

STUDI KLOOROFIL-a DI KAWASAN PERAIRAN BELAWAN SUMATERA UTARA

Study of chlorophyll-a around sea of Belawan, North Sumatera

¹Amanda Paramitha, ²Budi Utomo, ²Desrita

¹Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, (Email: manda.ndoll@gmail.com)

²Staf Pengajar Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara

ABSTRACT

There many activities around marine Belawan alters the marine water quality of Belawan. The information and understanding of environmental change are indispensable in ecosystem monitoring efforts. This research aims for knowing the study of chlorophyll-a, and the relationship between physical and chemical factors was done on Desember 2013 – February 2014 in sea of Belawan, North Sumatera. The sampling was determined based on four location which is in various activities. There are 4 sampling in 3 months. The analysis of other factor, such as water temperature, pH, brightness, salinity, DO, nitrate, phosphate, and chlorophyll. The result of research showed there was a relation of physical chemical factors in sea of Belawan, North Sumatera. The range of the chlorophyll-a is 1,93 – 5,96 mg/ m³. The highest concentration of chlorophyll-a was located in floating net cages in the range of 4,06 – 5,96 mg/m³. The lowest concentration of chlorophyll-a was located in offshore in the range of 1,93 – 2,53 mg/m³. The average value chlorophyll top are on the location 4 and the lowest in the location.

Keywords : Chlorophyll-a, sea of Belawan

PENDAHULUAN

Perairan Laut Belawan yang berada di Kecamatan Medan Labuhan Provinsi Sumatera Utara banyak digunakan oleh masyarakat setempat untuk berbagai aktivitas. Aktivitas masyarakat disekitar laut antara lain pertanian, perikanan, pemukiman dan tempat rekreasi. Aktivitas lain yang mempengaruhi faktor fisik-kimia perairan yaitu kegiatan keramba yang menghasilkan limbah organik (pencemaran unsur nitrogen dan fosfor) akibat pemberian pakan yang tidak efisien. Hal ini menyebabkan sisa pakan dan kotoran ikan menumpuk di dasar perairan, sehingga berdampak terjadinya eutrofikasi yang menyebabkan *blooming* fitoplankton, adanya gulma air, terbentuknya gas-gas yang dapat menyebabkan kematian organisme perairan dan makin menebalnya lapisan anaerobik di badan laut.

Aktivitas budidaya ikan dalam jaring apung menerapkan pola intensif yang mengandalkan pemberian pakan dari luar sumber pakan utama bagi ikan yang dibudidayakan. Sisa-sisa pemberian pakan ini merupakan bahan organik yang potensial untuk meningkatkan unsur hara dalam perairan yang dapat memberikan dampak terhadap produktivitas perairan. Selain itu adanya aktivitas budidaya dan lalu lintas kapal yang melewati perairan serta faktor alamiah seperti iklim dan cuaca yang berubah dalam waktu tertentu akan mempengaruhi parameter fisik kimia perairan di Laut Belawan (Kamali, 2004).

Salah satu organisme yang hidup di ekosistem laut adalah fitoplankton. Fitoplankton di dalam ekosistem perairan berperan sebagai pengubah zat-zat anorganik menjadi zat organik melalui proses fotosintesis, yang kemudian dapat

menentukan produktivitas perairan. Proses fotosintesis memerlukan klorofil, sehingga kandungan klorofil di perairan dapat digunakan sebagai indeks potensial fotosintesisnya (Arifin, 2009).

Proses fotosintesis memerlukan cahaya matahari sebagai sumber energi yang merupakan faktor abiotik utama atau faktor fisika yang sangat menentukan laju produktivitas primer. Faktor kimia dalam hal ini unsur hara yang terdiri dari nitrogen, fosfat diperlukan sebagai zat anorganik yang akan diubah bersama-sama karbondioksida dan air menjadi zat organik melalui proses fotosintesis dan berperan sebagai bahan untuk pertumbuhan dan perkembangan fitoplankton.

