

**PENGARUH FAKTOR FISIKA-KIMIA PERAIRAN TERHADAP
KELIMPAHAN DAN KEANEKARAGAMAN PLANKTON DI
EKOSISTEM TERUMBU KARANG ALAMI DAN BUATAN
PERAIRAN PLTU PAITON**

SKRIPSI



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun Oleh :

**Muliyana Ambarwati
NIM. H74215030**

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA**

2019

**PENGARUH FAKTOR FISIKA-KIMIA PERAIRAN TERHADAP
KELIMPAHAN DAN KEANEKARAGAMAN PLANKTON DI
EKOSISTEM TERUMBU KARANG ALAMI DAN BUATAN
PERAIRAN PLTU PAITON**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains
(S.Si) pada Program Studi Ilmu Kelautan



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun Oleh :

**Muliyana Ambarwati
NIM. H74215030**

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA
2019**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

NAMA : Mulyana Ambarwati

NIM : H74215030

JUDUL : PENGARUH FAKTOR FISIKA-KIMIA PERAIRAN TERHADAP
KELIMPAHAN DAN KEANEKARAGAMAN PLANKTON DI
EKOSISTEM TERUMBU KARANG ALAMI DAN BUATAN
PERAIRAN PLTU PAITON

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 12 Juli 2019

Dosen Pembimbing I



Mauludiyah, M.T
NUP.201409003

Dosen Pembimbing 2



Misbakhul Munir, M.Kes
NIP.198107252014031002

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi Mulyana Ambarwati ini telah dipertahankan di depan tim penguji skripsi
di Surabaya 15 Juli 2019

Mengesahkan,
Dewan Penguji

Penguji I



Mauludiyah, M.T
NUP.201409003

Penguji II



Misbakhul Munir, M.Kes
NIP.198107252014031002

Penguji III



Noverma, M.Eng
NIP. 198111182014032002

Penguji IV



Wiga Ali' Violando, MP
NIP.199203292019031012

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya



Dr. Eni Purwati, M.Ag
NIP.198312211990022001

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

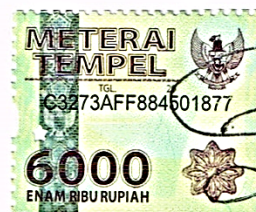
Nama : Mulyana Ambarwati
NIM : H74215030
Program Studi : Ilmu Kelautan
Angkatan : 2015

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul : "PENGARUH FAKTOR FISIKA-KIMIA PERAIRAN TERHADAP KELIMPAHAN DAN KEANEKARGAMAN PLANKTON DI EKOSISTEM TERUMBU KARANG ALAMI DAN BUATAN PERAIRAN PLTU PAITON". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 12 Juli 2019

Yang menyatakan,



Mulyana Ambarwati
NIM. H74215030

HALAMAN PERSEMBAHAN

Selama penelitian sampai akhir penulisan skripsi ini, penulis memperoleh bantuan dan dukungan yang begitu banyak bahkan tak terhitung nilainya dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih dengan setulus hati beriring rasa syukur seraya mengharap *Ridho Ilahi*, penulis persembahkan karya ini kepada :

1. Kedua orang tua penulis, ayahanda tercinta Imam Tohari dan ibunda tersayang Saminem yang telah membesarkan penulis dengan kasih sayang dan kesabaran serta doa dan segala bentuk dukungan yang tak pernah ada habisnya sampai detik ini.
2. Ibu Mauludiyah, M.T selaku pembimbing utama serta Bapak Misbakhul Munir, M.Kes selaku pembimbing kedua yang telah banyak meluangkan waktu dan pikiran untuk memberikan arahan, bimbingan, kritik dan saran yang membangun kepada penulis selama proses penyusunan skripsi.
3. Bapak dan ibu dosen Program Studi Ilmu Kelautan yang telah memberikan masukan terutama ilmu dan bantuan dalam segala hal selama penulis menempuh studi dari awal hingga akhir.
4. Seluruh staf Fakultas Sains dan Teknologi yang telah membantu melayani penulis selama menempuh studi akhir.
5. Ibu Ruly Isfatul Khasanah selaku dosen yang berperan sebagai dosen dan sahabat yang membantu dalam pelaksanaan kegiatan penelitian.
6. PT. YTL Jawa Power yang telah bekerjasama dan membantu baik dari segi fasilitas maupun dukungan dalam pelaksanaan kegiatan penelitian.
7. Kakak tercinta Wiwik Ismiati dan Moch.Suhadi sebagai sosok orang tua kedua yang selalu memberikan dukungan dan bantuannya dalam suka maupun duka.
8. Teman-teman Ilmu Kelautan angkatan 2015 yang telah menjadi saudara dan sahabat seperjuangan penulis selama kurang lebih 4 tahun ini, terima kasih atas doa dan dukungannya.

9. Untuk semua pihak yang telah membantu dalam proses pelaksanaan penelitian dan penyusunan tugas akhir namun tidak sempat disebutkan satu persatu, terima kasih untuk segala bantuannya semoga ALLAH SWT membalas semua bantuan kebaikan dan ketulusan yang telah diberikan.

ABSTRAK

PENGARUH FAKTOR FISIKA-KIMIA PERAIRAN TERHADAP KELIMPAHAN DAN KEANEKARAGAMAN PLANKTON DI EKOSISTEM TERUMBU KARANG ALAMI DAN BUATAN PERAIRAN PLTU PAITON

**Oleh:
Muliwana Ambarwati**

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kehidupan plankton yaitu faktor fisik dan faktor kimia. Faktor fisik dan kimia tersebut merupakan parameter lingkungan perairan yang berperan penting terhadap kelimpahan dan keanekaragaman plankton. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh faktor fisika-kimia perairan terhadap kelimpahan dan keanekaragaman plankton di ekosistem terumbu karang alami dan terumbu buatan perairan PLTU Paiton. Penelitian ini menggunakan metode analisis kuantitatif dan *Prinsiple Component Analysis* (PCA). Hasil analisis kuantitatif menunjukkan bahwa kelimpahan fitoplankton di ekosistem terumbu karang alami berkisar 3.209 – 5.589 sel/L dan ekosistem terumbu buatan berkisar 598 – 856 sel/L. Kelimpahan zooplankton di ekosistem terumbu karang alami dan buatan masing-masing adalah 48 – 70 ind/L dan 23 – 36 ind/L. Kelimpahan fitoplankton di ekosistem terumbu karang alami dan buatan perairan PLTU Paiton memiliki nilai >500 sel/L, sehingga perairan tersebut termasuk kategori kesuburan tinggi. Nilai keanekaragaman plankton di ekosistem terumbu karang alami dan buatan perairan PLTU Paiton berkisar antara 2,19 – 3,25 sehingga dapat dikategorikan tingkat keanekaragaman sedang. Hasil analisis PCA menunjukkan bahwa pada ekosistem terumbu karang alami dan terumbu buatan di perairan PLTU Paiton parameter kecerahan dan pH berhubungan sedang terhadap kelimpahan dan keanekaragaman plankton. Salinitas, DO, dan fosfat berhubungan (+) sangat kuat terhadap kelimpahan dan keanekaragaman plankton. Sementara suhu dan nitrat berhubungan (-) sangat kuat terhadap kelimpahan dan keanekaragaman plankton. Hubungan (-) nitrat dan suhu dengan kelimpahan dan keanekaragaman plankton, yaitu pada ekosistem terumbu karang alami meningkatnya nilai kelimpahan plankton diikuti dengan rendahnya konsentrasi nitrat dan fosfat. Sedangkan pada ekosistem terumbu buatan rendahnya nilai kelimpahan plankton diikuti dengan tingginya konsentrasi nitrat dan fosfat.

Kata Kunci : kelimpahan plankton, keanekaragaman plankton, perairan PLTU Paiton

ABSTRACT

THE EFFECT OF PHYSICAL-CHEMICAL FACTORS OF WATER ON THE ABUNDANCE AND DIVERSITY OF PLANKTON IN NATURAL CORAL REEF AND ARTIFICIAL REEFS ECOSYSTEMS OF THE AQUATIC ENVIRONMENT PAITON PLTU

By:
Muliyana Ambarwati

There are several factors that affect the life of plankton namely physical factors and chemical factors. The physical and chemical factors are a parameter of the aquatic environment which plays an important role in the abundance and diversity of plankton. The aim of the study was to determine the influence of the physical-chemical water factor on abundance and biodiversity plankton in the natural coral reef ecosystem and the artificial reefs of the Paiton PLTU waters. This research uses quantitative analysis methods and Principle Component Analysis (PCA). The results of these quantitative analyses show that the abundance of phytoplankton in natural coral reef ecosystems ranges from 3.209 – 5.589 cells/L. Abundance of phytoplankton in artificial reef ecosystem ranges from 598 – 856 cells/L. While the abundance of zooplankton in Natural coral reef ecosystems range from 48 – 70 IND/L and in artificial reef ecosystem ranging from 23 – 36 IND/L. The agility of phytoplankton in natural coral reef ecosystem and artificial reefs of Paiton PLTU water have a value of > 500 cell/L, so that the waters including high fertility categories. The value of plankton's diversity in the ecosystem of natural coral reefs and artificial waters of Paiton PLTU ranges from 2,19 – 3,25 so that it can be categorized as moderate diversity. Results of analysis of PCA showed that in the ecosystem of natural coral reefs and artificial reefs in the waters of the PLTU Salinity, DO, and phosphate related (+) are very strong against the abundance and diversity of plankton. While temperature and nitrate related (-) is very strong against the abundance and diversity of plankton. Relations (-) nitrate and temperature with the abundance and diversity of plankton, namely in the ecosystem of natural coral reefs increase the value of abundance of plankton followed by low concentrations of nitrates and phosphate. In the reef ecosystem, the low value of plankton is followed by the high concentration of nitrate and phosphate.

Keywords : plankton abundance, plankton biodiversity, aquatic environment of Paiton PLTU

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Pengaruh Faktor Fisika-Kimia Perairan Di Ekosistem Terumbu Karang Alami dan Buatan Perairan PLTU Paiton”**. Skripsi ini merupakan salah satu syarat kelulusan pada Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Sains dan Teknologi

Penyusunan skripsi ini terdapat banyak kendala dan hambatan yang penulis hadapi, akan tetapi berkat adanya bimbingan, kritik dan saran serta dukungan dari berbagai pihak skripsi ini dapat diselesaikan. Oleh sebab itu, ucapan terima kasih yang tidak terhingga saya sampaikan kepada :

1. Ibu Dr. Eni Purwati, M.Ag selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Ampel Surabaya.
2. Ibu Asri Sawiji, M.T selaku Ketua Prodi Ilmu Kelautan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Ampel Surabaya.
3. Ibu Mauludiyah, M.T dan Bapak Misbakhul Munir, M.Kes selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk membantu mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Noverma, M.Eng dan Bapak Wiga Alif Violando, MP selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun pada penyusunan skripsi ini.
5. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan banyak bantuan, doa, dukungan material dan moral.
6. Teman-teman yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
7. Pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa substansi dalam penulisan ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak, sehingga pada penelitian selanjutnya diharapkan bisa lebih baik. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan semua pihak serta berkontribusi terhadap kemajuan Program Studi Ilmu Kelautan UIN Sunan Ampel Surabaya.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Surabaya, 12 Juli 2019

Muliyana Ambarwati

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	Error! Bookmark not defined.
PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Plankton	6
2.1.1 Penggolongan Plankton Berdasarkan Ukuran.....	6
2.1.2 Penggolongan Plankton Berdasarkan Fungsi.....	7
2.1.3 Penggolongan Plankton Berdasarkan Daur Hidup.....	10
2.2 Peranan Plankton	12
2.3 Faktor Pembatas Pertumbuhan Plankton	12
2.3.1 Faktor Fisika Perairan	13
2.3.2 Faktor Kimia Perairan.....	15
2.4 Analisis PCA (<i>Principle Component Analysis</i>)	18
2.5 Penelitian Terdahulu	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Lokasi Dan Waktu Penelitian	23
3.2 Alat Dan Bahan.....	25

3.3 Tahapan Penelitian.....	26
3.3.1 Penentuan Lokasi Penelitian	27
3.3.2 Pengumpulan Data	28
3.3.3 Pengolahan dan Analisis Data.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Gambaran Umum Perairan PLTU Paiton	34
4.2 Parameter Fisika Kimia Perairan	34
4.2.1 Suhu dan Kecerahan.....	35
4.2.2 Salinitas dan DO (<i>Dissolve Oxygen</i>).....	37
4.2.3 pH (Derajat Keasaman).....	39
4.2.4 Nitrat (NO ₃) dan Fosfat (PO ₄).....	40
4.3 Kelimpahan Plankton (N) di Ekosistem Terumbu Karang Alami dan Buatan .	42
4.3.1 Kelimpahan Fitoplankton.....	42
4.3.2 Kelimpahan Zooplankton.....	48
4.4 Keanekaragaman Plankton (H') di Ekosistem Terumbu Karang Alami dan Terumbu Buatan	53
4.5 Hubungan Faktor Fisika-Kimia Perairan Terhadap Kelimpahan dan Keanekaragaman Plankton	54
4.5.1 Hubungan Faktor Fisika-Kimia Perairan Terhadap Kelimpahan Plankton	55
4.5.2 Hubungan Faktor Fisika-Kimia Perairan Terhadap Keanekaragaman Plankton	59
BAB V PENUTUP	64
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	20
Tabel 3.1 Alat dan bahan yang digunakan pada pengambilan sampel plankton ..	25
Tabel 3.2 Alat dan bahan yang digunakan pada pengamatan sampel.....	25
Tabel 3.3 Koordinat stasiun penelitian.....	27
Tabel 3.4 Alat dan metode yang digunakan dalam pengukuran parameter fisika- kimia perairan	28
Tabel 3.5 Kesuburan perairan berdasarkan kelimpahan fitoplankton.....	31
Tabel 3.6 Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener	32
Tabel 3.7 Tingkat hubungan antar variabel.....	33
Tabel 4.1 Rata-rata hasil pengukuran parameter fisika-kimia perairan	35
Tabel 4.2 Hasil pengamatan fitoplankton yang ditemukan pada masing-masing titik sampling berdasarkan buku identifikasi Shirota (1966), Yamaji (1979) dan Tomas (1997).	43
Tabel 4.3 Hasil pengamatan zooplankton yang ditemukan pada masing-masing titik sampling berdasarkan buku identifikasi Shirota (1966), Yamaji (1979) dan Tomas (1997).	49
Tabel 4.4 Tingkat keanekaragaman plankton	53
Tabel 4.5 Matrix korelasi Spearman hubungan kelimpahan dengan parameter fisika-kimia perairan.....	55
Tabel 4.6 Matriks korelasi Spearman hubungan keanekaragaman dengan parameter fisika-kimia perairan.....	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Ekosistem Terumbu Buatan di Perairan PLTU Paiton.....	3
Gambar 2.1 Dinoflagellata genus <i>Ceratium</i> sp.	9
Gambar 2.2 Diatom genus <i>Coscinodiscus</i> sp.	9
Gambar 2.3 Zooplankton: a) <i>Copepod</i> , b) <i>Amfipod</i> , c) <i>Salpa</i>	10
Gambar 3.1 Peta lokasi penelitian.....	23
Gambar 3.2 Peta lokasi titik sampling di stasiun 1 (ekosistem terumbu karang alami)	24
Gambar 3.3 Peta lokasi titik sampling di stasiun 2 (ekosistem terumbu buatan) .	24
Gambar 3.4 Flowchart tahapan penelitian	26
Gambar 3.1 Peta lokasi penelitian.....	23
Gambar 3.2 Peta lokasi titik sampling di stasiun 1 (ekosistem terumbu karang alami)	24
Gambar 3.3 Peta lokasi titik sampling di stasiun 2 (ekosistem terumbu buatan) .	24
Gambar 3.4 <i>Flowchart</i> tahapan penelitian	26
Gambar 4.2 a) rata-rata suhu perairan, b) rata-rata kecerahan perairan.....	36
Gambar 4.3 a) rata-rata salinitas perairan, b) rata-rata kandungan oksigen terlarut	38
Gambar 4.4 Rata-rata pH perairan	39
Gambar 4.5 a) rata-rata nitrat perairan, b) rata-rata fosfat perairan	40
Gambar 4.6 Fitoplankton yang ditemukan di Perairan PLTU Paiton dari kelas <i>Bacillariophyceae</i> atau Diatom a) <i>Rhizosolenia</i> sp., b) <i>Chaetoceros</i> sp., c) <i>Coscinodiscus</i> sp.	45
Gambar 4.7 Fitoplankton yang ditemukan di Perairan PLTU Paiton dari kelas <i>Bacillariophyceae</i> atau Diatom a) <i>Rhizosolenia</i> sp., b) <i>Chaetoceros</i> sp., c) <i>Coscinodiscus</i> sp.	45
Gambar 4.8 Kelimpahan fitoplankton pada masing-masing titik sampling.....	46
Gambar 4.9 Komposisi fitoplankton berdasarkan persentase kelimpahan pada masing-masing titik sampling	47

Gambar 4.10 Zooplankton yang ditemukan dari kelas Crustaceae a) Harpacticoid sp., b) Nauplius sp., c) Calanus sp.	50
Gambar 4.11 Kelimpahan zooplankton pada masing-masing titik sampling	51
Gambar 4.12 Komposisi zooplankton berdasarkan persentase kelimpahan pada masing-masing titik sampling	52
Gambar 4.13 Nilai indeks keanekaragaman plankton.....	54
Gambar 4.14 Grafik distribusi titik sampling berdasarkan parameter fisik-kimia perairan yang mempengaruhi kelimpahan plankton	57
Gambar 4.15 Grafik distribusi titik sampling berdasarkan parameter fisika-kimia perairan yang mempengaruhi keanekaragaman plankton.....	61

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.1 Hasil pengukuran parameter fisik-kimia perairan di ekosistem terumbu karang alami dan buatan perairan PLTU Paiton	70
Lampiran 1.2 Hasil pengamatan fitoplankton di ekosistem terumbu karang alami dan buatan perairan PLTU Paiton	71
Lampiran 1.3 Hasil pengamatan zooplankton di ekosistem terumbu karang alami dan buatan perairan PLTU Paiton	74
Lampiran 1.4 Dokumentasi kegiatan pengambilan sampel di lapangan.....	75
Lampiran 1.5 Dokumentasi kegiatan pengamatan sampel di laboratorium.....	76
Lampiran 1.6 Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 baku mutu air laut untuk biota laut	77

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keberadaan plankton sangat mempengaruhi kehidupan ekosistem di suatu perairan karena plankton merupakan organisme perairan yang berperan penting sebagai produsen primer pada rantai makanan di laut. Peranan plankton sebagai produsen primer perairan karena kemampuan plankton dalam menghasilkan bahan organik di perairan laut (Romimohtarto dkk., 2009). Oleh sebab itu, plankton dapat dikatakan sebagai bioindikator kesuburan suatu perairan. Kesuburan perairan dapat dilihat berdasarkan kelimpahan dan komposisi jenis atau keanekaragaman plankton di suatu perairan. Apabila kelimpahan plankton di suatu perairan mencapai lebih dari 500 ind/l maka dapat dikatakan perairan tersebut mempunyai tingkat kesuburannya tinggi. (Odum, 1996).

Menurut Veronika *et. al.* (2010) plankton mempunyai faktor pembatas yang dapat mempengaruhi kehidupan plankton. Faktor pembatas kehidupan plankton sangat kompleks dan saling berinteraksi antara factor fisika dan kimia perairan seperti suhu, kecerahan, oksigen terlarut (DO), dan ketersediaan unsur hara (nitrat dan fosfat). Adapun faktor fisika dan kimia tersebut merupakan variabel yang berperan penting terhadap kelimpahan dan keanekaragaman plankton di perairan.

Meskipun plankton berukuran sangat kecil (mikroskopik) bukan berarti plankton tidak memiliki andil bagi keberlangsungan kehidupan di bumi. Plankton mempunyai fungsi, peranan dan manfaat yang begitu besar baik bagi keberlangsungan ekosistem perairan maupun bagi kelangsungan hidup manusia. Hal tersebut membuktikan bahwasannya tidak ada satupun makhluk ciptaan Allah SWT yang sia-sia, melainkan semua makhluk ciptaan Allah SWT memiliki peranannya masing-masing. Seperti halnya firman Allah SWT dalam Surah Al-Anbiya ayat 16:

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا لِعِبَادٍ

Artinya : *“Dan tidaklah kami ciptakan langit dan bumi dan segala yang ada di antara keduanya dengan bermain-main”* (QS. Al-Anbiya/21:16).

Menurut tafsir al-Jalalain, ayat tersebut menegaskan bahwa Allah SWT menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada di antara keduanya itu dengan maksud dan tujuan yang mengandung hikmat. Hal ini menjadi bukti yang menunjukkan kekuasaan Allah SWT dan sekaligus sebagai manfaat untuk semua makhluk Allah SWT.

Plankton memiliki hubungan yang erat dengan ekosistem pesisir dan laut, salah satunya ekosistem terumbu karang. Menurut Guntur (2011), ekosistem terumbu karang merupakan ekosistem yang sangat kompleks dengan keanekaragaman hayati yang tinggi. Salah satu fungsi terumbu karang yang paling utama ialah sebagai tempat hidup (habitat) bagi beranekaragam biota-biota laut. Peranan utama plankton pada ekosistem terumbu karang adalah sebagai produsen primer dan pemberi warna-warni pada ekosistem terumbu karang (Wibisono, 2011). Selain itu, beberapa hewan-hewan karang, pada tahap awal hidupnya termasuk dalam golongan meroplankton (larva hidup sebagai plankton) dan pada tahap dewasa hidup sebagai hewan-hewan karang (Guntur, 2011).

Perairan PLTU Paiton, Probolinggo terdapat ekosistem terumbu karang alami dan ekosistem terumbu buatan (Gambar 1.1). Keberadaan ekosistem terumbu buatan tersebut dapat meningkatkan kualitas kesuburan perairan di sekitar perairan PLTU Paiton. Seperti yang diketahui bahwa pembangkit listrik tenaga uap menggunakan air laut sebagai pendingin sistem kondensor. Sementara air laut yang digunakan sebagai pendingin sistem kembali dialirkan ke perairan dengan suhu yang lebih tinggi. Penggunaan air laut sebagai sistem pendingin secara langsung maupun tidak langsung akan memberikan dampak perubahan terhadap kualitas perairan.



