

ANALISIS HUBUNGAN KELIMPAHAN FITOPLANKTON DENGAN KANDUNGAN NITRAT DAN FOSFAT DI PERAIRAN MOROSARI, DEMAK

Relationship Analysis of Phytoplankton Abundance to Nitrate and Phosphate in the Morosari Waters, Demak

Afiah Nasution, Niniek Widyorini*), Frida Purwanti

Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Departemen Sumberdaya Akuatik
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah – 50275, Telp/Fax. +6224 7474698
Email : afiah325@gmail.com

ABSTRAK

Morosari terletak di kecamatan Sayung, Demak dimana terdapat pemukiman penduduk, kegiatan pariwisata dan perikanan. Aktivitas ini dapat memengaruhi keberadaan organisme di perairan, khususnya fitoplankton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelimpahan fitoplankton, kandungan nitrat dan fosfat, serta hubungan antara kelimpahan fitoplankton dengan kandungan nitrat dan fosfat di perairan Morosari. Penelitian ini mengacu pada penelitian deskriptif korelasional dengan metode pengambilan sampel acak sistematis dan analisis data dengan analisis regresi dan korelasi *Pearson*. Penelitian ini berlangsung selama enam bulan dengan pengambilan sampel dilakukan pada bulan Mei 2018 yang berlangsung selama tiga minggu berturut-turut. Data yang diukur meliputi parameter fisika-kimia (temperatur air, kecerahan, kedalaman, arus, pH, salinitas, DO, bahan organik, nitrat dan fosfat) serta kelimpahan fitoplankton, indeks keanekaragaman, keseragaman, dan dominansi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelimpahan fitoplankton tertinggi yaitu dari kelas Bacillariophyceae sebesar 4.362 ind/l, terendah dari kelas Dinophyceae sebesar 163 ind/l, dengan jenis tertinggi yaitu *Chaetoceros* sp sebesar 1.022 ind/l, dan jenis terendah yaitu *Micractinium* sp sebesar 7 ind/l. Kandungan nitrat di perairan Morosari berkisar antara 3,99 – 7,09 mg/l, dengan rata-rata keseluruhan sebesar 5,11 mg/l (Eutrofik). Kandungan fosfat berkisar antara 0,01 – 1,13 mg/l, dengan rata-rata keseluruhan sebesar 0,18 mg/l (Eutrofik). Hubungan kelimpahan fitoplankton dengan kandungan nitrat tergolong kategori lemah namun pasti (0,26), sedangkan dengan kandungan fosfat tergolong kuat (0,70) pada taraf kepercayaan 95%.

Kata Kunci: Perairan Morosari, Kelimpahan Fitoplankton, Nitrat, Fosfat

ABSTRACT

Morosari located in the sub-district of Sayung, Demak where residential areas, tourism industries and fisheries activities were existed. These activities could affecting the presence of organisms in the waters, especially phytoplankton. This research aimed to determine the abundance of phytoplankton, the content value of nitrate and phosphate, and the relationship of phytoplankton abundance to the content of nitrate and phosphate in the Morosari waters. This research refers to correlational descriptive research with the systematic random sampling method, and the analysis of relationship carried out by regression analysis. This research has been conducted for six months with sampling started in May 2018 for three weeks consecutively. The data measured included physical-chemical parameters (temperature of water, transparency, depth, current, pH, salinity, DO, organic matter, nitrate and phosphate) as well as abundance, diversity, uniformity, and dominance index. The results showed that the highest phytoplankton abundance was from the Bacillariophyceae class (4.362 ind/l), the lowest was Dinophyceae class (163 ind/l), with the highest species was Chaetoceros sp (1.022 ind/l), and the lowest species was Micractinium sp (7 ind/l). The nitrate content in the Morosari waters ranges from 3.99 - 7.09 mg/l, with an overall average of 5.11 mg/l (Eutrophic). Phosphate content ranged from 0.01 - 1.13 mg/l, with an overall average of 0.18 mg/l (Eutrophic). The abundance of phytoplankton with nitrate content was classified as weak but definite (0.26), while phosphate content was strong (0.70) at 95% confidence level.

Keywords: Morosari Waters, Phytoplankton Abundance, Nitrate, Phosphate

*) Penulis penanggungjawab

1. PENDAHULUAN

Perairan Morosari dikenal sebagai muara dari Sungai Sayung yang merupakan lintasan pembuangan limbah dari kawasan industri sepanjang Jl. Raya Semarang-Demak. Wilayah perairan ini disekitarnya juga terdapat pemukiman penduduk, kegiatan wisata dan aktifitas nelayan. Adanya kegiatan tersebut diduga akan memberikan dampak terhadap perairan di Morosari (Zainuri, 2010).

Berbagai jenis limbah yang masuk ke dalam perairan Morosari dapat berupa unsur hara, logam berat, racun, limbah rumah tangga yang diduga secara alamiah masuk ke dalam tubuh fitoplankton melalui aktivitas *feeding habit*. Limbah yang mengandung unsur hara seperti nitrat dan fosfat akan masuk dan dimanfaatkan oleh fitoplankton untuk pertumbuhannya. Menurut Ulqodry *et al.* (2010) bahwa zat hara merupakan zat-zat yang diperlukan dan mempunyai pengaruh terhadap proses dan perkembangan hidup organisme seperti fitoplankton, terutama zat hara nitrat dan fosfat. Kedua zat hara ini berperan penting terhadap sel jaringan jasad hidup organisme serta dalam proses fotosintesis.

Limbah berupa nitrat dan fosfat dapat mengakibatkan pengkayaan nutrien di perairan laut. Pertumbuhan fitoplankton dapat terjadi sangat cepat jika pada perairan terdapat nutrien yang tinggi sehingga berpotensi merugikan. Menurut Mulyani *et al.*, (2012) bahwa peningkatan populasi fitoplankton secara berlebihan (*algae blooms*) dapat terjadi karena kondisi lingkungan perairan yang mendukung.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelimpahan fitoplankton, mengetahui kandungan nitrat dan fosfat, serta mengetahui hubungan kelimpahan fitoplankton dengan kandungan nitrat dan fosfat di perairan Morosari.

