	44	88	44	132	-	-	88	449
57.	<i>Amphisolenia</i> sp.	-	-	9	-	9	9	18	-	-	45
58.	<i>Ceratium</i> sp.	26	35	18	18	18	18	35	44	35	247
59.	<i>Dinophysis</i> sp.	9	18	-	-	-	-	18	18	18	81
60.	<i>Gambierdiscus toxicus</i>	9	18	18	9	-	-	18	9	-	81
61.	<i>Goniodoma</i> sp.	35	9	-	18	18	9	26	9	18	142
62.	<i>Gonyaulax</i> sp.	18	9	18	18	26	18	9	18	9	143
63.	<i>Gymnodinium</i> sp.	53	35	35	53	18	26	70	79	61	430
64.	<i>Oxytoxum</i> sp.	-	18	9	-	9	-	18	18	9	81
65.	<i>Thalassiothrix</i> sp.	-	9	26	-	9	26	-	18	18	106
66.	<i>Nostoc</i> sp.	-	-	-	-	26	18	-	35	26	105

Keterangan: PS = Pengambilan Sampel

N = Jumlah individu

Berdasarkan tabel diatas, diketahui bahwa diantara 65 genus fitoplankton yang ditemukan di perairan Teluk Hurun, spesies dengan jumlah kelimpahan sel terbanyak adalah *Chaetoceros sp.* Alga dikatakan *blooming* apabila perbandingan konsentrasi alga mencapai ribuan hingga 10^6 individu per liter. Menurut Dinas Kelautan dan Perikanan, standar untuk ekspor kerang salah satunya dilihat dari adanya alga berbahaya dengan kepadatan >5000 individu/L.

Tabel 4.2. Taksonomi fitoplankton mulai dari famili.

No.	Famili	No.	Genus
1.	Chaetocerotaceae	1.	Bacteriastrum
		2.	Chaetoceros
2.	Bacillariaceae	3.	Nitzschia
		4.	Pseudo-nitzschia
3.	Goniodomataceae	5.	Pyrodinium
		6.	Alexandrium
		7.	Pyrophacus
		8.	Gambierdiscus
4.	Prorocentraceae	9.	Prorocentrum
5.	Skeletonemataceae	10.	Skeletonema
6.	Protopteridiniaceae	11.	Protopteridinium
7.	Heliopeltaceae	12.	Actinoptychus
8.	Amphipleuraceae	13.	Amphiprora
9.	Catenulaceae	14.	Amphora
10.	Fragilariaceae	15.	Asterionella
		16.	Flagilaria
		17.	Synedra
11.	Asterolampraceae	18.	Asteromphalus
12.	Biddulphiaceae	19.	Biddulphia
13.	Surirellaceae	20.	Campylodiscus

No.	Famili	No.	Genus
14.	Hemiaulaceae	21.	Cerataulina
15.	Climacospheniaceae	22.	Climacosphenia
16.	Cocconeidaceae	23.	Cocconeis
17.	Coscinodiscaceae	24.	Coscinodiscus
18.	Stephanodiscaceae	25.	Cyclotella
19.	Diploneidaceae	26.	Diploneis
20.	Lithodesmiaceae	27.	Ditylum
21.	Grammatophoraceae	28.	Grammatophora
22.	Rhizosoleniaceae	29.	Guinardia
		30.	Rhizosolenia
23.	Hemidiscaceae	31.	Hemidiscus
24.	Licmophoraceae	32.	Licmophora
25.	Leptocylindraceae	33.	Leptocylindrus
26.	Lauderiaceae	34.	Lauderia
27.	Melosiraceae	35.	Melosira
28.	Naviculaceae	36.	Navicula
27.	Oocystaceae	37.	Oocystis
28.	Eupodiscaceae	38.	Odontella
29.	Thalassiosiraceae	39.	Planktoniella
		40.	Thalassiosira
30.	Pleurosigmaaceae	41.	Pleurosigma
31.	Dinophysaceae	42.	Ornithocercus
		43.	Dinophysis
32.	Peridiniaceae	44.	Peridinium
33.	Pyrocystaceae	45.	Pyrocystis
34.	Nostocaceae	46.	Anabaena
35.	Chroococaceae	47.	Merismopedia
36.	Oscillatoriaceae	48.	Oscillatoria
		49.	Pelagothrix
37.	Podolampadaceae	50.	Podolampas
38.	Microcoleaceae	51.	Trichodesmium
39.	Closteriaceae	52.	Closterium
40.	Dictyochaceae	53.	Distephanus
41.	Euglenaceae	54.	Euglena
42.	Stephanopyxidaceae	55.	Stephanopyxis
43.	Tabellariaceae	56.	Tabellaria
44.	Thalassionemataceae	57.	Thalassionema
		58.	Thalassiothrix
45.	Amphisoleniaceae	59.	Amphisolenia
46.	Ceratiaceae	60.	Ceratium

No.	Famili	No.	Genus
47.	Thoracosphaeraceae	61.	Goniodoma
48.	Gonyaulacaceae	62.	Gonyaulax
49.	Gymnodiniaceae	63.	Gymnodinium
50.	Oxytoxaceae	64.	Oxytoxum
51.	Nostocaceae	65.	Nostoc

Tabel 4.3. Fitoplankton yang berpotensi menyebabkan HABs

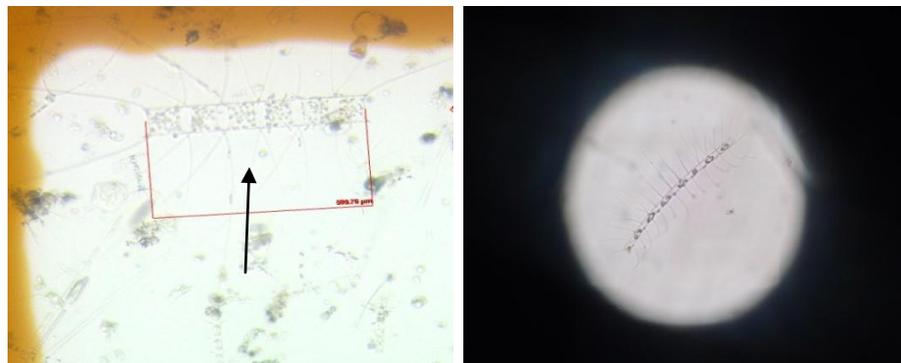
No	Famili	No	Genus	Spesies	N
1.	Chaetocerotaceae	1.	Bacteriastrium	<i>Bacteriastrium</i> sp.	1011
		2.	Chaetoceros	<i>Chaetoceros</i> sp.	42.111
				<i>Chaetoceros socialis</i>	3.986
2.	Bacillariaceae	3.	Nitzschia	<i>Nitzschia</i> sp.	1.295
		4.	Pseudo-nitzschia	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	598
3.	Goniodomataceae	5.	Pyrodinium	<i>Pyrodinium bahamense</i>	624
		6.	Alexandrium	<i>Alexandrium</i> sp.	431
4.	Prorocentraceae	7.	Prorocentrum	<i>Prorocentrum</i> sp.	836
5.	Skeletonemataceae	8.	Skeletonema	<i>Skeletonema</i> sp.	615
6.	Protoperidiniaceae	9.	Protoperidinium	<i>Protoperidinium</i> sp.	640

Hasil penelitian menunjukkan spesies fitoplankton di perairan Teluk Hurun yang berpotensi menyebabkan HABs terdeteksi sebanyak 85,5% dari total kelimpahan fitoplankton, diantaranya berasal dari kelompok *red tide maker* dan *toxin producer* dan ada pula yang non toksik namun struktur tubuhnya dapat membahayakan jika masuk ke tubuh organisme lain. Fitoplankton yang berpotensi mengakibatkan *Harmful Algae Blooms (HABs)* teridentifikasi sebanyak 9 genus, antara lain: *Chaetoceros*, *Nitzschia*, *Bacteriastum*, *Prorocentrum*, *Protoperidinium*, *Pyrodinium*, *Skeletonema*, *Pseudo-nitzschia*, dan *Alexandrium*; berasal dari famili Chaetocerotaceae,

Bacillariaceae, Prorocentraceae, Protoperidiniaceae, Goniodomataceae, dan Skeletonemataceae.

a. Chaetocerotaceae

Chaetoceros sp. dan *Chaetoceros socialis* berasal dari famili yang sama dengan *Bacteriastrum* sp. yaitu famili Chaetocerotaceae, merupakan diatom yang paling dominan terdapat di perairan laut. Hal ini dibuktikan pada hasil penelitian dimana ketiga spesies tersebut mendominasi komposisi fitoplankton di setiap stasiun. Kemampuan adaptasi yang tinggi oleh *Chaetoceros* dilihat dari morfologi tubuh yang memiliki banyak seta bercabang, hidup berkoloni, dan ukuran tubuh besar, memungkinkan spesies ini dapat hidup bahkan di lingkungan perairan yang tercemar. Fitoplankton ini tidak toksik terhadap manusia tetapi secara fisik dapat mengganggu sistem pernafasan ikan dan avertebrata terutama apabila kepadatan individunya relatif tinggi.



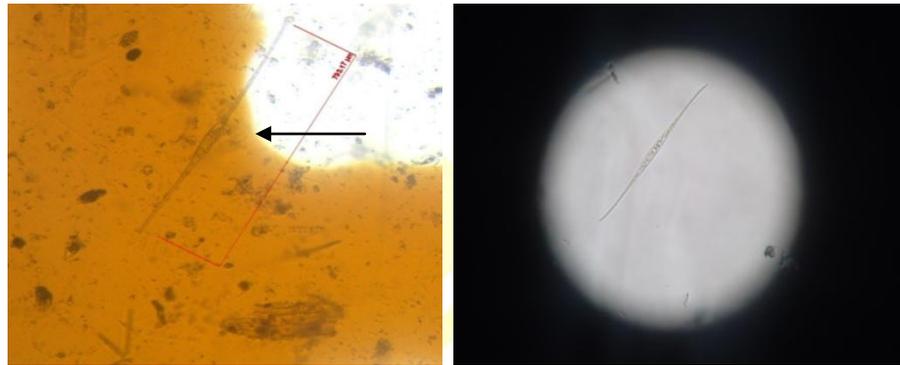
Gambar 4.1. *Chaetoceros* sp.
Dokumentasi pribadi milik Rizky Nurdevita Sari (2018) dan Sartina (2017)

Chaetoceros memiliki duri-duri di tubuhnya yang merangsang pembentukan lendir pada insang biota laut, sehingga biota tersebut sukar bernafas. Duri-duri ini bahkan dapat menyebabkan pendarahan di insang ikan. Chaetoceros dapat menyebabkan efek hemolitik dan menginfeksi biota apabila kelimpahannya melebihi 5000 individu/L. Pada penelitian di perairan Teluk Hurun, Chaetoceros ditemukan di seluruh stasiun pada setiap pengambilan sampel dengan kelimpahan total yaitu 46.069 individu/L. Alga dikatakan *blooming* apabila perbandingan konsentrasi alga mencapai ribuan hingga 10^6 individu/L. Dengan demikian maka Chaetoceros dapat dikatakan *blooming* namun belum mencapai tahapan berbahaya yaitu *Harmful Algae Blooms* (HABs). Hal ini perlu diwaspadai sebab dapat membahayakan ekosistem laut jika masuk dalam rantai makanan. Sedangkan *Bacteriastrum* juga ditemukan di seluruh stasiun dengan kelimpahan total 1.011 individu/L yang menunjukkan bahwa *Bacteriastrum* juga berpotensi menyebabkan *Harmful Algae Blooms* (HABs).

b. Bacillariaceae

Nitzschia sp. dan *Pseudo-nitzschia* sp., berasal dari famili Bacillariaceae, merupakan spesies penyebab *HABs* yang dapat menyebabkan *Amnesic Shellfish Poisoning* (ASP) yang mengeluarkan toksin asam domoic, yaitu suatu racun syaraf yang menyebabkan gangguan *gastroenteritis* dan *neurological*. *Gastroenteritis* akan

menampakkan gejalanya dalam waktu 24 jam dan *neurological* menampakkan gejalanya dalam waktu 48 jam setelah mengkonsumsi kerang beracun. Gejalanya yaitu muntah, kram perut, diare, sakit kepala, kejang, kehilangan memori jangka pendek, hingga koma.