Gambar 1.1 Ekosistem terumbu buatan di Perairan PLTU Paiton (Dokumentasi pribadi)

Salah satu yang terdampak akan perubahan kualitas perairan yaitu organisme perairan terutama plankton sebagai produsen primer di perairan dan ekosistem terumbu karang buatan yang terletak 370 m dari kanal pembuangan. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai kelimpahan dan tingkat keanekaragaman plankton serta faktor-faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan plankton tersebut untuk menilai kesuburan perairan di ekosistem terumbu karang alami dan terumbu buatan PLTU Paiton.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana parameter fisika-kimia perairan pada ekosistem terumbu karang alami dan terumbu buatan di Perairan PLTU Paiton?
2. Bagaimana kelimpahan plankton pada ekosistem terumbu karang alami dan ekosistem terumbu buatan di Perairan PLTU Paiton?
3. Bagaimana tingkat keanekaragaman plankton pada ekosistem terumbu karang alami dan ekosistem terumbu buatan di Perairan PLTU Paiton?
4. Bagaimanakah hubungan parameter fisika-kimia perairan terhadap kelimpahan dan keanekaragaman plankton pada ekosistem terumbu karang alami dan terumbu buatan di Perairan PLTU Paiton?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui parameter fisika-kimia pada ekosistem terumbu karang alami dan terumbu buatan di perairan PLTU Paiton.
2. Mengetahui kelimpahan plankton pada ekosistem terumbu karang alami dan ekosistem terumbu buatan di Perairan PLTU Paiton.
3. Mengetahui tingkat keanekaragaman plankton pada ekosistem terumbu karang alami dan ekosistem terumbu buatan di Perairan PLTU Paiton.
4. Mengetahui hubungan parameter fisika-kimia perairan terhadap kelimpahan dan keanekaragaman plankton pada ekosistem terumbu karang alami dan terumbu buatan di Perairan PLTU Paiton.

1.4 Manfaat

Penelitian ini dapat memberikan informasi tentang nilai kelimpahan dan keanekaragaman plankton pada ekosistem terumbu karang alami dan terumbu buatan di perairan PLTU Paiton. Selain itu, penelitian ini secara tidak langsung dapat memberikan informasi tentang kualitas air di sekitar Perairan PLTU Paiton, Probolinggo. Data-data hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan dapat dijadikan sebagai acuan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah pada penelitian ini, antara lain :

1. Pengambilan parameter air dan sampel plankton dilakukan pada bulan April (Musim Peralihan I).
2. Pengambilan parameter air dan sampel plankton dilakukan di perairan sekitar ekosistem terumbu karang alami dan ekosistem terumbu buatan.
3. Parameter air yang dianalisis meliputi parameter fisika (suhu dan kecerahan) dan parameter kimia (pH, salinitas, oksigen terlarut (*Dissolve Oksigen*), nitrat (NO_3) dan fosfat (PO_4)).

4. Identifikasi plankton pada penelitian ini berdasarkan tingkat genus (*genera*).
5. Penelitian ini tidak membahas tentang pengaruh tutupan terumbu karang dan struktur terumbu buatan terhadap kelimpahan dan keanekaragaman plankton.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plankton

Istilah plankton berasal dari Bahasa Yunani yaitu “*planktos*” yang mempunyai arti menghanyut atau mengembara. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa plankton merupakan makhluk baik tumbuhan atau hewan yang hidupnya mengapung, mengambang atau melayang di dalam maupun di kolom air yang kemampuan renangnya sangat terbatas dan hanyut oleh arus. Plankton sangat berbeda dengan nekton. Nekton merupakan hewan yang mempunyai kemampuan aktif berenang bebas, tidak bergantung pada arus sedangkan plankton pergerakannya dipengaruhi oleh arus (Nontji, 2008).

Menurut Sediadi (1999), plankton merupakan biota yang hidupnya terapung atau terhanyut di daerah pelagik, berukuran kecil atau mikroskopis dan gerakannya tergantung pada arus. Meskipun gerak plankton bergantung pada arus akan tetapi ada beberapa plankton yang mempunyai daya renang cukup kuat, sehingga dapat melakukan migrasi harian. Sedangkan menurut Wibisono (2011), plankton merupakan suatu golongan jasad hidup akuatik yang berukuran mikroskopik. Plankton biasanya berenang atau tersuspensi dalam air, sehingga tidak bergerak atau hanya bergerak sedikit untuk melawan atau mengikuti arus.

2.1.1 Penggolongan Plankton Berdasarkan Ukuran

Plankton memiliki ukuran yang beragam dari yang sangat kecil hingga yang berukuran besar. Menurut Nontji (2006) plankton dibedakan menjadi beberapa golongan diantaranya adalah sebagai berikut :

- Megaplankton (20-200 cm)

Megaplankton disebut juga dengan megaloplankton. Salah satu plankton yang termasuk dalam golongan megaplankton adalah ubur-ubur. Contohnya ubur-ubur *Schizophomedusa* dan ubur-ubur *Cyanea arctica*.

- Makroplankton (2-20 cm)
Contoh plankton yang termasuk golongan ini adalah *eufausid*, *sergestid*, dan *pteropod*. Selain itu, larva-larva ikan juga termasuk dalam golongan makroplankton
- Mesoplankton (0,2-20 mm)
Sebagian besar zooplankton termasuk dalam golongan mesoplankton, seperti *copepod*, *amfipod*, *ostrakod*, dan *kaetognad*. Namun, ada beberapa fitoplankton yang berukuran besar masuk dalam golongan ini, misalnya *Noctiluca*.
- Mikroplankton (20 – 200 μm)
Plankton yang termasuk dalam golongan mikroplankton ini adalah fitoplankton, seperti Diatom dan Dinoflagellata.
- Nanoplankton (2-20 μm)
Plankton golongan ini sangatlah kecil, sehingga sulit untuk ditangkap dengan jarring plankton. Plankton yang termasuk dalam golongan ini misalnya kokolitoforid dan berbagai mikroflagelat.

2.1.2 Penggolongan Plankton Berdasarkan Fungsi

Berdasarkan fungsinya, plankton dapat dibedakan menjadi 2 golongan yakni golongan tumbuhan/fitoplankton (plankton nabati) yang umumnya mempunyai klorofil dan golongan hewan/zooplankton (plankton hewani).

a. Fitoplankton

Fitoplankton menghuni hampir setiap ruang dalam massa air yang dapat dicapai oleh sinar matahari (*zone eufotik*), dan merupakan komponen flora yang paling besar peranannya sebagai produsen primer di suatu perairan (Nontji, 1984). Menurut Wibisono (2011), fitoplankton termasuk dalam golongan organisme *autotroph*, karena fitoplankton mempunyai kemampuan dalam hal penyedia energi. Energi yang dihasilkan oleh fitoplankton pada dasarnya berasal dari hasil fotosintesis gas CO_2 terlarut dengan H_2O dan zat

nutrient yang mendapat sinar matahari, sehingga menghasilkan bahan organik yang siap pakai. Bahan organik yang dihasilkan bisa dalam berbagai bentuk tergantung filum/kelas algae yang bersangkutan.

Bahan organik yang diproduksi oleh fitoplankton dijadikan sebagai sumber energi untuk melaksanakan segala fungsi faalinya. Akan tetapi, di samping energi yang terkandung dalam fitoplankton dapat dialirkan ke berbagai komponen ekosistem lainnya melalui rantai makanan. Melalui rantai makanan ini, seluruh fungsi ekosistem dapat berlangsung (Nontji, 2008).

- *Dinophyceae*

Fitoplankton yang termasuk dalam kelas *Dinophyceae* lebih populer dengan sebutan Dinoflagellata. Menurut Praseno (2000), Dinoflagellata berukuran kecil, uniselular, memiliki dua cambuk (*flagel*) yang dapat digunakan untuk bergerak. Selain itu dinoflagellata mempunyai dinding tipis atau berkotak-kotak, dan memiliki warna kuning-hijau kemerah-merahan.

Kelompok Dinoflagellata ini memegang peranan penting dalam ekosistem laut sebagai produsen primer setelah diatom. Meskipun demikian, beberapa dinoflagellata dapat menghasilkan racun yang berbahaya dan dapat merusak ekosistem perairan dalam kondisi sangat berlimpah. Dinoflagellata terdapat hampir di semua lautan, tetapi perkembangan jenis terbesar terjadi di laut bersuhu hangat (Romimohtarto dan Sri Juwana, 2009). Gambar 2.1 menunjukkan genus *Ceratium* sp. dari kelompok Dinoflagellata.



Gambar 2.1 Dinoflagellata genus *Ceratium* sp.
(Dokumentasi pribadi)

- *Bacillariophyceae*

Bacillariophyceae atau yang sering disebut dengan Diatom merupakan produsen primer yang paling banyak di laut. Fitoplankton yang tergolong diatom ini terdiri dari tumbuhan yang berbentuk mikroskopik (Romimohtarto dan Sri Juwana, 2009). Bentuk Diatom ini dapat berupa sel tunggal atau rangkaian sel panjang, dan setiap sel dilindungi oleh dinding silica yang menyerupai kotak (Praseno, 2000). Jenis-jenis diatom yang banyak ditemukan di perairan pantai atau muara adalah *Chaetoceros*, *Rhizosolenia*, dan *Coscinodiscus*. Hal ini disebabkan oleh kemampuan reproduksi Diatom yang lebih besar dibandingkan dengan kelompok fitoplankton lainnya. Gambar 2.2 menunjukkan genus *Caetoceros* sp. dari kelompok Diatom.

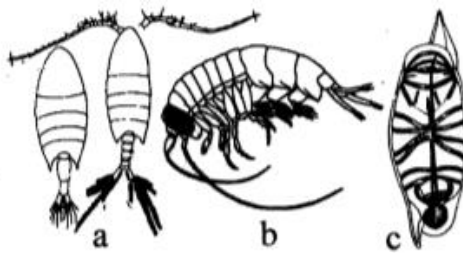


Gambar 2.2 Diatom genus *Coscinodiscus* sp.
(Dokumentasi pribadi)

b. Zooplankton

Menurut Nontji, (2006), zooplankton dapat disebut dengan plankton hewani. Zooplankton merupakan hewan yang hidupnya mengapung, melayang di dalam laut, dan mempunyai kemampuan renang yang ditentukan oleh arus. Zooplankton ini bersifat heterotrofik, yang artinya tidak dapat memproduksi bahan organik/bahan makanannya sendiri. Oleh sebab itu, zooplankton sangat bergantung pada bahan organik dari fitoplankton yang menjadi makanannya.

Zooplankton umumnya berukuran 0,2-2 mm, tetapi ada beberapa yang berukuran besar, seperti ubur-ubur yang bias berukuran sampai satu meter. Kelompok zooplankton yang banyak ditemui antara lain kopepod (*copepod*), eufasid (*euphausid*), misid (*mysid*), amfipod (*amphipod*), kaetognat (*chaetognath*). Zooplankton ini dapat dijumpai di perairan pantai, perairan estuari sampai perairan tengah samudra dan perairan tropis sampai ke perairan kutub (Nontji, 2006). Gambar 2.3 menunjukkan beberapa zooplankton yang berasal dari kelas *Crustaceae*.



Gambar 2.3 Zooplankton: a) kopepod, b) amfipod, c) salpa.

(Sumber : Nontji, 2008)

2.1.3 Penggolongan Plankton Berdasarkan Daur Hidup

Menurut Nontji (2006), plankton dapat digolongkan menjadi 3 (tiga) berdasarkan daur hidupnya, yaitu sebagai berikut :

a. Holoplankton

Plankton yang termasuk dalam kelompok holopankton adalah plankton yang seluruh daur hidupnya dijalani sebagai plankton,

mulai dari telur, larva, hingga dewasa. Kebanyakan fitoplankton yang termasuk dalam golongan holopankton, namun ada beberapa zooplankton yang juga termasuk dalam golongan holopankton, seperti *copepod*, *amfipod*, *salpa*, *kaetognat*.

b. Meroplankton

Meroplankton merupakan plankton yang menjalani kehidupannya sebagai plankton hanya pada tahap awal dari daur hidupnya, yakni pada tahap sebagai telur dan larva saja. Setelah dewasa, plankton tersebut akan berubah menjadi nekton, yakni hewan yang aktif berenang bebas, atau sebagai bentos yang hidup menetap atau melekat di dasar laut. Oleh sebab itu, meroplankton sering disebut dengan plankton sementara.

Kerang dan karang (*coral*) adalah contoh hewan yang awalnya hidup sebagai plankton pada tahap telur hingga larva, yang kemudian menjalani hidupnya sebagai bentos yang hidup melekat atau menancap di dasar laut. Meroplankton ini bentuknya sangat beranekaragam dan umumnya mempunyai bentuk yang berbeda dari bentuk dewasanya. Contohnya yaitu larva *Crustasea*, seperti udang, kepiting dan lain-lain.

c. Tikoplankton

Tikoplankton (*tychoplankton*) sebenarnya bukanlah plankton yang sejati, karena biota ini dalam keadaan normal hidup di dasar laut sebagai bentos. Namun, karena gerakan air seperti arus, pasang surut, dan pengadukan menyebabkan tikoplankton bias terangkat lepas dari dasar laut kemudian terbawa arus mengembara sementara sebagai plankton. Beberapa jenis alga diatom normalnya hidup di dasar laut (*benthic diatom*), akan tetapi alga diatom tersebut dapat terangkat dan hanyut sebagai plankton. Selain itu, ada beberapa jenis hewan seperti *amfipod*, *kumasea*, dan *isopod* yang normalnya hidup sebagai bentos di dasar laut, tetapi juga dapat terlepas dan terbawa hanyut kemudian menjalani kehidupan sementara sebagai plankton.

2.2 Peranan Plankton

Plankton memiliki peranan yang sangat penting bagi ekosistem perairan. Menurut Asriyana dan Yuliana (2012), fitoplankton merupakan produsen primer yang memberikan produksi total di dalam ekosistem perairan. Mujiyanto dan Satria (2011) juga menegaskan bahwa fitoplankton merupakan sumber penyedia makanan alami bagi beranekaragam hewan laut. Hal tersebut dikarenakan fitoplankton bersifat (*autotrof*) dimana fitoplankton dapat menghasilkan bahan organik melalui proses fotosintesis.

Selain sebagai penyedia sumber makanan, fitoplankton juga berperan penting terhadap ekosistem terumbu karang. Peranan tersebut yaitu beberapa jenis *Dinoflagellata/Pyrrophyta* dapat membentuk *symbiont* sebagai *zoox* (*Zooxanthellae*) yang mampu bersimbiosis dengan hewan koral (*Coelenterata*). *Zoox* inilah yang memberi warna-warni *exotic* pada koral hidup (Wibisono, 2011). Menurut Asriyana dan Yuliana (2012), simbiosis mutualisme antara polip karang dengan zooxanthellae adalah polip karang bersimbiosis dengan alga bersel tunggal (*monoceluler*) yang terdapat dalam jaringan endoderm karang. Alga ini termasuk dalam dinoflagellate kelompok/marga *Symbiodinium* yang mempunyai klorofil untuk proses fotosintesis. Alga ini dapat disebut juga zooxanthellae.

Zooxanthellae mendapat keuntungan karena zooxanthellae mendapat tempat berlindung/tempat tinggal di dalam tubuh si polip karang keras. Sedangkan polip karang keras mendapat keuntungan karena mendapat makanan dari hasil fotosintesis alga, yaitu energi dan oksigen. Hasil metabolisme dari karang zooxanthellae untuk proses fotosintesis, kemudian hasilnya dimanfaatkan oleh polip karang. Oleh sebab itu, keduanya saling bergantung dan tidak dapat bertahan hidup tanpa ada salah satunya (Asriyana dan Yuliana, 2012).

2.3 Faktor Pembatas Pertumbuhan Plankton

Menurut Parsons *et.al.*, (1984), ada beberapa faktor yang mempengaruhi kehidupan fitoplankton yaitu faktor fisik dan faktor kimia. Faktor fisika dan kimia perairan merupakan variabel yang memiliki peran penting terhadap

kelimpahan fitoplankton. Adapun beberapa parameter fisika dan kimia perairan yang mempengaruhi pertumbuhan fitoplankton di perairan antara lain :

2.3.1 Faktor Fisika Perairan

Faktor fisika perairan yang dapat membatasi pertumbuhan plankton antara lain :

a. Suhu

Nontji (2007) mengemukakan bahwa, suhu air di permukaan dapat dipengaruhi oleh kondisi meteorologi seperti curah hujan, kelembapan udara, penguapan, suhu udara, kecepatan angin, dan intensitas radiasi matahari. Sedangkan menurut Effendi (2003), suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, sirkulasi udara, ketinggian dari permukaan, waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan, dan aliran serta kedalaman badan air. Suhu sangat berperan dalam mengendalikan kondisi ekosistem perairan. Organisme akuatik memiliki kisaran suhu tertentu (batas atas dan bawah) untuk keberlangsungan pertumbuhannya. Menurut Effendi (2000), suhu yang optimum untuk pertumbuhan fitoplankton di perairan berkisar antara 20 - 30°C. Alga dari filum *Chlorophyta* tumbuh dengan baik pada kisaran suhu 30 - 35°C sedangkan Diatom tumbuh dengan baik pada suhu 20 - 30°C.

Peningkatan suhu dalam suatu perairan dapat menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi organisme air yang selanjutnya mengakibatkan konsumsi oksigen meningkat. Selain itu, peningkatan suhu perairan sebesar 10°C dapat menyebabkan terjadinya peningkatan konsumsi oksigen oleh organisme akuatik sekitar 2 - 3 kali lipat dari konsumsi oksigen normal. Akan tetapi, peningkatan suhu ini disertai dengan penurunan kadar oksigen terlarut, sehingga keberadaan oksigen seringkali tidak mampu memenuhi kebutuhan oksigen bagi organisme akuatik untuk melakukan proses metabolisme dan respirasi. Peningkatan suhu juga menyebabkan terjadinya

peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroba (Effendi, 2003).

Menurut Aryawati (2007) menjelaskan bahwa meningkatnya suhu perairan akan diikuti dengan meningkatnya laju fotosintesis oleh fitoplankton. Akan tetapi laju fotosintesis dapat menurun secara signifikan setelah suhu perairan mencapai titik tertentu. Hal tersebut dikarenakan fitoplankton selalu menyesuaikan diri terhadap lingkungan (beradaptasi) terhadap kisaran suhu tertentu. Suhu optimum untuk pertumbuhan fitoplankton pada perairan tropis berkisar antara 25°C - 32°C. Effendi (2003), menegaskan bahwa suhu optimum bagi pertumbuhan fitoplankton pada suatu perairan berkisar antara 20°C - 30°C.

b. Kecerahan

Nilai kecerahan air menunjukkan kedalaman perairan yang dapat ditembus oleh cahaya matahari. Hal tersebut berkaitan dengan proses fotosintesis fitoplankton dan migrasi harian zooplankton. Bagi fitoplankton intensitas cahaya merupakan salah satu faktor penting dalam pertumbuhan dan proses fotosintesis. Sementara zooplankton cenderung akan menjauhi lapisan perairan yang dapat ditembus cahaya matahari dan akan naik ke lapisan perairan dengan tingkat intensitas cahaya matahari yang rendah untuk mencari makan. Oleh sebab itu, zooplankton banyak ditemukan di perairan pada malam hari (Aryawati, 2007).

Kecerahan air pada suatu perairan bergantung pada warna dan kekeruhan. Kecerahan merupakan ukuran transparansi perairan, yang ditentukan secara visual dengan menggunakan alat *secchi disk*. Nilai kecerahan dinyatakan dalam satuan meter. Nilai ini dipengaruhi oleh keadaan cuaca, waktu pengukuran, kekeruhan, dan padatan tersuspensi, serta ketelitian orang yang melakukan pengukuran. Untuk melakukan pengukuran kecerahan sebaiknya dilakukan pada saat cuaca cerah (Effendi, 2003).

2.3.2 Faktor Kimia Perairan

Faktor kimia perairan yang dapat membatasi pertumbuhan plankton antara lain :

a. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu parameter yang dapat menentukan produktivitas suatu perairan (Pescod, 1973). Nilai pH pada suatu perairan memiliki peranan penting pada proses kimia dan biologi yang dapat menentukan kualitas perairan. Organisme perairan akan hidup dengan baik pada perairan dengan nilai pH yang berkisar 6.5 – 8.5 (Diansyah, 2004). Perubahan pH dapat menyebabkan perubahan dalam reaksi fisiologik pada berbagai jaringan maupun pada reaksi enzim (Romimohtarto dan Sri Juwana, 2004).

Menurut Effendi (2003), nilai pH menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan suatu perairan. Perairan yang memiliki nilai pH 7 artinya kondisi perairan tersebut bersifat netral. Perairan dengan nilai pH kurang dari 7 artinya kondisi perairan tersebut bersifat asam. Sedangkan perairan yang memiliki nilai pH lebih dari 7 artinya kondisi perairan tersebut bersifat basa. Biota perairan sebagian besar sangat sensitive terhadap perubahan pH. Selain itu, biota perairan lebih menyukai perairan dengan nilai pH 7 – 8.5.

Perairan laut Indonesia umumnya memiliki pH yang bervariasi antara 6-8.5, nilai pH maksimum terdapat pada zona fotosintesis yang menunjukkan fenomena mencegah pembentukan H_2CO yang berasal dari CO_2 (Romimohtarto, 1991).

b. *Dissolve Oxygen* (DO)

Kadar oksigen terlarut atau DO (*Dissolve Oxygen*) di dalam suatu perairan alami bervariasi tergantung pada suhu, salinitas, turbulensi air, dan tekanan atmosfer. Kadar oksigen akan semakin berkurang dengan meningkatnya suhu, ketinggian dan berkurangnya tekanan atmosfer. Semakin tinggi suatu tempat dari permukaan laut maka tekanan atmosfer akan semakin rendah,

sehingga mengakibatkan semakin sedikitnya oksigen yang terlarut dalam air (Effendi, 2003).

Menurut Effendi (2003), kadar oksigen pada perairan alami biasanya kurang dari 10 mg/l. Sumber oksigen terlarut yang masuk dalam perairan alami berasal dari difusi oksigen yang terdapat di atmosfer yaitu sekitar 35% dan dari aktivitas fotosintesis oleh tumbuhan air dan fitoplankton.

c. Salinitas

Salinitas perairan menggambarkan kandungan garam dalam suatu perairan. Garam tersebut merupakan berbagai ion yang terlarut dalam air termasuk garam dapur/NaCl (Effendi, 2003). Salinitas pada suatu perairan memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap distribusi plankton secara horizontal maupun vertical (Romimohtarto dan Juwana, 2004). Plankton hidup dengan baik pada perairan yang memiliki nilai salinitas antara 28 – 34 ppt. Distribusi salinitas di perairan dapat dipengaruhi oleh curah hujan, pola sirkulasi air, penguapan, dan aliran sungai (Aryawati, 2007).

Aryawati (2007), juga mengemukakan bahwa perairan yang memiliki tingkat curah hujan tinggi dapat menurunkan kadar salinitas di perairan. Sedangkan perairan dengan kadar salinitas tinggi biasanya perairan tersebut memiliki tingkat penguapan yang tinggi. Secara vertical, salinitas air laut akan semakin besar dengan bertambahnya kedalaman. Selain itu, adanya pergerakan massa air yang bersalinitas tinggi di lapisan dalam perairan (*upwelling*) juga dapat meningkatkan kadar salinitas di permukaan perairan.

d. Nitrat (NO_3)

Nitrat merupakan bentuk utama nitrogen di suatu perairan. Nitrat merupakan sumber makanan utama (*nutrient*) bagi pertumbuhan fitoplankton yang bersifat stabil. Konsentrasi nitrat di suatu perairan hampir tidak pernah lebih dari 0.1 mg/L. Apabila konsentrasi nitrat (NO_3) di suatu perairan lebih dari 0.2 mg/l, maka

dapat mengakibatkan eutrofikasi atau *blooming algae* pada perairan tersebut (Effendi, 2003). Di suatu perairan, konsentrasi nitrat (NO_3) dapat digunakan untuk menilai tingkat kesuburan perairan.

e. Fosfat (PO_4)

Fosfor merupakan unsur esensial yang sangat penting bagi fitoplankton. Bagi fitoplankton fosfor digunakan dalam hal pembentukan klorofil-a dan transfer energi sel. Apabila di suatu perairan konsentrasi nitrat kurang dari 0,02 mg/l maka dapat menghambat pertumbuhan fitoplankton. Oleh sebab itu, fosfor dapat dikatakan sebagai salah satu faktor pembatas pertumbuhan fitoplankton. Sumber fosfat di perairan secara alami berasal dari dekomposisi bahan organik dan pelapukan batuan mineral. Selain itu, limbah industri dan domestik dari kegiatan antropogenik yang masuk ke perairan laut banyak mengandung fosfor (Effendi, 2003).