2. MATERI DAN METODE PENELITIAN

Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air yang diambil di lima stasiun Perairan Morosari, Demak., setelah itu dilakukan analisis untuk mengetahui hubungan kelimpahan fitoplankton dengan variabel utama yaitu nitrat dan fosfat. Adapun alat dan bahan yang digunakan sebagai berikut:

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain GPS, *secchi disk*, kertas pH, *current meter* modifikasi, refraktometer, botol BOD, ember volume 10 liter, botol sampel 30 ml, plankton net ukuran 25 mikron, *Sedgewick Rafter Counting Cell*, buku identifikasi plankton Sachlan (1982) dan Yamaji (1984), spektrofotometer, kamera, dan alat tulis.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain $MnSO_4$, NaOH KI, Amilum, $Na_2S_2O_3$, H_2SO_4 , Natrium oksalat 0,01 N, $KMnO_4$, PhosVer 3, NitraVer 5, dan lugol.

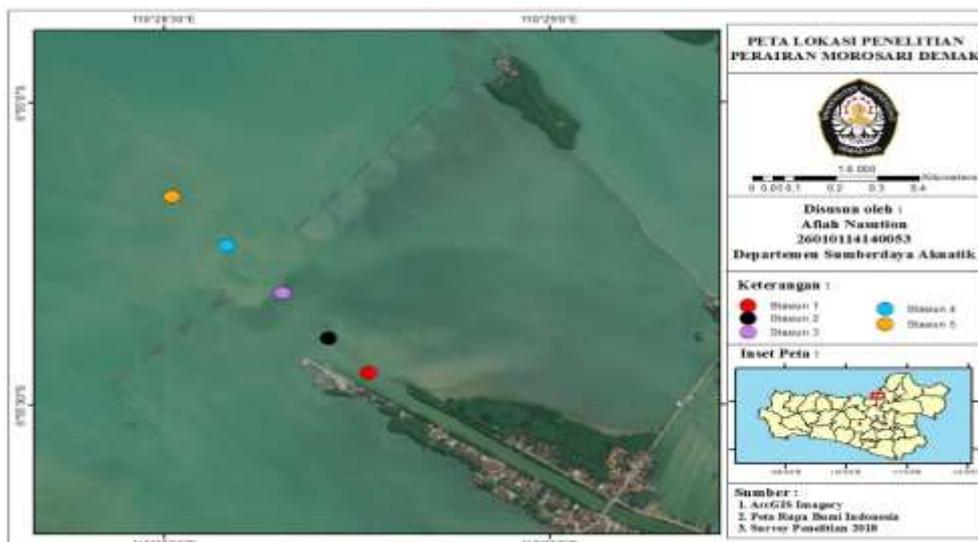
Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode deskriptif, dengan jenis studi korelasional. Penelitian deskriptif (*descriptive research*) adalah suatu metode penelitian yang ditujukan untuk menggambarkan fenomena-fenomena yang ada, yang berlangsung pada saat ini atau saat yang lampau (Furchan, 2004). Pengambilan sampel air dilakukan mulai pukul 08.00-13.00 WIB pada waktu air surut. Penelitian ini berlangsung selama tiga minggu dengan pengambilan sampel dilakukan satu kali tiap minggunya.

Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel

Penentuan lokasi pengambilan sampel dilakukan dengan metode sampel acak sistematis. Menurut Triyono (2003) pengambilan sampel acak sistematis (*systematic random sampling*) ialah suatu metode pengambilan sampel, dimana hanya unsur pertama saja dari sampel dipilih secara acak, sedangkan unsur-unsur selanjutnya dipilih secara sistematis menurut pola tertentu. Pengambilan sampel dilakukan pada lima stasiun dengan jarak setiap stasiun yaitu sebesar 100 m dimulai dari muara hingga laut lepas (Gambar 1), dengan posisi koordinat sebagai berikut:

Stasiun 1 : 06°55'29,3" 110°28'48,8"
 Stasiun 2 : 06°55'26,3" 110°28'48,4"
 Stasiun 3 : 06°55'23,2" 110°28'48,6"
 Stasiun 4 : 06°55'22,9" 110°28'49,9"
 Stasiun 5 : 06°55'19,8" 110°28'48,0"



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Teknik Pengambilan Sampel Fitoplankton

Pengambilan air sampel fitoplankton dilakukan dengan teknik pasif secara vertikal pada kedalaman permukaan sebanyak 100 liter dengan menggunakan ember volume 10 liter. Sampel tersebut disaring menggunakan *plankton net* dengan *mesh size* 25 mikron, air sampel yang tersaring dimasukkan ke dalam botol sampel volume 30 ml dan diawetkan dengan menggunakan lugol sebanyak 0,3 ml. Sampel air disimpan dalam *cool box* kemudian dibawa ke laboratorium dan disimpan dalam *refrigerator*.

Teknik Pengambilan Sampel Air

Teknik pengambilan sampel air ini dilakukan untuk sampel nitrat, fosfat dan bahan organik. Sampel air untuk pengukuran konsentrasi nitrat diperoleh dengan mengambil pada kedalaman permukaan perairan sebanyak 500 ml menggunakan botol mineral. Sampel air yang sudah diambil kemudian disimpan di dalam *Cool Box*.

Sampel air untuk pengukuran konsentrasi fosfat diperoleh dengan menggunakan *test tube* sebanyak 10 ml pada kedalaman permukaan perairan. Sampel air yang sudah diambil kemudian disimpan di dalam *Cool Box*.

Sampel air untuk pengukuran bahan organik diperoleh dengan mengambil pada kedalaman permukaan perairan sebanyak 500 ml menggunakan botol mineral. Sampel air yang sudah diambil kemudian disimpan di dalam *Cool Box*.

Pengukuran Parameter Utama, Parameter Pendukung, dan Fitoplankton

1. Parameter Utama

a. Nitrat

Pengukuran kandungan nitrat (NO_3) mengacu pada SNI 6989.79. 2011 dengan menggunakan spektrofotometer DR/2500 ketelitian 0,3 – 30,0 mg/l $\text{NO}_3^{-\text{N}}$, diawali dengan mengambil air sampel yang telah diambil sebelumnya sebanyak 500 ml. Air disaring menggunakan kertas saring, dimasukan ke dalam botol sampel uji yang sudah diberi label. Botol dari masing-masing sampel diberi tanda S 1.1 (sampel 1 dari minggu ke- 1) dan B 1.1 (blangko 1 dari minggu ke-1), begitu pula untuk sampel lainnya sampai S 5.3 (sampel 5 dari minggu ke-3). Tekan tombol Hach Programs dan pilih program 355 N, Nitrate HR dan tekan Start. Botol uji pertama S 1.1 diberikan bubuk reagen NitraVer 5 Nitrate, pilih timer icon pada spektrofotometer dan pilih waktu satu menit, kemudian gojog botol yang telah diberi bubuk reagen tersebut hingga timer berbunyi. Tekan OK setelah timer berbunyi dan tunggu reaksi pada botol sampel selama 5 menit, akan terjadi perubahan warna bening ada butiran hitam. Blangko B 1.1 dimasukkan dalam spektrofotometer dan tekan Zero akan muncul 0.0 mg/l $\text{NO}_3^{-\text{N}}$, setelah berbunyi ganti S 1.1 yang dimasukkan akan muncul angka pengukuran (dalam mg/l) dari spektrofotometer. Ulangi metode tersebut pada sampel berikutnya.