Umumnya sebaran konsentrasi klorofil-a tinggi di perairan pantai sebagai akibat tingginya nutrien yang berasal dari daratan melalui limpasan air sungai dan sebaliknya cenderung lebih rendah di perairan lepas pantai. Meskipun pada beberapa tempat di laut masih ditemukan konsentrasi klorofil-a yang cukup tinggi. Keadaan tersebut disebabkan oleh adanya proses sirkulasi massa air yang memungkinkan terangkutnya sejumlah nutrien dari tempat lain.

Berdasarkan uraian diatas, maka perlu diadakan penelitian mengenai studi klorofil-a di kawasan perairan Belawan. Hal ini untuk mengetahui pengaruh lokasi (wilayah keramba sekitar muara hingga laut lepas) terhadap konsentrasi klorofil-a di suatu perairan serta keterkaitannya dengan kesuburan perairan dalam hal ini kawasan Perairan Belawan.

BAHAN DAN METODE

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain botol sampel, botol Winkler, *cool box*, ember, GPS, *secchi disc*, kamera, labu Erlenmeyer 125 mL, pH meter, pipet tetes, *refractometer*, *spektrofotometer*, spit, dan *thermometer*. Bahan yang digunakan diantaranya adalah alkohol, aquades, larutan *Amstrong reagen*, *Brucine Sulfat Acid*, H_2SO_4 , $MnSO_4$,

$Na_2S_2O_3$, serta sampel air. Gambar alat dan bahan dapat dilihat Lampiran 1.

Prosedur Penelitian

Pengukuran Faktor Fisika dan Kimia Perairan

Suhu

Suhu air diukur dengan menggunakan *thermometer* air raksa yang dimasukkan ke dalam air. Lalu dibaca skala *thermometer* tersebut. Pengukuran suhu air dilakukan di lapangan (*in situ*) saat melakukan pengamatan.

Kecerahan

Pengukuran penetrasi cahaya dengan menggunakan keping sechi yang dimasukkan kedalam badan air sampai keping sechi tidak terlihat, lalu diukur panjang tali yang masuk ke dalam air. Pengukuran penetrasi cahaya dilakukan di lapangan (*in situ*).

Salinitas

Pengukuran salinitas dengan menggunakan *Refractometer* dengan mengambil sampel air dan diamati. Pengukuran dilakukan di lapangan (*in situ*).

pH (Derajat Keasaman)

Nilai pH diukur dengan menggunakan pH meter dengan memasukkan pH meter ke dalam sampel air yang diambil dari perairan sampai pembacaan konstan dan dibaca angka yang tertera pada pH meter tersebut. Pengukuran pH meter dilakukan di lapangan (*in situ*).

DO (*Dissolved Oxygen*)

Dissolved oxygen (DO) diukur dengan menggunakan metode Winkler dengan menggunakan reagen-reagen kimia yaitu $MnSO_4$, KOH-KI, H_2SO_4 , $Na_2S_2O_3$, dan amilum. Metode kerja pengukuran DO yaitu diambil sampel air, ditambahkan 1 ml $MnSO_4$, 1 ml KOH-KI lalu dikocok dan didiamkan sampai sampel berwarna putih coklat, ditambahkan 1 ml H_2SO_4 dikocok dan didiamkan sehingga sampel berwarna coklat, diambil sebanyak 100 ml dan ditetesi $Na_2S_2O_3$ 0,0125 N hingga larutan

sampel berwarna kuning pucat, ditambahkan 5 tetes amilum hingga sampel berwarna biru, ditetesi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,0125 N, dikocok hingga sampel berwarna bening, dihitung volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,0125 N yang terpakai (Suin, 2002).

Nitrat dan fosfat.

Pengukuran nitrat dan fosfat dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian Universitas Sumatera Utara. Metode kerja pengukuran nitrat yaitu diambil sampel sebanyak 5 ml, ditambahkan 1 ml NaCl (dengan menggunakan pipet volume), 5 ml H_2SO_4 , dan 4 tetes *Brucine Sulfat Acid*, larutan dipanaskan selama 25 menit pada suhu 95°C , larutan didinginkan lalu diukur dengan *spektrofotometer* pada $\lambda = 410$ nm. Sedangkan metode pengukuran fosfat yaitu diambil 5 ml sampel air ditambahkan 2 ml Amstrong reagen dan 1 ml *Ascorbic acid*, larutan dibiarkan selama 20 menit dan diukur dengan *spektrofotometer* pada $\lambda = 880$ nm (Suin, 2002).