Santoso dkk. (2010), mengemukakan bahwa unsur hara fosfat berpengaruh terhadap kelimpahan fitoplankton di suatu perairan. Secara alami senyawa fosfat berasal dari proses-proses penguraian atau dekomposisi dari bahan-bahan organik. Selain itu, fosfat juga banyak terkandung dalam buangan limbah-limbah industri, pertanian, maupun peternakan yang masuk ke perairan laut dan terurai oleh bakteri.

Tingginya konsentrasi fosfat di suatu perairan dapat menyebabkan terjadinya *blooming algae* yang berdampak buruk bagi hewan-hewan di perairan. Selain itu, perairan dengan konsentrasi fosfat yang tinggi juga dapat mengakibatkan dominansi pada spesies fitoplankton tertentu (Pirzan dan Pong Masak, 2008).

2.4 Analisis PCA (*Principle Component Analysis*)

Menurut Lindsay (2002), *Principle Components Analysis* (PCA) merupakan sebuah metode untuk mengidentifikasi pola-pola yang terdapat dalam sebuah data dan menyatakannya kesebuah cara untuk menentukan kemiripan dan perbedaan yang dimiliki oleh data tersebut. Salah satu keunggulan yang dapat ditemukan dalam *Principle Components Analysis* adalah dengan melakukan metode ini dapat mengurangi jumlah dimensi yang terdapat dalam satu pola tanpa mengurangi informasi yang terdapat dalam data tersebut. Metode ini bertujuan untuk mendeterminasi sumbu-sumbu optimum tempat diproyeksikannya individu-individu dan/atau variabel-variabel (Ludwig dan Reynolds, 1988).

Principle Components Analysis (PCA) merupakan metode statistik deskriptif yang dapat digunakan untuk menampilkan data dalam suatu matrik data. Matriks data yang dimaksud terdiri dari stasiun penelitian sebagai individu statistik (baris) dan variabel lingkungan, baik fisik maupun kimia perairan yang berbentuk kuantitatif (kolom). Menurut Dwirastina dan Arif (2015), sebelum dilakukannya analisis komponen utama, data fisika dan kimia serta plankton distandarisasi langsung menggunakan prosedur program software Microsoft Excel.

PCA dapat dikatakan sebagai metode klasik dari metode-metode analisis statistik multi variabel untuk memperoleh matrik yang tereduksi dimensinya. Hal itu dikarenakan adanya fakta bahwa sekumpulan data variabel yang tidak terkorelasi dengan dimensi yang lebih mudah dipahami dan digunakan untuk analisa lebih jauh lagi dibandingkan data yang berdimensi lebih besar. Beberapa langkah yang digunakan untuk menggunakan metode *Principle Components Analysis* adalah sebagai berikut (Ludwig dan Reynolds, 1988) :

- a. Persiapan data yang akan dianalisa dengan menggunakan *Principle Components Analysis*.
- b. Hitung *mean* untuk kelompok data tersebut.
- c. Melakukan perhitungan untuk matrik kovarian.
- d. Melakukan perhitungan eigenvectors dan eigenvalues dari matrik kovarian.

- e. Mendapatkan dataset yang baru berdasarkan variabel-variabel yang terkait dalam satu faktor.

2.5 Penelitian Terdahulu

Metaanalisis penelitian terdahulu disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Judul	Penulis dan Tahun Terbit	Tujuan	Perbedaan Penelitian
1	Hubungan Faktor Lingkungan Kimia, Fisika Terhadap Distribusi Plankton di Perairan Belitung Timur, Bangka Belitung	Marojahan Simanjutak. 2009	Untuk memperoleh informasi kondisi zat hara (kimia) dan fisika (suhu, salinitas) serta kaitannya dengan plankton pada musim timur (Agustus).	<ul style="list-style-type: none"> • Penelitian ini dilakukan di Perairan PLTU Paiton, sedangkan penelitian Simanjutak (2009) dilakukan di Perairan Belitung Timur. • Penelitian ini tidak mengukur kandungan nitrit, ammonia, dan silikat. Sedangkan penelitian Simanjutak (2009) mengukur kandungan nitrit, ammonia, dan silikat. • Metode analisis sampel pada penelitian ini menggunakan <i>Sadgewick Rafter Counting Cell</i>. Sedangkan penelitian Simanjutak (2009) menggunakan metode <i>Displacement Volume</i>.
2	Studi Komunitas Fitoplankton di Pesisir Kenjeran Surabaya Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan	Lutfia Hariyati, Ach. Fachruddin Syah, Haryo Triajie. 2010	Mengetahui kelimpahan, keanekaragaman, keseragaman dan dominansi fitoplankton serta hubungan tingkat pencemaran dengan fase saprobitas di pesisir Kenjeran Surabaya	<ul style="list-style-type: none"> • Penelitian ini dilakukan di perairan PLTU Paiton, sedangkan penelitian Hariyati dkk. (2010) dilakukan di Pesisir Kenjeran Surabaya. • Penelitian ini tidak menghitung dominansi dan keseragaman plankton, sedangkan penelitian Hariyati dkk. (2010) menghitung dominansi dan keseragaman plankton.
3	Hubungan antara Kelimpahan Fitoplankton dengan Parameter Fisik-Kimiawi Perairan di Teluk Jakarta	Yuliana, Enan M. A, Enang Harris, dan Niken T.M. Pratiwi. 2012	Mengetahui hubungan antara kelimpahan fitoplankton dengan parameter fisik-kimiawi	<ul style="list-style-type: none"> • Penelitian ini dilakukan di perairan PLTU Paiton, sedangkan penelitian Yuliana dkk. (2012) dilakukan di Teluk Jakarta. • Pada penelitian ini tidak mengukur kandungan silika,

			perairan di Teluk Jakarta	<p>sedangkan penelitian Yuliana dkk. (2012) mengukur kandungan silica perairan.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Penelitian ini hanya menghitung kelimpahan fitoplankton
4	Korelasi Kelimpahan Plankton dengan Suhu Perairan Laut di Sekitar PLTU Cirebon	Ihksan Faturohman, Suharto, Isni Nurruhwati. 2016	Mengetahui hubungan antara kelimpahan plankton dengan suhu perairan laut di sekitar PLTU Cirebon	<ul style="list-style-type: none"> • Penelitian ini dilakukan di perairan PLTU Paiton, sedangkan penelitian Faturohmah dkk. (2016) dilakukan di sekitar Perairan Cirebon. • Pengukuran plankton pada penelitian Faturohmah dkk. (2016) hanya meliputi kelimpahan, sedangkan pada penelitian ini menghitung kelimpahan dan juga keanekaragaman plankton.
5	Perbandingan Keanekaragaman dan Kelimpahan Plankton Pada Ekosistem Terumbu Karang Alami dengan Terumbu Buatan Di Perairan Pasir Putih Situbondo	Muhammad Chusnan Ma'arif. 2018	Untuk mengetahui perbandingan tingkat keanekaragaman dan kelimpahan plankton serta faktor fisik-kimia yang mempengaruhi kelimpahan plankton	<ul style="list-style-type: none"> • Penelitian ini dilakukan di perairan PLTU Paiton, sedangkan penelitian Chusnan (2018) dilakukan di Perairan Pasir Putih Situbondo • Penelitian ini menggunakan metode acak berdasarkan area (<i>cluster ramdom sampling</i>) sedangkan penelitian Chusnan (2018) menggunakan metode sampling acak terpilih (<i>purposive random sampling</i>) • Analisis korelasi pada penelitian ini menggunakan analisis PCA, sedangkan penelitian Chusnan (2018) menggunakan software SPSS.
6.	Komunitas Meiofauna Benthik yang Terpengaruh Air Bahang di Perairan PLTU Paiton Probolinggo	Muhammad Ali Sofani dan Farid Kamal Muzaki. 2015	Untuk mengetahui pengaruh air bahang terhadap sebaran meiofauna benthik	<ul style="list-style-type: none"> • Penelitian ini mengukur kelimpahan dan keanekaragaman plankton yang terpengaruh air bahang PLTU Paiton. Sedangkan penelitian Ali Sofani dan Farid (2015) untuk

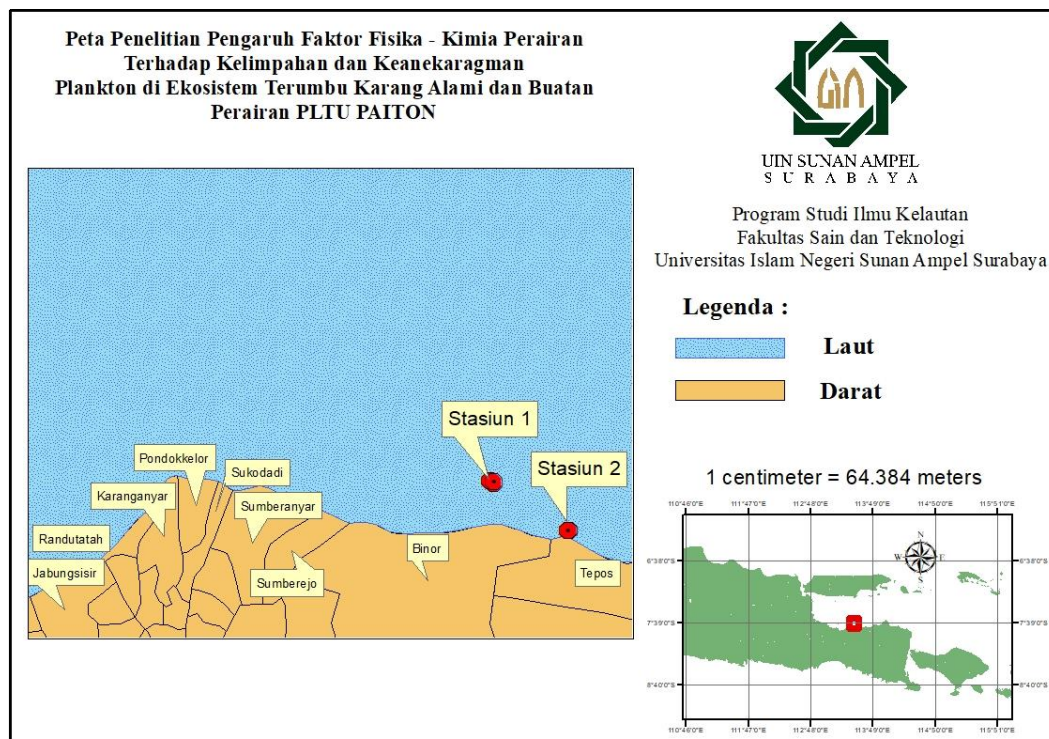
				<p>mengetahui sebaran meiofauna benthik yang terpengaruh air bahang PLTU Paiton.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pada penelitian ini tidak mengukur TOM dan Sedimen. Sedangkan penelitian Ali Sofani dan Farid (2015) mengukur TOM dan sedimen. • Analisis korelasi pada penelitian ini menggunakan analisis PCA, sedangkan penelitian Ali Sofani dan Farid (2015) menggunakan <i>analysis of variance</i> (ANOVA).
--	--	--	--	--

BAB III

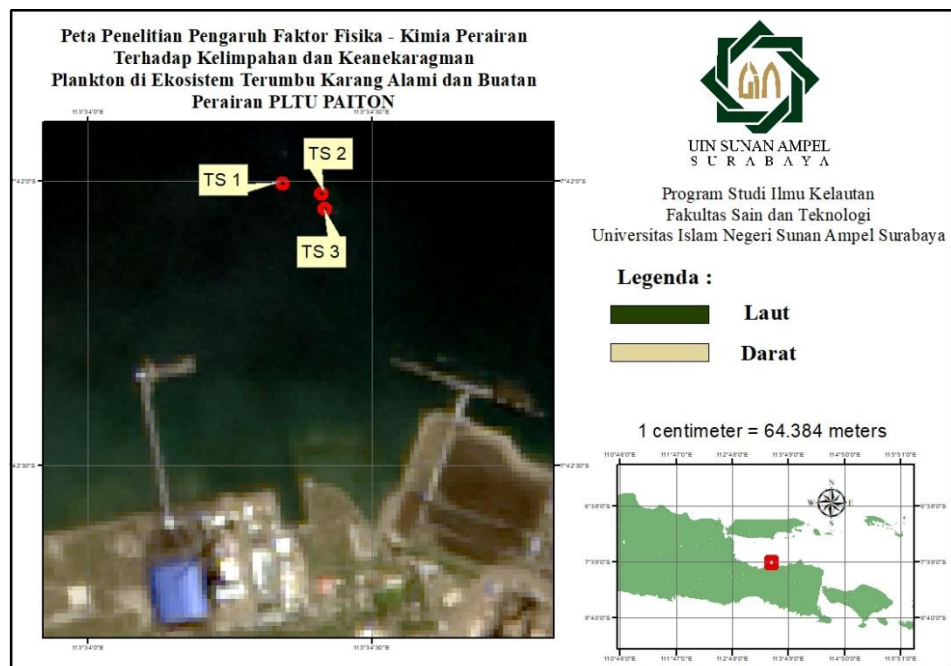
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

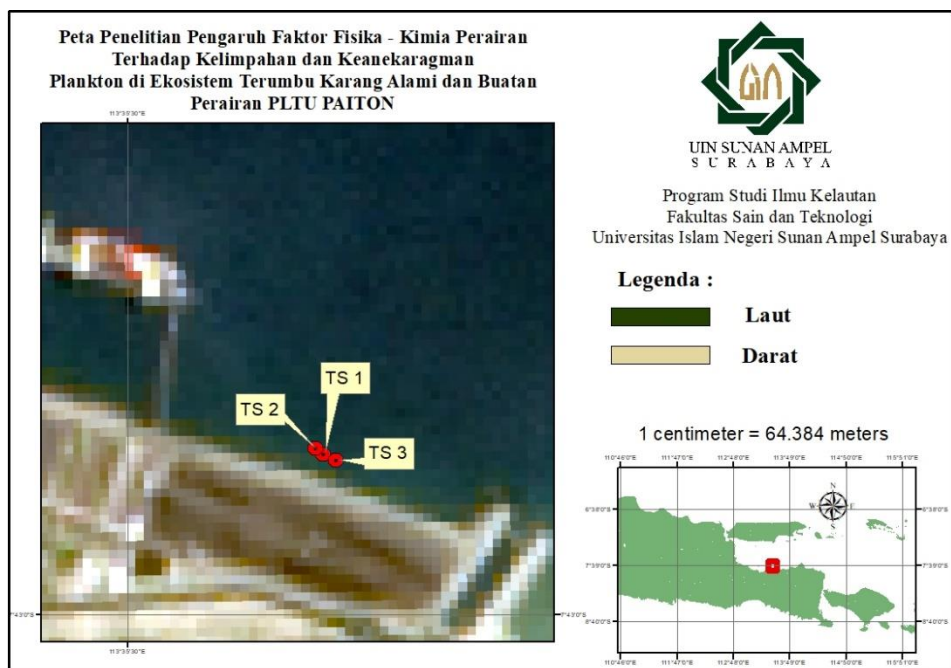
Pengukuran parameter fisika-kimia perairan dan pengambilan sampel plankton dilakukan di Perairan PLTU Paiton, Kabupaten Probolinggo. Pengambilan data pada penelitian ini dilaksanakan pada bulan April (Musim Peralihan I). Sedangkan untuk pengamatan dan analisis sampel plankton dilakukan di Laboratorium Integrasi Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian
(Hasil penelitian, 2019)



Gambar 3.2 Peta lokasi titik sampling di stasiun 1 (ekosistem terumbu karang alami)



Gambar 3.3 Peta lokasi titik sampling di stasiun 2 (ekosistem terumbu buatan)

3.2 Alat Dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dibedakan menjadi dua, yaitu alat dan bahan yang digunakan pada saat pengambilan sampel dan pengamatan sampel. Adapun alat dan bahan yang digunakan pada saat pengambilan data disajikan pada Tabel 3.1. Sedangkan alat dan bahan yang digunakan pada pengamatan sampel plankton disajikan pada Tabel 3.2

Tabel 3.1 Alat dan bahan yang digunakan pada pengambilan sampel plankton

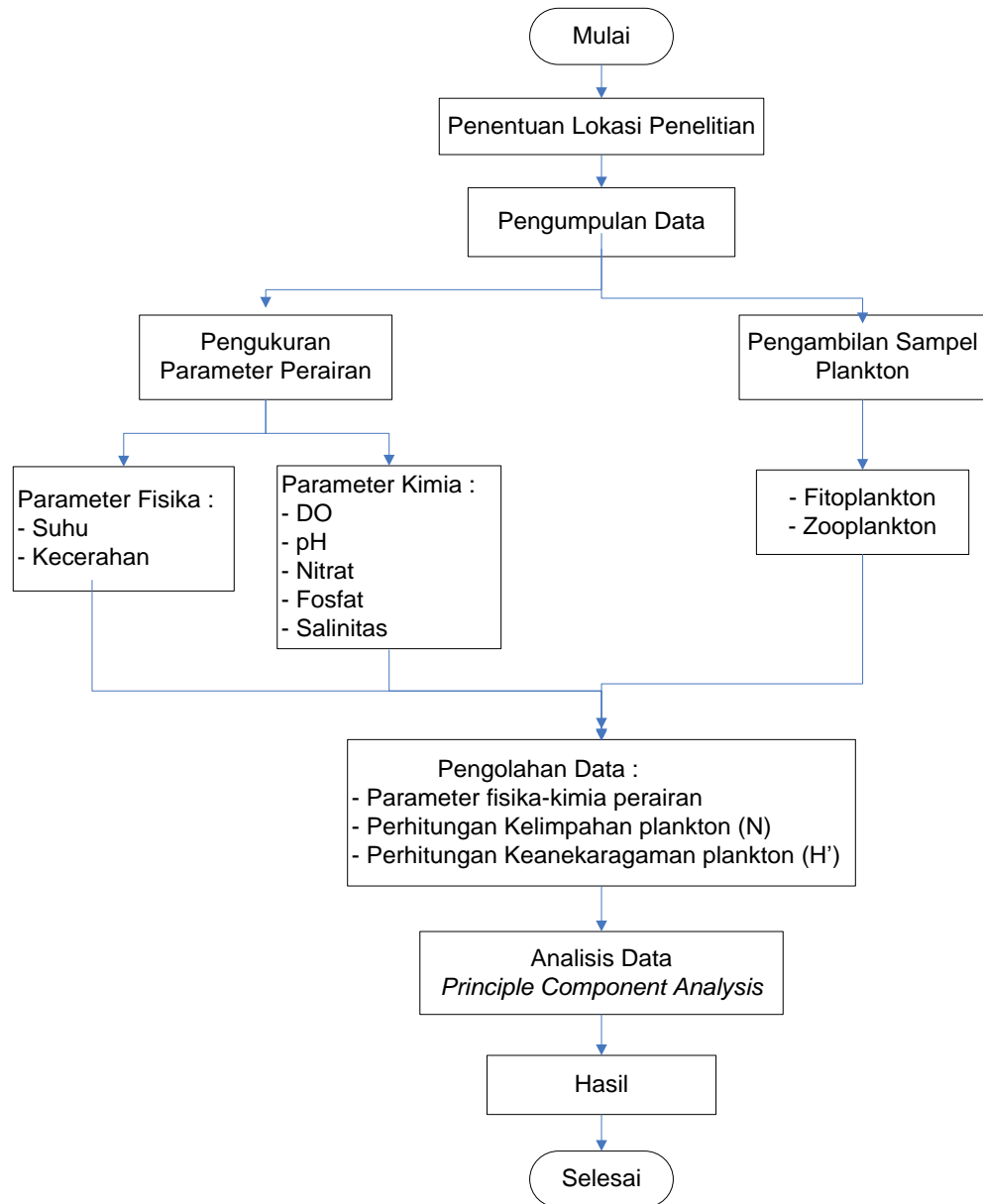
Pengambilan sampel		
No	Alat dan Bahan	Fungsi
1	Plankton net	Digunakan untuk mengambil sampel plankton
2	Sprayer	Untuk menyemprot plankton yang melekat pada jaring plankton-net
3	Botol sampel	Untuk menampung sampel plankton (wadah sampel)
4	Coolbox	Untuk menyimpan sampel plankton
5	GPS	Digunakan untuk menentukan koordinat lokasi sampling
6	DO meter	Untuk mengukur DO dan suhu air laut
7	Refraktometer	Untuk mengukur pH dan salinitas air laut
8	Secchi disk	Untuk mengukur kecerahan air
9	Pipet tetes	Untuk mengambil lugol
10	Lugol	Untuk preparasi sampel plankton
11	Alat Tulis	Digunakan untuk mencatat hasil pengukuran parameter fisika-kimia perairan

Tabel 3.2 Alat dan bahan yang digunakan pada pengamatan sampel

Pengamatan Sampel		
No	Alat dan Bahan	Fungsi
1	Mikroskop	Untuk mengamati sampel plankton
2	SRCC (<i>Sedgwick-Rafter Counting Cell</i>)	Digunakan sebagai tempat sampel yang akan diamati
3	Pipet tetes	Digunakan untuk mengambil sampel plankton
4	Sampel Plankton	Sampel yang akan diamati
5	Tabung ukur	Untuk mengukur volume sampel
6	Alat tulis	Untuk mencatat hasil pengamatan plankton
7	Akuades dan Tissue	Untuk membersihkan <i>Sedgwick-Rafter Counting Cell</i> (SRCC)
8	Buku Identifikasi	Sebagai panduan untuk mengidentifikasi plankton
9	Camera atau Handphone	Digunakan untuk mengambil foto hasil pengamatan plankton

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan dalam pelaksanaan penelitian ini secara ringkas ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.4 *Flowchart* tahapan penelitian

Tahapan penelitian berdasarkan *flowchart* pada Gambar 3.2 secara rinci adalah sebagai berikut :

3.3.1 Penentuan Lokasi Penelitian

Pengambilan sampel pada penelitian ini ditentukan dengan menggunakan metode acak berdasarkan area (*cluster random sampling*). Menurut Sugiyono (2006), metode *cluster random sampling* adalah teknik sampling secara berkelompok. Pengambilan sampel ini, dilakukan berdasarkan kelompok atau area tertentu. Pemilihan teknik sampling tersebut sangat cocok untuk penelitian ini, karena tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kelimpahan dan keanekaragaman plankton di area ekosistem terumbu karang alami dan area ekosistem terumbu buatan. Oleh sebab itu, penentuan stasiun sampling ditetapkan sebanyak 2, yaitu stasiun 1 yang berada pada area ekosistem terumbu karang alami dan stasiun 2 yang berada pada area ekosistem terumbu buatan.