b. Fosfat

Pengukuran kandungan fosfat mengacu pada SNI 06-69891.31. 2005 menggunakan spektrofotometer Hach programme 2002 dengan cara sampel air yang sudah diambil sebelumnya dengan test tube 10 ml disiapkan sebanyak 10 ml. Spektrofotometer Hach disiapkan dengan panjang gelombang 490 P, kemudian dipilih proses start. Dua botol disiapkan, satu botol ditandai sebagai blanko dengan kode B.I.1 dan satu botol lain sebagai sampel ditandai dengan kode S.I.1 (sama seperti sampel uji nitrat). Botol B.I.1 diisi dengan 10 ml air sample sebagai blanko. Botol S.I.1 diisi dengan air sampel yang akan diujikan dan diberikan reagen PhosVer 3. Sampel yang telah diberi reagen di bolak-balik sebanyak dua kali. Air sampel yang telah dikocok didiamkan selama dua menit. Botol sampel yang akan diujikan dibersihkan agar tidak terdapat sidik jari yang menempel pada botol sampel. Botol sampel dengan kode B.I.1 disiapkan, setelah didiamkan 2 menit kemudian dimasukkan ke dalam spektrofotomer. Ikon zero ditekan, layar menunjukkan 0,0 mg/l PO_4^{3-} . Ulangi metode tersebut pada sampel berikutnya.

2. Parameter Pendukung

Dalam penelitian ini beberapa parameter fisika-kimia merupakan parameter pendukung yang dianalisis secara *in situ*, diantaranya yaitu pengukuran temperatur air dengan cara termometer dimasukkan langsung ke perairan. Pengukuran pH air dilakukan dengan cara pH paper dimasukkan langsung ke perairan. Pengukuran arus dilakukan dengan memasukkan *current meter* modifikasi ke perairan dan dihitung menggunakan stopwatch selama 1 (satu) menit. Pengukuran kecerahan dan kedalaman dilakukan dengan memasukkan *secchi disk* secara langsung ke perairan.

Pengukuran salinitas dilakukan dengan menggunakan refraktometer, pipet sampel air sebanyak satu tetes dan diletakkan dalam prisma transparan hingga melapisi seluruh permukaan. Ujung bulat refraktometer diarahkan terhadap cahaya dan lihat hasilnya diantara garis pertemuan putih dan biru.

Pengukuran oksigen terlarut (DO) dilakukan dengan menggunakan metode Winkler (titrasi). Sampel air yang sudah diambil menggunakan botol BOD sebanyak 250 ml ditambahkan 1 ml MnSO_4 dan 1 ml NaOH KI dengan kondisi tutup sedikit terbuka. Botol ditutup kembali dan digojog hingga larutan mengendap. 1 ml H_2SO_4 pekat ditambahkan, ditutup dan digojog hingga larutan berwarna kuning. 50 ml sampel diambil ke dalam erlenmeyer 250 ml. Perlakuan titrasi dengan 0,025 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ hingga larutan berwarna kuning muda. Ditambahkan 2 tetes amilum, apabila timbul warna biru kemudian melanjutkannya dengan titrasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,025 N hingga bening.

Perhitungan DO dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{DO (mg/l)} = \frac{\text{ml titran} \times \text{N titran} \times 8 \times 1000 \text{ mg/l}}{\text{ml sampel}}$$

Pengukuran bahan organik total atau TOM dilakukan menggunakan metode titimetri sesuai prosedur berdasarkan SNI 06-6989,22.2004. Sampel air sebanyak 500 ml yang sudah diambil sebelumnya pipet sebanyak 100 ml kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 300 ml dan ditambahkan 3 butir batu didih. Sampel tersebut kemudian ditambahkan KMnO_4 0,01 N beberapa tetes hingga sampel berwarna merah muda. Selanjutnya sampel ditambahkan 5 ml H_2SO_4 8 N bebas zat organik. Sampel kemudian dipanaskan pada temperatur $105 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, jika terdapat bau belerang maka

pemanasan dilanjutkan beberapa menit. Selanjutnya ditambahkan 10 ml larutan baku KMnO_4 0,01 N ke dalam sampel dan dipanaskan hingga mendidih selama 10 menit. Setelah itu, sampel ditambahkan sebanyak 10 ml larutan baku asam oksalat 0,01 N dan dititrasi dengan kalium permanganat 0,01 N hingga warna berubah menjadi merah muda. Apabila KMnO_4 lebih dari 7 ml, maka ulangi pengujian dengan cara mengencerkan. Rumus untuk menentukan nilai permanganat adalah sebagai berikut:

$$\text{KMnO}_4 \text{ (mg/l)} = \frac{10}{1000} \{ (10 + a)f - 10 \} \times 31,6 \times 0,01 \times p$$

Keterangan:

- a = volume KMnO_4 yang digunakan pada titrasi
f = normalitas KMnO_4 yang sebenarnya
0,01 = normalitas asam oksalat
P = faktor pengenceran contoh uji

3. Identifikasi Fitoplankton

Identifikasi fitoplankton dilakukan dengan menyiapkan air sampel yang sudah diambil sebelumnya dengan botol sampel 30 ml. Air sampel diambil sebanyak 1 ml untuk mengisi secara penuh *Sedgewick-rafter counting cell* kemudian ditutup dengan *cover* gelas secara baik sehingga tidak ada rongga udara di dalamnya. Letakkan *Sedgewick-rafter counting cell* berisi sampel fitoplankton tersebut di bawah mikroskop dengan perbesaran 100x. Cacah jumlah plankton dari 10 kotak berurutan dan identifikasi jenisnya berdasarkan buku identifikasi plankton Sachlan (1982) dan Yamaji (1984).