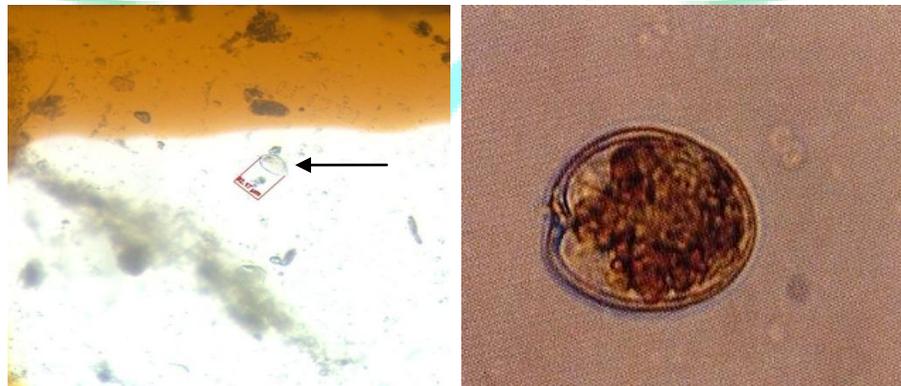
Gambar 9. *Nitzschia* sp.
Dokumentasi pribadi milik Rizky Nurdevita Sari (2018) dan Sartina (2017)

Toksin yang diproduksi *Nitzschia* sp. dan *Pseudo-nitzschia* sp. dapat memasuki rantai makanan hingga ke tubuh manusia melalui perantara kerang. Kerang merupakan organisme benthik suspension feeder yang menyaring plankton yang melimpah di kolom air. Ambang batas akumulasi asam domoic pada kerang ialah 20 μg (asam domoic)/g (berat jaringan kerang). Pada penelitian di perairan Teluk Hurun, *Nitzschia* sp. dan *Pseudo-nitzschia* sp. ditemukan di seluruh stasiun pada setiap pengambilan sampel dengan kepadatan total masing-masing yaitu 1.295 individu/L dan 598 individu/L. Alga dikatakan *blooming* apabila perbandingan konsentrasi alga mencapai ribuan hingga 10^6 individu/L. Meski tidak *blooming*, namun *Nitzschia*

sp. dan *Pseudo-nitzschia* sp. tetap memiliki potensi menyebabkan *Harmful Algae Blooms* (HABs). Hal ini perlu diwaspadai sebab dapat membahayakan manusia karena racun yang dimiliki.

c. Prorocentraceae

Prorocentrum sp., yang berasal dari famili Prorocentraceae, ditemukan di seluruh stasiun penelitian dan diidentifikasi dapat menyebabkan hypoxia dan anoxia. Jika spesies tersebut *blooming*, dapat mengakibatkan efek toksisitas *Diarrhetic Shellfish Poisoning* (DSP) dan *Ciguatera Fish Poisoning* (CFP) pada manusia dan dapat menyebabkan hipoksia maupun anoksia bagi biota perairan, juga memberikan dampak penurunan kadar oksigen pada perairan, mereduksi kualitas perairan hingga kematian massal pada biota perairan.



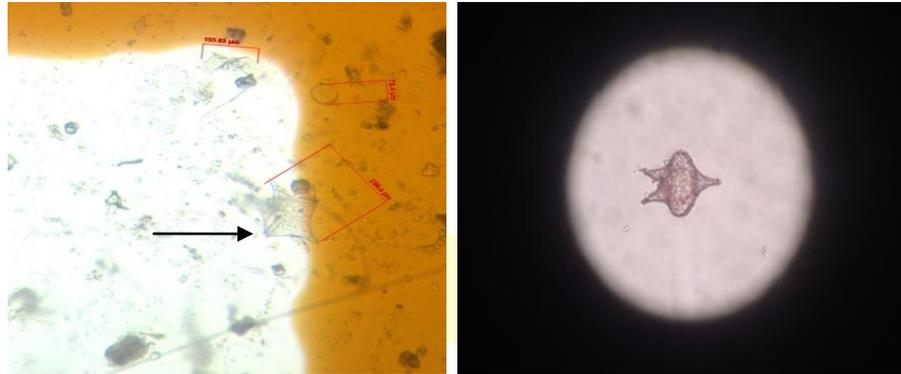
Gambar 4.3. *Prorocentrum* sp.
Dokumentasi pribadi milik Rizky Nurdevita Sari. (2018) dan Astrid (2017)

Toksin dari *Prorocentrum* sp. yang dikenal sebagai *ciguatoxin/maitotoxin* mengakibatkan gangguan pencernaan akut dengan gejala diare, muntah, kejang perut, keringat berlebihan, dan kedinginan. *Prorocentrum* sp. berpotensi menyebabkan *Red Tide* saat kelimpahannya di suatu perairan meledak bersama dengan *Ceratium* sp. Pada penelitian di perairan Teluk Hurun, *Prorocentrum* sp. ditemukan di seluruh stasiun pada setiap pengambilan sampel dengan kepadatan total yaitu 836 individu/L. Alga dikatakan *blooming* apabila perbandingan konsentrasi alga mencapai ribuan hingga 10^6 individu/L. Meski tidak *blooming*, namun *Prorocentrum* sp. berpotensi menyebabkan *Harmful Algae Blooms* (HABs). Hal ini perlu diwaspadai sebab dapat membahayakan biota perairan hingga manusia.

d. *Protopteridiniaceae*

Protopteridinium sp., berasal dari famili *Protopteridiniaceae*, dapat memproduksi racun jenis Azaspiracids yang mirip dengan racun DSP yang dapat menyebabkan mual pada penderita dalam jangka waktu 3 sampai 5 hari. Pada penelitian di perairan Teluk Hurun, *Protopteridinium* sp. ditemukan di seluruh stasiun pada setiap pengambilan sampel dengan kepadatan total yaitu 640 individu/L. Alga dikatakan *blooming* apabila perbandingan konsentrasi alga mencapai ribuan hingga 10^6 individu/L. Meski tidak *blooming*, namun

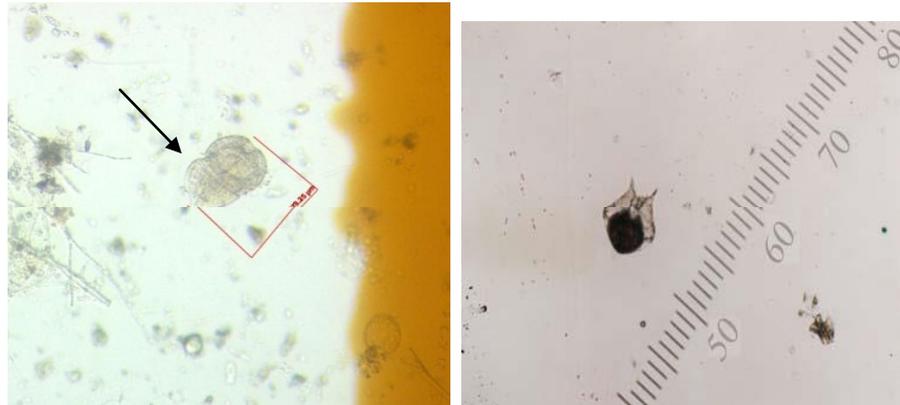
Protoperidinium sp. berpotensi menyebabkan *Harmful Algae Blooms* (HABs). Hal ini perlu diwaspadai sebab terdapat beberapa kasus keracunan yang disebabkan oleh alga jenis ini.



Gambar 11. *Protoperidinium* sp.
Dokumentasi pribadi milik Rizky Nurdevita Sari. (2018) dan Sartina (2017)

e. GoniDOMATAceae

Pyrodinium bahamense dan *Alexandrium* sp. berasal dari famili GoniDOMATAceae. Saat kedua spesies *blooming*, maka akan menyebabkan kematian ikan akibat kekurangan oksigen dan memproduksi biotoksin *Paralytic Shellfish Poisoning* (PSP) yang banyak ditemukan dalam kerang pemakan jenis fitoplankton Dinoflagellata dalam bentuk alkaloid yang bersifat racun bagi sistem syaraf yang mematikan bagi manusia. Racun tersebut dikenal dengan nama *saxitoxin*.



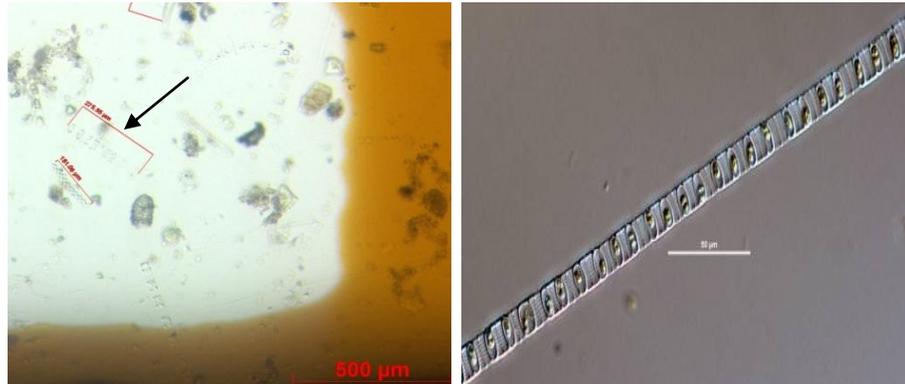
Gambar 4.5. *Pyrodinium bahamense*
Dokumentasi pribadi milik Rizky Nurdevita Sari. (2018) dan Dewi (2009)

Manusia yang terkena racun *saxitoxin* menunjukkan gejala wajah, bibir, dan lidah terasa terbakar, lalu menjalar ke bagian leher, tangan, jari tangan dan kaki, kemudian kepala pusing, nyeri otot, dan berkeringat, selanjutnya timbul mati rasa di sekujur anggota tubuh, serangan jantung, hingga kegagalan sistem pernapasan. Proses keracunan ini dapat memakan waktu 1 sampai 12 jam. Disamping itu, kedua spesies tersebut juga dapat menyebabkan kerugian material yang besar bagi petambak dan nelayan. Spesies *Pyrodinium bahamense* merupakan spesies alga dari daerah tropis sehingga banyak dijumpai di perairan seluruh Indonesia. Pada penelitian di perairan Teluk Hurun, *Pyrodinium bahamense* dan *Alexandrium* sp. ditemukan di seluruh stasiun dengan kepadatan total masing-masing yaitu 624 individu/L dan 431 individu/L. Alga dikatakan *blooming* apabila perbandingan konsentrasi alga mencapai ribuan hingga 10^6 individu/L.

Meski tidak *blooming*, namun *Pyrodinium bahamense* dan *Alexandrium* sp. berpotensi menyebabkan *Harmful Algae Blooms* (HABs). Hal ini perlu diwaspadai sebab kedua alga ini banyak ditemukan di perairan seluruh Indonesia dan menyebabkan banyak kasus kematian ikan dan keracunan pada manusia.