Posisi titik stasiun pengambilan sampel tersebut ditentukan dengan menggunakan alat GPS untuk memperoleh letak pengambilan sampel secara geografis yang disajikan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Koordinat stasiun penelitian

Stasiun	Lintang Selatan	Bujur Timur
Terumbu Karang Alam		
Titik Sampling 1 (TS 1a)	07° 42' 3,00	113° 34' 25,00
Titik Sampling 2 (TS 2a)	07° 42' 0,29	113° 34' 20,57
Titik Sampling 3 (TS 3a)	07° 42' 1,36	113° 34' 27,70
Terumbu Buatan		
Titik Sampling 1b (TS 1b)	07° 42' 51,00	113° 35' 41,00
Titik Sampling 2b (TS 2b)	07° 42' 51,32	113° 35' 41,69
Titik Sampling 3b (TS 3b)	07° 42' 50,66	113° 35' 40,57

Pada stasiun ekosistem terumbu karang alami berada di dekat mercusuar perairan PLTU Paiton yang memiliki tiga titik sampling, yaitu titik sampling 1 (TS 1a), titik sampling 2 (TS 2a) dan titik sampling 3 (TS

3a) (Gambar 3.2). Sedangkan stasiun ekosistem terumbu buatan berada di dekat kanal pembuangan air bahang PLTU Paiton yang juga memiliki tiga titik sampling diantaranya titik sampling 1 (TS 1b), titik sampling 2 (TS 2b) dan titik sampling 3 (TS 3b) (Gambar 3.3).

3.3.2 Pengumpulan Data

Pada penelitian ini data yang dikumpulkan adalah data primer. Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari lapangan. Data-data primer pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Pengukuran Parameter Fisika-Kimia Perairan

Pengambilan parameter fisika ini meliputi pengukuran kecerahan, dan suhu. Sedangkan pengukuran parameter kimia meliputi pengukuran pH, salinitas, kadar oksigen terlarut (*Dissolve Oxygen/DO*), nitrat (NO_3) dan fosfat (PO_4). Alat dan metode pengukuran parameter fisika-kimia ditunjukkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Alat dan metode yang digunakan dalam pengukuran parameter fisika-kimia perairan

No	Parameter	Satuan	Alat	Metode Pengukuran
1	Kecerahan	m	<i>Secchi disk</i>	<i>In situ</i>
2	Suhu	°C	DO meter	<i>In situ</i>
3	pH	-	pH paper	<i>In situ</i>
4	Salinitas	ppt	Refraktometer	<i>In situ</i>
5	DO	mg/l	DO meter	<i>In situ</i>
6	Nitrat	mg/l	Spektrofotometer	<i>*Laboratorium</i>
7	Fosfat	mg/l	Spektrofotometer	<i>*Laboratorium</i>

Keterangan :

**Laboratorium* = Laboratorium Badan Lingkungan Hidup (BLH) Provinsi Jawa Timur

Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang lebih akurat dilakukan perulangan sebanyak tiga kali untuk masing-masing parameter. Data hasil pengukuran parameter tersebut kemudian di catat pada *worksheet* yang sudah disiapkan sebelumnya

- Pengambilan Sampel Plankton

Umumnya plankton berukuran mikroskopik sehingga pengambilan sampel harus dilakukan dengan alat yang dapat menyaring plankton dengan jumlah yang cukup untuk dianalisis. Oleh karena itu, alat yang digunakan untuk mengambil sampel plankton adalah jaring plankton net.

Metode pengambilan sampel plankton yang digunakan adalah metode ditarik menegak, yaitu plankton net diturunkan secara vertikal dari atas perahu pada suatu posisi sampai kedalaman yang diinginkan kemudian ditarik kembali ke atas perahu. Sebelum melakukan pengambilan sampel tersebut, dipertimbangkan kedalaman perairan laut untuk menghitung volume air yang masuk dan tersaring pada jaring plankton net. Air laut yang tertampung pada tabung penampung (*bucket*) pada jaring plankton net kemudian dipindahkan ke dalam botol sampel yang sudah diberi label (Rachman *et. al.*, 2018). Pada pengambilan sampel didapatkan sebanyak 6 botol sampel plankton yang telah diberi label sebelumnya.

Selanjutnya dilakukan preservasi atau pengawetan pada sampel plankton yang telah didapat. Bahan yang digunakan untuk pengawetan sampel plankton adalah lugol. Penggunaan larutan lugol dipilih karena lugol asam asetat merupakan bahan yang paling baik untuk pengawetan sampel plankton karena daya kerjanya tidak terlalu tajam (Rachman *et. al.*, 2018). Takaran pemberian lugol pada sampel adalah sesuai kebutuhan atau sampel air laut sampai berubah warna menjadi kemerah-merahan. Untuk sampel sebanyak 100 cc maka digunakan lugol 4% sebanyak tiga tetes (Rachman *et. al.*, 2018). Sampel plankton yang didapat selanjutnya diamati dan dianalisis di Laboratorium Integrasi UIN Sunan Ampel Surabaya.

3.3.3 Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan dan analisis data pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

A. Pengamatan Sampel Plankton

Sebelum sampel plankton diamati, dilakukan pengukuran volume sampel dengan menggunakan tabung ukur. Hasil pengukuran volume yang didapat dicatat untuk keperluan analisis data. Sampel plankton yang diperoleh diidentifikasi menggunakan mikroskop. Untuk keperluan identifikasi, sampel plankton diambil sebanyak 1 – 1,5 ml menggunakan pipet tetes kemudian diletakkan di dalam *Sedgwick Rafter Counting Cell* (SRCC) yang selanjutnya diamati menggunakan mikroskop (Rachman *et. al.* 2018). Sampel plankton diidentifikasi dengan metode *identification table*.

Metode *identification table* ialah pengamatan sampel plankton menggunakan mikroskop untuk mengetahui genus dan jumlah plankton yang ditemukan pada sampel. Selanjutnya genus-genus plankton yang ditemukan diidentifikasi dan dihitung kemudian dimasukkan ke dalam tabel pengamatan (contoh tabel pengamatan dapat dilihat pada Lampiran 2). Sedangkan sampel plankton diidentifikasi dengan mengacu pada buku identifikasi Shirota (1966), Tomas (1997) dan Yamaji (1979).

B. Perhitungan Kelimpahan Plankton (N)

Untuk mengetahui jumlah plankton yang terdapat di suatu perairan pada setiap volume dilakukan perhitungan kelimpahan plankton. Kelimpahan plankton merupakan banyaknya individu/sel plankton di suatu perairan dalam satuan tertentu (sel/L atau ind/L). Analisis kelimpahan plankton (N) dapat dihitung dengan menggunakan rumus APHA (1989) (Rumus [3.1]).

$$N = \left(\frac{O_i}{O_p} \times \frac{V_r}{V_o} \times \frac{1}{V_s} \times \frac{n}{p} \right) \dots \dots \dots [3.1]$$

Keterangan :

N = Jumlah sel per liter (sel/liter)

O_i = Luas gelas penutup (mm²)

O_p = Luas satu lapangan pandang (mm²)

V_r = Volume air tersaring (ml)

V_o = Volume sampel di bawah gelas penutup (ml)

V_s = Volume sampel air laut yang disaring (L)

n = Jumlah sel fitoplankton pada seluruh lapang pandang (sel)

p = Jumlah lapangan yang teramati (mm²)

Menurut Odum (1996), kelimpahan fitoplankton dapat menunjukkan indikator kesuburan suatu perairan. Kesuburan perairan berdasarkan kelimpahan fitoplankton tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Kesuburan perairan berdasarkan kelimpahan fitoplankton

Kelimpahan (N)	Kategori
> 500 sel/L	kesuburan perairan tinggi
< 500 sel/L	kesuburan perairan sedang

C. Perhitungan Indeks Keanekaragaman (H')

Menurut Sri Artiningsih (2013) indeks keanekaragaman sering disebut juga dengan diversitas (*diversity indexs*). Analisis ini digunakan untuk mengetahui keanekaragaman jenis biota suatu perairan. Untuk mengetahui nilai keanekaragaman dapat menggunakan indeks keanekaragaman Shanon-Wiener (Odum, 1993) dengan Rumus 3.2.

$$H' = - \sum_{i=0}^i P_i \ln P_i \dots \dots \dots [3.2]$$

Keterangan :

H' = Indeks keanekaragaman

P_i = n_i/N

n_i = Jumlah individu jenis ke- i

N = Jumlah total individu

Nilai indeks keanekaragaman (H') menurut persamaan Shannon-Wiener diklasifikasikan pada Tabel 3.6 (Odum, 1993).

Tabel 3.6 Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener

Kanekaragaman (H')	Kategori		
$0 < H' < 2,3$	termasuk keanekaragaman	kategori rendah	tingkat
$2,3 < H' < 6,9$	termasuk keanekaragaman	kategori sedang	tingkat
$H' > 6,9$	termasuk keanekaragaman	kategori tinggi	tingkat

D. Analisis PCA (*Principle Component Analysis*)

Analisis PCA merupakan hubungan atau korelasi antara faktor fisika dan kimia perairan dengan kelimpahan plankton. Faktor fisika-kimia tersebut meliputi suhu, kecerahan, DO, salinitas, pH, Nitrat dan Fosfat. Sebelum dianalisis korelasi, terlebih dahulu data parameter fisika-kimia tersebut diolah menggunakan Microsoft Excel berupa tabel dan grafik. Selanjutnya, data-data tersebut dianalisis korelasi antara parameter fisika-kimia serta kelimpahan dan keanekaragaman plankton dengan melihat nilai matriks yang diperoleh.

Menurut Sugiyono, (2005) nilai matriks yang diperoleh dari hasil analisis PCA dapat diketahui ada atau tidaknya suatu hubungan dengan melihat interval koefisien dan nilai matriks korelasi antar variabel yang disajikan pada Tabel 3.7 dan Tabel 3.8.

Tabel 3.7 Interval korelasi dan tingkat hubungan antar variabel

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,00	Sangat kuat

Tabel 3.8 Sifat hubungan antar variabel

Nilai Matriks	Sifat Hubungan
Nilai (+) mendekati angka 1	Hubungan searah atau berbanding lurus
Nilai (-) mendekati angka (-1)	Hubungan berlawanan atau berbanding terbalik

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Perairan PLTU Paiton

Kabupaten Probolinggo merupakan kabupaten yang terletak di pesisir utara Provinsi Jawa Timur. Kabupaten Probolinggo juga merupakan kawasan strategis dengan potensi ekonomi yang besar, seperti industri perikanan, pariwisata dan unit pembangkit. PLTU Paiton merupakan salah satu unit pembangkit listrik yang paling dikenal di kabupaten Probolinggo. PLTU Paiton terletak di Desa Bhinor, Kecamatan Paiton atau di pesisir timur pantai Probolinggo. Secara geografis PLTU Paiton terletak pada koordinat 07°42'33"S dan 113°34'33"E, serta luas area yang mencapai 420.187 m².

Pembangkit Paiton merupakan sebuah unit pembangkit listrik tenaga uap (PLTU Paiton) yang dikelola oleh PT. Jawa – Bali (PJB), PT. YTL Jawa Power dan PT. International Power Mitsui Operation & Maintenance Indonesia (IPMOMI). PLTU Paiton ini mempunyai total kapasitas sistem kelistrikan sekitar 3.260 MW (ANDAL Paiton Energy, 2011). Pada sistem kerja pembangkit ini menggunakan air laut sebagai pendingin kondensornya, yang kemudian air pendingin ini kembali dialirkan ke perairan sekitar dengan menggunakan kanal pembuangan.

Berdasarkan ANDAL Paiton Energy (2011), buangan air panas dari PLTU Paiton memiliki debit sekitar 700.000 m³/jam, sedangkan kenaikan suhu dari saluran masuk (inlet) dengan suhu yang dibuang adalah 8°C dengan luasan sebaran air panas sebesar 1580,17 m².. Buangan air panas hanya berpengaruh pada lapisan permukaan perairan, karena air panas yang dibuang memiliki densitas ringan sehingga suhu tersebut semakin berkurang dengan seiring menjauhnya dari sumber air panas (Yudha, 2018).

4.2 Parameter Fisika Kimia Perairan

Parameter fisika kimia perairan yang telah diukur di lapangan (*in situ*) meliputi suhu, salinitas, kecerahan, DO dan pH. Sedangkan untuk parameter

nitrat dan fosfat dilakukan uji di Laboratorium Badan Lingkungan Hidup (BLH) Provinsi Jawa Timur. Hasil pengukuran parameter-parameter tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Rata-rata hasil pengukuran parameter fisika kimia perairan

Parameter	Terumbu Karang Alami	Terumbu Buatan	Baku Mutu
Fisika			
Suhu (°C)	30,3*	32,4*	Alami ^{3(c)}
Kecerahan (m)	5,2*	5,7*	Alami ³
Kimia			
Salinitas (ppt)	31*	30*	Alami ^{3(e)}
DO (mg/L)	6,4*	5,7*	>5
pH	7,5*	7,2*	7-8,5 ^(d)
Nitrat (mg/L)	0,055	0,103	0,008
Fosfat (mg/L)	0,021*	0,011*	0,015

Alami³ adalah kondisi normal suatu lingkungan, bervariasi setiap saat (siang, malam, dan musim)

^c diperbolehkan terjadi perubahan < 2°C dari suhu alami

^d diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan < 0,2 satuan pH

^e diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan < 5% salinitas rata-rata musiman

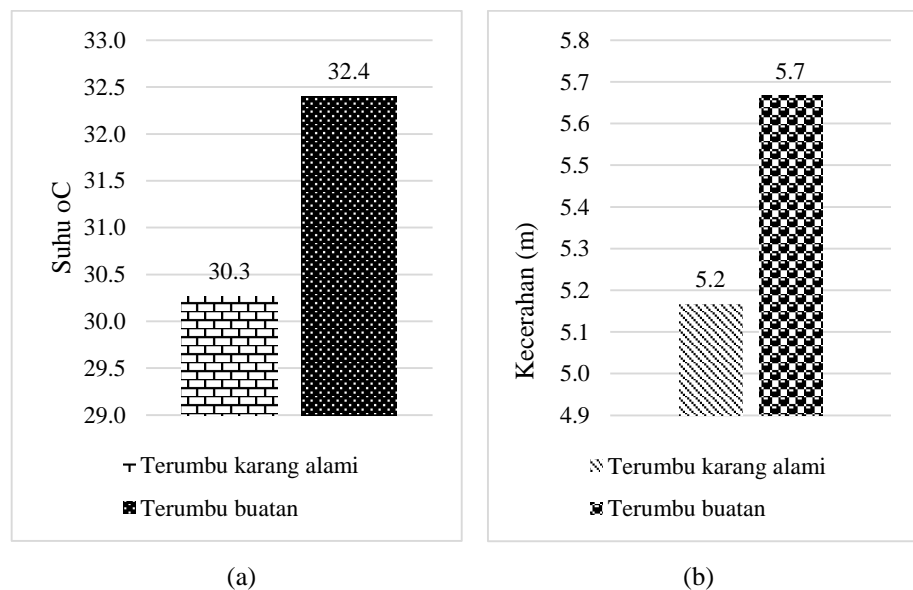
* Sesuai baku mutu yang ditetapkan KEPMEN LH no 51 tahun 2004 tentang kualitas air yang diperuntukkan biota laut (Lampiran 5)

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa seluruh hasil pengukuran parameter fisika-kimia pada ekosistem terumbu karang alami memiliki nilai sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan. Oleh sebab itu, dapat dikatakan perairan di ekosistem terumbu karang alami masih dalam kondisi yang alami dan sangat baik untuk pertumbuhan plankton. Sedangkan pada ekosistem terumbu buatan terdapat nilai rata-rata fosfat yang tidak sesuai baku mutu. Selain itu, suhu pada ekosistem terumbu buatan hampir melebihi baku mutu yang ditetapkan meskipun masih dalam kisaran perubahan yang diperbolehkan.

4.2.1 Suhu dan Kecerahan

Hasil pengukuran rata-rata suhu perairan pada ekosistem terumbu buatan lebih tinggi dari pada suhu pada terumbu karang alami yaitu 32,4°C. Hasil pengukuran suhu pada ekosistem terumbu buatan tersebut

menurut KEPMEN LH nomor 51 tahun 2004 tentang kualitas air untuk biota laut masih diperbolehkan terjadi perubahan suhu 2°C. Sedangkan hasil pengukuran rata-rata suhu perairan pada ekosistem terumbu karang alami yaitu 30,3°C. Hasil pengukuran suhu tersebut menurut KEPMEN LH nomor 51 tahun 2004 tentang kualitas air untuk biota laut masih berada pada standar baku mutu perairan. Perbedaan suhu pada ekosistem terumbu karang alami dan ekosistem terumbu buatan secara lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.2(a).



Gambar 4.1 a) rata-rata suhu perairan, b) rata-rata kecerahan perairan

Tingginya suhu pada terumbu buatan disebabkan karena waktu pengukuran suhu tersebut dilakukan pada siang hari dimana cuacanya lebih panas dari pada saat pengukuran suhu di terumbu karang alami. Selain itu, tingginya suhu di ekosistem terumbu buatan juga disebabkan karena letak stasiunnya yang berdekatan dengan kanal pembuangan air bahang (*water discharge canal*) PLTU Paiton. Sementara, rendahnya suhu pada ekosistem terumbu karang alami dikarenakan letak stasiunnya yang jauh dari kanal pembuangan air bahang (*water discharge canal*) PLTU Paiton.

Sebaran suhu di perairan laut dapat dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain kedalaman laut, letak geografis perairan, sirkulasi arus, angin,

pertukaran panas antara air dengan udara sekelilingnya dan musim (Sidjabat, 1974). Hasil pengukuran suhu pada terumbu karang alami yaitu 30,3°C. Hasil pengukuran tersebut sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Ali Sofani dan Farid (2015), yaitu suhu perairan di ekosistem terumbu karang alami sebesar 30,3°C. Kisaran suhu yang optimum untuk pertumbuhan fitoplankton adalah 20 – 30°C (Effendi, 2003).

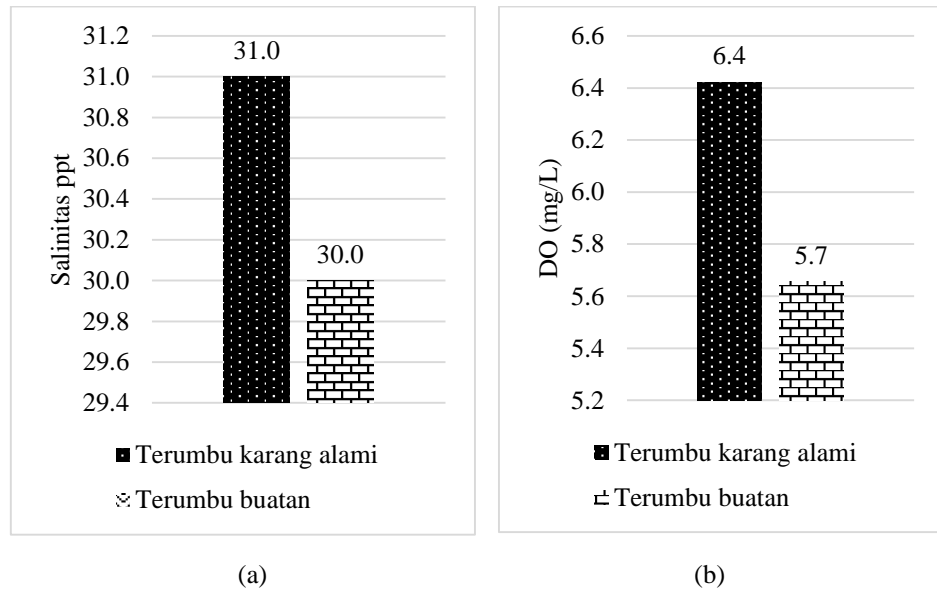
Kecerahan sangat penting bagi fitoplankton di perairan karena berkaitan dengan proses berlangsungnya fotosintesis. Hasil pengukuran kecerahan pada ekosistem terumbu karang alami rata-rata sebesar 5,2 meter, sedangkan pada ekosistem terumbu buatan rata-rata sebesar 5,7 meter. Secara umum, nilai kecerahan perairan di kedua ekosistem tersebut sesuai dengan baku mutu air laut yang diperuntukan bagi biota laut (KEPMEN LH no 51 tahun 2004) yakni > 5 meter.

4.2.2 Salinitas dan DO (*Dissolve Oxygen*)

Hasil pengukuran salinitas pada ekosistem terumbu karang alami rata-rata sebesar 31 ppt. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Ali Sofani dan Farid (2015) dimana salinitas di daerah ekosistem terumbu karang alami sebesar 31 ppt. Rata-rata salinitas pada ekosistem terumbu buatan lebih rendah dari pada rata-rata salinitas pada terumbu karang alami yaitu 30 ppt (lihat Gambar 4.3a). Meskipun terdapat perbedaan nilai salinitas pada ekosistem terumbu karang alami dan ekosistem terumbu buatan, akan tetapi berdasarkan KEPMEN LH no 51 tahun 2004, salinitas pada kedua stasiun tersebut masih termasuk normal untuk perairan laut.

Salinitas di perairan laut berkisar antara 24 – 35 ppt. Sebaran salinitas di perairan laut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti sirkulasi air, curah hujan, dan aliran sungai (Nontji, 2008). Rendahnya salinitas di ekosistem terumbu buatan disebabkan karena letak stasiunnya berdekatan dengan kanal pembuangan air pendingin PLTU Paiton. Begitupula sebaliknya, semakin jauh letak stasiun dari kanal

pembuangan air pendingin PLTU Paiton maka salinitasnya akan semakin tinggi.



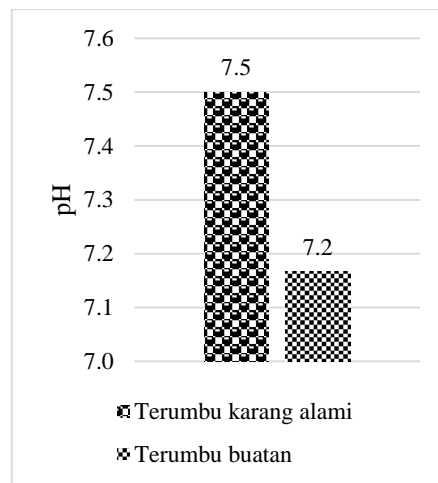
Gambar 4.2 a) rata-rata salinitas perairan, b) rata-rata kandungan oksigen terlarut

Menurut Dwirastina dan Arif (2015), kadar oksigen terlarut di dalam air dihasilkan oleh adanya proses fotosintesis dari fitoplankton dan difusi oksigen dari atmosfer. Hasil pengukuran kandungan oksigen terlarut (*Dissolve Oxygen*) pada ekosistem terumbu karang alami rata-rata sebesar 6,4 mg/L. Sedangkan kandungan oksigen terlarut pada ekosistem terumbu buatan lebih rendah dari pada oksigen terlarut di ekosistem terumbu karang alami, yakni rata-rata 5,7 mg/L.