4. Perhitungan Kelimpahan Fitoplankton

Kelimpahan plankton didefinisikan sebagai jumlah individu atau sel per satuan volume (dalam m^3). Perhitungan kelimpahan plankton dilakukan dengan rumus sebagai berikut (Fachrul, 2008):

$$\text{Kelimpahan (K)} = N_i \times \frac{V_t}{V_{src}} \times \frac{A_{src}}{A_a} \times \frac{1}{V_d}$$

Keterangan :

- K = Jumlah total individu atau sel plankton per m^3 (ind/l)
N_i = Jumlah individu atau sel spesies ke-i yang tercacah
V_t = Volume air tersaring (30 ml)
V_{src} = Volume air pada *Sedgewick rafter counting cell* (1 ml)
A_{src} = Luas *Sedgewick rafter counting cell* (1000 mm^2)
A_a = Luas petak *Sedgewick rafter counting cell* yang diamati (10 mm^2)
V_d = Volume air yang disaring (100 l)

5. Perhitungan Indeks Ekologi Komunitas Plankton

a. Indeks Keanekaragaman

Indeks keanekaragaman jenis adalah suatu pernyataan atau penggambaran secara matematik yang melukiskan struktur kehidupan dan dapat mempermudah menganalisa informasi-informasi tentang jenis dan jumlah organisme. Penghitungan indeks keanekaragaman fitoplankton dilakukan dengan menggunakan Indeks Shannon-Wiener (Basmi, 1999) yaitu :

$$\text{Indeks Keanekaragaman (H')} = - \sum p_i \ln p_i$$

Keterangan:

H' = Indeks keanekaragaman; P_i = n_i / N; n_i = Jumlah individu pada jenis ke-I; N = Jumlah total individu

Penggolongan kondisi komunitas biota berdasarkan H' menurut Basmi (1999) adalah sebagai berikut:

- < 2,30 = Keanekaragaman kecil dan kestabilan komunitas rendah
2,30 – 6,9 = Keanekaragaman sedang dan kestabilan komunitas sedang
> 6,91 = Keanekaragaman tinggi dan kestabilan komunitas tinggi

b. Indeks Keseragaman

Penyebaran jumlah individu pada masing-masing organisme dapat ditentukan dengan membandingkan nilai indeks keanekaragaman dengan nilai maksimumnya. Analisis indeks keseragaman fitoplankton menggunakan rumus sebagai berikut (Odum, 1993) :

$$\text{Indeks Keseragaman (E)} = H' / H_{\max} (\ln S)$$

Keterangan :

E = Indeks keseragaman; H' = Indeks keanekaragaman; S = Jumlah total jenis/ marga

Perbandingan tersebut akan didapatkan nilai E antara 0 sampai 1, dimana semakin kecil nilai E maka semakin kecil juga keseragaman suatu populasi, artinya penyebaran jumlah individu tiap genus tidak sama dan ada kecenderungan bahwa suatu genera mendominasi populasi tersebut. Sebaliknya semakin besar nilai E, maka populasi menunjukkan keseragaman yaitu jumlah individu setiap genus dapat dikatakan relatif sama, atau tidak jauh berbeda (Basmi, 2000).

c. Indeks Dominansi

Indeks dominansi digunakan untuk melihat ada tidaknya suatu jenis tertentu yang mendominasi dalam suatu jenis populasi. Perhitungan indeks dominansi untuk fitoplankton menggunakan rumus indeks dominansi Simpson sebagai berikut (Odum, 1993) :

$$\text{Indeks Dominansi } D = \sum p_i^2$$

Keterangan:

D= Indeks dominansi; P = ni / N; ni = Jumlah individu pada jenis ke-I; N = Jumlah total individu

Nilai D berkisar antara 0 dan 1, apabila nilai D mendekati 0 berarti hampir tidak ada individu yang mendominasi, sedangkan bila D mendekati 1 berarti ada individu yang mendominasi populasi (Odum, 1993).

Analisis Data

Analisis data yang digunakan yaitu analisis regresi linier berganda dan korelasi *pearson*. Analisis regresi linier berganda digunakan untuk melihat seberapa besar pengaruh nitrat (X₁) dan fosfat (X₂) terhadap kelimpahan fitoplankton (Y), sedangkan korelasi *pearson* digunakan untuk mengetahui seberapa erat hubungan antara nitrat dan fosfat terhadap kelimpahan fitoplankton. Menurut Adani *et al.*, (2013) bahwa analisis korelasi adalah mencoba mengukur kekuatan hubungan antara dua peubah, yaitu x dan y melalui sebuah bilangan yang disebut koefisien korelasi, dilambangkan dengan r. Nilai r mengukur sejauh mana titik-titik menggerombol sekitar sebuah garis lurus. Menurut Misbahuddin dan Hasan (2013), koefisien korelasi *Pearson* (r) diinterpretasikan dengan kriteria sebagai berikut:

- 0 = tidak ada korelasi antara 2 variabel
- 0 - 0,20 = korelasi lemah sekali
- 0,20 - 0,40 = korelasi lemah tapi pasti
- 0,40 - 0,70 = korelasi cukup erat
- 0,70 - 0,90 = korelasi tinggi atau kuat
- 0,90 - 1 = Korelasi sangat tinggi atau kuat sekali
- 1 = Korelasi sempurna

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

a. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Secara administratif wilayah Kecamatan Sayung terdiri atas 20 desa, 101 Dusun serta 104 RW dan 449 RT. Seluruh desa di Kecamatan Sayung sudah termasuk klasifikasi swasembada. Jumlah perangkat yang telah terisi adalah Kepala Desa sejumlah 18 orang, sekretaris desa 19 orang, kepala dusun 96 orang, kepala urusan 88 orang dan pembantu kaur 66 orang (Subardjo, 2004).

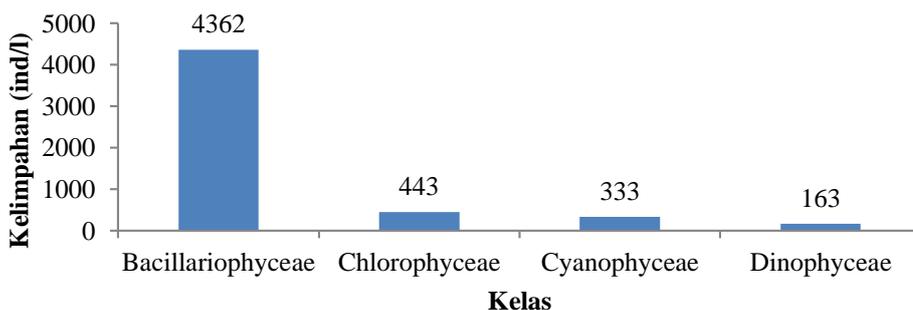
Perairan Morosari merupakan wilayah yang terletak diantara dua sungai yaitu sungai Morosari dan sungai Pandansari. Wilayah di antara kedua sungai tersebut merupakan daerah pertambakan yang diapit oleh kawasan bertanaman mangrove. Wilayah pantai di kecamatan Sayung dimanfaatkan masyarakat untuk berbagai fungsi dan aktivitas, diantaranya untuk area pertambakan, pertanian, pantai wisata, pemukiman, kawasan industri dan fasilitas-fasilitas lain.