Klorofil-a

Untuk pengukuran konsentrasi klorofil-a dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian Universitas Sumatera Utara. Metode kerja pengukuran konsentrasi klorofil-a yaitu diambil 1000 ml sampel air, disaring dengan menggunakan kertas saring $0,45\mu\text{m}$, dimasukkan ekstrak dengan 10 ml larutan aseton, dikocok sampai campuran berwarna hijau, diukur absorban klorofil-a dengan *spektrofotometer* pada $\lambda = 664, 647,$ dan 630 nm (Suin, 2002).

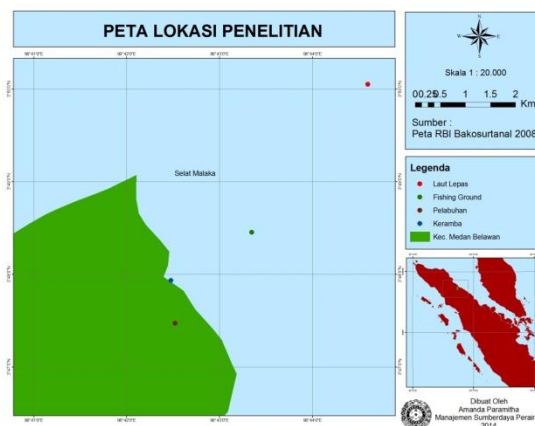
Pengambilan Sampel Air

Pengambilan sampel air dilakukan dengan menggunakan ember berukuran 1 Liter. Pengambilan sampel air dilakukan di empat stasiun dan diambil tiga titik sebagai perwakilan stasiun. Dokumentasi penelitian dapat dilihat pada Lampiran 2.

Lokasi Penelitian

Penentuan lokasi penelitian dilakukan berdasarkan aktivitas yang berbeda dari setiap stasiun dengan 4 stasiun penelitian. Setiap stasiun diambil 3 titik dan

pengulangan 4 kali dengan interval waktu dua minggu. Adapun lokasi penelitian yaitu di Perairan Laut Belawan Kecamatan Medan Labuhan.



Gambar 1. Peta Lokasi Laut Belawan

Penentuan titik pengambilan sampel air pengamatan dengan menggunakan GPS sehingga mencantumkan titik koordinat lokasi tempat pengambilan sampel air di setiap stasiun. Adapun titik stasiun pengamatan yang telah dilakukan sebagai berikut :

a. Stasiun 1

Stasiun 1 merupakan stasiun yang berlokasi di daerah keramba yang bersebelahan dengan ekosistem mangrove. Stasiun 1 ini terletak di muara Sungai Belawan dengan titik koordinat $3^\circ 47' 57,43''$ LU – $98^\circ 41' 25,08''$ BT. Lokasi stasiun 1 dapat dilihat pada Gambar 2 (a).

b. Stasiun 2

Stasiun 2 merupakan stasiun yang berlokasi di Pelabuhan Belawan. Di daerah ini biasanya terdapat beberapa kegiatan seperti aktivitas bongkar muat kapal dan jalur transportasi kapal di laut. Stasiun 2 ini memiliki titik koordinat $3^\circ 47' 28,98''$ LU – $98^\circ 41' 42,68''$ BT. Lokasi stasiun 2 dapat dilihat pada Gambar 2 (b).

c. Stasiun 3

Stasiun 3 merupakan stasiun yang berlokasi di daerah penangkapan ikan dalam skala kecil di Belawan. Lokasi ini merupakan wilayah *fishing ground* dengan titik koordinat $3^\circ 48' 30,75''$ LU – $98^\circ 43' 22,31''$ BT. Lokasi stasiun 3 dapat dilihat pada Gambar 2 (c).

d. Stasiun 4

Stasiun 4 berada di wilayah laut lepas yang tidak ada aktivitas manusia. Stasiun 4 ini terletak di titik koordinat 3° 50' 52,86" LU – 98° 44' 38,13" BT . Lokasi stasiun 4 dapat dilihat pada Gambar 2 (d).