Menurut Yazwar (2008) perairan yang baik untuk organisme dan biota laut adalah perairan yang memiliki kandungan DO antara 5,45 – 7,00 mg/l. Meskipun DO di ekosistem terumbu buatan rendah, namun masih berada pada kisaran standar baku mutu yaitu >5 mg/L yang artinya baik untuk lingkungan perairan. Penurunan kadar oksigen terlarut di perairan laut dapat disebabkan oleh kenaikan suhu dan salinitas, meskipun penurunannya tidak begitu signifikan namun dapat mempengaruhi kehidupan biota terutama pada daerah pasang surut.

4.2.3 pH (Derajat Keasaman)

Nilai pH yang diperoleh pada ekosistem terumbu karang alami tidak jauh berbeda jika dibandingkan dengan nilai pH pada ekosistem terumbu buatan. Hasil pengukuran rata-rata pH pada ekosistem terumbu karang alami adalah senilai 7,5 sedangkan pH pada terumbu buatan adalah 7,2 (lihat Gambar 4.4). Menurut Ali Sofani dan Farid (2015) pH perairan pada ekosistem terumbu karang alami senilai 7,4 dimana hanya memiliki selisih 0,1 dengan hasil pengukuran pH pada ekosistem terumbu karang alami yang terlihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.3 Rata-rata pH perairan

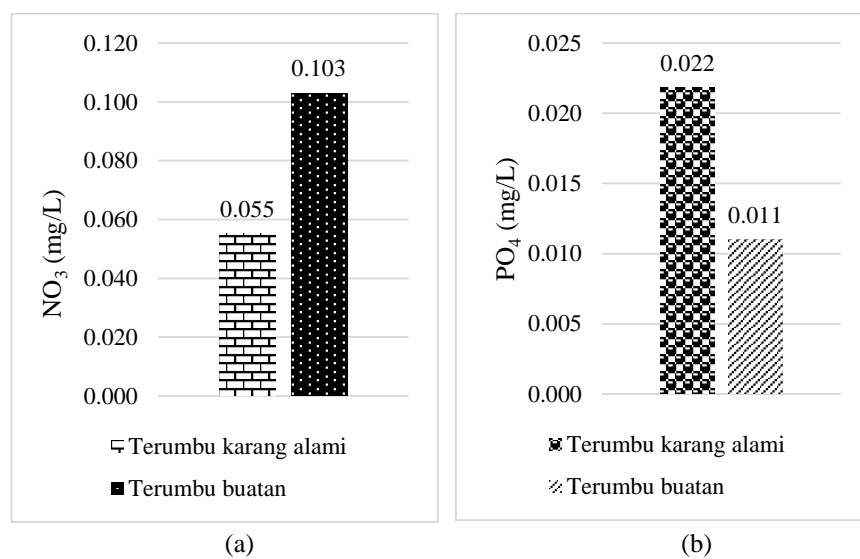
Menurut KEPMEN LH nomor 51 tahun 2004 hasil pengukuran pH pada masing-masing stasiun sesuai dengan standar baku mutu dan kehidupan fitoplankton di perairan laut. Effendi (2003) menyatakan bahwa nilai pH perairan yang optimal bagi kehidupan biota laut termasuk plankton berkisar antara 7 – 8,5.

Menurut Barus (2004) kondisi perairan yang bersifat sangat asam maupun sangat basa dapat membahayakan kelangsungan hidup organisme perairan karena dapat menyebabkan terjadinya gangguan metabolisme dan respirasi. Nilai pH yang sangat rendah akan menyebabkan mobilitas berbagai senyawa logam berat yang bersifat toksik akan mengancam kelangsungan hidup organisme akuatik. Sementara itu, nilai pH yang sangat tinggi akan menyebabkan

keseimbangan antara ammonium dan amoniak dalam perairan akan terganggu dan juga bersifat sangat toksik bagi organisme.

4.2.4 Nitrat (NO_3) dan Fosfat (PO_4)

Rata-rata hasil pengukuran nitrat pada ekosistem terumbu karang alami lebih rendah dibandingkan dengan hasil pengukuran nitrat pada ekosistem terumbu buatan, yaitu sebesar 0,0522 mg/L. Sedangkan nitrat pada terumbu buatan rata-rata adalah sebesar 0,103 mg/L (Gambar 4.5).



Gambar 4.4 a) rata-rata nitrat perairan, b) rata-rata fosfat perairan

Secara keseluruhan konsentrasi nitrat di ekosistem terumbu karang alami dan ekosistem terumbu buatan melebihi ambang baku mutu yang ditentukan oleh KEPMEN LH no 51 tahun 2004 tentang kualitas air bagi biota laut yakni 0,008. Akan tetapi, konsentrasi nitrat di ekosistem terumbu karang alami maupun buatan masih dapat ditolerir oleh fitoplankton.

Berdasarkan hasil pengukuran konsentrasi nitrat (NO_3) dapat dikatakan bahwa di ekosistem terumbu karang alami dan ekosistem terumbu buatan perairan PLTU Paiton tergolong kedalam perairan oligotropik atau tingkat kesuburan perairan rendah. Berdasarkan hasil pengukuran nitrat baik pada ekosistem terumbu karang alami maupun ekosistem terumbu buatan (Gambar 4.5) kandungan nitrat masih berada

dalam nilai yang normal untuk mendukung kehidupan fitoplankton yaitu antara 0,01 – 1 mg/L (Agustiadi dkk, 2013).

Berdasarkan Tabel 4.5(b) hasil pengukuran fosfat pada ekosistem terumbu karang alami rata-rata sebesar 0,021 mg/L. Sedangkan rata-rata nilai fosfat pada ekosistem terumbu buatan sebesar 0,011 mg/L. Menurut KEPMEN LH no 51 tahun 2004 tentang kualitas air bagi biota laut konsentrasi fosfat sebesar 0,015. Oleh sebab itu, dapat dikatakan bahwa konsentrasi fosfat di ekosistem terumbu buatan masih berada pada kisaran baku mutu yang artinya optimum bagi kehidupan plankton.

Muchtar dan Simanjutak (2008) menyatakan bahwa rendahnya konsentrasi fosfat perairan dapat dipengaruhi oleh kedalaman, fosfat secara alami terdistribusi mulai dari permukaan hingga dasar perairan. Sebaran fosfat secara vertikal, menunjukkan bahwa semakin ke dasar perairan maka konsentrasi fosfat akan semakin tinggi sebagai akibat dari dasar laut yang kaya akan nutrisi. Sedangkan sebaran fosfat secara horizontal menunjukkan bahwa semakin jauh ke arah laut maka konsentrasi fosfat semakin rendah.

Hasil pengukuran fosfat di perairan PLTU Paiton berbanding terbalik dengan yang dinyatakan oleh Muchtar dan Simanjutak (2008). Konsentrasi fosfat di ekosistem terumbu buatan lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi fosfat di ekosistem terumbu karang alami (Gambar 4.5). Rendahnya fosfat di ekosistem terumbu buatan disebabkan kurangnya pasokan zat-zat organik dari daratan. Meskipun ekosistem terumbu buatan berada di tepi laut, namun di daratan sekitarnya tidak ada aktifitas pemukiman, yang ada hanya lahan penyimpanan batu bara. Sedangkan tingginya konsentrasi fosfat di ekosistem terumbu karang alami disebabkan oleh arus dan pengadukan (*turbulensi*) massa air yang mengakibatkan terangkatnya kandungan fosfat yang berasal dari dasar ke permukaan laut.

Selain itu, di ekosistem terumbu karang alami konsentrasi fosfat lebih tinggi jika dibandingkan dengan konsentrasi nitrat (Gambar 4.5). Hal tersebut berkaitan dengan proses pertumbuhan fitoplankton dan

organisme lainnya. Pada proses pertumbuhan fitoplankton atau organisme perairan fosfat memang sangat dibutuhkan, namun dalam jumlah yang kecil (sedikit) sebagai transfer energi dari luar ke dalam sel organisme. Hal itu juga dijelaskan oleh Winata (2006), bahwa di perairan laut unsur hara nitrat lebih banyak dibutuhkan dibandingkan dengan unsur hara fosfat untuk pertumbuhan ideal fitoplankton. Menurut Agustiadi dkk, (2013) bahwa fitoplankton dapat tumbuh dengan optimal dengan kandungan fosfat dalam air berkisar antara 0,27 – 5,51 mg/L dan apabila kandungan fosfat kurang dari 0,02 mg/L maka akan menjadi faktor pembatas bagi pertumbuhan fitoplankton.

4.3 Kelimpahan Plankton (N) Di Ekosistem Terumbu Karang Alami dan Buatan

4.3.1 Kelimpahan Fitoplankton

Berdasarkan hasil pengamatan plankton yang mengacu pada buku identifikasi Shiota (1966), Thomas (1997), dan Yamaji (1979) dari enam titik sampling di perairan PLTU Paiton ditemukan 4 kelas fitoplankton yaitu *Bacillariophyceae*, *Dinophyceae*, *Cyanophyceae* dan *Oligotricaceae*. Kelas *Bacillariophyceae* atau Diatom ditemukan 16 genus antara lain: *Chaetoceros* sp., *Thalassionema* sp., *Thalassiosira* sp., *Pseudo-nitzschia* sp., *Lauderia* sp., *Guinardia* sp., *Cylindrotheca* sp., *Thalassiotrix* sp., *Stephanopyxis* sp., *Coscinodiscus* sp., *Skeletonema* sp., *Leptocylindrus* sp., *Bidulphia* sp., *Rhizosolenia* sp., *Bacteriastrum* sp., dan *Pleurosigma* sp. (Tabel 4.2).

Sedangkan kelas *Dinophyceae* atau Dinoflagellata ditemukan 4 genus antara lain: *Ceratium* sp., *Protoperidinium* sp., *Prorocentrum* sp., dan *Gymnodinium* sp. Sedangkan kelas *Oligotricaceae* dan kelas *Cyanophyceae* masing-masing hanya ditemukan 1 genus saja secara berurutan yaitu *Favella* sp., dan *Trichodesmium* sp. (Tabel 4.2).

Tabel 4.2 Hasil pengamatan fitoplankton yang ditemukan pada masing-masing titik sampling berdasarkan buku identifikasi Shirota (1966), Tomas (1997), Yamaji (1979)

Genera	Terumbu Karang Alami			Terumbu Buatan		
	TS 1a	TS 2a	TS 3a	TS 1b	TS 2b	TS 3b
<i>Bacillariophyceae</i>						
<i>Chaetoceros</i> sp.	828	652	970	189	148	176
<i>Thalassionema</i> sp.	236	60	201	-	-	18
<i>Thalassiosira</i> sp.	215	150	235	27	-	22
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	385	193	397	22	12	20
<i>Lauderia</i> sp.	87	-	163	-	-	-
<i>Guinardia</i> sp.	-	-	-	14	11	-
<i>Cylindroseteca</i> sp.	31	49	22	12	-	17
<i>Thalassiotrix</i> sp.	24	-	24	-	-	-
<i>Stephanopyxis</i> sp.	-	-	-	19	-	20
<i>Coscinodiscus</i> sp.	24	26	30	18	31	28
<i>Skeletonema</i> sp.	-	20	-	-	-	-
<i>Leptocylindrus</i> sp.	487	151	35	23	24	23
<i>Bidulphia</i> sp.	-	-	9	-	-	-
<i>Rhizosolenia</i> sp.	14	16	23	-	-	-
<i>Bacteriastrum</i> sp.	15	13	19	-	4	7
<i>Pleurosigma</i> sp.	33	17	21	20	19	14
<i>Dinophyceae</i>						
<i>Ceratium</i> sp.	8	10	12	9	-	5
<i>Gymnodinium</i> sp.	-	-	8	-	-	-
<i>Protoperidinium</i> sp.	3	-	21	-	-	-
<i>Prorocentrum</i> sp.	6	11	16	-	-	-
<i>Oligotricaceae</i>						
<i>Favella</i> sp.	7	6	5	-	-	-
<i>Cyanophyceae</i>						
<i>Tricodesmium</i> sp.	65	43	77	16	15	14
Jumlah sel	2468	1417	2288	369	264	364
Total kelimpahan (sel/L)	5589	3209	5182	856	598	836

Tabel 4.2 menunjukkan hasil pengamatan fitoplankton yang ditemukan pada masing-masing titik sampling. Pada titik sampling TS 1a ditemukan sebanyak 17 genus fitoplankton dengan jumlah 2.468 sel. Pada TS 2a ditemukan 15 genus fitoplankton dengan jumlah 1.417 sel. Selanjutnya TS 3a ditemukan 19 genus fitoplankton dengan jumlah 2.288 sel. Sedangkan pada TS 1b ditemukan 11 genus fitoplankton dengan jumlah 369 sel. Pada TS 2b ditemukan 8 genus fitoplankton dengan

jumlah 264 sel. Kemudian pada TS 3b ditemukan sebanyak 12 genus fitoplankton dengan jumlah 364 sel.

Berdasarkan Tabel 4.2 fitoplankton yang ditemukan selama pengamatan baik jumlah individu maupun jenisnya sangat berbeda-beda. Menurut Adawiyah (2011), jumlah individu fitoplankton yang ditemukan di suatu perairan tidak merata dapat disebabkan oleh adanya persaingan terhadap kebutuhan hidup fitoplankton di suatu perairan. Genus fitoplankton yang jarang ditemukan dapat diakibatkan oleh proses suksesi dan toleransi dari masing-masing genus terhadap perubahan lingkungan.

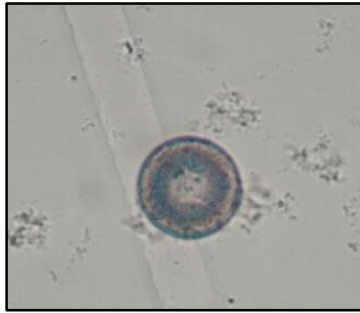
Genus fitoplankton dari kelas *Bacillariophyceae* yang dapat ditemukan pada semua titik sampling yaitu *Chaetoceros*, *Pseudonitzschia*, *Pleurosigma*, *Leptocyldrus* dan *Coscinodiscus*. Akan tetapi, dari kelima genus tersebut yang paling banyak ditemukan adalah *Chaetoceros* dengan jumlah sel mencapai 970 sel (TS 3a Tabel 4.2). Menurut Wulandari (2009), perairan yang didominasi oleh fitoplankton yang berasal dari genus *Chaetoceros* sp. karena *Chaetoceros* sp. mampu beradaptasi dengan baik pada lingkungan perairan. Kemampuan adaptasi tersebut berkaitan dengan bentuk tubuh *Chaetoceros* sp. yang seperti rantai atau (selnya berkumpul membentuk rantai) dan mempunyai *chaeta*, sehingga *Chaetoceros* sp. lebih mampu bertahan hidup terhadap arus serta kurang disukai oleh zooplankton. Beberapa fitoplankton yang ditemukan pada ekosistem terumbu karang alami dan buatan perairan PLTU Paiton ditunjukkan pada Gambar 4.6.



(a)

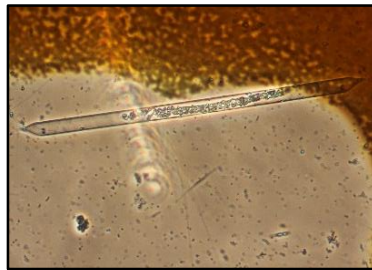


(b)



(c)

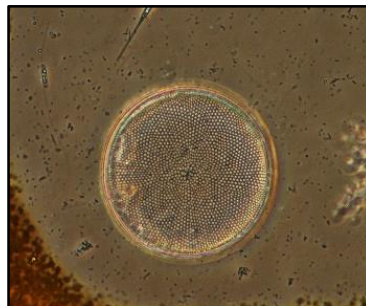
Gambar 4.5 Fitoplankton yang ditemukan di Perairan PLTU Paiton dari kelas *Bacillariophyceae* atau Diatom a) *Rhizosolenia* sp., b) *Chaetoceros* sp., c) *Coscinodiscus* sp.



(a)



(b)

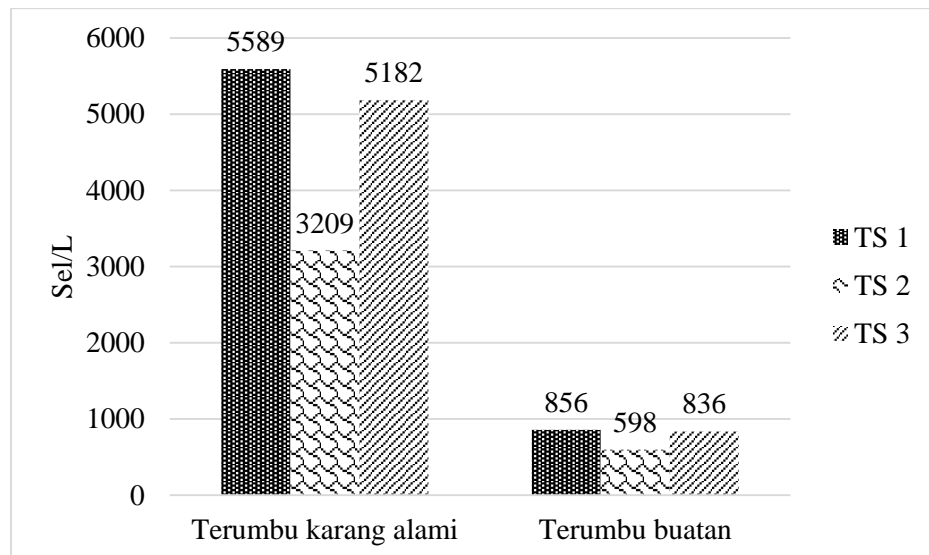


(c)

Gambar 4.6 Fitoplankton yang ditemukan di Perairan Pantai Ancol dari kelas *Bacillariophyceae* atau Diatom a) *Rhizosolenia* sp., b) *Chaetoceros* sp., c) *Coscinodiscus* sp.

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa fitoplankton dari kelas *Bacillariophyceae* yaitu *Rhizosolenia* sp., *Chaetoceros* sp., *Coscinodiscus* sp., yang ditemukan di Perairan PLTU Paiton juga ditemukan di Perairan Pantai Ancol Jakarta Utara (Berdasarkan studi yang pernah dilakukan peneliti).

Kelimpahan fitoplankton pada masing-masing titik sampling bervariasi. Kelimpahan fitoplankton tertinggi terdapat di TS 1a yaitu sebesar 5.589 sel/L. Sedangkan kelimpahan fitoplankton terendah terdapat di TS 2b yaitu sebesar 598 sel/L. Kelimpahan fitoplankton pada ekosistem terumbu karang alami berkisar antara 3.209 – 5.589 sel/L. Sedangkan, kelimpahan fitoplankton pada ekosistem terumbu buatan berkisar antara 589 – 836 sel/L. Oleh sebab itu, dapat dikatakan bahwa kelimpahan fitoplankton di ekosistem terumbu karang alami lebih tinggi dari pada kelimpahan fitoplankton di ekosistem terumbu buatan (Gambar 4.8).



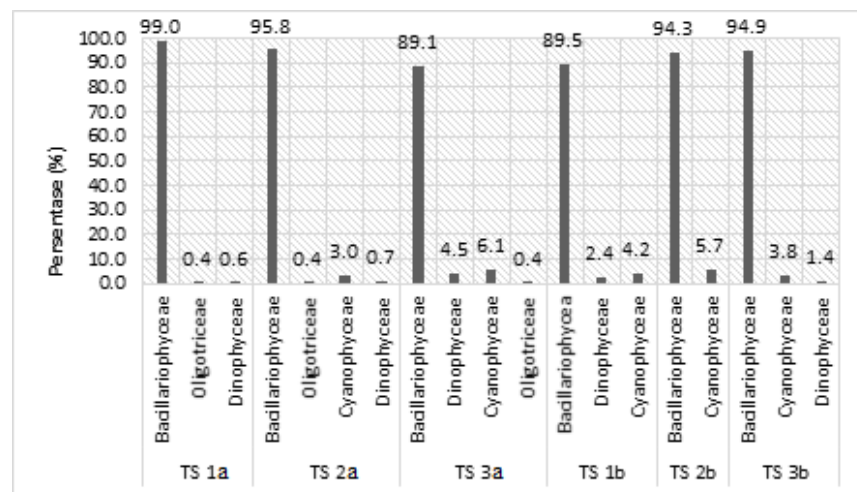
Gambar 4.7 Kelimpahan fitoplankton pada masing-masing titik sampling

Meskipun kelimpahan fitoplankton pada ekosistem terumbu buatan lebih rendah dari pada kelimpahan di ekosistem terumbu karang alami namun menurut Odum (1996) perairan di ekosistem terumbu buatan sudah termasuk kategori kesuburan perairan tinggi. Hal tersebut, dikarenakan nilai kelimpahan fitoplankton pada terumbu buatan sudah lebih dari 500 sel/L.

Rendahnya kelimpahan fitoplankton pada terumbu buatan disebabkan karena pemanfaatan nutrisi oleh fitoplankton yang tidak optimal. Rendahnya kelimpahan fitoplankton dapat dilihat pada Gambar

4.5(a) dimana konsentrasi nitrat tinggi, namun kelimpahan fitoplankton rendah. Begitupula sebaliknya, tingginya kelimpahan fitoplankton pada terumbu karang alami karena adanya pemanfaatan nitrat untuk pertumbuhan fitoplankton. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan melihat Gambar 4.5(a) dimana kandungan nitrat pada terumbu karang alami lebih rendah daripada kandungan nitrat pada terumbu buatan. Pentingnya nitrat (NO_3) bagi fitoplankton juga dijelaskan oleh Khasanah (2003) bahwasannya nitrat (NO_3) merupakan sumber nutrisi utama yang digunakan fitoplankton untuk pertumbuhan dan proses fotosintesis.

Berdasarkan Gambar 4.8 kelimpahan fitoplankton di ekosistem terumbu karang alami lebih tinggi daripada kelimpahan fitoplankton di ekosistem terumbu buatan. Hal tersebut, berbanding terbalik dengan penelitian yang dilakukan oleh Chusnan (2018), dimana kelimpahan fitoplankton pada ekosistem terumbu karang alami lebih rendah daripada kelimpahan fitoplankton di ekosistem terumbu buatan. Perbedaan nilai kelimpahan tersebut dipengaruhi oleh kualitas air dan kandungan unsur hara di perairan.



Gambar 4.8 Komposisi fitoplankton berdasarkan persentase kelimpahan pada masing-masing titik sampling

Persentase kelimpahan fitoplankton pada masing-masing titik sampling didominasi oleh kelas *Bacillariophyceae* yang mencapai kisaran 89,1 – 95,8 %. Oleh sebab itu, dapat dikatakan bahwa

fitoplankton yang paling banyak ditemukan baik di ekosistem terumbu karang alami maupun di ekosistem terumbu buatan adalah kelas *Bacillariophyceae* atau diatom (Gambar 4.9). Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Nontji (2006) bahwa jenis fitoplankton yang umum dijumpai di perairan laut dalam jumlah yang besar adalah fitoplankton dari kelas *Bacillariophyceae*. Kelas *Bacillariophyceae* atau yang sering disebut Diatom memiliki toleransi yang baik dan ketahanan yang tinggi terhadap tekanan lingkungan, sehingga mampu beradaptasi dengan lingkungan perairan.

Odum (1993) juga menegaskan bahwa kelimpahan *Bacillariophyceae* atau Diatom di suatu perairan tinggi karena kemampuan diatom yang dapat beradaptasi dengan lingkungan, bersifat kosmopolit, tahan terhadap kondisi lingkungan perairan yang ekstrim dan memiliki daya reproduksi yang tinggi.