b. Hasil Identifikasi dan Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Morosari, Demak

Hasil identifikasi dan kelimpahan fitoplankton yang ditemukan selama penelitian dapat dilihat dalam Tabel 1. Hasil rekapitulasi yang tersaji pada Tabel 1 menunjukkan bahwa selama penelitian kelimpahan fitoplankton tertinggi terdapat pada stasiun 1 yaitu sebesar 1412 ind/l, dan terendah yaitu pada stasiun 5 sebesar 590 ind/l. Jenis fitoplankton terbanyak yang ditemukan yaitu dari kelas Bacillariophyceae dengan 18 genera, sedangkan jenis fitoplankton terendah yaitu dari kelas Cyanophyceae dengan 2 (dua) genera. Selain itu terdapat jenis fitoplankton yang paling banyak ditemukan yaitu dari genus *Chaetoceros*, sedangkan jenis fitoplankton yang paling sedikit ditemukan yaitu dari genus *Micractinium*.

c. Hasil Perhitungan Kelimpahan Fitoplankton (per kelas) dan Indeks Ekologi Komunitas Plankton di Perairan Morosari, Demak

Hasil perhitungan kelimpahan fitoplankton per kelas selama penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kelimpahan Fitoplankton (per kelas) di Perairan Morosari, Demak

Berdasarkan hasil perhitungan kelimpahan total fitoplankton di perairan Morosari dapat dilihat bahwa kelimpahan tertinggi yaitu dari kelas Bacillariophyceae sebesar 4362 ind/l, sedangkan untuk kelimpahan terendah yaitu dari kelas Dinophyceae sebesar 163 ind/l.

Tabel 1. Rekapitulasi Jenis dan Kelimpahan Fitoplankton (Ind/l)

| No. | Klasifikasi | Stasiun | | | | | Jumlah |
|--------------------------|------------------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Bacillariophyceae | | | | | | | |
| 1 | <i>Amphipora</i> | 3 | 17 | 3 | 0 | 0 | 23 |
| 2 | <i>Asterionella</i> | 173 | 90 | 43 | 20 | 0 | 327 |
| 3 | <i>Bacteriastrium</i> | 157 | 143 | 3 | 33 | 93 | 430 |
| 4 | <i>Chaetoceros</i> | 205 | 150 | 403 | 187 | 77 | 1022 |
| 5 | <i>Coscinodiscus</i> | 30 | 13 | 10 | 33 | 27 | 113 |
| 6 | <i>Cyclotella</i> | 193 | 160 | 180 | 120 | 47 | 700 |
| 7 | <i>Diploneis</i> | 13 | 0 | 0 | 7 | 0 | 20 |
| 8 | <i>Dytilium</i> | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 13 |
| 9 | <i>Guinardia</i> | 37 | 23 | 23 | 13 | 0 | 97 |
| 10 | <i>Gyrosigma</i> | 67 | 83 | 73 | 47 | 37 | 307 |
| 11 | <i>Hemiaulus</i> | 0 | 3 | 0 | 10 | 0 | 13 |
| 12 | <i>Mastogloia</i> | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 10 |
| 13 | <i>Navicula</i> | 120 | 123 | 103 | 87 | 47 | 480 |
| 14 | <i>Nitzschia</i> | 77 | 90 | 50 | 30 | 50 | 297 |
| 15 | <i>Rhizosolenia</i> | 50 | 50 | 43 | 33 | 63 | 240 |
| 16 | <i>Skeletonema</i> | 23 | 37 | 93 | 7 | 20 | 180 |
| 17 | <i>Surirella</i> | 3 | 17 | 20 | 3 | 0 | 43 |
| 18 | <i>Tabellaria</i> | 20 | 20 | 3 | 3 | 0 | 47 |
| Chlorophyceae | | | | | | | |
| 1 | <i>Chlamydomonas</i> | 13 | 23 | 10 | 3 | 0 | 50 |
| 2 | <i>Closterium</i> | 23 | 33 | 0 | 10 | 27 | 93 |
| 3 | <i>Franceia</i> | 17 | 17 | 40 | 0 | 0 | 73 |
| 4 | <i>Micractinium</i> | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 7 |
| 5 | <i>Oocystis</i> | 33 | 43 | 0 | 10 | 0 | 87 |
| 6 | <i>Schroederia</i> | 10 | 3 | 27 | 3 | 0 | 43 |
| 7 | <i>Tetraedron</i> | 13 | 20 | 7 | 10 | 0 | 50 |
| 8 | <i>Treubaria</i> | 13 | 3 | 10 | 10 | 3 | 40 |
| Cyanophyceae | | | | | | | |
| 1 | <i>Microcystis</i> | 0 | 17 | 27 | 50 | 0 | 93 |
| 2 | <i>Oscillatoria</i> | 73 | 37 | 43 | 27 | 60 | 240 |
| Dinophyceae | | | | | | | |
| 1 | <i>Ceratium</i> | 30 | 30 | 13 | 10 | 37 | 120 |
| 2 | <i>Peridinium</i> | 3 | 3 | 7 | 13 | 0 | 27 |
| 3 | <i>Protoperidinium</i> | 3 | 10 | 0 | 0 | 3 | 17 |
| Kelimpahan Total | | 1412 | 1263 | 1243 | 793 | 590 | |

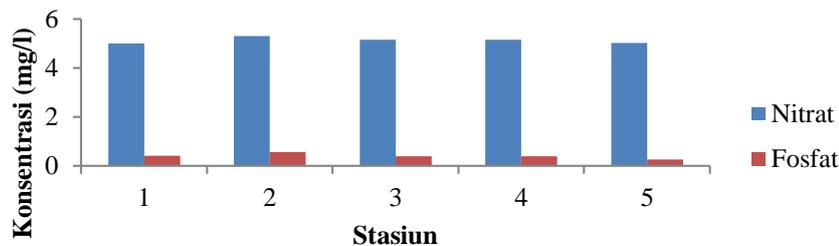
Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Indeks Ekologi Komunitas di Perairan Morosari, Demak

| Indeks Ekologi | Stasiun | | | | | \bar{X} |
|----------------------------|---------|------|------|------|------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Keanekaragaman (H') | 2,25 | 2,54 | 1,62 | 1,78 | 1,62 | 1,96 |
| Keseragaman (e) | 0,76 | 0,82 | 0,62 | 0,59 | 0,68 | 0,69 |
| Dominansi (D) | 0,11 | 0,21 | 0,16 | 0,10 | 0,13 | 0,14 |