Gambar 2. Lokasi (a) Stasiun 1, (b) Stasiun 2, (c) Stasiun 3, dan (d) Stasiun 4

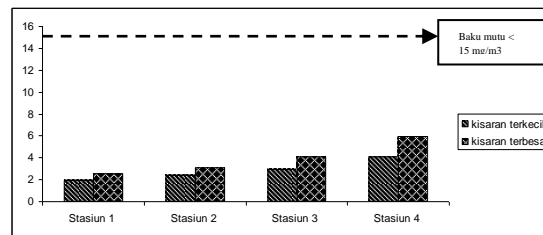
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Konsentrasi Klorofil-a

Pengukuran konsentrasi klorofil-a di kawasan perairan Belawan memperlihatkan perbedaan yang signifikan. Terjadi peningkatan dari stasiun 1 (keramba) hingga stasiun 4 (laut lepas).

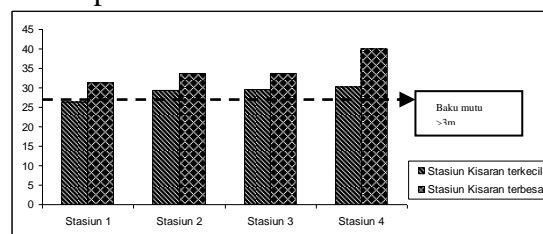
Pengukuran konsentrasi klorofil-a yang dilakukan di Perairan Belawan menunjukkan peningkatan dari stasiun 1 (keramba) hingga stasiun 4 (laut lepas). Peningkatan klorofil pada setiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 10. Menurut Kep.MNLH (2004), kategori klorofil-a , < 15 mg/m³ dikategorikan ke dalam kondisi yang baik, sedangkan 15 – 30 mg/m³ kategori sedang dan >30 mg/m³ dikategorikan buruk.



Gambar 10. Kisaran nilai klorofil-a pada tiap stasiun

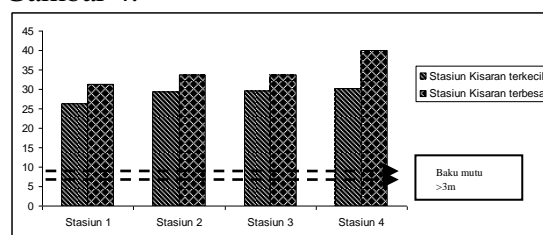
Fisika Kimia Perairan

Pengukuran faktor fisika kimia perairan di Belawan memperlihatkan perbedaan yang signifikan. Pada suhu terjadi peningkatan dari stasiun 1 (keramba) hingga stasiun 4 (laut lepas). Peningkatan suhu pada setiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 4.



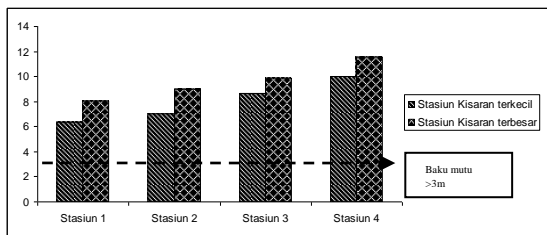
Gambar 3. Peningkatan suhu pada tiap stasiun

Hasil pengukuran pH terjadi peningkatan dari stasiun 1 (keramba) hingga stasiun 4 (laut lepas). Peningkatan pH pada setiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 4.

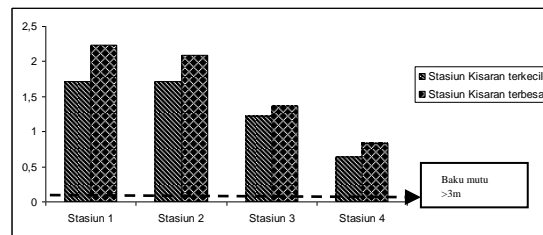


Gambar 4. Peningkatan pH pada setiap stasiun

Pengukuran faktor fisika kimia perairan di Belawan memperlihatkan perbedaan yang signifikan. Peningkatan kecerahan di perairan Laut Belawan mengalami peningkatan dari stasiun 1 (keramba) hingga stasiun 4 (laut lepas). Peningkatan kecerahan pada setiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 5.