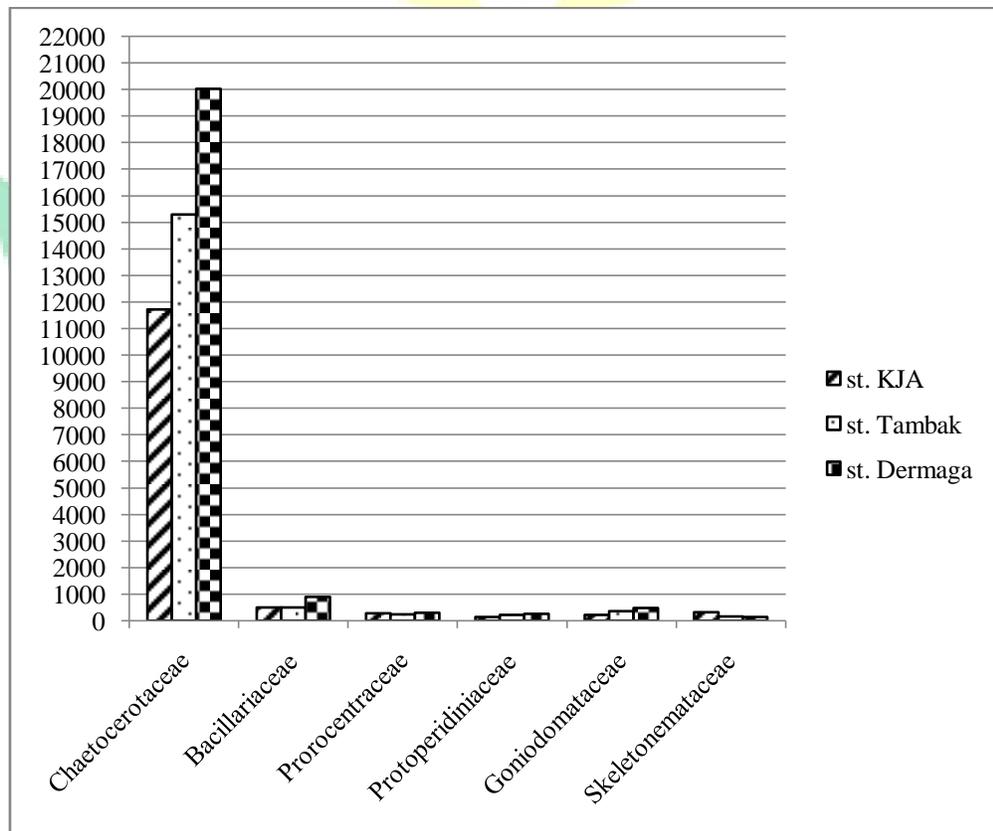
f. Skeletonemataceae

Skeletonema sp., yang berasal dari famili Skeletonemataceae, merupakan fitoplankton berbahaya yang menyebabkan hypoxia dan anoxia jika dikonsumsi. Apabila spesies ini *blooming* maka dapat menyumbat alat pernapasan dan menyebabkan kematian massal pada biota perairan. Pada penelitian di perairan Teluk Hurun, *Skeletonema* sp. ditemukan di seluruh stasiun pada setiap pengambilan sampel dengan kepadatan total yaitu 615 individu/L. Alga dikatakan *blooming* apabila perbandingan konsentrasi alga mencapai ribuan hingga 10^6 individu/L. Meski tidak *blooming*, namun *Skeletonema* sp. berpotensi menyebabkan *Harmful Algae Blooms* (HABs). Hal ini perlu diwaspadai sebab *Skeletonema* sp. dapat menyebabkan kematian massal pada ikan.



Gambar 4.6. *Skeletonema* sp.
 Dokumentasi pribadi milik Rizky Nurdevita Sari (2018) dan Phytopedia (2011)

Gambar 4.7. Histogram kepadatan famili fitoplankton berpotensi HABs



Beberapa penelitian lain mendukung hasil penelitian ini bahwa ketujuh famili tersebut memang berlimpah pada perairan laut di Indonesia. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan famili yang mendominasi perairan Teluk Lampung adalah famili Bacillariaceae, Goniodomataceae, dan Prorocentraceae.⁹⁰ Dari kelompok toxin producer, *Nitzschia* sp. dan *Pseudonitzschia* sp. adalah fitoplankton berpotensi menyebabkan *Harmful Algae Blooms* (HABs) yang paling banyak ditemukan di Teluk Lampung.⁹¹

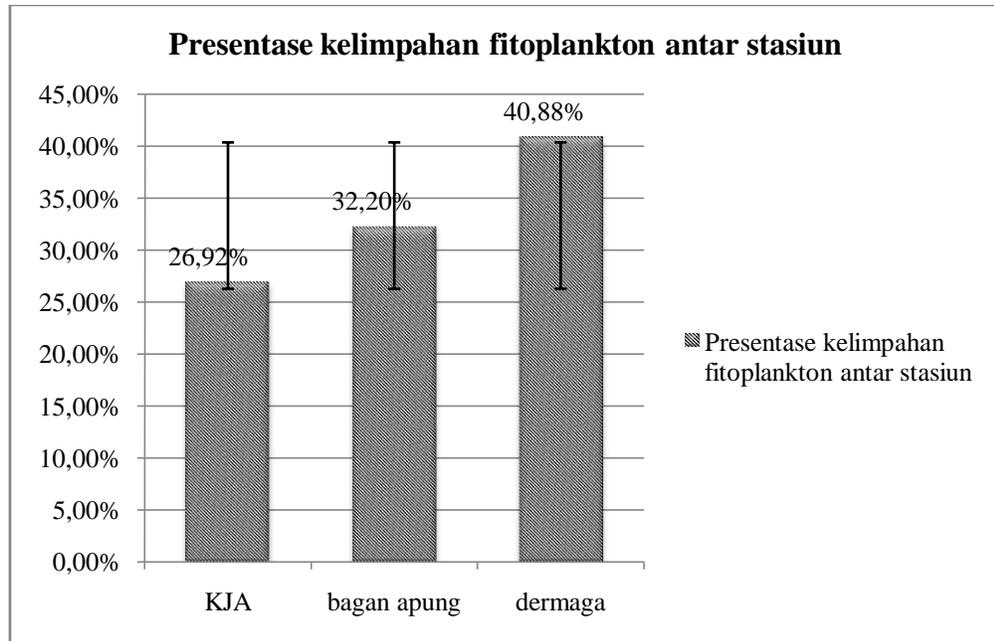
B. Kelimpahan fitoplankton antar stasiun

Dari data keberadaan fitoplankton berdasarkan stasiun memperlihatkan bahwa stasiun dermaga merupakan stasiun dengan jumlah kelimpahan fitoplankton tertinggi dengan jumlah rata-rata 8706 individu/L, selanjutnya stasiun Bagan Apung dengan rata-rata 6856 individu/L, dan terendah pada stasiun KJA dengan rata-rata 5732 individu/L.

⁹⁰ Irawan, Ade, Qadar Hasani, Herman Yuliyanto. "Fenomena *Harmful Algae Blooms* (HABs) di Pantai Ringgung Teluk Lampung, pengaruhnya dengan tingkat kematian ikan yang dibudidayakan pada karamba jaring apung". *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, Vol. 15, No. 1. (Bandar Lampung: Universitas Lampung)

⁹¹ Barokah, Giri Rohmad, Ajeng Kurniasari P., Gunawan. "Kelimpahan fitoplankton penyebab HAB (*Harmful Algae Bloom*) di perairan Teluk Lampung pada musim barat dan timur". *JPB Kelautan dan Perikanan*, Vol. 11, No. 2. (Jakarta: Pusat penelitian dan pengembangan daya saing produk dan bioteknologi kelautan dan perikanan)

Gambar 4.8. Diagram presentase kelimpahan fitoplankton antar stasiun.



Dari gambar diatas terlihat bahwa kelimpahan fitoplankton terendah terdapat di stasiun KJA dengan presentase 26,92% lalu diikuti oleh kelimpahan fitoplankton di stasiun Bagan Apung dengan presentase 32,20%. Kelimpahan fitoplankton tertinggi terdapat di stasiun dermaga dengan presentase 40,88% dari total kelimpahan fitoplankton di seluruh stasiun. Hal yang menyebabkan tingginya presentase kelimpahan di stasiun dermaga salah satunya adalah banyaknya limbah dari alat transportasi (kapal) yang memicu pertumbuhan beberapa spesies fitoplankton.

Faktor lain fitoplankton yang melimpah pada stasiun dermaga disebabkan oleh adanya aktivitas manusia dari daratan yang memberikan sumbangan berupa bahan organik kemudian masuk ke dalam laut. Jika

menghubungkan dengan konsentrasi nutrisi khususnya nitrat (NO_3) yang memang cenderung lebih tinggi pada stasiun dermaga. Pengaruh aktivitas ini semakin berkurang dengan semakin jauhnya lokasi dari daratan. Hal itu terlihat pada stasiun terjauh dari daratan yaitu stasiun KJA yang kelimpahan fitoplanktonnya terendah.

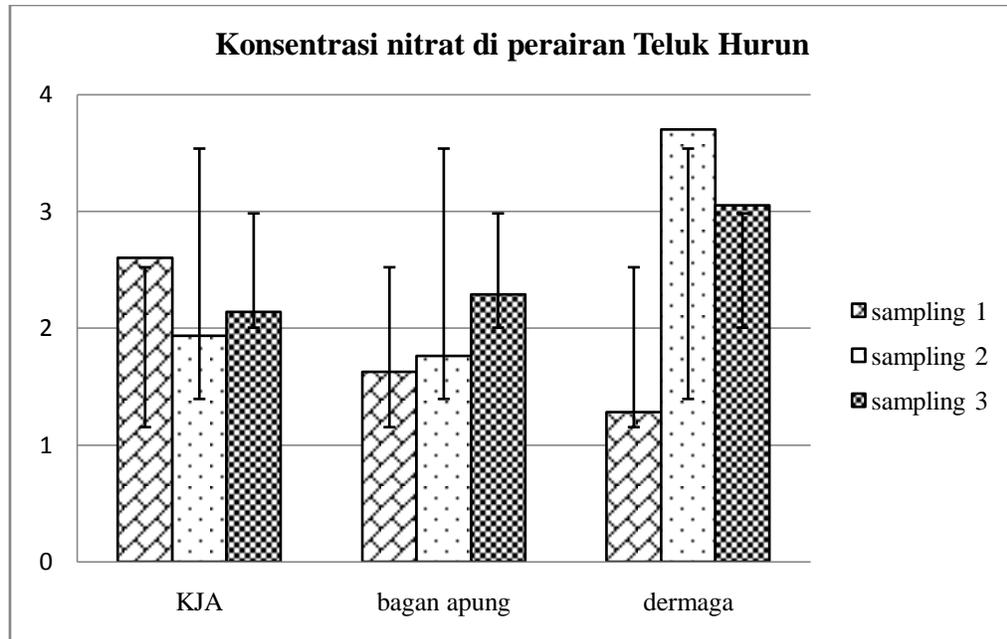
C. Parameter Kimia dan Fisika di lingkungan perairan Teluk Hurun

Parameter Kimia dan Fisika diukur untuk mendapatkan deskripsi tentang kondisi oseanografi secara umum di perairan Teluk Hurun. Dari hasil pengukuran berbagai parameter kimia dan fisika di tiga stasiun penelitian (KJA, Bagan Apung, dan dermaga) didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Nitrat (NO_2)

Konsentrasi nitrat selama penelitian rata-rata berkisar antara 1,89 – 2,68 mg/L dengan konsentrasi rata-rata tertinggi ditemukan di stasiun Dermaga (2,68 mg/l) dan terendah di stasiun KJA (1,89 mg/L). Dalam suatu perairan, jika kandungan nitrat melebihi 0,3 mg/L akan mengakibatkan eutrofikasi yang dapat memicu pertumbuhan alga secara pesat (*blooming*). Sedangkan untuk pertumbuhan optimal fitoplankton yang berpotensi menyebabkan *Harmful Algae Blooms* (HABs) memerlukan konsentrasi nitrat pada kisaran 0,9 – 3,5 mg/L. Hal itu menunjukkan bahwa perairan Teluk Hurun memiliki tingkat kesuburan yang tinggi sehingga dapat mempengaruhi pertumbuhan optimal fitoplankton yang berpotensi menyebabkan HABs.