Rata-rata nilai indeks keanekaragaman sebesar 1,96 (tergolong rendah), dengan nilai keanekaragaman tertinggi terdapat pada stasiun 2, dan terendah pada stasiun 5. Indeks keseragaman memiliki rata-rata sebesar 0,69 (tergolong tinggi) dengan keseragaman tertinggi pada stasiun 2 dan terendah pada stasiun 4. Indeks dominansi memiliki rata-rata sebesar 0,14 (tidak terdapat spesies mendominasi), tertinggi pada stasiun 2 dan terendah pada stasiun 4.

d. Hasil Pengukuran Nitrat dan Fosfat di Perairan Morosari, Demak

Hasil pengukuran nitrat dan fosfat di perairan Morosari dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kandungan Nitrat dan Fosfat di Perairan Morosari, Demak

Hasil pengukuran nitrat selama penelitian berkisar antara 3,99 – 7,09 mg/l, rata-rata keseluruhan sebesar 5,11 mg/l dengan kandungan tertinggi pada stasiun 2, dan terendah pada stasiun 5. Kandungan fosfat berkisar antara 0,01 – 1,13 mg/l, rata-rata keseluruhan sebesar 0,40 mg/l, dengan kandungan tertinggi pada stasiun 2, dan terendah pada stasiun 5.

e. Hasil Pengukuran Parameter Fisika-Kimia di Perairan Morosari, Demak

Hasil pengukuran parameter fisika-kimia di perairan Morosari tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Pengukuran Parameter Fisika-Kimia di perairan Morosari, Demak

| Parameter | Stasiun | | | | | \bar{X} |
|----------------------|---------|------|-------|-------|-------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Temperatur (°C) | 29 | 29 | 29 | 28 | 29 | 29 |
| Kecerahan (cm) | 25 | 17 | 15 | 20 | 23 | 20 |
| Kedalaman (cm) | 67 | 68 | 56 | 103 | 144 | 87 |
| Kec. Arus (m/s) | 0,15 | 0,14 | 0,15 | 0,2 | 0,13 | 0,15 |
| pH | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Salinitas (‰) | 23 | 33 | 34 | 34 | 34 | 31 |
| DO (mg/l) | 3,93 | 4,6 | 5,33 | 5,08 | 4,61 | 4,71 |
| Bahan Organik (mg/l) | 19,93 | 24,8 | 26,03 | 25,26 | 18,45 | 22,89 |

Berdasarkan rekapitulasi hasil pengukuran parameter fisika-kimia, dapat dilihat bahwa selama penelitian temperatur perairan berkisar antara 28 - 29°C dengan rata-rata keseluruhan sebesar 29°C. Kecerahan berkisar antara 15 - 25 cm dengan rata-rata keseluruhan sebesar 20 cm. Kedalaman perairan berkisar antara 56 – 144 cm, dengan rata-rata keseluruhan sebesar 87 cm. Kecepatan arus berkisar antara 0.13 – 0.20 m/s dengan rata-rata keseluruhan sebesar 0.15 m/s. Rata-rata keseluruhan pH air sebesar 7. Salinitas perairan berkisar antara 23 - 34‰ dengan rata-rata keseluruhan sebesar 31 ‰. Kandungan oksigen terlarut (DO) berkisar antara 3,93 – 5,33 mg/l dengan rata-rata keseluruhan sebesar 4.71 mg/l. Kandungan bahan organik berkisar antara 18,45 – 26,03 mg/l dengan rata-rata keseluruhan sebesar 22.89 mg/l.

f. Hubungan Kelimpahan Fitoplankton dengan Kandungan Nitrat dan Fosfat

Hubungan antara kelimpahan fitoplankton dengan nitrat dan fosfat dianalisis menggunakan persamaan $Y = a + b_1X_1$ (nitrat) dan $Y = a + b_2X_2$ (fosfat). Koefisien R digunakan untuk mengetahui besarnya nilai hubungan nitrat dan fosfat terhadap kelimpahan. Besar pengaruh nitrat terhadap kelimpahan fitoplankton diketahui dengan menggunakan koefisien determinasi (R^2), pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,5$) diperoleh nilai koefisien korelasi r sebesar 0,26. Nilai ini tergolong dalam kategori lemah namun pasti. Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,07 yang berarti bahwa 7% kelimpahan fitoplankton dipengaruhi oleh nitrat dan 93% dipengaruhi oleh faktor lain. Sedangkan untuk besar pengaruh fosfat terhadap kelimpahan fitoplankton diperoleh nilai koefisien korelasi r sebesar 0,70. Nilai ini tergolong dalam kategori berhubungan kuat. Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,49 yang berarti bahwa 49% kelimpahan fitoplankton dipengaruhi oleh fosfat dan 51% dipengaruhi oleh faktor lain.

Pembahasan

a. Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Morosari, Demak

Komposisi fitoplankton yang ditemukan selama penelitian di Perairan Morosari terdiri dari empat kelas yaitu Bacillariophyceae (18 genera) Chlorophyceae (8 genera), Cyanophyceae (2 genera), dan Dinophyceae (3 genera). Secara keseluruhan baik spasial maupun temporal kelas Bacillariophyceae paling sering ditemukan di lokasi penelitian terutama yang paling mendominasi adalah genus *Chaetoceros*. Hal ini mengindikasikan bahwa kelas Bacillariophyceae memiliki penyebaran yang luas. Hal ini sesuai dengan pernyataan Nybakken (1992) dalam Yuliana *et al.*, (2012) bahwa komposisi fitoplankton di laut didominasi oleh kelompok Bacillariophyceae. Dominasi Bacillariophyceae sesuai dengan pernyataan Raymont (1984) bahwa kelas fitoplankton yang sering dijumpai di laut dalam jumlah yang besar adalah kelas Bacillariophyceae. Sedangkan Welch (1992) menambahkan bahwa kelas Chlorophyceae, Cyanophyceae, dan Dinophyceae dapat tumbuh pada tanah lembab, batu-batuan dan perairan hangat yang kaya bahan organik, namun kelas tersebut sebagian besar hidup di perairan tawar sehingga hanya terdapat 2 spesies pada masing-masing kelas.