Selain itu, Nyibakken (1992) juga menyatakan bahwa di perairan Indonesia fitoplankton yang biasanya tertangkap oleh jaring plankton terdiri dari dua kelompok besar yaitu *Bacillariophyceae* dan *Dinophyceae*. Namun, berdasarkan hasil perhitungan persentase komposisi fitoplankton pada Gambar 4.9, *Dinophyceae* ditemukan dengan nilai persentase yang kecil yakni sekitar 0,6 – 4,5 %. Selain itu, dan *Cyanophyceae* juga ditemukan dengan nilai persentase rendah yaitu 3,0 – 6,1 %. Untuk kelas *Oligotricae* ditemukan dengan nilai yang sangat kecil yaitu senilai 0,4 %. Hal itu, dikarenakan kelas *Oligotricae* hanya ditemukan di beberapa titik sampling saja, yakni pada TS 1a, TS 2a, dan TS 3a.

4.3.2 Kelimpahan Zooplankton

Berdasarkan hasil pengamatan zooplankton yang ditemukan terdiri atas 5 kelas, yaitu *Crustaceae* (6 genus), *Gastropoda* (2 genus), *Scyphozoa* (1 genus), *Sagittoidea* (1 genus) dan *Malacostraca* (1 genus). Hasil pengamatan zooplankton pada masing-masing titik sampling disajikan pada Tabel 4.3.

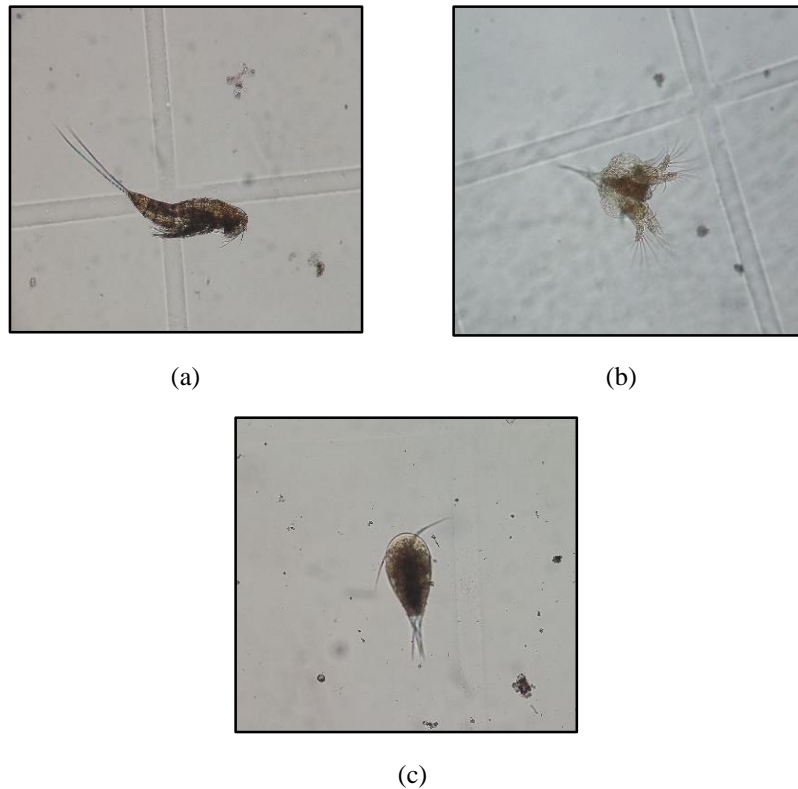
Tabel 4.3 Hasil pengamatan zooplankton yang ditemukan pada masing-masing titik sampling berdasarkan buku identifikasi Shirota (1966), Tomas (1997) dan Yamaji (1979)

Genera	Terumbu Karang Alami			Terumbu Buatan		
	TS 1a	TS 2a	TS 3a	TS 1b	TS 2b	TS 3b
Crustacea						
<i>Nauplius</i> sp.	8	12	4	-	-	-
<i>Calanus</i> sp.	3	-	2	1	-	2
<i>Harpacticoid</i> sp.	1	2	3	-	5	-
<i>Pseudeuphasia</i> sp.	-	6	-	-	-	-
<i>Ostracoda</i> sp.	5	1	8	-	-	-
<i>Scolecithrix</i> sp.	-	-	-	3	-	-
Gastropoda						
<i>Creseis</i> sp.	-	-	-	8	6	7
<i>Limacina</i> sp.	-	4	-	-	-	-
Scyphozoa						
<i>Mastigias</i> sp.	-	-	-	4	3	1
Sagittoidea						
<i>Sagita</i> sp.	-	-	7	-	1	-
Malacostraca						
<i>Nebalia</i> sp.	4	6	-	-	-	-
Jumlah individu	21	31	24	16	15	10
Total kelimpahan (ind/L)	48	70	54	36	34	23

Berdasarkan Tabel 4.3 ditemukan sebanyak 6 genus zooplankton dari kelas *Crustacea* yaitu: *Nauplius* sp., *Calanus* sp., *Harpacticoid* sp., *Ostracod* sp., *Pseudeuphasia* sp., dan *Scolecithrix* sp. Sedangkan pada kelas *Gastropoda* ditemukan sebanyak 2 genus yaitu *Creseis* sp. dan *Limacina* sp. Kemudian kelas *Scyphozoa*, *Sagittoidea* dan *Malacostraca* masing-masing hanya ditemukan 1 genus saja secara berurutan, yaitu *Mastigias* sp., *Sagita* sp. dan *Nebalia* sp.

Berdasarkan hasil pengamatan zooplankton pada Tabel 4.3, di titik sampling TS 1a ditemukan sebanyak 5 genus zooplankton dengan jumlah 21 ind/L. Pada titik sampling TS 2a ditemukan 6 genus zooplankton dengan jumlah 31 ind/L. Selanjutnya titik sampling TS 3a ditemukan 5 genus zooplankton dengan jumlah 24 ind/L.

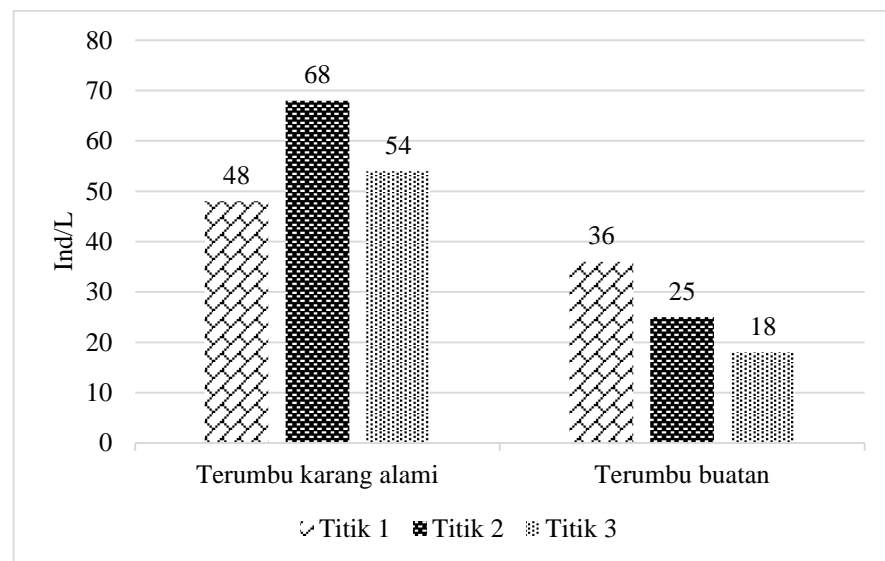
Berdasarkan Tabel 4.3 pada titik sampling TS 1b ditemukan 4 genus zooplankton dengan jumlah 16 individu. Pada titik sampling TS 2b ditemukan 4 genus zooplankton dengan jumlah 15 individu. Kemudian pada titik sampling TS 3b ditemukan 3 genus zooplankton dengan jumlah 10 individu. Beberapa genus zooplankton yang ditemukan pada ekosistem terumbu karang alami dan buatan perairan PLTU Paiton ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.9 Zooplankton yang ditemukan dari kelas Crustaceae a) Harpacticoid sp., b) Nauplius sp., c) Calanus sp.

Kelimpahan zooplankton tertinggi terdapat di titik sampling TS 2a yaitu sebesar 70 ind/L. Sedangkan kelimpahan zooplankton terendah terdapat di titik sampling TS 3b yaitu sebesar 23 ind/L. Nilai kelimpahan zooplankton pada ekosistem terumbu karang alami yang berkisar antara 54 – 70 ind/L lebih tinggi dari pada kelimpahan zooplankton pada ekosistem terumbu buatan yang hanya berkisar 23 – 36 ind/L (Gambar 4.11).

Berdasarkan Gambar 4.11 didapatkan nilai kelimpahan zooplankton lebih rendah dari pada kelimpahan fitoplankton. Rendahnya kelimpahan zooplankton diperairan disebabkan karena waktu pengambilan sampel yang dilakukan pada saat siang hari. Pada saat siang hari merupakan waktu yang sangat baik bagi fitoplankton untuk berfotosintesis, sementara zooplankton berada di dasar laut karena menghindari cahaya matahari. Hal tersebut berkaitan dengan migrasi harian zooplankton.

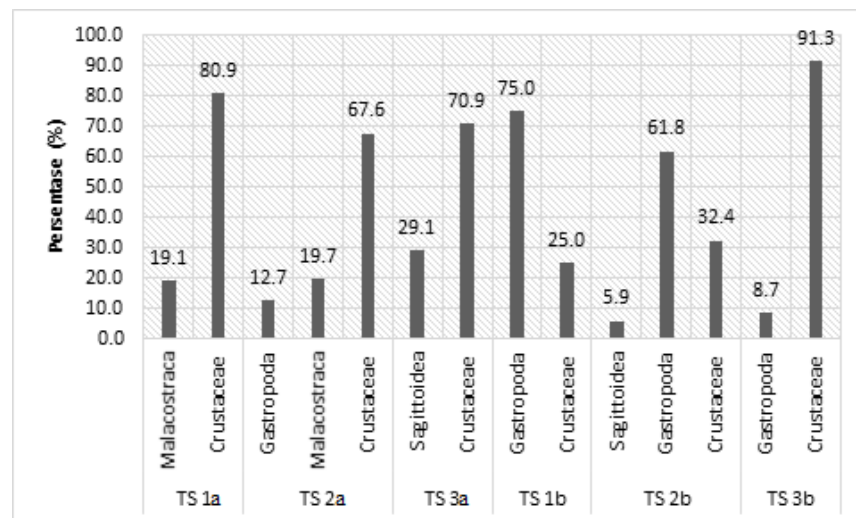


Gambar 4.10 Kelimpahan zooplankton pada masing-masing titik sampling

Menurut Arinaldi *et.,al* (1997) cahaya matahari merupakan rangsangan utama yang mengakibatkan terjadinya migrasi harian pada zooplankton. Zooplankton cenderung menghindari cahaya matahari dengan bergerak menjauhi intensitas cahaya yang tinggi di permukaan. Sementara pada malam hari dimana tidak ada cahaya matahari, zooplankton akan bergerak naik ke permukaan guna memenuhi kebutuhannya yaitu memangsa fitoplankton. Oleh sebab itu, zooplankton sedikit terdapat di permukaan pada siang hari.

Pada Gambar 4.12 genus zooplankton yang paling banyak ditemukan adalah kelas *Crustaceae*. Hal itu, dibuktikan dengan tingginya prosentase kelas *Crustaceae* dibanyak titik sampling yakni pada TS 1a,

TS 2a, TS 3a, dan TS 3b yang mencapai sekitar 67,6 – 91,3 %. Odum (1993) menyatakan bahwa zooplankton yang paling banyak dijumpai di perairan laut baik dalam jumlah individu maupun jumlah jenisnya ialah *Crustacea*. Hal tersebut diperkuat oleh pendapat Arinardi *et.al* (1997) bahwa banyaknya zooplankton dari kelas *Crustaceae* dikarenakan sifat *Crustaceae* adalah omnivora atau pemakan segala, sehingga *Crustaceae* mudah untuk mendapatkan makanan.



Gambar 4.11 Komposisi zooplankton berdasarkan persentase kelimpahan pada masing-masing titik sampling

Menurut Agustiadi dkk, (2013) zooplankton yang sangat penting dilaut yaitu zooplankton dari kelas *Crustaceae* subkelas *copepod*. Copepod adalah *Crustaceae* yang bersifat holoplanktonik yang berukuran kecil dan mudah ditemukan pada semua perairan laut dan samudra, termasuk perairan Indonesia. Zooplankton yang banyak ditemukan setelah *Crustaceae* adalah *Gastropoda*. Menurut Gambar 4.11 persentase *Gastropoda* yaitu sekitar 8,7 – 75 % dimana ditemukan pada titik sampling TS 2, TS 1b, TS 2b, dan TS 3b.

4.4 Keanekaragaman Plankton (H') di Ekosistem Terumbu Karang Alami dan Terumbu Buatan

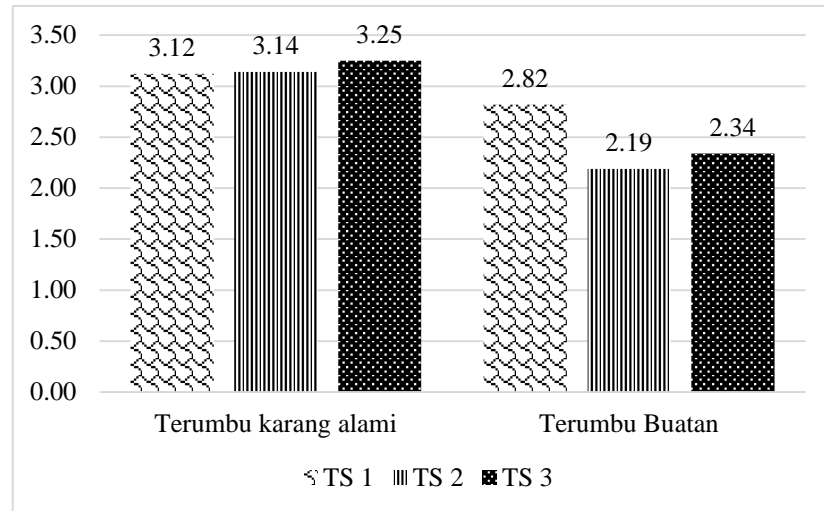
Hasil perhitungan nilai indeks keanekaragaman plankton pada masing-masing titik sampling baik di ekosistem terumbu karang alami dan ekosistem terumbu buatan disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Tingkat keanekaragaman plankton

Stasiun	Keanekaragaman (H')		
	TS 1	TS 2	TS 3
Terumbu karang alami	3,12	3,14	3,25
Terumbu Buatan	2,82	2,19	2,34

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa nilai keanekaragaman tertinggi terlihat pada TS 3a yakni 3,25. Hal ini, karena TS 3a ditemukan sebanyak 19 genus fitoplankton (Tabel 4.2) dan 5 genus zooplankton (Tabel 4.3). Sedangkan nilai keanekaragaman terendah terlihat pada TS 2b. Pada TS 2b hanya ditemukan sebanyak 8 genus fitoplankton (Tabel 4.2) dan 4 genus zooplankton (Tabel 4.3). Perbedaan nilai keanekaragaman zooplankton ditunjukkan pada Gambar 4.13.

Perbedaan nilai keanekaragaman plankton pada ekosistem terumbu karang alami dan ekosistem terumbu buatan disebabkan karena perbedaan nilai kelimpahan. Selain itu, perbedaan nilai keanekaragaman juga disebabkan karena kualitas air antara perairan ekosistem terumbu karang alami dan ekosistem terumbu buatan. Sedangkan perbedaan kualitas air di ekosistem terumbu karang alami dan terumbu buatan dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti posisi atau letak stasiun, adanya kegiatan manusia yang mempengaruhi naik turunnya unsur hara (nitrat dan fosfat) yang masuk ke perairan dan faktor alamiah seperti pergerakan arus, angin, dan turbulensi massa air.



Gambar 4.12 Nilai indeks keanekaragaman plankton

Berdasarkan Gambar 4.13 pada ekosistem terumbu karang alami diperoleh nilai indeks keanekaragaman yang berkisar antara 3,12 – 3,25. Hal ini menunjukkan bahwa pada ekosistem terumbu karang alami memiliki tingkat keanekaragaman yang sedang. Hal tersebut mengacu pada Odum (1993) bahwasanya perairan yang memiliki nilai indeks keanekaragaman yang berkisar antara $2,3 < H' < 6,9$ maka perairan tersebut dikategorikan tingkat keanekaragaman sedang.

Ekosistem terumbu buatan di TS 1b dan TS 3b diperoleh nilai indeks keanekaragaman secara berurutan yaitu 2,34 dan 2,82, dimana menurut indeks keanekaragaman menurut Odum (1993) termasuk dalam kategori tingkat keanekaragaman sedang. Sedangkan pada TS 2b diperoleh nilai keanekaragaman sebesar 2,19 yang artinya pada titik sampling tersebut memiliki tingkat keanekaragaman yang rendah (Odum, 1993).

4.5 Hubungan Faktor Fisika-Kimia Perairan Terhadap Kelimpahan dan Keanekaragaman Plankton

Untuk mengetahui hubungan antara fisika-kimia perairan dengan biologi perairan digunakan analisis PCA. Parameter fisika yang diperhitungkan yaitu suhu dan kecerahan, sedangkan parameter kimia yaitu salinitas, pH, DO, nitrat (NO_2) dan fosfat (PO_4). Sementara biologi perairan yang diperhitungkan yaitu kelimpahan dan keanekaragaman plankton.

Hasil perhitungan analisis PCA antara parameter fisika-kimia dengan kelimpahan plankton dapat dilihat berdasarkan matriks korelasi yang diperoleh dengan menggunakan software XLSTAT 2019.

4.5.1 Hubungan Faktor Fisika-Kimia Perairan Terhadap Kelimpahan Plankton

Hubungan faktor fisika-kimia perairan dengan kelimpahan plankton disajikan dalam bentuk table nilai matriks korelasi dan dalam bentuk biplot. Nilai matriks korelasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Matrix korelasi Spearman hubungan antara parameter fisika-kimia perairan dengan kelimpahan plankton

Variables	N	Suhu	Kecerahan	Salinitas	DO	pH	Nitrat	Fosfat
N	1	-0.741	-0.370	0.878	0.829	0.414	-0.878	0.878
Suhu	-0.741	1	0.367	-0.949	-0.926	-0.671	0.949	-0.949
Kecerahan	-0.370	0.367	1	-0.527	-0.123	-0.894	0.527	-0.527
Salinitas	0.878	-0.949	-0.527	1	0.878	0.707	-0.926	0.926
DO	0.829	-0.926	-0.123	0.878	1	0.414	-0.878	0.878
pH	0.414	-0.671	-0.894	0.707	0.414	1	-0.707	0.707
Nitrat	-0.878	0.949	0.527	-0.949	-0.878	-0.707	1	-0.949
Fosfat	0.878	-0.949	-0.527	0.926	0.878	0.707	-0.926	1

Berdasarkan Tabel 4.5 hasil analisis PCA, terlihat bahwa parameter perairan yaitu salinitas, DO, dan fosfat diperoleh nilai matriks korelasi >80 yang artinya parameter tersebut berhubungan sangat kuat terhadap kelimpahan plankton. Selain itu, salinitas, DO, dan fosfat memiliki nilai matriks korelasi (+). Artinya, parameter tersebut memiliki hubungan yang berbanding lurus dengan kelimpahan plankton. Korelasi positif antara salinitas, DO, dan fosfat dengan kelimpahan plankton menggambarkan bahwa peningkatan gradien salinitas, DO, dan fosfat diikuti dengan peningkatan kelimpahan plankton.

Menurut Wulandari (2009) korelasi fitoplankton terhadap salinitas bernilai positif yang artinya meningkatnya salinitas akan berpengaruh terhadap peningkatan kelimpahan fitoplankton. Selain itu, tingginya kelimpahan plankton akan diikuti oleh meningkatnya konsentrasi DO di

perairan. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan Siregar (2010) dimana tingginya konsentrasi oksigen terlarut merupakan hasil difusi oksigen dari udara bebas dan dari proses fotosintesis fitoplankton di perairan.

Parameter pH diperoleh nilai matriks korelasi 0,414. Hal itu, menunjukkan bahwa pH memiliki tingkat hubungan yang sedang terhadap kelimpahan plankton. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Wulandari (2009) juga menyatakan bahwa peningkatan pH tidak terlalu berpengaruh terhadap peningkatan kelimpahan fitoplankton, begitupula sebaliknya penurunan pH juga tidak terlalu berpengaruh terhadap kelimpahan fitoplankton. Selain itu Pratiwi, dkk., (2015) juga menegaskan bahwa proses fotosintesis plankton akan berjalan optimal apabila kondisi pH perairan normal. Perairan laut pada umumnya memiliki nilai pH normal antara 7 – 8,5.

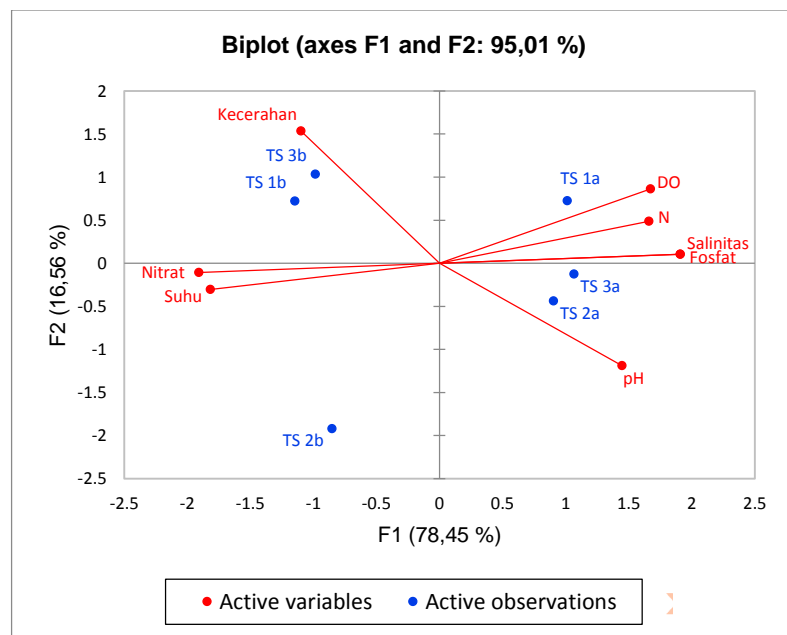
Parameter kecerahan diperoleh nilai matriks korelasi sebesar 0,370. Hal tersebut menunjukkan bahwa kecerahan memiliki hubungan yang rendah terhadap kelimpahan plankton. Parameter suhu diperoleh nilai matriks korelasi sebesar 0,741. Nilai matriks korelasi tersebut menunjukkan bahwa suhu memiliki hubungan yang kuat terhadap kelimpahan plankton. Akan tetapi, nilai matriks korelasi suhu dengan kelimpahan plankton menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik (-) artinya semakin tinggi nilai suhu di perairan maka semakin rendah nilai kelimpahan plankton. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Chusnan (2018) parameter suhu tidak berpengaruh nyata terhadap kelimpahan plankton. Hal tersebut, dikarenakan tidak terjadi perubahan suhu yang signifikan pada ekosistem trumbu karang alami dan ekosistem terumbu buatan di perairan Pasir Putih Situbondo, sehingga suhu tidak menjadi faktor pembatas bagi pertumbuhan plankton di perairan tersebut.