Gambar 4.9. Diagram konsentrasi nitrat antar stasiun.



Konsentrasi nitrat ditemukan semakin tinggi ke arah daratan. Hal ini terlihat dari hasil pengukuran dimana lokasi KJA dan Bagan Apung memiliki konsentrasi nitrat yang lebih rendah jika dibandingkan dengan stasiun dermaga. Penyebab utamanya adalah nutrien (limbah rumah tangga) yang berasal dari aktifitas manusia yang terdapat di dermaga lebih tinggi dibandingkan kedua stasiun lainnya yang letaknya jauh dari daratan. Penyebab lainnya yaitu adanya pemberian perlakuan tertentu (berupa senyawa kimia atau obat) dalam aktifitas budidaya di KJA dan Bagan Apung yang mengakibatkan rendahnya pertumbuhan fitoplankton di kedua stasiun tersebut.

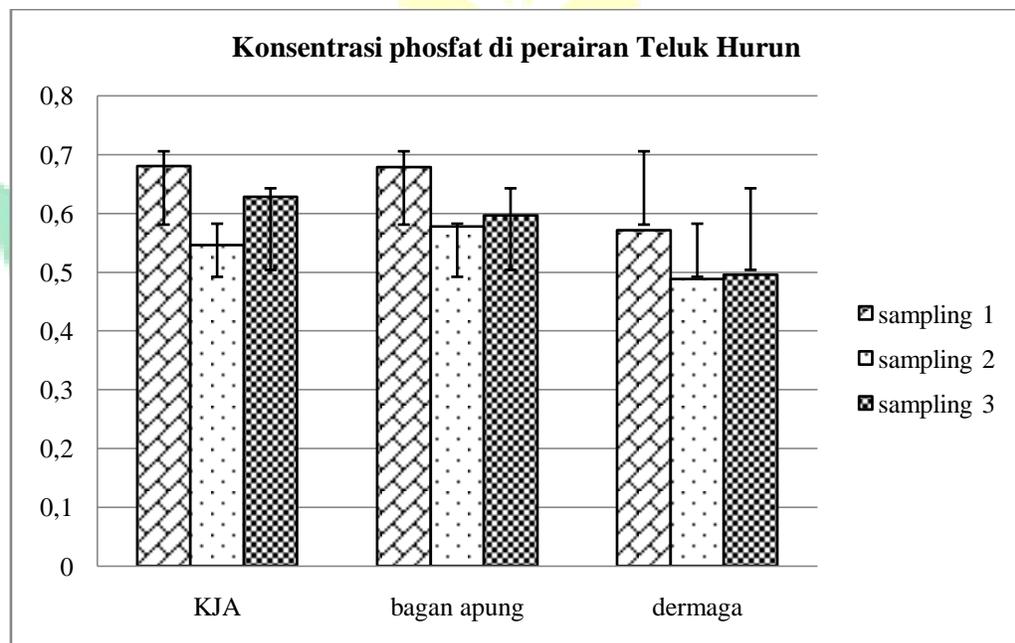
2. Phosfat (PO_4)

Konsentrasi phosfat pada perairan mempengaruhi penyebaran fitoplankton khususnya diatom. Berdasarkan hasil penelitian, konsentrasi phosfat di perairan Teluk Hurun rata-rata berkisar antara 0,52 – 0,62 mg/L. Konsentrasi phosfat tertinggi terukur pada stasiun KJA dan Bagan Apung (0,62 mg/L) sedangkan konsentrasi terendah pada stasiun dermaga (0,52 mg/L). Konsentrasi phosfat yang berkisar diatas 0,06 mg/L menunjukkan bahwa perairan yang bersangkutan memiliki tingkat kesuburan tinggi. Hal ini berpengaruh terhadap pertumbuhan optimal fitoplankton di mana konsentrasi phosfat yang optimum untuk pertumbuhannya berkisar antara 0,09 – 1,80 mg/L.

Unsur phosfat tidak dapat dipisahkan dengan nitrat karena nitrat dan phosfat merupakan dua unsur penting dalam proses metabolisme sel dan keberadaannya selalu menjadi patokan apakah unsur-unsur ini merupakan faktor pembatas atau tidak. Rasio N : P dalam perairan sering digunakan sebagai ukuran untuk menentukan batas potensial pertumbuhan fitoplankton. Rata-rata rasio N dan P (rasio atom) dalam sel fitoplankton diperkirakan sebesar 16 : 1, yang disebut dengan rasio *redfield*. Bila terlihat rasio N : P di bawah 16, maka unsur N menjadi unsur pembatas, sedangkan bila rasio N : P lebih besar dari 16, maka unsur P merupakan unsur pembatas dari keberadaan fitoplankton.

Berdasarkan hasil penelitian, rasio N : P di perairan Teluk Hurun selama penelitian memiliki nilai kurang dari 16. Kondisi ini memperlihatkan bahwa tidak terjadi penambahan unsur fosfat yang berlebihan pada perairan ini. Meski di sekitar lokasi penelitian merupakan daerah permukiman penduduk dan daerah budidaya sehingga ada banyak aktifitas manusia yang memungkinkan terjadinya pencemaran oleh limbah rumah tangga namun konsentrasi fosfat menunjukkan bahwa perairan Teluk Hurun tidak tercemar.

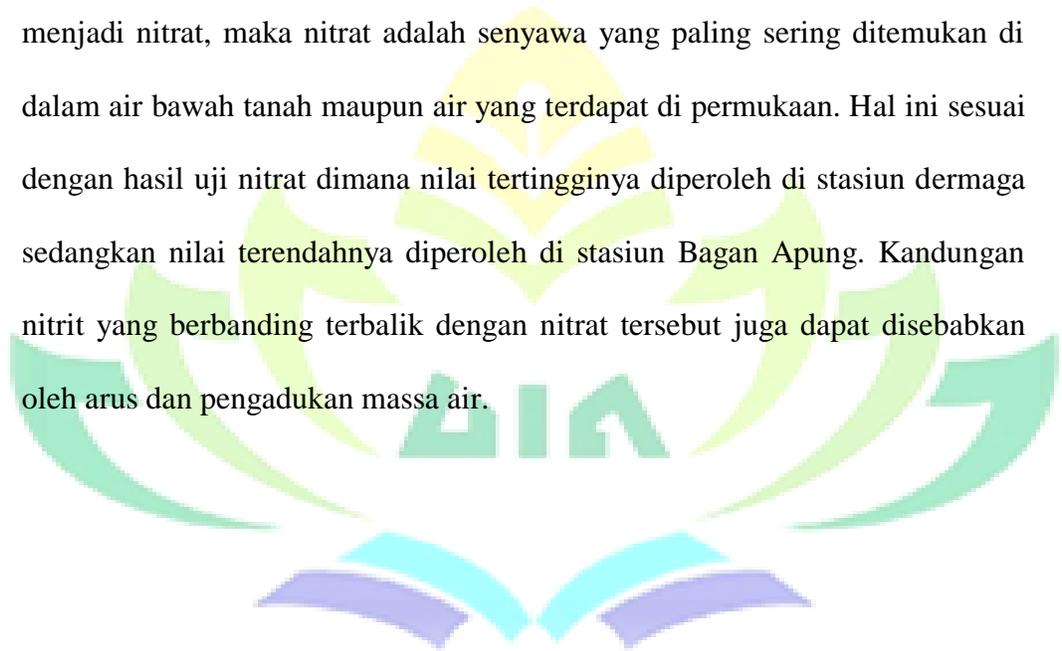
Gambar 4.10. Diagram konsentrasi fosfat antar stasiun.



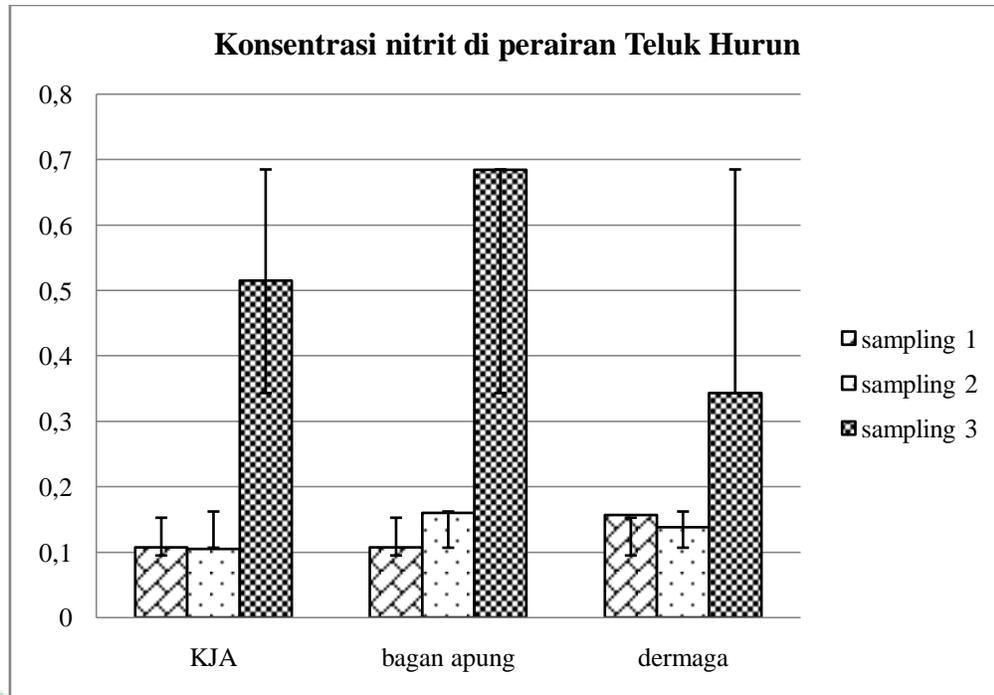
3. Nitrit (NO₂)

Konsentrasi nitrit di perairan Teluk Hurun mempunyai nilai yang berkisar antara 0,21 – 0,32 mg/L. Secara spasial konsentrasi nitrit yang

ditemukan pada semua stasiun menunjukkan nilai yang tidak terlalu jauh berbeda, nilai tertinggi terdapat pada stasiun Bagan Apung dengan rata-rata 0,32 mg/L dan terendah pada stasiun dermaga dengan rata-rata 0,21 mg/L. Aktivitas mikroba di tanah atau air menguraikan sampah yang mengandung nitrogen organik pertama-tama menjadi amonia, kemudian dioksidasikan menjadi nitrit dan nitrat. Karena nitrit dapat dengan mudah dioksidasikan menjadi nitrat, maka nitrat adalah senyawa yang paling sering ditemukan di dalam air bawah tanah maupun air yang terdapat di permukaan. Hal ini sesuai dengan hasil uji nitrat dimana nilai tertingginya diperoleh di stasiun dermaga sedangkan nilai terendahnya diperoleh di stasiun Bagan Apung. Kandungan nitrit yang berbanding terbalik dengan nitrat tersebut juga dapat disebabkan oleh arus dan pengadukan massa air.