Kelimpahan fitoplankton selama penelitian di Perairan Morosari bervariasi antar stasiun, berkisar antara 590 – 1412 ind/l dengan rata-rata keseluruhan sebesar 1060 ind/l. Kelimpahan fitoplankton di perairan Morosari tergolong

dalam kategori rendah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Rimper (2002) *dalam* Efrizal (2006) bahwa kelimpahan fitoplankton < 12500 sel/l termasuk dalam kategori rendah. Rendahnya kelimpahan fitoplankton tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya yaitu distribusi nutrien yang tidak merata, kecepatan arus, cara pengambilan sampel, dan kondisi saat pengamatan. Pengambilan sampel dilakukan pada saat perairan surut dan kecepatan arus yang rendah, sehingga diduga belum terjadi pencampuran massa air yang optimal dimana kedua hal tersebut berperan terhadap distribusi nutrien di perairan. Selain itu cara pengambilan sampel yang dilakukan terus-menerus tanpa adanya jeda saat mengambil air dengan ember diduga menyebabkan fitoplankton tidak tersaring secara maksimal.

Hasil pengukuran parameter fisika-kimia di perairan Morosari, Demak selama penelitian juga menunjukkan kesesuaian terhadap fitoplankton. Sebaran horizontal temperatur permukaan air laut menunjukkan penyebaran yang cenderung homogen ditinjau dari nilai yang tidak terlalu bervariasi. Temperatur yang terukur merupakan kisaran optimal untuk pertumbuhan fitoplankton. Temperatur air selama penelitian berkisar antara 28 – 29 °C, dengan rata-rata sebesar 29°C. Variasi temperatur yang terukur selama pengamatan sangat dipengaruhi oleh perbedaan intensitas cahaya matahari pada saat pengukuran, kondisi iklim dan cuaca selama pengamatan. Temperatur sangat berperan mengendalikan kondisi ekosistem perairan. Organisme akuatik memiliki kisaran temperatur tertentu yang baik untuk pertumbuhannya (Effendi 2003). Menurut Apridayanti (2008) kisaran Temperatur yang optimum bagi pertumbuhan fitoplankton adalah antara 20 – 30 °C.

b. Kandungan Nitrat dan Fosfat di Perairan Morosari, Demak

Hasil pengukuran nitrat di perairan Morosari selama penelitian cukup variatif namun tidak terlalu berbeda jauh. Rata-rata keseluruhan kandungan nitrat adalah sebesar 5,11 mg/l, dengan kisaran 3,99 – 7,09 mg/l. Nilai tersebut tergolong dalam kategori tinggi untuk kesuburan perairan menurut Chu (1943) *dalam* Wardoyo (1982). Hal tersebut diduga disebabkan oleh kondisi Perairan Morosari yang karakteristik lingkungan sekitarnya berdekatan dengan pemukiman penduduk, wisata, industri, dan pertanian sehingga buangan limbah memberikan kontribusi terhadap tingginya kandungan nitrat. Selain itu lokasi yang dijadikan stasiun pengamatan juga berdekatan dengan ekosistem mangrove, dimana serasah dedaunan mangrove diduga memberikan kontribusi terhadap dekomposisi bahan organik yang nantinya berperan dalam proses nitrifikasi.

Menurut Koesoebiono (1981) *dalam* Patty (2015) adanya kandungan nitrat yang rendah dan tinggi pada kondisi tertentu dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain adanya arus yang membawa nitrat dan kelimpahan fitoplankton. Hutagalung dan Rozak (1997) juga menyatakan bahwa distribusi horisontal kadar nitrat semakin tinggi menuju ke arah pantai dan kadar tertinggi biasanya ditemukan di perairan muara. Hal ini diakibatkan adanya sumber nitrat dari daratan berupa buangan limbah yang mengandung nitrat. Selain itu nilai pH yang diperoleh di perairan Morosari berkisar antara netral-basa, sehingga diasumsikan kondisi tersebut dapat mempengaruhi meningkatnya kandungan nitrat di perairan. Nilai pH dapat mempengaruhi nitrat karena dapat membantu proses nitrifikasi (Ati *et al.*, 2016).

Tingginya konsentrasi ortofosfat juga dapat diakibatkan karena adanya pengaruh arus saat menuju pasang yang bergerak dari timur ke barat. Sehingga massa air sungai yang membawa limbah-limbah organik dari kegiatan pertanian, pemukiman serta perikanan ketika sampai di laut akan terbawa oleh arus ke arah barat. Selain itu, temperatur juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi tingginya konsentrasi ortofosfat (Purwadi *et al.*, 2016). Temperatur di perairan Morosari menunjukkan penyebaran yang cenderung homogen ditinjau dari hasil yang tidak terlalu bervariasi dengan rata-rata keseluruhan sebesar 29 °C. Tingginya temperatur dapat disebabkan oleh dangkalnya perairan Morosari yang kedalaman rata-ratanya hanya sebesar 0,87 m, sehingga cahaya yang masuk ke dalam kolom air lebih banyak dan mengakibatkan suhu perairan meningkat. Peningkatan temperatur mengakibatkan peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroba. Proses dekomposisi inilah yang nantinya menghasilkan zat-zat hara seperti ortofosfat. Sesuai dengan pendapat Effendi (2003), kenaikan temperatur di suatu perairan akan meningkatkan proses dekomposisi dan konsumsi oksigen menjadi dua kali lipat.

c. Hubungan Kelimpahan Fitoplankton dengan Kandungan Nitrat dan Fosfat di Perairan Morosari, Demak

Hubungan kelimpahan fitoplankton dengan konsentrasi nitrat dan fosfat diketahui dengan melakukan analisis regresi dan korelasi *Pearson*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa fosfat lebih berpengaruh terhadap kelimpahan fitoplankton dengan nilai R^2 sebesar 0,49 daripada nitrat yang hanya sebesar 0,07. Populasi fitoplankton di perairan dapat tumbuh dan meningkat apabila terdapat ketersediaan nutrien di perairan. Parameter nitrat dan fosfat sebagai nutrien yang dibutuhkan fitoplankton memiliki peranan yang sangat besar dalam membedakan tinggi rendahnya kelimpahan fitoplankton di perairan. Hal ini diperkuat oleh Hidayanni (2013) bahwa kandungan nitrat dan fosfat akan memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap kelimpahan diatom.

Basmi (1995) menyatakan bahwa nitrat merupakan faktor penentu dari kelimpahan fitoplankton. Namun hasil penelitian menunjukkan bahwa kelimpahan fitoplankton di perairan Morosari rendah, yaitu hanya sebesar 1050 ind/l. Hal tersebut cukup kontradiktif dengan kandungan nitrat dan fosfat yang keseluruhan nilainya tinggi. Banyak faktor yang menjadi penyebab hal tersebut diantaranya yaitu diduga cuaca dan waktu pengamatan, cara pengambilan sampel, dan parameter pendukungnya (fisika-kimia).