Sedangkan, parameter nitrat diperoleh nilai matriks korelasi sebesar 0,878 yang artinya nitrat berhubungan sangat kuat terhadap kelimpahan plankton. Nilai matriks korelasi tersebut bersifat (-) atau berhubungan berbanding terbalik. Hal itu, menunjukkan bahwa nitrat

memiliki hubungan yang berbanding terbalik dengan kelimpahan plankton, dimana kelimpahan plankton tinggi akan diikuti dengan konsentrasi nitrat yang rendah. Meningkatnya kelimpahan plankton yang diikuti dengan menurunnya konsentrasi nitrat diperairan disebabkan karena fitoplankton memanfaatkan nitrat secara optimal sebagai sumber nutrisi utama. Korelasi yang (-) antara nitrat dengan kelimpahan plankton juga diperoleh pada penelitian Wulandari (2009), dimana kelimpahan plankton tinggi akan diikuti dengan rendahnya nitrat.

Selain menunjukkan hubungan antara parameter fisika-kimia perairan dengan kelimpahan plankton, Tabel 4.5 juga dapat menunjukkan hubungan antara parameter satu dengan parameter lainnya, seperti halnya hubungan antara suhu dengan DO. Nilai matriks korelasi antara suhu dengan DO diperoleh sebesar 0,926 dan bersifat (-) yang artinya suhu berhubungan sangat kuat dengan DO. Hal itu berarti antara suhu dengan DO mempunyai hubungan yang berbanding terbalik yakni peningkatan suhu akan diikuti dengan penurunan kadar DO di perairan.

Untuk mengetahui pengaruh parameter fisika kimia perairan terhadap kelimpahan plankton juga dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Grafik distribusi titik sampling berdasarkan parameter fisik-kimia perairan yang mempengaruhi kelimpahan plankton

Gambar 4.14 menunjukkan hubungan atau korelasi antara parameter fisika-kimia perairan yang digambarkan dengan kontribusi dari masing-masing parameter pada dua sumbu utama yaitu F1 dan F2 (variable) ; F1 dan F2 (observation). Pada dua sumbu utama tersebut, terlihat persentase kualitas informasi sebesar F1 78,45% dan F2 16,56%, dengan ragam karakteristik pada stasiun penelitian sebesar 90,01%.

Pengelompokan stasiun berdasarkan parameter yang mempengaruhi kelimpahan plankton dapat dilihat pada Gambar 4.13. TS 1a, TS 2a, dan TS 3a merupakan titik sampling yang mewakili stasiun ekosistem terumbu karang alami, sedangkan TS 1b, TS 2b, dan TS 3b merupakan titik sampling yang mewakili stasiun ekosistem terumbu buatan. Berdasarkan hasil grafik korelasi pada Gambar 4.13, titik sampling TS 1a, TS 2a dan TS 3a dicirikan oleh sumbu utama atau sumbu F1 karena berada dekat dengan sumbu F1. Oleh sebab itu, TS 1a, TS 2a dan TS 3a memiliki ciri parameter yang mempengaruhi kelimpahan plankton yaitu salinitas, fosfat, DO yang berkorelasi positif atau searah, yang artinya semakin tinggi nilai parameter tersebut maka nilai kelimpahan plankton akan semakin rendah. Sementara suhu dan nitrat berkorelasi negative atau berlawanan terhadap kelimpahan plankton, yang artinya semakin tinggi kelimpahan plankton akan diikuti dengan semakin rendahnya nilai suhu dan nitrat.

Berdasarkan hasil korelasi pada Gambar 4.13 parameter fisika-kimia yang mempengaruhi kelimpahan plankton pada ekosistem terumbu karang alami di perairan PLTU Paiton berbeda dengan parameter fisika-kimia yang berpengaruh terhadap kelimpahan plankton pada ekosistem terumbu karang alami di perairan Pasir Putih Situbondo. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Chusnan (2018), pada ekosistem terumbu karang alami di perairan Situbondo parameter suhu, DO, pH dan nitrat berpengaruh positif atau searah dengan kelimpahan plankton. Sedangkan parameter kecerahan, dan fosfat berkorelasi negative terhadap kelimpahan plankton. Perbedaan tingkat kelimpahan plankton dengan parameter fisika-kimia yang mempengaruhinya disebabkan karena letak

atau lokasi perairan yang berbeda, kondisi perairan (kualitas perairan), waktu pengambilan data, dan faktor alam yang mempengaruhi nilai parameter fisika-kimia pada perairan tersebut.

Pada titik sampling TS 3b dicirikan pada sumbu F1, sehingga menunjukkan adanya kesamaan karakteristik dengan titik sampling TS 1a, TS 2a dan TS 3a. Sedangkan titik sampling pada TS 1b dan TS 2b mencirikan kedekatan pada sumbu F2, sehingga dicirikan pada parameter kecerahan yang berkorelasi positif yaitu tingginya nilai kecerahan akan diikuti dengan tingginya kelimpahan plankton.

Gambar 4.14 menunjukkan bahwa nilai kelimpahan plankton dan parameter DO tertinggi berada di titik sampling TS 1a, karena pada kuadran I garis parameter DO dan garis kelimpahan plankton berada dekat dengan TS 1a. Pada kuadran II terlihat bahwa parameter kecerahan dengan nilai tertinggi diperoleh di TS 3b kemudian diikuti dengan TS 1b. Pada kuadran IV terlihat bahwa parameter pH dengan nilai tertinggi diperoleh pada TS 2a, serta parameter salinitas dan fosfat dengan nilai tertinggi diperoleh pada TS 3a. Sedangkan garis parameter suhu dan nitrat terlihat tidak dekat dengan salah satu titik sampling, hal itu dikarenakan parameter suhu dan nitrat mempunyai nilai tinggi yang sama pada TS 1b dan TS 3b. TS 2b terlihat tidak dekat dengan garis linier apapun karena pada TS 2b memiliki nilai parameter dan kelimpahan plankton yang paling rendah.

4.5.2 Hubungan Faktor Fisika-Kimia Perairan Terhadap Keanekaragaman Plankton

Hubungan antara faktor fisika dan kimia perairan dengan keanekaragaman plankton disajikan dalam bentuk nilai matrik korelasi dan dalam bentuk biplot. Nilai matriks korelasi yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 menunjukkan nilai matriks korelasi antara parameter fisika kimia perairan dengan keanekaragaman plankton. Matriks korelasi antara keanekaragaman plankton dengan salinitas, DO dan fosfat

diperoleh nilai >80. Hal itu, menunjukkan bahwa salinitas, DO dan fosfat mempunyai hubungan yang sangat kuat dengan keanekaragaman plankton. Nilai matriks yang diperoleh (+) maka sifat hubungan korelasi tersebut adalah searah, yang artinya meningkatnya salinitas, DO dan fosfat perairan akan diikuti dengan tingginya tingkat keanekaragaman plankton.

Tabel 4.6 Matriks korelasi Spearman hubungan antara parameter fisika-kimia perairan dengan keanekaragaman

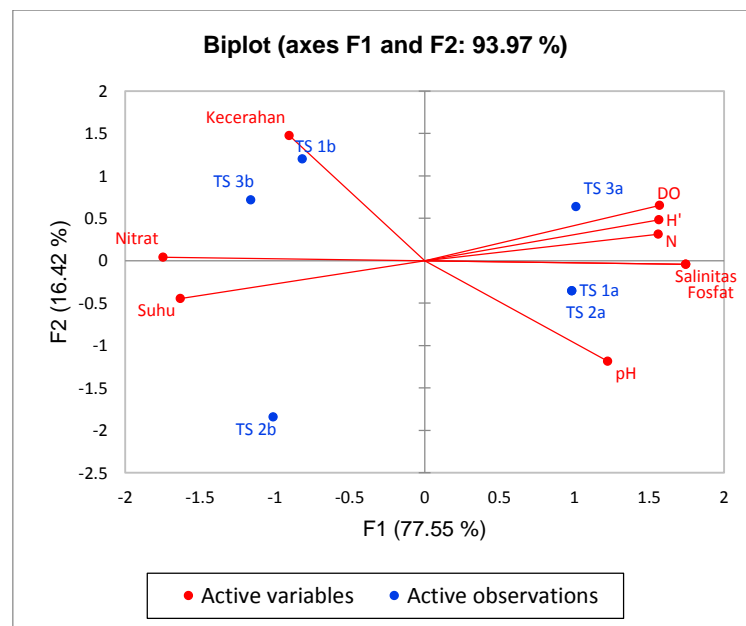
Variables	N	H'	Suhu	Kecerahan	Salinitas	DO	pH	Nitrat	Fosfat
N	1	0.829	-0.794	-0.370	0.878	0.829	0.414	-0.878	0.878
H'	0.829	1	-0.833	-0.247	0.878	0.829	0.414	-0.878	0.878
Suhu	-0.794	-0.833	1	0.367	-0.949	-0.926	-0.671	0.949	-0.949
Kecerahan	-0.370	-0.247	0.367	1	-0.527	-0.123	-0.894	0.527	-0.527
Salinitas	0.878	0.878	-0.949	-0.527	1	0.878	0.707	-0.926	0.926
DO	0.829	0.829	-0.926	-0.123	0.878	1	0.414	-0.878	0.878
pH	0.414	0.414	-0.671	-0.894	0.707	0.414	1	-0.707	0.707
Nitrat	-0.878	-0.878	0.949	0.527	-0.949	-0.878	-0.707	1	-0.949
Fosfat	0.878	0.878	-0.949	-0.527	0.926	0.878	0.707	-0.926	1

Namun, untuk parameter pH pada kenyataannya tidak begitu berpengaruh terhadap keanekaragaman plankton. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai matriks korelasi sebesar 0,414 yang berdasarkan nilai interval koefisien Sugiyono (2005) termasuk dalam tingkat hubungan yang sedang. Parameter kecerahan diperoleh nilai matriks korelasi sebesar (-0,370) yang artinya kecerahan berpengaruh rendah terhadap keanekaragaman plankton. Selain itu, hasil korelasi antara kecerahan dengan keanekaragaman plankton memiliki sifat hubungan yang berbanding terbalik (-).

Parameter kecerahan pada ekosistem terumbu karang alami maupun buatan berpengaruh rendah dikarenakan nilai kecerahan yang diperoleh pada kedua ekosistem tersebut tidak jauh berbeda, justru nilai kecerahan keduanya sama-sama telah sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan (Gambar 4.2). Rosada, dkk., (2017) menegaskan

bahwasannya plankton memiliki nilai keanekaragaman yang tinggi pada tingkat kedalaman perairan yang relative dangkal.

Sementara, parameter suhu memiliki tingkat hubungan yang kuat terhadap keanekaragaman plankton, karena nilai matriks korelasi diperoleh sebesar 0,794 dengan sifat hubungan yang (-) atau berbanding terbalik. Hal itu. Artinya, semakin meningkatnya suhu perairan maka semakin rendah tingkat keanekaragaman plankton. Sedangkan nitrat memiliki tingkat hubungan yang sangat kuat terhadap keanekaragaman plankton. Hal itu, dibuktikan dengan nilai matriks korelasi sebesar 0,878 dengan sifat hubungan (-) atau berbanding terbalik. Sifat hubungan tersebut yaitu meningkatnya tingkat keanekaragaman diikuti dengan rendahnya konsentrasi nitrat di perairan. Untuk mengetahui hubungan atau korelasi antara keanekaragaman dengan parameter fisika kimia perairan dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.14 Grafik distribusi titik sampling berdasarkan parameter fisika-kimia perairan yang mempengaruhi keanekaragaman plankton

Berdasarkan Gambar 4.15 terlihat persentase kualitas informasi sebesar F1 78,52% dan F2 17,18%, dengan ragam karakteristik pada stasiun penelitian sebesar 95,70%. Pada gambar tersebut titik sampling

TS 1a, TS 2a dan TS 3a dicirikan oleh sumbu utama atau sumbu F1 karena berada dekat dengan sumbu F1. Oleh sebab itu, pada titik sampling TS 1a, TS 2a dan TS 3a (pada ekosistem terumbu karang alami) memiliki ciri parameter yang mempengaruhi keanekaragaman plankton yaitu salinitas, fosfat, dan DO dengan tingkat hubungan yang sangat kuat. Selain itu, nilai kelimpahan plankton pada TS 1a, TS 2a dan TS 3a memiliki sifat hubungan yang (-) dengan parameter nitrat dan suhu. Korelasi yang positif antara DO dengan keanekaragaman plankton juga dijelaskan oleh Sulastri dkk. (2018), bahwa meningkatnya jumlah jenis atau keanekaragaman plankton juga diikuti dengan meningkatnya konsentrasi DO di perairan. Sementara kecerahan dan pH tidak begitu berpengaruh terhadap keanekaragaman plankton pada TS 1a, TS 2a dan TS 3a.

Sedangkan pada TS 1b dan TS 3b memiliki ciri parameter yang mempengaruhi keanekaragaman plankton yaitu kecerahan, nitrat dan suhu. Gambar 4.15 menunjukkan bahwa garis parameter suhu dan nitrat membelakangi garis keanekaragaman plankton. Hal tersebut karena pada TS 1b dan TS 3b hasil pengukuran parameter suhu dan nitrat tinggi, sedangkan nilai keanekaragaman yang rendah. Sehingga, nilai matriks korelasi diperoleh sifat hubungan yang (-) atau berbanding terbalik. Sedangkan pada TS 2b terlihat bahwa titik sampling tersebut tidak dekat dengan garis linier manapun, hal tersebut karena nilai parameter dan nilai keanekaragaman pada TS 2b paling rendah dibandingkan dengan titik sampling yang lainnya.

Tingginya nilai kelimpahan plankton tidak selalu diikuti oleh tingginya tingkat keanekaragaman. Hal itu dimungkinkan tingginya kelimpahan bukan karena ada banyak genus fitoplankton maupun zooplankton yang ditemukan, melainkan ada genus tertentu yang ditemukan dengan jumlah individu yang tinggi. Begitupula sebaliknya rendahnya nilai kelimpahan plankton belum tentu tingkat keanekaragamannya rendah. Akan tetapi, pada hasil penelitian ini ditemukan bahwa nilai keanekargaman plankton tertinggi terdapat pada

ekosistem terumbu karang alami, meskipun menurut Odum (1996) perairan di ekosistem tersebut masih tergolong tingkat keanekaragaman yang sedang. Tingginya nilai keanekaragaman plankton di ekosistem terumbu karang alami disebabkan karena pada ekosistem terumbu karang alami nilai kelimpahan fitoplankton dan zooplankton tinggi. Selain itu pada ekosistem tersebut jumlah genus fitoplankton dan zooplankton ditemukan lebih banyak dari pada jumlah genus yang ditemukan di ekosistem terumbu buatan.

Berdasarkan hasil perhitungan tingkat keanekaragaman plankton pada ekosistem terumbu karang alami dan ekosistem terumbu buatan didapatkan hasil rata-rata tingkat keanekaragaman tertinggi terdapat pada ekosistem terumbu karang alami (Tabel 4.4). Akan tetapi berdasarkan Gambar 4.15 keanekaragaman tertinggi terdapat pada TS 3a dengan parameter DO dan nilai kelimpahan plankton yang menjadi faktor pengaruhnya. Pada penelitian ini diperoleh bahwa nilai kelimpahan yang tinggi juga diikuti dengan tingkat keanekaragaman yang tinggi pula. Oleh sebab itu parameter fisika-kimia yang mempengaruhi kelimpahan plankton juga berpengaruh terhadap keanekaragaman plankton, sehingga grafik korelasi yang dihasilkan juga tidak jauh berbeda.

Ditinjau dari nilai kelimpahan plankton, pada ekosistem terumbu karang alami dan ekosistem terumbu buatan termasuk dalam kategori perairan dengan kesuburan yang tinggi. Oleh sebab itu, tingkat keanekaragaman plankton termasuk pada perairan tersebut sedang. Menurut Sulastri dkk. (2018) hasil analisis PCA antara keanekaragaman dengan kualitas perairan menunjukkan bahwa semakin tinggi status trofik maka semakin menurun jumlah jenis fitoplankton. Hal itu juga dijelaskan oleh Spatharis *et.al* (2007) bahwa penurunan keanekaragaman fitoplankton terjadi karena kompetisi secara eksklusif antar spesies, sehingga pada status trofik yang semakin tinggi banyak terjadi penurunan keanekaragaman fitoplankton yang disebabkan oleh faktor stress.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain :

1. Rata-rata nilai parameter fisika-kimia pada ekosistem terumbu karang alami diperoleh suhu 30,3 °C, kecerahan 5,2 m, salinitas 31 ppt, pH 7,5, nitrat 0,055 mg/l dan fosfat 0,021 mg/l. Nilai parameter suhu, kecerahan, salinitas dan pH sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan. Sementara, nilai parameter nitrat dan fosfat melebihi baku mutu yang ditetapkan akan tetapi masih dalam kisaran optimum untuk pertumbuhan plankton. Sedangkan rata-rata nilai parameter fisika-kimia pada ekosistem terumbu buatan diperoleh suhu 32,4 °C, kecerahan 5,7 m, salinitas 30 ppt, pH 7,2, nitrat 0,103 mg/l dan fosfat 0,011 mg/l. Hasil pengukuran tersebut sesuai baku mutu yang ditetapkan kecuali nitrat yang nilainya melebihi baku mutu yang ditetapkan namun nilai tersebut masih dalam kisaran optimum untuk pertumbuhan plankton.
2. Ekosistem terumbu karang alami memiliki nilai kelimpahan fitoplankton berkisar 3.209 – 5589 sel/L, dan kelimpahan zooplankton berkisar 48 – 70 ind/L. Sementara pada ekosistem terumbu buatan memiliki nilai kelimpahan fitoplankton berkisar 598 – 856 sel/L kelimpahan zooplankton berkisar 23 – 36 ind/L. Nilai kelimpahan fitoplankton baik pada ekosistem terumbu karang alami maupun terumbu buatan >500 sel/L maka termasuk dalam kategori tingkat kesuburan perairan tinggi.
3. Keanekaragaman plankton pada ekosistem terumbu karang alami berkisar antara 3,12 – 3,25 dan keanekaragaman plankton pada ekosistem terumbu buatan yaitu antara 2,19 – 2,82. Nilai keanekaragaman baik di ekosistem terumbu karang alami maupun ekosistem terumbu buatan tergolong kategori perairan dengan tingkat keanekaragaman sedang.

4. Hasil analisis PCA menunjukkan bahwa pada ekosistem terumbu karang alami dan terumbu buatan di perairan PLTU Paiton parameter kecerahan dan pH berhubungan sedang terhadap kelimpahan dan keanekaragaman plankton. Salinitas, DO, dan fosfat berhubungan (+) sangat kuat terhadap kelimpahan dan keanekaragaman plankton. Sementara suhu dan nitrat berhubungan (-) sangat kuat terhadap kelimpahan dan keanekaragaman plankton.

5.2 Saran

Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan terkait pengaruh faktor fisika-kimia perairan terhadap kelimpahan plankton di ekosistem terumbu karang alami dan terumbu buatan pada bulan atau musim berikutnya (musim peralihan II). Untuk meningkatkan kesuburan perairan pada ekosistem terumbu buatan diperlukannya monitoring kualitas air secara berkala.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah, Robiatul. 2011. *Diversitas Fitoplankton di Danau Tasikardi terkait dengan Kandungan Karbondioksida dan Nitrogen*. Jakarta: Uin Syarif Hidayatullah
- Agustiadi, Teguh, Faisal Hamzah dan Mukti Trenggono. 2013. *Struktur Komunitas Plankton di Perairan Selat Bali*. Balai Penelitian dan OBServasi Laut, Balitbang KP, KKP.
- Ali Sofani, Muhammad dan Farid Kamal Muzaki. 2015. *Komunitas Meiofauna Bentik yang Terpengaruhi Air Bahang di Perairan PLTU Paiton, Probolinggo*. Jurnal Sains dan Seni ITS Vol. 4, No. 2
- Arinardi, O. H, *et.al.* 1997. *Kisaran Kelimpahan dan Komposisi Plankton Predominan di Perairan Kawasan Timur Indonesia*. P3O-LIPI Jakarta.
- Aryawati, R. 2007. *Kelimpahan dan Sebaran Fitoplankton di Perairan Barau Kalimantan Timur*. Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- Asriyana dan Yuliana. 2012. *Produktivitas Perairan*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- Basmi, H.J. 2000. *Planktonologi: Plankton sebagai Indikator Kualitas Perairan*. Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB.
- Barus, Temala Alexander. (2004). *Factor-Faktor Lingkungan Abiotic dan Keanekaragaman Plankton sebagai Indikator Kualitas Perairan Danau Toba*. Jurnal Manusia dan Lingkungan Vol.XI no 2, hal:64-72
- Christy L. 1991. *Symposium on Artificial Reefs and Fish Aggregating Device as tools for The Management and Enhancement of Marine Fishery Resources*. Regional Office for Asia and the Pacific (RAPA) Food and Agriculture Organization of the United Nations Bangkok, Page 105-115.
- Dahuri, R. 2003. *Keanekaragaman Hayati Laut*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Diansyah, G. 2004. *Kualitas Perairan Pantai Pulau Batam, Kepulauan Riau Berdasarkan Karakteristik Fisika-Kimia dan Struktur Komunitas Plankton*. Institut Pertanian Bogor.
- Dwirastina, Mirna dan Arif Wobowo. 2015. *Karakteristik Fisika-Kimia dan Struktur Komunitas Plankton Perairan Sungai Manna, Bengkulu Selatan*. Jurnal LIMNOTEK No. 22(I):76-85. Balai Penelitian Perikanan Perairan Umum.

- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Estradivari, dkk. 2007. *Terumbu Karang Jakarta: Pengamatan Jangka Panjang Terumbu Karang Kepulauan Seribu*. Jakarta: Yayasan Terumbu Karang Indonesia (TERANGI)
- Guntur. 2011. *Ekologi Karang pada Terumbu Buatan*. Bogor: Penerbit Ghalia Indonesia.
- Guntur, Abu Bakar Sambah dan A.A Jaziri. 2018. *Rehabilitasi Terumbu Karang*. Malang: UB Press.
- Hariyati, Lutfia, Ach.Fachruddin Syah dan Haryo Triajie. 2010. *Studi Komunitas Fitoplankton di Pesisir Kenjeran Surabaya sebagai Bioindikator Kualitas Perairan*. Jurnal Kelautan Vol.3 No.2
- Isdrajad *et.al.* 2009. *Sampling dan Analisis Data Perikanan dan Kelautan*. Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB.
- Ludwig, J.A dan Reynolds, J.F. 1988. *Statistical Ecology: A Primer on Methods and Computing*. John Willey and Sons. Singapore.338 p.
- Mujiyanto dan Satria H. 2011. *Sebaran Kelimpahan Plankton di Lokasi Terumbu Buatan di Teluk Saleh Nusa Tenggara Barat*. Prosiding Seminar Nasional tahunan VIII Hasil Penelitian UGM, Yogyakarta.
- Nontji, Anugerah. 2006. *Plankton*. Jakarta: Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI Press).
- Nontji, Anugerah. 2008. *Plankton Laut*. Jakarta: Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI Press).
- Nyibakken, J.W. 1992. *Biologi Laut*. Suatu Pendekatan Ekologis. Gramedia: Jakarta
- Odum, E. P. 1993. *Dasar-dasar Ekologi*. Edisi ketiga. Terjemahan : Samingan, T., Srigandono. Fundamentals Of Ecology. Third Edition. Gadjah Mada University Press
- Odum, E. P. 1996. *Dasar-dasar Ekologi*. Gadjah Mada University Press
- Parsons, T.R., M. Takashi dan B. Hargrave. 1984. *Biological Oceanography Process*. New York: Pergamon Press.
- Pirzan, A.M. dkk. 2005. *Potensi Lahan Budidaya Tambak dan Laut di Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara*. Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia 11(5):43-50.