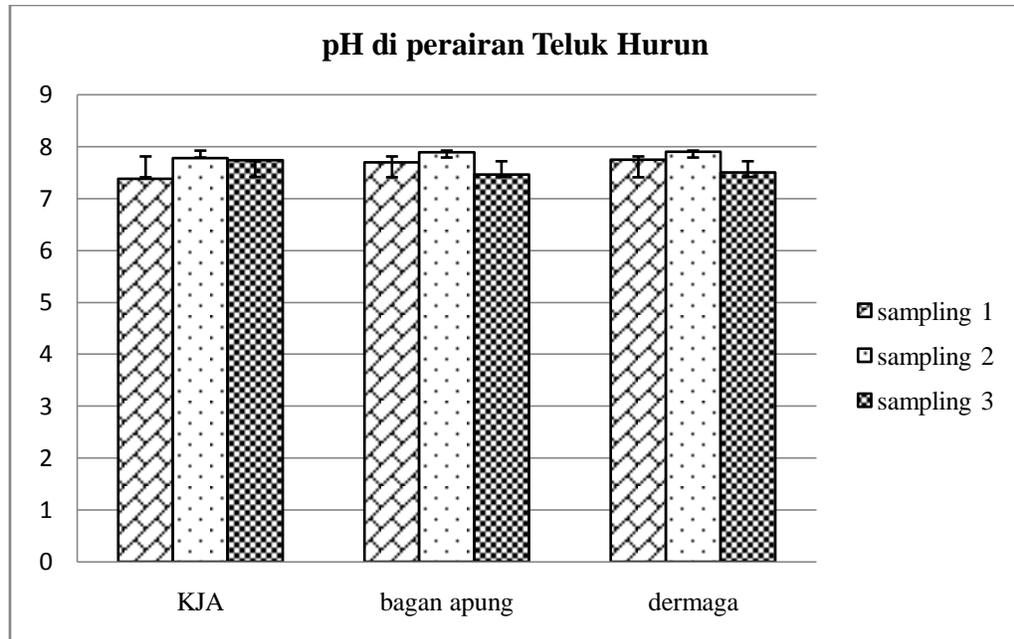
Gambar 4.11. Diagram konsentrasi nitrit antar stasiun.



4. pH (derajat keasaman)

Derajat keasaman pada lokasi penelitian menunjukkan nilai yang hampir sama untuk semua stasiun. Selama penelitian, nilai pH di perairan Teluk Hurun yang diamati berkisar antara 7,63 – 7,72. Kisaran pH tersebut dianggap ideal untuk pertumbuhan fitoplankton. Nilai pH optimum untuk kehidupan fitoplankton berkisar antara 6,5 – 8,0. pH tertinggi terukur pada stasiun dermaga (7,72) sedangkan terendah ditemukan pada stasiun KJA (7,63).

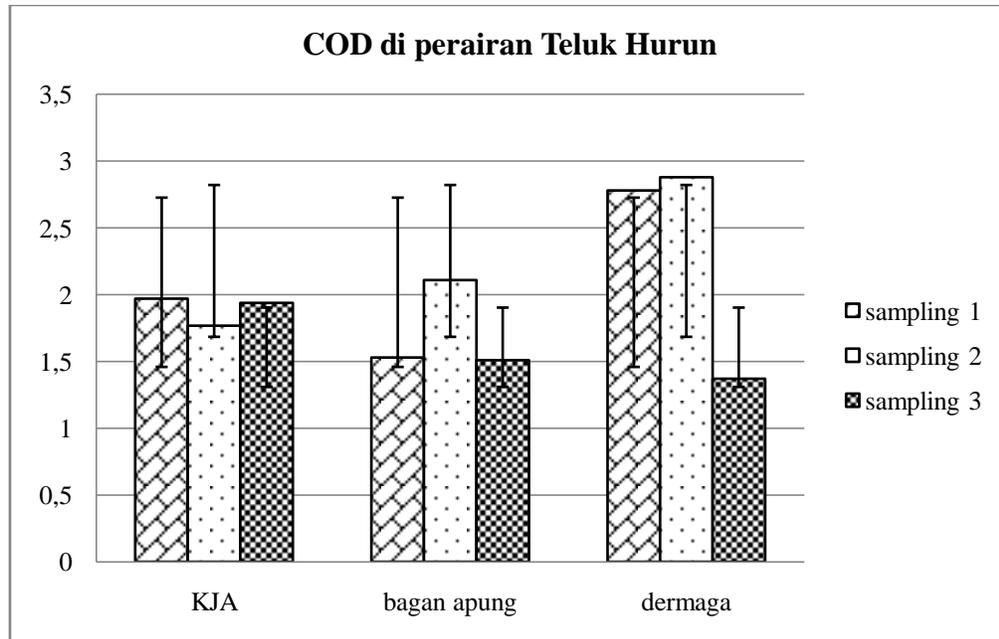
Gambar 4.12. Diagram konsentrasi pH antar stasiun.



5. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Nilai COD yang didapat dari penelitian di perairan Teluk Hurun berkisar antara 1,72 – 2,34 ppm (mg/L). Nilai tertinggi diperoleh pada stasiun dermaga sedangkan nilai terendah diperoleh pada stasiun Bagan Apung. Rendahnya nilai COD menunjukkan bahwa bahan organik yang ada di perairan Teluk Hurun banyak dalam bentuk yang mudah didegradasi secara biologis. Nilai COD kurang dari 10 mg/L menunjukkan bahwa perairan tersebut dalam kondisi normal atau tidak tercemar.

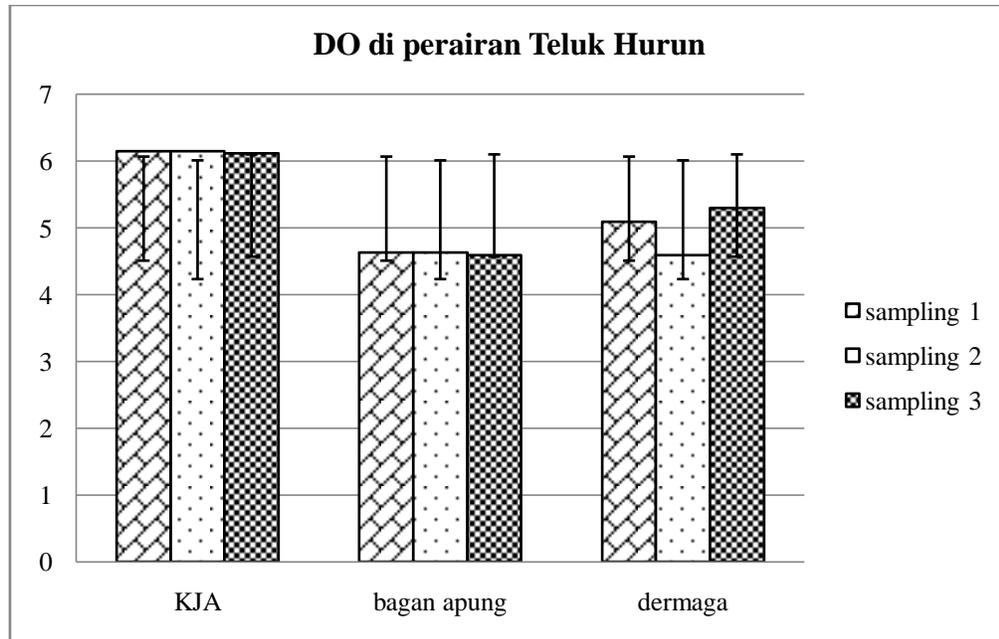
Gambar 4.13. Diagram COD antar stasiun.



6. DO (*Disolved Oxygen*)

Pengukuran oksigen terlarut (DO) selama penelitian berkisar antara 4,62 – 6,14 mg/L. Konsentrasi DO tertinggi terdapat di stasiun KJA (6,14 mg/L) sedangkan konsentrasi terendah terdapat di stasiun Bagan Apung (4,62 mg/L). Kelarutan oksigen 2 mg/L saja sudah cukup untuk mendukung kehidupan fitoplankton selama perairan tersebut tidak mengandung bahan-bahan yang bersifat toksik. Konsentrasi DO di perairan yang dapat ditolerir oleh organisme akuatik terutama fitoplankton adalah tidak kurang dari 5 mg/L. Hal ini menunjukkan alasan pertumbuhan fitoplankton yang cenderung lebih rendah di stasiun KJA dibanding kedua stasiun lain.

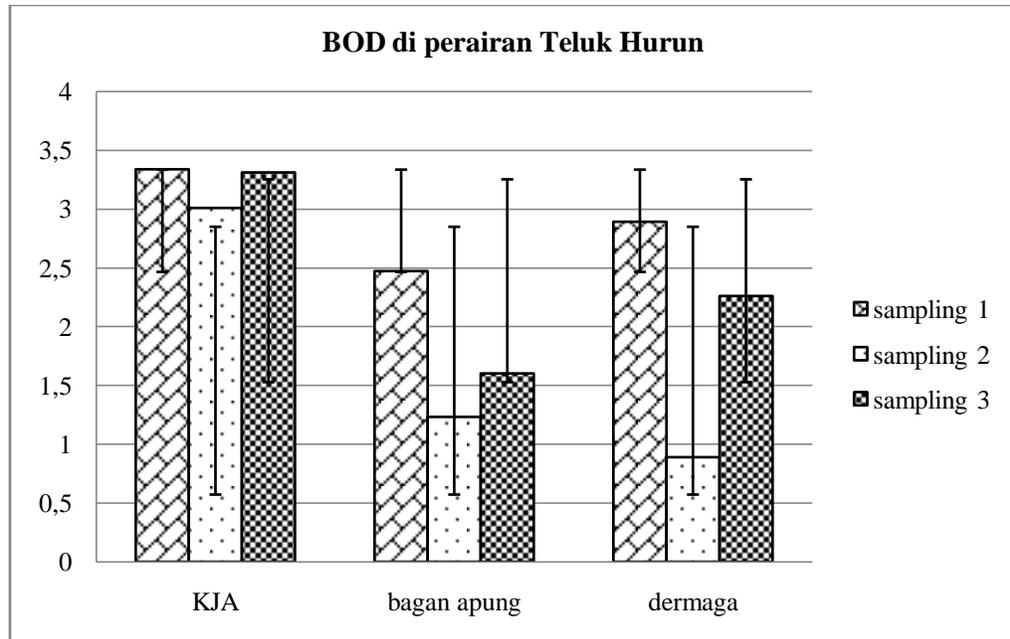
Gambar 4.14. Diagram DO antar stasiun.



7. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Pemeriksaan BOD diperlukan untuk mengetahui tingkat pencemaran akibat limbah rumah tangga ataupun industri. Jika dalam perairan banyak mengandung sampah organik atau tercemar, maka jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk memecah sampah organik tersebut akan besar dan mengakibatkan tingginya angka BOD dan rendahnya angka DO. Nilai BOD selama penelitian di perairan Teluk Hurun menunjukkan kisaran nilai 1,77 – 3,22 mg/L. Nilai BOD tertinggi diperoleh dari stasiun KJA sedangkan nilai terendah diperoleh dari stasiun Bagan Apung. Dari hasil tersebut diketahui bahwa kualitas perairan Teluk Hurun dalam kondisi normal atau tidak tercemar.

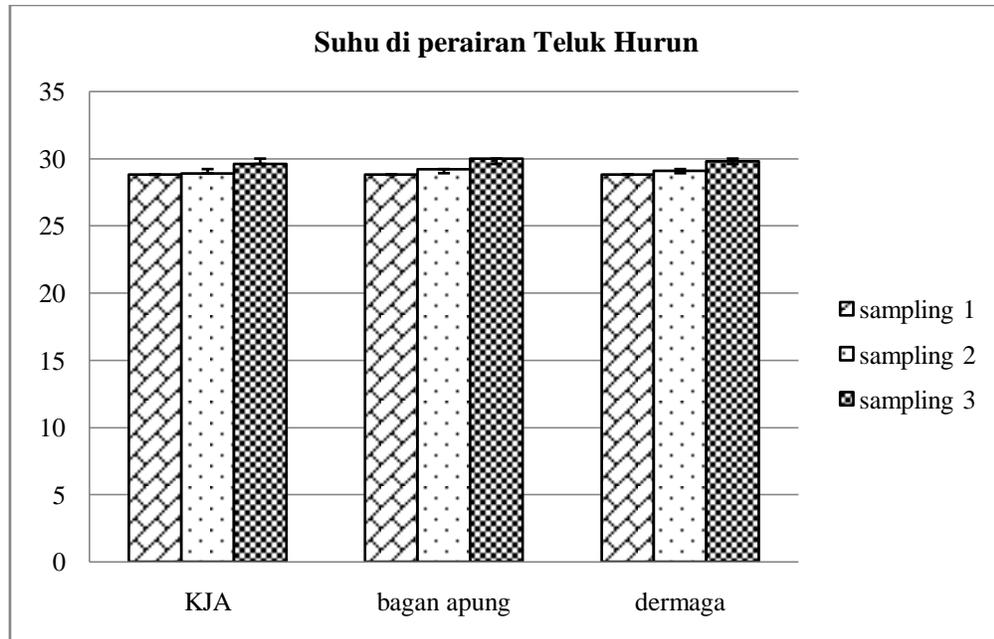
Gambar 4.15. Diagram BOD antar stasiun.