Menurut Handoko dan Sri (2013) pengaruh nutrien terhadap fitoplankton pada kenyataannya tidak selalu diikuti oleh peningkatan kelimpahan dari plankton, hal ini dapat disebabkan oleh komposisi unsur hara yang tidak sesuai dengan kebutuhan plankton, keberadaan unsur hara yang tidak mampu bertahan terhadap kondisi atau tingkat optimal bagi produktivitas perairan, dan terjadi penyuburan yang berlebih akibat adanya beban masukan unsur hara dari daratan atau sungai.

4. KESIMPULAN

Kelimpahan fitoplankton tertinggi yaitu dari kelas Bacillariophyceae sebesar 4.362 ind/l, sedangkan terendah dari kelas Dinophyceae sebesar 163 ind/l, dengan jenis tertinggi yaitu *Chaetoceros* sp sebesar 1.022 ind/l dan terendah yaitu *Micractinium* sp sebesar 7 ind/l. Kandungan nitrat di perairan Morosari berkisar antara 3,99 – 7,09 mg/l, dengan rata-rata keseluruhan sebesar 5,11 mg/l (eutrofik). Kandungan fosfat berkisar antara 0,01 – 1,13 mg/l, dengan rata-rata keseluruhan sebesar 0,40 mg/l (eutrofik). Hubungan kelimpahan fitoplankton dengan konsentrasi nitrat diperoleh nilai koefisien korelasi (r) yaitu sebesar 0,26 (hubungan lemah namun pasti), serta dengan fosfat yaitu sebesar 0,70 (berhubungan kuat).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam penyusunan jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Apridayanti, E. 2008. Evaluasi Pengelolaan Lingkungan Perairan Waduk Lahor Kabupaten Malang Jawa Timur (Tesis), Program Pascasarjana. Universitas Diponegoro.
- Ati, R.N.A., L.K. Terry., A.K.Mariska., M.H.M. Desy dan A. H. Andreas. 2016. Karakteristik dan Potensi Perairan sebagai Pendukung Pertumbuhan Lamun di Perairan Teluk Buyat dan Teluk Ratatotok Sulawesi Utara. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*. 23 (3) : 342-348.
- Basmi, J. 1995. Planktonologi: Produksi Primer. Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- _____. 1999. Planktonologi: Bioekologi Plankton Algae. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- _____. 2000. Planktonologi: Plankton sebagai Indikator Kualitas Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta.
- Efrizal, T. 2006. Hubungan beberapa Parameter Kualitas Air dengan Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Pulau Penyengat Kota Tanjung Pinang Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Kelautan dan Pesisir*, 74 (28) : 50 – 58.
- Fachrul, M. F. 2008. Metode Sampling Bioekologi. PT. Bumi Aksara. Jakarta.
- Furchan, A. 2004. Pengantar Penelitian Dalam Pendidikan. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Handoko, M.Y. dan Y.W. Sri. 2013. Sebaran Nitrat dan Fosfat dalam Kaitannya dengan Kelimpahan Fitoplankton di Kepulauan Karimunjawa. *Jurnal Oseanologi*, 2(3): 198-206.
- Hidayanni, G. 2013. Studi Diatom *Epiphytic* sebagai Indikator Lingkungan Perairan di Sekitar Sungai Kampar Desa Buluh Cina Kecamatan Siak Hulu Kabupaten Kampar Provinsi Riau. *Jurnal Pusat Penelitian Lingkungan Hidup*. 1(1): 123-133.
- Hutagalung, H. P. dan A. Rozak. 1997. Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota. Buku 2. LIPI. Jakarta.
- Misbahuddin dan I.Hasan. 2013. Analisis Data Penelitian dengan Statistik. Bumi Aksara, Jakarta.
- Mulyani, R. Widiarti, dan W. Wardhana. 2012. Sebaran Spasial Spesies Penyebab *Harmful Algal Bloom* (HAB) di Lokasi Budidaya Kerang Hijau (*Perna viridis*) Kamal Muara, Jakarta Utara, pada Bulan Mei 2011. *Jurnal Akuatika*. 3(1):28-39.
- Nybakken, J. W. 1992. Biologi Laut Suatu Pendekatan Biologis. PT. Gramedia. Jakarta.
- Odum, E. P. 1993. *Dasar-dasar Ekologi*. Diterjemahkan oleh Tjahjono Samingan. UGM Press. Yogyakarta.
- Patty, S, I. 2015. Karakteristik Fosfat, Nitrat, dan Oksigen Terlarut di Perairan Selat Lembeh, Sulawesi Utara. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 2 (1) : 1 – 7.
- Purwadi, F. S., G. Handoyo. dan Kunarso. 2016. Sebaran Horizontal Nitrat dan Ortofosfat di Perairan Muara Sungai Silugonggo, Kecamatan Batangan, Kabupaten Pati. *Jurnal Oseanografi*, 5(1):28-39
- Raymont, J.E.G. 1984. Plankton dan Produktivitas Bahari. Alih Bahasa oleh Koesoebiono. Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sachlan, M. 1982. Planktonologi. *Correspondence Course Centre*. Direktorat Jenderal Perikanan, Departemen Pertanian. Jakarta
- Subardjo, P. 2004. Studi Morfologi Guna Pemetaan Rob di Pesisir Sayung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 9(3): 153-159.
- Triyono. 2003. Teknik Sampling dalam Penelitian. Penataran Analisis Data Penelitian bagi Dosen PTS Kopertis XI. Kalimantan.
- Ulqodry, T. Z. 2010. Karakteristik dan Sebaran Nitrat, Fosfat, dan Oksigen Terlarut di Perairan Karimun Jawa Jawa Tengah. *Jurnal Penelitian Sains*, 13(1): 13 - 109.
- Wardoyo, S.T.H. 1982. *Water Analysis Manual Tropical Aquatic Biology Program*. Biotrop, SEAMEO. Bogor.
- Welch, S. 1992. *Ecological Effect of Fresh Water*. Cambridge University Press. New York.
- Yamaji, C. S. 1989. *Illustration of The Marine Plankton of Japan*. Hoikiska Pub. Co. Ltd. Japan.
- Yuliana., E.M. Adiwilaga., E. Harris dan N.T.M. Pratiwi. 2012. Hubungan antara Kelimpahan Fitoplankton dengan Parameter Fisik – Kimiawi Perairan di Teluk Jakarta. *Jurnal Akuatika*, 3 (2) : 169 – 179.
- Zainuri, M. 2010. Kontribusi Sumberdaya Fitoplankton terhadap Produktivitas dan Keseimbangan Ekosistem dalam Pengelolaan Wilayah Pesisir. Pengukuhan Guru Besar Universitas Diponegoro Semarang.