- Praseno, D.P dan Sugestiningsih. 2000. *Retaid di Perairan Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi – LIPI, Jakarta: 82 hal
- Pratiwi, E. D. Koenawan, C.J. dan Zulfikar A. 2015. *Hubungan Kelimpahan Plankton Terhadap Kualitas Air di Perairan Malang Rapat Kabupaten Bintan Provinsi Kepulauan Riau*. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. UMRAH. Riau.
- Rachman, Arif , Hikmah Thoha dan Tumpak Sidabutar. 2018. *Analisa Plankton di Laboratorium*. Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (P2O-LIPI).
- Rachman, Arif , Hikmah Thoha dan Tumpak Sidabutar. 2018. *Teknik Pengambilan Sampel Plankton*. Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (P2O-LIPI).
- Romimohtarto, Kasijan dan Sri Juwana. 2009. *Biologi Laut: Ilmu Pengetahuan Tentang Biota Laut*. Jakarta: Djambatan.
- Romimohtarto, Kasijan dan Sri Juwana. 2004. *Biologi Laut: Ilmu Pengetahuan Tentang Biota Laut*. Jakarta: Djambatan.
- Seaman WJ dan M Sprague. 1991. *Artificial Habitats for Marine and Freshwater Fiseries*. San Diego: Akademik Prees. Inc.
- Sediadi, Agus. 1999. *Ekologi Dinoflagellata*. Jurnal Oseana, Volume XXIV No.4 Balitbang Sumberdaya Laut-Puslitbang Oseanologi-LIPI.
- Sulastri, Cynthia Henny dan Sulung Nomosatryo. *Keanekaragaman Fitoplankton dan Status Trofik Perairan Danau Maninjau di Sumatera Barat, Indonnesia*. Jurnal PROS SEM NAS MASY BIODIV INDON Vol. 5 No.2 Pusat Penelitian Limnologi-LIPI
- Simanjutak, Marojahan. 2009. *Hubungan Faktor Lingkungan Kimia, Fisika Terhadap Distribusi Plankton di Perairan Belitung Timur, Bangka Belitung*. Jurnal Perikanan (J.Fish.Sci) XI (1) Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI
- Siregar, M.H. 2010. *Hubungan Nilai Produktivitas Primer dengan Konsentrasi Klorofil-a dan Faktor Fisik di PErairan Danau Toba, Balige, Sumatera Utara*. TESIS. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Sugiyono. 2005. *Analisis Statistik Korelasi Linier Sederhana*. Bandung: CV Alfabeta
- Sugiyono. 2006. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: CV Alfabeta

- Spatharis S, Danielidis DB, Tsirtsis G. 2007. *Recurrent Pseudonitzschia calliantha (Bacillariophyceae) and Alexandrium insuetum (Dinophyceae) winter blooms induced by agriculture runoff*. Harmful Algae 6(6):811-822
- Wetzel, R.G. 2001. *Limnology Lake and River Ecosystem 3rd ed.* Academic Press California.1006p
- Wibisono, M.S. 2005. *Pengantar Ilmu Kelautan*. Jakarta: PT. Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Wibisono, M.S. 2011. *Pengantar Ilmu Kelautan Edisi 2*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press).
- Wulandari, Dewi. 2009. *Keterkaitan antara Kelimpahan Fitoplankton dengan Parameter Fisika Kimia di Estuari Sungai Brantas (Porong)*. Institut Pertanian Bogor.
- Yazwar. 2008. *Kelimpahan plankton dan Kaitannya dengan Kualitas Air di Prapatan Danau Toba*. Tesis. Medan : USU
- Yudha Fikri, Muhammad. 2018. *Studi Sebaran Limbah Air Panas PLTU Paiton dari Observasi dan Pemodelan Numerik*. Institut Pertanian Bogor
- Yuliana, Adiwilaga E M., Harris E., dan Pratiwi N. 2012. *Hubungan antara Kelimpahan Fitoplankton dengan Parameter Fisika-Kimiawi Perairan di Teluk Jakarta*. Jurnal Akuatik Vol.III (2) : 169-179.

Lampiran 1.1 Hasil pengukuran parameter fisik-kimia perairan di ekosistem terumbu karang alami dan buatan perairan PLTU Paiton

Stasiun	Faktor Fisika		Faktor Kimia				
	Suhu	Kecerahan	Salinitas	DO	pH	Nitrat	Fosfat
<u>Terumbu karang alami</u>							
TS 1a	30.3	5.0	31.0	6.40	7.5	0.0534*	0.0220*
TS 2a	30.2	5.5	31.0	6.50	7.0	0.0571*	0.0218*
TS 3a	30.3	5.0	31.0	6.37	7.5	0.0552*	0.0216*
rata-rata	30.3	5.2	31.0	6.4	7.3	0.0552	0.0218
<u>Terumbu buatan</u>							
TS 1b	32.4	6.0	30.0	5.70	7.0	0.099*	0.0110*
TS 2b	32.4	5.0	30.0	5.60	7.5	0.106*	0.0105*
TS 3b	32.4	6.0	30.0	5.67	7.0	0.103*	0.0109*
rata-rata	32.4	5.7	30.0	5.7	7.2	0.103	0.011

Keterangan : (*) hasil uji laboratorium Badan Lingkungan Hidup (BLH) Jawa Timur

Lampiran 1.2 Hasil pengamatan fitoplankton di ekosistem terumbu karang alami dan buatan perairan PLTU Paiton

Stasiun	Genera	n	p	Oi	Op	1	Vo (ml)	Vr (ml)	Vs (L)	Kelimpahan	Keanekaragaman
TS 1a	<i>Chaetoceros</i>	828	1000	1000	1	1	1	200	88.31	1875	0.37
TS 1a	<i>Tricodesmium</i>	65	1000	1000	1	1	1	200	88.31	147	0.10
TS 1a	<i>Cylindroteca</i>	31	1000	1000	1	1	1	200	88.31	70	0.05
TS 1a	<i>Rhizosolenia</i>	16	1000	1000	1	1	1	200	88.31	36	0.03
TS 1a	<i>Lauderia</i>	87	1000	1000	1	1	1	200	88.31	197	0.12
TS 1a	<i>Thalassionema</i>	236	1000	1000	1	1	1	200	88.31	534	0.22
TS 1a	<i>Thalassiosira</i>	215	1000	1000	1	1	1	200	88.31	487	0.21
TS 1a	<i>Leptocylindrus</i>	487	1000	1000	1	1	1	200	88.31	1103	0.32
TS 1a	<i>Parafavella</i>	10	1000	1000	1	1	1	200	88.31	23	0.02
TS 1a	<i>Pseudonitzschia</i>	385	1000	1000	1	1	1	200	88.31	872	0.29
TS 1a	<i>Coscinodiscus</i>	24	1000	1000	1	1	1	200	88.31	54	0.05
TS 1a	<i>Bacteriastrium</i>	13	1000	1000	1	1	1	200	88.31	29	0.03
TS 1a	<i>Thalassiotrix</i>	24	1000	1000	1	1	1	200	88.31	54	0.05
TS 1a	<i>Ceratium</i>	8	1000	1000	1	1	1	200	88.31	18	0.02
TS 1a	<i>Prorocentrum</i>	6	1000	1000	1	1	1	200	88.31	14	0.01
TS 1a	<i>Pleurosigma</i>	33	1000	1000	1	1	1	200	88.31	75	0.06
										5589	1.95
TS 2a	<i>Chaetoceros</i>	652	1000	1000	1	1	1	200	88.31	1477	0.36
TS 2a	<i>Thalassiosira</i>	150	1000	1000	1	1	1	200	88.31	340	0.24
TS 2a	<i>Thalassionema</i>	60	1000	1000	1	1	1	200	88.31	136	0.13
TS 2a	<i>Tricodesmium</i>	43	1000	1000	1	1	1	200	88.31	97	0.11
TS 2a	<i>Skeletonema</i>	20	1000	1000	1	1	1	200	88.31	45	0.06
TS 2a	<i>Cylindroteca</i>	49	1000	1000	1	1	1	200	88.31	111	0.12
TS 2a	<i>Prorocentrum</i>	11	1000	1000	1	1	1	200	88.31	25	0.04
TS 2a	<i>Parafavella</i>	6	1000	1000	1	1	1	200	88.31	14	0.02
TS 2a	<i>Leptocylindrus</i>	151	1000	1000	1	1	1	200	88.31	342	0.24
TS 2a	<i>Pseudonitzschia</i>	193	1000	1000	1	1	1	200	88.31	437	0.27
TS 2a	<i>Bacteriastrium</i>	13	1000	1000	1	1	1	200	88.31	29	0.04
TS 2a	<i>Rhizosolenia</i>	16	1000	1000	1	1	1	200	88.31	36	0.05
TS 2a	<i>Coscinodiscus</i>	26	1000	1000	1	1	1	200	88.31	59	0.07
TS 2a	<i>Pleurosigma</i>	17	1000	1000	1	1	1	200	88.31	38	0.05
TS 2a	<i>Ceratium</i>	10	1000	1000	1	1	1	200	88.31	23	0.03
										3209	1.84
TS 13a	<i>Chaetoceros</i>	970	1000	1000	1	1	1	200	88.31	2197	0.36
TS 13a	<i>Tricodesmium</i>	77	1000	1000	1	1	1	200	88.31	174	0.11
TS 13a	<i>Thalassionema</i>	201	1000	1000	1	1	1	200	88.31	455	0.21
TS 13a	<i>Thalassiosira</i>	235	1000	1000	1	1	1	200	88.31	532	0.23
TS 13a	<i>Pseudonitzschia</i>	397	1000	1000	1	1	1	200	88.31	899	0.30
TS 13a	<i>Lauderia</i>	163	1000	1000	1	1	1	200	88.31	369	0.19

TS 13a	<i>Cylindroteca</i>	22	1000	1000	1	1	1	200	88.31	50	0.04
TS 13a	<i>Thalassiotrix</i>	24	1000	1000	1	1	1	200	88.31	54	0.05
TS 13a	<i>Prorocentrum</i>	16	1000	1000	1	1	1	200	88.31	36	0.03
TS 13a	<i>Coscinodiscus</i>	30	1000	1000	1	1	1	200	88.31	68	0.06
TS 13a	<i>Leptocylindrus</i>	35	1000	1000	1	1	1	200	88.31	79	0.06
TS 13a	<i>Bidulphia</i>	9	1000	1000	1	1	1	200	88.31	20	0.02
TS 13a	<i>Rhizosolenia</i>	23	1000	1000	1	1	1	200	88.31	52	0.05
TS 13a	<i>Bacteriastrium</i>	19	1000	1000	1	1	1	200	88.31	43	0.04
TS 13a	<i>Pleurosigma</i>	21	1000	1000	1	1	1	200	88.31	48	0.04
TS 13a	<i>Ceratium</i>	12	1000	1000	1	1	1	200	88.31	27	0.03
TS 13a	<i>Gymnodinium</i>	8	1000	1000	1	1	1	200	88.31	18	0.02
TS 13a	<i>Paravavella</i>	5	1000	1000	1	1	1	200	88.31	11	0.01
TS 13a	<i>Protoperidinium</i>	21	1000	1000	1	1	1	200	88.31	48	0.04
										5182	1.92
TS 1b	<i>Chaetoceros</i>	189	1000	1000	1	1	1	200	88.31	428	0.35
TS 1b	<i>Rhizosolenia</i>	9	1000	1000	1	1	1	200	88.31	20	0.09
TS 1b	<i>Leptocylindrus</i>	23	1000	1000	1	1	1	200	88.31	52	0.17
TS 1b	<i>Thalassiosira</i>	27	1000	1000	1	1	1	200	88.31	61	0.19
TS 1b	<i>Guinardia</i>	14	1000	1000	1	1	1	200	88.31	32	0.12
TS 1b	<i>Coscinodiscus</i>	18	1000	1000	1	1	1	200	88.31	41	0.15
TS 1b	<i>Pseudonitzschia</i>	22	1000	1000	1	1	1	200	88.31	50	0.17
TS 1b	<i>Stephanopyxis</i>	19	1000	1000	1	1	1	200	88.31	43	0.15
TS 1b	<i>Cylindroteca</i>	12	1000	1000	1	1	1	200	88.31	27	0.11
TS 1b	<i>Pleurosigma</i>	20	1000	1000	1	1	1	200	88.31	45	0.16
TS 1b	<i>Ceratium</i>	9	1000	1000	1	1	1	200	88.31	20	0.09
TS 1b	<i>Tricodesmium</i>	16	1000	1000	1	1	1	200	88.31	36	0.14
										856	1.89
TS 2b	<i>Chaetoceros</i>	148	1000	1000	1	1	1	200	88.31	335	0.32
TS 2b	<i>Guinardia</i>	11	1000	1000	1	1	1	200	88.31	25	0.13
TS 2b	<i>Bacteriastrium</i>	4	1000	1000	1	1	1	200	88.31	9	0.06
TS 2b	<i>Pseudonitzschia</i>	12	1000	1000	1	1	1	200	88.31	27	0.14
TS 2b	<i>Leptocylindrus</i>	24	1000	1000	1	1	1	200	88.31	54	0.22
TS 2b	<i>Tricodesmium</i>	15	1000	1000	1	1	1	200	88.31	34	0.16
TS 2b	<i>Pleurosigma</i>	19	1000	1000	1	1	1	200	88.31	43	0.19
TS 2b	<i>Coscinodiscus</i>	31	1000	1000	1	1	1	200	88.31	70	0.25
										598	1.48
TS 3b	<i>Chaetoceros</i>	176	1000	1000	1	1	1	200	88.31	399	0.35
TS 3b	<i>Leptocylindrus</i>	23	1000	1000	1	1	1	200	88.31	52	0.17
TS 3b	<i>Pleurosigma</i>	19	1000	1000	1	1	1	200	88.31	43	0.15
TS 3b	<i>Pseudonitzschia</i>	20	1000	1000	1	1	1	200	88.31	45	0.16
TS 3b	<i>Coscinodiscus</i>	28	1000	1000	1	1	1	200	88.31	63	0.20
TS 3b	<i>Cylindroteca</i>	17	1000	1000	1	1	1	200	88.31	38	0.14
TS 3b	<i>Tricodesmium</i>	14	1000	1000	1	1	1	200	88.31	32	0.13

TS 3b	<i>Stephanopyxis</i>	20	1000	1000	1	1	1	200	88.31	45	0.16
TS 3b	<i>Bacteriastrium</i>	7	1000	1000	1	1	1	200	88.31	16	0.08
TS 3b	<i>Ceratium</i>	5	1000	1000	1	1	1	200	88.31	11	0.06
TS 3b	<i>Thalassiosira</i>	22	1000	1000	1	1	1	200	88.31	50	0.17
TS 3b	<i>Thalassionema</i>	18	1000	1000	1	1	1	200	88.31	41	0.15
										836	1.92

Lampiran 1.3 Hasil pengamatan zooplankton di ekosistem terumbu karang alami dan buatan perairan PLTU Paiton

Stasiun	Genera	n	p	Oi	Op	1	Vo (ml)	Vr (ml)	Vs (L)	Kelimpahan	Keanekaragaman
TS 1a	<i>Nauplius</i>	8	1000	1000	1	1	1	200	88.31	18	0.37
TS 1a	<i>Ostracoda</i>	5	1000	1000	1	1	1	200	88.31	11	0.34
TS 1a	<i>Nebalia</i>	4	1000	1000	1	1	1	200	88.31	9	0.32
TS 1a	<i>Calanus</i>	3	1000	1000	1	1	1	200	88.31	7	0.28
TS 1a	<i>Harpacticoid</i>	1	1000	1000	1	1	1	200	88.31	2	0.14
										48	1.45
TS 2a	<i>Nauplius</i>	9	1000	1000	1	1	1	200	88.31	20	0.33
TS 2a	<i>Nebalia</i>	14	1000	1000	1	1	1	200	88.31	32	0.36
TS 2a	<i>Limacina</i>	7	1000	1000	1	1	1	200	88.31	16	0.34
TS 2a	<i>Pseudeuphasia</i>	11	1000	1000	1	1	1	200	88.31	25	0.37
										93	1.40
TS 3a	<i>Ostracoda</i>	8	1000	1000	1	1	1	200	88.31	18	0.37
TS 3a	<i>Nauplius</i>	4	1000	1000	1	1	1	200	88.31	9	0.30
TS 3a	<i>Harpacticoid</i>	3	1000	1000	1	1	1	200	88.31	7	0.26
TS 3a	<i>Sagita</i>	7	1000	1000	1	1	1	200	88.31	16	0.36
TS 3a	<i>Calanus</i>	2	1000	1000	1	1	1	200	88.31	5	0.21
										54	1.49
TS 1b	<i>Scolecithrix</i>	3	1000	1000	1	1	1	200	88.31	7	0.31
TS 1b	<i>Creseis</i>	8	1000	1000	1	1	1	200	88.31	18	0.35
TS 1b	<i>Mastigias</i>	4	1000	1000	1	1	1	200	88.31	9	0.35
TS 1b	<i>Calanus</i>	1	1000	1000	1	1	1	200	88.31	2	0.17
										36	1.18
TS 2b	<i>Sagita</i>	1	1000	1000	1	1	1	200	88.31	2	0.18
TS 2b	<i>Mastigias</i>	3	1000	1000	1	1	1	200	88.31	7	0.35
TS 2b	<i>Creseis</i>	6	1000	1000	1	1	1	200	88.31	14	0.35
TS 2b	<i>Harpacticoid</i>	5	1000	1000	1	1	1	200	88.31	11	0.36
										34	1.24
TS 3b	<i>Mastigias</i>	1	1000	1000	1	1	1	200	88.31	2	0.23
TS 3b	<i>Creseis</i>	7	1000	1000	1	1	1	200	88.31	16	0.25
TS 3b	<i>Calanus</i>	2	1000	1000	1	1	1	200	88.31	5	0.32
										23	0.80

Lampiran 1.4 Dokumentasi kegiatan pengambilan sampel di lapangan



Mengukur parameter suhu dan DO



Mengukur parameter salinitas



Pengambilan sampel air laut



Pengukuran parameter pH

Lampiran 1.5 Dokumentasi kegiatan pengamatan sampel di laboratorium



Mengambil sampel sebanyak 1 ml menggunakan pipet tetes (SRCC)



Menuangkan sampel dari pipet tetes ke Sedgewick Rafter Counting Cell



Menyiapkan mikroskop dan alat tulis



Mulai mengidentifikasi plankton

Lampiran 1.6 Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 baku mutu air laut untuk biota laut

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu
FISIKA			
1	Kecerahan ^a	m	Coral: >5 Mangrove; - Lamun: >3
2	Kebauan	-	Alami ³
3	Kekeruhan ^a	NTU	<5
4	Padatan tersuspensi total	mg/l	Coral: 20 Mangrove: 80 Lamun: 20
5	Sampah	-	Nihil ¹⁽⁴⁾
6	Suhu ^c	oC	Alami ^{3(c)} Coral: 28-30 ^(c) Mangrove: 28-32 ^(c) Lamun: 28-30 ^(c)
7	Lapisan minyak ⁵	-	Nihil ¹⁽⁵⁾
KIMIA			
1	pH ^d	-	7-8,5 ^(d)
2	Salinitas ^e	%	Alami ^{3(e)} Coral: 33-34 ^(e) Mangrove: s/d 34 ^(e) Lamun: 33-34 ^(e)
3	Oksigen terlarut (DO)	mg/l	>5
4	BOD5	mg/l	20
5	Ammonia total (NH ₃ -N)	mg/l	0,3
6	Fosfat (PO ₄ -P)	mg/l	0,015
7	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/l	0,008
8	Sianida (CN)	mg/l	0,5
9	Sulfida (H ₂ S)	mg/l	0,01
10	PAH (Poliaromatik hidrokarbon)	mg/l	0,003
11	Senyawa fenol total	mg/l	0,002
12	PCB total (poliklor bifenil)	mg/l	0,01
13	Surfaktan (deterjen)	mg/l MBAS	1
14	Minyak dan lemak	mg/l	1
15	Pestisida ^f	mg/l	0,01
16	TBT (tributil tin) ⁷	mg/l	0,01
LOGAM TERLARUT			
1	Raksa (Hg)	mg/l	0,001
2	Kromium heksavalen (Cr(VI))	mg/l	0,005
3	Arsen (As)	mg/l	0,012
No	Parameter	Satuan	Baku Mutu
1	Kadmium (Cd)	mg/l	0,01
2	Tembaga (Cu)	mg/l	0,008
3	Timbal (Pb)	mg/l	0,008

4	Seng (Zn)	mg/l	0,05
5	Nikel (Ni)	mg/l	0,05
BIOLOGI			
1	Caliform (total) ^g	MPN/100 ml	1000 ^(g)
2	Patogen	Sel/100 ml	Nihil ¹
3	Plankton	Sel/100 ml	Tidak <i>bloom</i> ⁶
RADIO NUKLIDA			
1	Komposisi yang tidak diketahui	Bq/l	4

Catatan:

1. Nihil adalah tidak terdeteksi dengan batas alat yang digunakan (sesuai dengan metode yang digunakan)
2. Metode analisa mengacu pada metode analisa untuk air laut yang telah ada, baik internasional maupun nasional.
3. Alami adalah kondisi normal suatu lingkungan, bervariasi setiap saat (siang, malam dan musim).
4. Pengamatan oleh manusia (*visual*).
5. Pengamatan oleh manusia (*visual*). Lapisan minyak yang diacu adalah lapisan tipis (*thin layer*) dengan ketebalan 0,01mm.
6. Tidak *bloom* adalah tidak terjadi pertumbuhan yang berlebihan yang dapat menyebabkan eutrofikasi. Pertumbuhan plankton yang berlebihan dipengaruhi oleh nutrisi, cahaya, suhu, kecepatan arus, dan kestabilan plankton itu sendiri.
7. TBT adalah zat antifouling yang biasanya terdapat pada cat kapal.
 - a. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <10% kedalaman *euphotic*
 - b. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <10% konsentrasi rata-rata musiman
 - c. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <2°C dari suhu alami
 - d. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <0,2 satuan pH
 - e. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <5% salinitas rata-rata musiman
 - f. Berbagai jenis pestisida seperti: DDT, Endrin, Endosulfan dan Heptachlor
 - g. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <10% konsentrasi rata-rata musiman

Menteri Negara
Lingkungan Hidup,

Nabiel

Makarim,MPA.,MSM