8. Suhu

Suhu memegang peranan penting dalam menentukan keberadaan fitoplankton dalam perairan. Berdasarkan hasil penelitian, kisaran rata-rata suhu di perairan Teluk Hurun berkisar antara 29,1 – 29,33 °C. Suhu tertinggi terukur pada stasiun Bagan Apung sedangkan terendah ditemukan pada stasiun KJA. Kisaran suhu tersebut mendukung tingginya pertumbuhan fitoplankton karena suhu optimum bagi fitoplankton yaitu berkisar antara 20 - 30 °C. Selain itu, beberapa alga seperti Chlorophyta dan Diatom masih dapat tumbuh dengan baik sampai pada suhu 35 °C.

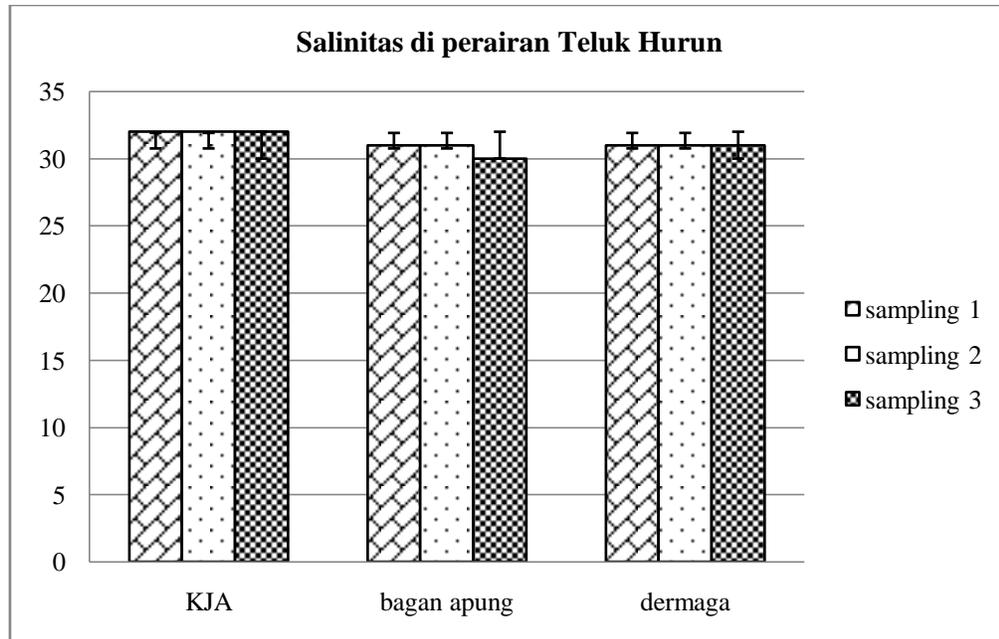
Gambar 4.16. Diagram konsentrasi suhu antar stasiun.



9. Salinitas

Struktur komunitas fitoplankton dapat mengalami perubahan sejalan dengan perubahan salinitas. Berdasarkan hasil penelitian di perairan Teluk Hurun, diperoleh salinitas kisaran rata-rata antara 30,67 – 32 ppt. Kisaran ini sesuai dengan pertumbuhan fitoplankton. Salinitas yang optimum dalam mendukung pertumbuhan fitoplankton adalah berkisar antara 20 ppt – 40 ppt. Salinitas tertinggi terukur pada stasiun KJA (32 ppt) sedangkan terendah ditemukan pada stasiun Bagan Apung (31 ppt).

Gambar 4.17. Diagram konsentrasi salinitas antar stasiun.



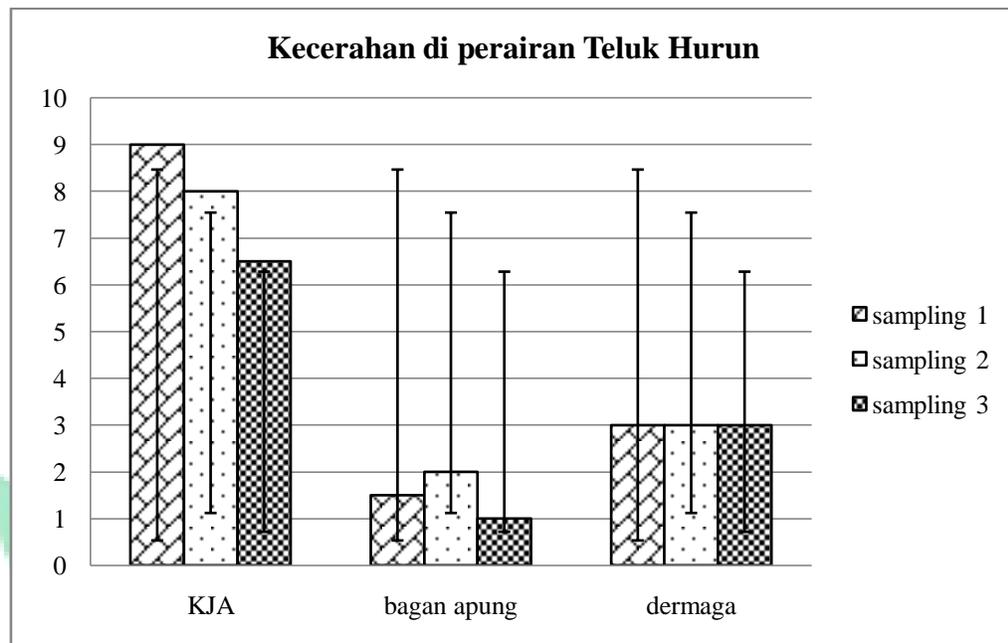
10. Kecerahan

Nilai kecerahan perairan selama penelitian di Teluk Hurun memiliki nilai yang bervariasi antar stasiun. Nilai kecerahan yang diperoleh tersebut mempunyai kisaran antara 1,5 – 7,83 m. Hasil pengukuran kecerahan tertinggi didapatkan di stasiun KJA yaitu 7,83 m, sedangkan kecerahan terendah didapatkan di stasiun Bagan Apung yaitu 1,5 m.

Kecerahan dipengaruhi oleh adanya bahan organik dan bahan organik yang tersuspensi dan terlarut (misalnya lumpur dan pasir halus) maupun bahan anorganik dan organik yang berupa plankton dan mikroorganisme lain. Jika diperhatikan secara spasial didapatkan bahwa kecerahan pada stasiun yang berlokasi dekat dengan pantai mempunyai nilai yang lebih rendah bila

dibandingkan dengan stasiun yang jauh dari pantai. Hal ini disebabkan oleh pengaruh beban masukan dari daratan yang lebih tinggi pada lokasi-lokasi yang lebih dekat dari pantai dibandingkan dengan lokasi yang jauh dari pantai.

Gambar 4.18. Diagram kecerahan antar stasiun.

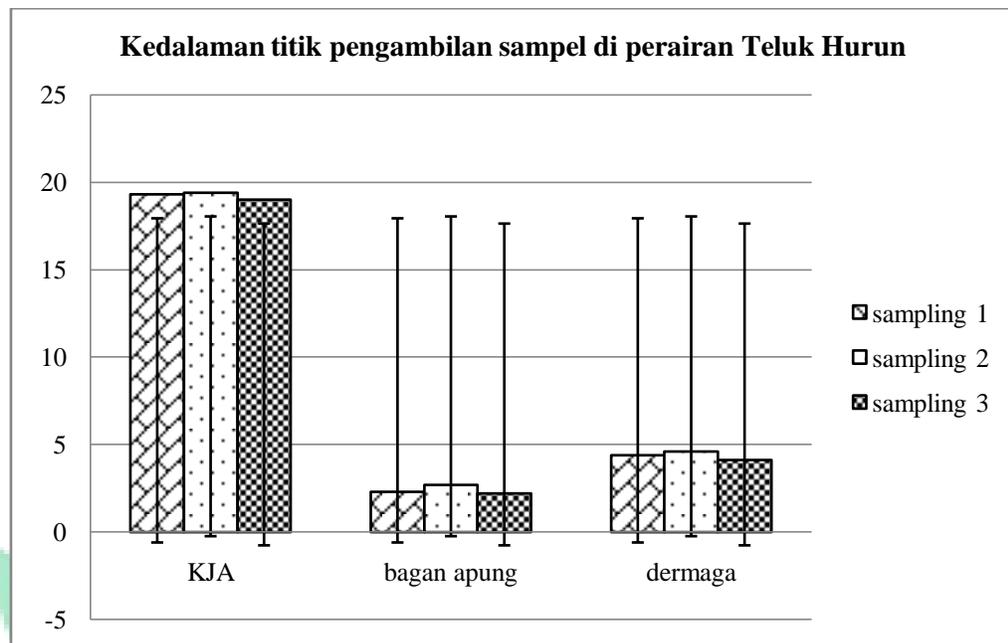


11. Kedalaman

Kedalaman berhubungan erat dengan kecerahan. Pada kedalaman yang mendapat cahaya optimum, kelimpahan fitoplanktonnya akan tinggi. Namun pada kedalaman yang mendapat cahaya minimum maka kelimpahan fitoplankton akan rendah. Hal ini dibuktikan dengan hasil penelitian pada perairan Teluk Hurun yaitu di stasiun dermaga dengan rata-rata kedalaman 4,37 m dan kecerahan 3 m (kecerahan > 50% dari kedalaman) memiliki kelimpahan yang lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun KJA dengan rata-

rata kedalaman 19,23 m dan kecerahan 7,83 m (kecerahan < 50% dari kedalaman).

Gambar 4.19. Diagram kedalaman antar stasiun.



D. Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan Fitoplankton penyebab *Harmful Algae Blooms (HABs)*

Untuk menganalisis berbagai parameter fisika dan kimia yang berpengaruh terhadap keberadaan HABs maka dilakukan uji korelasi antara kelimpahan fitoplankton secara keseluruhan (HABs dan Non-HABs) dengan berbagai parameter seperti nitrat, nitrit, fosfat, pH, COD, DO, BOD, suhu, salinitas, kecerahan, dan kedalaman. Berdasarkan hasil analisis korelasi Spearman didapatkan bahwa parameter yang memiliki hubungan kuat dan mempengaruhi kelimpahan fitoplankton (HABs dan Non-HABs) adalah pH

($p < 0,01$) dengan kekuatan hubungan yang sangat kuat dan positif. Selain pH, meski tidak mencapai angka signifikan fosfat memiliki korelasi yang tergolong kuat namun bernilai negatif. Parameter yang lain seperti nitrat, nitrit, COD, DO, BOD, suhu, salinitas, kecerahan, dan kedalaman cenderung tidak memperlihatkan hubungan yang nyata.

pH merupakan salah satu parameter kimia yang mempengaruhi terjadinya *Harmful Algae Blooms* (HABs) dan menentukan dominansi fitoplankton di perairan. Apabila fitoplankton berada pada pH optimalnya dan didukung oleh parameter lainnya seperti nitrat dan fosfat yang juga dalam konsentrasi optimum, maka akan menaikkan laju pertumbuhan fitoplankton.

E. Analisis Indeks Ekologi

Berikut adalah hasil analisis indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H'), indeks keseragaman Evenness (E), dan indeks dominansi Simpson (D).

Tabel 4.4. Indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, dan indeks dominansi.

Indeks	Stasiun KJA			Stasiun Bagan Apung			Stasiun Dermaga		
	PS-1	PS-2	PS-3	PS-1	PS-2	PS-3	PS-1	PS-2	PS-3
Keanekaragaman (H')	2,5	2,3	2,2	2,1	1,8	2,2	2,1	1,8	2,7
Keseragaman (E)	0,2	0,3	0,3	0,8	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
Dominansi (D)	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,3

Dilihat dari tabel diatas, indeks keanekaragaman (H') yang diperoleh dari sampel penelitian di stasiun KJA memperoleh kisaran angka 2,3, di

stasiun Bagan Apung memperoleh kisaran angka 2, dan stasiun dermaga memperoleh kisaran angka 2,2. Nilai indeks keanekaragaman yang tinggi menunjukkan jenis fitoplankton yang lebih beragam dan ada hubungannya dengan kondisi lingkungan. Semakin tinggi indeks keanekaragaman berarti semakin baik kondisi lingkungannya dan semakin stabil kondisi komunitas biota perairannya.

Indeks keseragaman (E) di stasiun KJA dan stasiun dermaga memperoleh kisaran angka 0,3 artinya penyebaran individu tiap spesies fitoplankton tidak sama dan memiliki kecenderungan salah satu spesies mendominasi spesies lainnya. Sedangkan pada stasiun Bagan Apung memperoleh kisaran angka 0,5 artinya penyebarannya merata dan tidak ada spesies yang mendominasi. Kondisi tersebut berimplikasi pada kisaran nilai indeks dominansi (D) masing-masing stasiun.

Indeks dominansi (D) di stasiun KJA memperoleh kisaran angka 0,5, stasiun Bagan Apung memperoleh kisaran angka 0,6, dan stasiun dermaga memperoleh kisaran angka 0,5. Nilai indeks dominansi yang lebih mendekati 1 daripada 0 ini menunjukkan bahwa adanya dominansi oleh suatu spesies dalam perairan. Hal tersebut sesuai dengan hasil identifikasi fitoplankton di perairan Teluk Hurun yaitu spesies *Chaetoceros* sp. yang memiliki kelimpahan sangat tinggi dibandingkan dengan spesies lainnya sehingga dinyatakan spesies ini berpotensi menyebabkan *Harmful Algae Blooms* (HABs).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Kelimpahan spesies fitoplankton yang hidup di perairan Teluk Hurun terdeteksi sebanyak 65 genus yang termasuk dalam 51 famili.
2. Jenis fitoplankton yang berpotensi berbahaya (HABs) di perairan Teluk Hurun ada 9 genus yang berasal dari 6 famili, yaitu: *Chaetoceros* dan *Bacteriastum* dari famili Chaetocerotaceae, *Nitzschia* dan *Pseudo-nitzschia* dari famili Bacillariaceae, *Prorocentrum* dari famili Prorocentraceae, *Protoperidinium* dari famili Protoperidiniaceae, *Skeletonema* dari famili Skeletonemataceae, *Pyrodinium* dan *Alexandrium* dari famili GoniDOMataceae.
3. Kualitas air di Teluk Hurun termasuk dalam kategori tercemar sedang. Sedangkan status trofik yang disesuaikan dengan standar Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 28 tahun 2009 menunjukkan perairan Teluk Hurun berada pada tingkat eutrofik. Adapun parameter yang memiliki

hubungan kuat dan mempengaruhi kelimpahan fitoplankton (HABs dan Non-HABs) adalah pH dengan kekuatan hubungan yang sangat kuat dan positif.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka disarankan dilaksanakan penelitian lanjutan mengenai implikasi ketersediaan nutrisi terhadap sebaran spasial jenis fitoplankton yang berpotensi menyebabkan *Harmful Algae Blooms* (HABs).



DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, Farida. *Studi fitoplankton yang berpotensi menyebabkan Red Tide di Pantai Timur Surabaya*. Surabaya, 2005.
- Al Quran dan terjemahnya. DEPAG RI. Jakarta: CV Samara Mandiri, 1999.
- Anderson, D.M. et all. "Harmful algal blooms and eutrophication: Examining linkages from selected coastal region of the United Stated, Harmful Algae". *NIH Public Access* 8, 39-53. USA, 2008.
- Anderson, D.M., Glibert, P.M., Burkholder, J.M. "Harmful algal Bloom and Eutrofication : Nutrient Sources, Composition and Concequences", *Estuaries* 25 : 562 – 584. USA, 2002.
- Aramita, Gabriella Inez, Muhammad Zainuri. "Pengaruh Arus Terhadap Persebaran Fitoplankton di Perairan Morosari Demak". *Jurnal Oseanografi*, Vol. 4, No. 1. Semarang: Universitas Diponegoro, 2014.
- Arinardi, O.H., Sutomo, A.B., *Kisaran Kelimpahan dan Komposisi Plankton Predominan di Perairan Kawasan Timur Indonesia*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, 1997.
- Bagus, T. A. *Pengantar Limnologi Studi Tentang ekosistem Air Daratan*. Medan: USU Press, 2004.
- Barokah et all. *JPB Kelautan dan Perikanan*, Vol. 11, No. 2. Jakarta, 2016.
- Basmi, J. *Perkembangan Komunitas Fitoplankton Sebagai Indikator Perubahan Tingkat Kesuburan Kualitas Perairan*. Institut Pertanian Bogor, 1988.
- Boyd, C. E. *Water Quality In Warmwater Fish Pond*. 4th Printing. USA: Auburn University Agricultural Experiment Station, Alabama, 1988.
- Chang, F. H., J. Zeldis, M. Gall, dan J. Hall. *Seasonal And Spatial Variation of Phytoplankton Assemblages, Biomass and Cell Size From Spring to Summer Across the North-Eastern New Zealand Continental Shelf*. *Journal of plankton Research*, 25 (7). New Zealand, 2003.
- Cole, G.A, *Textbook of Limnology*. McGraw-Hill Book Company. New York, USA, 1983.

- Damar, A. "Effect of Enrichment on Nutrient Dynamics, Phytoplankton Dynamics and productivity on Indonesia Tropical Waters: A Comparison". Fakultas der Christian-Albrechts-Universitatzu Kiel, Jerman, 2003.
- , "Musim hujan dan eutrofikasi perairan pesisir". Jakarta: *Tempo*, 2006.
- Effendi, H. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius, 2003.
- Fachrul, M.F. *Metode Sampling Bioekologi*. Jakarta: Bumi Aksara, 2012.
- Glibert P. M., Ji Li, Yonghui Gao. "Temporal and Spatial Changes in Chesapeake Bay Water Quality and Relationships to *Prorocentrum* minimum, *Karlodinium veneficum*, and CyanoHAB events, 1991-2008". 42:1. USA, 2015.
- Glibert, P. M. et all. "Harmful Algal Blooms In The Chesapeake and Coastal Bays of Maryland". *Estuaries*, Vol. 24, p. 875-883. USA, 2001.
- Gobler, C.J. et all. "The Role of Nitrogenous Nutrients in the Occurrence of Harmful Algal Blooms Caused by *Cochlodinium polykrikoides* in New York Estuaries". *Journal Harmful Algae* 17: 64-74. USA, 2012.
- Gunandjar et all. *Proses Oksidasi Biokimia Untuk Pengolahan Limbah Simulasi Cair Organik Radioaktif*. JFN, Vol 4, No. 1. Tangerang: Batan, PUSPITEK, 2010.
- Haarcoryati, A. "Hubungan Rasio N/P Dengan Kecenderungan Dominasi Komunikasi Mikroalga Pada Waduk - Waduk di DPS Citarum". *Buletin Keairan*, Vol. 1, No.1. Jakarta, 2008.
- Hasani, Qadar, Enan M.A., Niken Tunjung M.P. "The Relationship between the Harmful Algae Blooms (HABs) Phenomenon with Nutrients at Shrimp Farms and Fish Cage Culture Sites in Pesawaran District Lampung Bay". *Makara Journal of Science* 16/3, 183-191. Lampung, 2012.
- Heyman, U., dan A. Lundgren. "Phytoplankton Biomass and Production in Relation to Phosforus". Some Conclusions From Field Studies. *Hydrobiologia*, 170: 211-227. USA, 1988.
- Irawan, Ade, Qadar Hasani, Herman Yuliyanto. "Fenomena *Harmful Algae Blooms* (HABs) di Pantai Ringgung Teluk Lampung, pengaruhnya dengan tingkat kematian ikan yang dibudidayakan pada karamba jaring apung". *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, Vol. 15, No. 1. Lampung, 2014.

- Irianto, Koes. *MIKROBIOLOGI: Menguak Dunia Mikroorganisme* jilid 2. Bandung: Yrama Widya, 2007.
- Kim, D. et al. "Possible factors responsible for the toxicity of *Cochlodinium polykrikoides*, a red tide phytoplankton". *Comp. Bioch. Physiol* part C. 132: 415-423. Jepang, 2002.
- Masó, M. and Garcés, E. "Harmful Microalgae Blooms (HAB); The Problematic and Conditions that Induce Them". *Marine Pollution Bulletin*, 53. USA, 2006.
- Manurung A.I. "Karakterisasi Awal Protein Diatom *Chaetoceros gracilis* yang Terlibat Dalam Pembentukan Biosilika". Medan: Universitas Darma Agung, 2008.
- M.G Panggabean, Lily. "Toksin Alam dari Mikroalgae". *Jurnal Oseana*, Vol. XXXI, No. 3 : 1-12 (ISSN 0216-1877). Jakarta, 2006.
- Mos, L. "Domoic acid: a fascinating marine toxin". *Enviromental Toxicology and Pharmacology* 9, 79-85. USA, 2001.
- Muawanah et al. "Dominasi plankton kategori Blooming (Harmful Algal Blooms) di Teluk Hurun". Balai Besar Pengembangan Budidaya Laut Lampung, 2013.
- "Fenomena Out Break HABs (Harmful Algal Blooms) di Teluk Lampung". *Buletin Budidaya Laut*, No. 39. Balai Besar Perikanan Budidaya Laut Lampung, 2015.
- Muharram, N. *Struktur Komunitas Perifiton dan Fitoplankton di Bagian Hulu Sungai Ciliwung, Jawa Barat*. Bogor: Institut Pertanian Bogor, 2006.
- Mujib, A.S., Ario D., Yusli W. "Spatial distribution of Planktonic dinoflagellate in Makassar Waters, South Sulawesi". *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, Vol. 3, No 1. Bandung: Universitas Padjajaran, 2012.
- Mulholland et al. "Understanding Causes And Impacts Of The Dinoflagellate, *Cochlodinium polykrikoides*, Blooms In The Chesapeake Bay". *Estuaries And Coasts*, Vol. 32. USA, 2009.
- Nasir A, Muhammad L., Nurfadillah. "Ratio of Nutrient and Diatom – Dinoflagellate community In Spermonde Waters, South Sulawesi". *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, Vol. 3, No. 1. Bandung: Universitas Padjajaran, 2012.

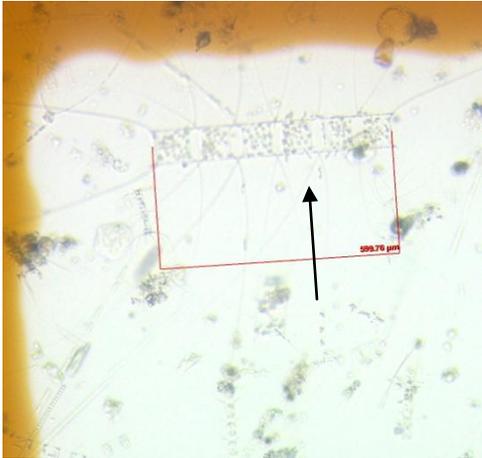
- Nastiti, S.N., M.R.A Putri. "Komposisi dan kelimpahan fitoplankton di Teluk Jakarta". *Jurnal Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia*, Vol. 39, No. 2. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta, 2013.
- Nontji, Anugerah. *Plankton Laut*. Bogor: LIPI Press, 2008.
- , *Laut Nusantara*. Edisi revisi cetakan kelima. Jakarta: Penerbit Djambatan, 2007.
- , *Tiada Kehidupan di Bumi Tanpa Keberadaan Plankton*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi – LIPI. Jakarta, 2006.
- Novia, Rani, Adnan, Irwan R.R. "Hubungan Parameter Fisika-Kimia Perairan dengan Kelimpahan Plankton di Samudera Hindia bagian Barat Daya". *Depik*, 5(2). ISSN Cetak: 2089-7790. Kalimantan Timur, 2016.
- Nybakken, J. W. *Biologi Laut : Suatu Pendekatan Ekologis*. Diterjemahkan oleh H. M. Eidman. Koesoebiono. D. G. Bengen. M. Jakarta: PT Gramedia, 1992.
- Odum, E.P. *Dasar-Dasar Ekologi*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press, 1971.
- , *Fundamental of Ecology*. 3rd Edition. London: W.B. Saunders Company, 1971.
- , *Dasar-Dasar Ekologi*. Edisi ketiga. Terjemahan : Samingan, T., Srigandono. *Fundamentals Of Ecology*. Third Edition. Gadjah Mada University Press, 1993.
- Pasaribu, A.P.H., *Siaran Pel's: "Red Tide" Sebabkan Ribuan Ikan Mati di Teluk Jakarta*. Jakarta: Departemen Kelautan dan Perikanan RI, 2004.
- Pawhestri, S.S., Hidayat, J.W., Putro, S.P. "Assesment of Water Quality Using Macrobenthos as Bioindicator and Its Application on Abundance- Biomass Comparison (ABC) Curves". *International Journal of Science and Engineering*. Semarang: Universitas Diponegoro, 2014.
- Praseno, D. P. dan Sugestiningasih. *Red tide di perairan Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi – LIPI. Jakarta, 2000.
- Prayitno, H B. "Kondisi trofik perairan Teluk Jakarta dan potensi terjadinya ledakan populasi alga berbahaya (HABs)". *Jurnal* Vol. 37, No. 2. Pusat Penelitian Oseanografi dan Limnologi – LIPI. Jakarta, 2011.

- Rahman, A. "Peranan zooplankton dalam mengontrol fenomena Harmful Algal Blooms (HAB)". *Oseana*, Vol. XXXVI, No. 3. Bogor: LIPI - Penelitian Oseanografi, 2011.
- Raymont, J.E.G. *Plankton dan Produktivitas Bahari* (Alih bahasa: Koesoebiono). Bogor: Institut Pertanian Bogor, 1981.
- Romimohtarto, K., dan S. Juwana., *Biologi Laut, Ilmu Pengetahuan Tentang Biota Laut*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi – LIPI. Jakarta: Penerbit Djambatan, 1999.
- , *Biologi Laut, Ilmu Pengatahuan Tentang Biota Laut*. Jakarta: Penerbit Djambatan, 2001.
- Sari. R.A. *Analisis Kuantitatif Berbagai Teknik Pengambilan Contoh Plankton di Perairan Pantai Pulau Lae-Lae Makassar*. [Skripsi]. Makassar: Unhas, 2015.
- Sellner, K. G., G. J. Doucette, and G. J. Kirkpatrick. "Harmful Algal Blooms : Causes, Impacts, And Detection". *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 30 : 383-406. USA: 2003.
- Steidinger K. A. and K. Tangen. *Dinoflagellates : Identifying Marine Phytoplankton*. pp. 387-584. San Diego, California, USA: Academic Press, 1997.
- Sulastrri. "Komposisi dan kelimpahan fitoplankton paska kematian ikan secara masal di danau Maninjau, Sumatera Barat". *Jurnal Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia*, Vol. 37, No. 3, ISSN 0125-9830. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi – LIPI. Jakarta, 2011.
- Sutomo. "Kejadian Red tide dan Kematian Massal Udang Jebbung (*Peaneusmurguensis*) dan Udang Windu (*Peaneusmonodon*) dalam Budidaya Jaring Apung di Muara Keramat Kebo, Teluk Naga, Tanggerang". Bogor: LIPI press, 1993.
- Wiadnyana, N. "Mikroalga Berbahaya di Perairan Indonesia". *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, No 29: 15-28. Bogor: LIPI press, 1996.
- Wibisono, M. S. *Pengantar Ilmu Kelautan*. Jakarta: Grasindo, 2005.
- Yu, R.C. et all. *Modified HPLC method for analysis of PST toxins in algae and shellfish from China*. *Chromatography* 48: 671-676. China, 1998.

LAMPIRAN



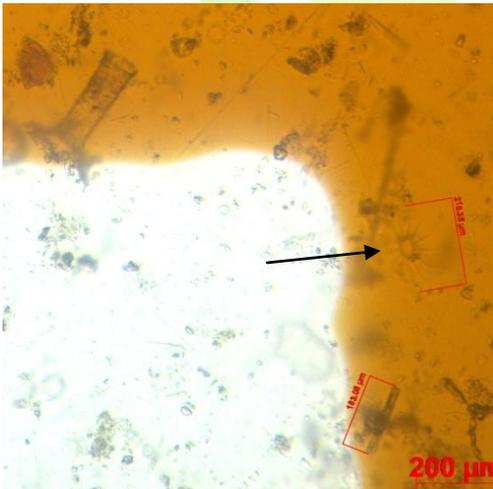
Chaetoceros sp.



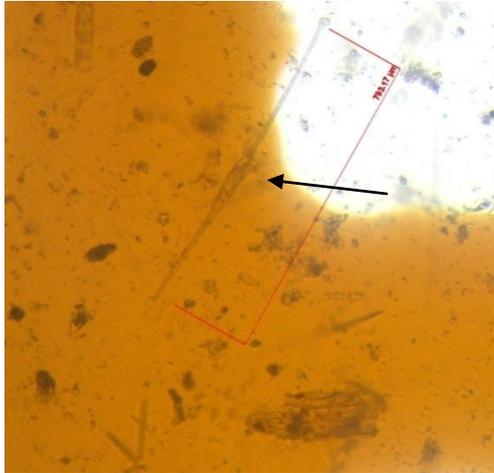
Chaetoceros socialis



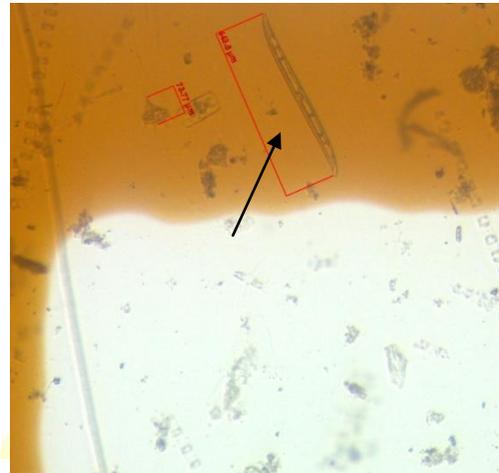
Bacteriastum sp.



Nitzschia sp.



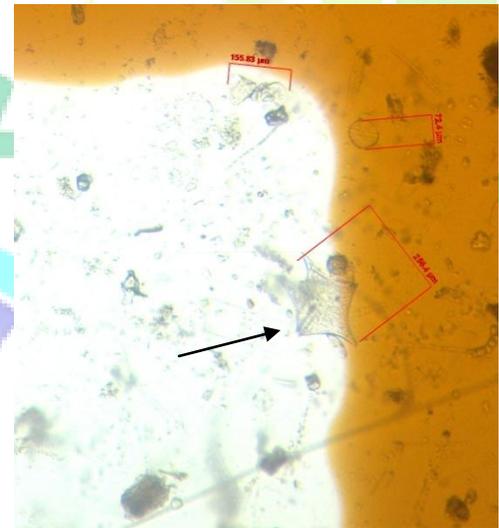
Pseudo-nitzschia sp.



Prorocentrum sp.



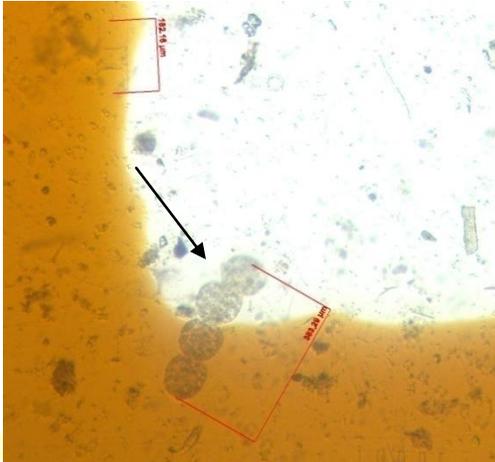
Proto-peridinium sp.



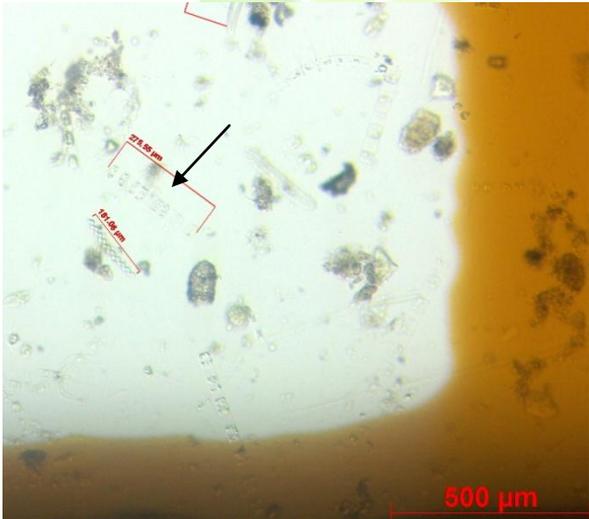
Pyrodinium bahamense



Alexandrium sp.



Skeletonema sp.





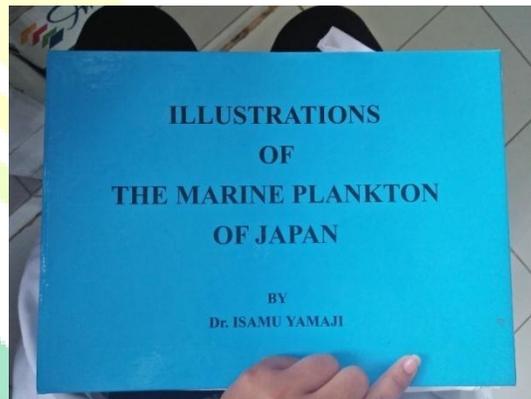
Pengukuran BOD



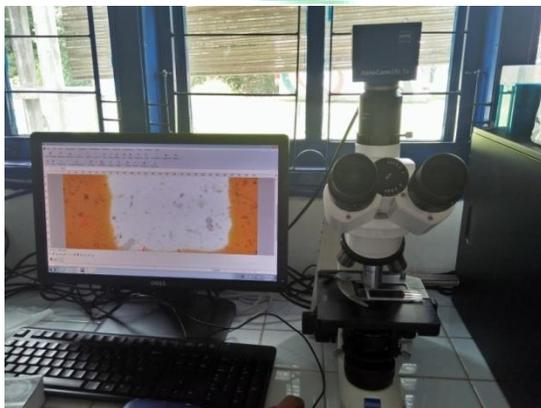
Pengamatan fitoplankton



Pengamatan fitoplankton



Buku identifikasi plankton



Mikroskop dan komputer



Bahan kimia



Omnipet



Proses pengujian nitrat dan phosfat



Spektrofotometer



Spektrofotometer



DO meter



Hand Refraktometer



Sampling dengan *Plankton net*



Pengukuran pH



Botol sampel



Hand Refraktometer



Water sampler



Senter untuk mengukur kedalaman



Plankton net



Aquades