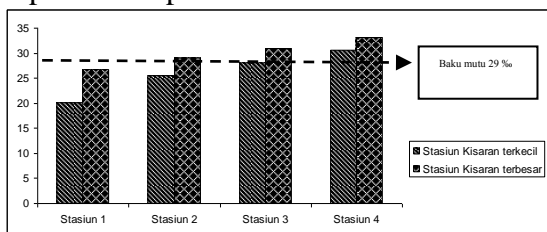


Gambar 5. Peningkatan kecerahan pada setiap stasiun



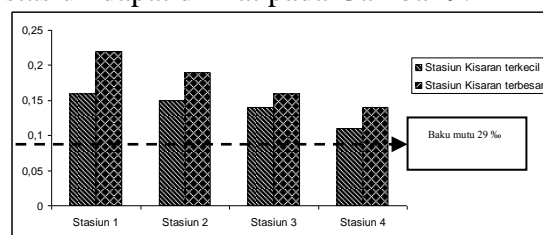
Gambar 8. Penurunan kandungan nitrat pada setiap stasiun

Pengukuran salinitas yang dilakukan di Perairan Belawan menunjukkan peningkatan dari stasiun 1 (keramba) hingga stasiun 4 (laut lepas). Peningkatan salinitas pada setiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 6.



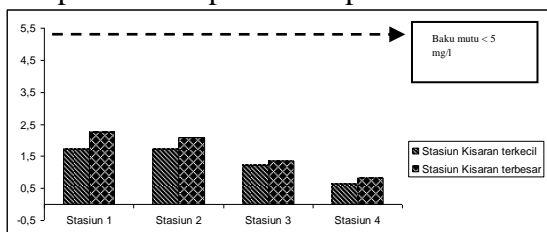
Gambar 6. Peningkatan salinitas pada setiap stasiun

Hasil pengukuran kandungan fosfor menunjukkan penurunan dari stasiun 1 (keramba) hingga stasiun 4 (laut lepas). Penurunan kandungan fosfat pada setiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Penurunan kandungan fosfat pada setiap stasiun

Hasil pengukuran DO menunjukkan penurunan dari stasiun 1 (keramba) hingga stasiun 4 (laut lepas). Penurunan DO pada setiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Penurunan DO pada setiap stasiun

Pengukuran faktor fisika kimia perairan di Belawan memperlihatkan kandungan nitrat di perairan Laut Belawan mengalami penurunan dari stasiun 1 (keramba) hingga stasiun 4 (laut lepas). Penurunan kandungan nitrat pada setiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 8. Menurut MNLH (2004) apabila nitrat > 0,008 mg/L perairan tersebut dikatakan kategori baik, jika < 0,008 mg/l buruk.

Pembahasan

Klorofil-a

Hasil pengukuran nilai klorofil pada keempat stasiun didapatkan nilai klorofil berkisar 1,93 – 5,96 mg/m³. Dari hasil penelitian nilai klorofil-a tertinggi terdapat pada stasiun IV yaitu berkisar 4,06 – 5,96 mg/m³. Hal ini disebabkan tingginya kecerahan yang dapat meningkatkan laju fotosintesis pada fitoplankton. Sedangkan nilai terendah terdapat pada stasiun 1 yaitu berkisar 1,93 – 2,53 mg/m³. Hal ini disebabkan oleh jarak keramba yang dekat dengan daratan yang memiliki limbah dari segala aktifitas manusia sehingga menjadikan perairan berwarna keruh. Meningkatnya kadar nutrien akan meningkatkan produktivitas primer yang menghasilkan kadar klorofil-a yang tinggi.

Umumnya sebaran konsentrasi klorofil-a di perairan pantai sebagai akibat dari suplai nutrient yang berasal dari daratan melalui limpasan air sungai, sebaliknya cenderung rendah di daerah lepas pantai. Meskipun demikian pada

beberapa tempat masih ditemukan konsentrasi klorofil-a yang cukup tinggi, meskipun jauh dari daratan. Keadaan tersebut disebabkan oleh adanya proses sirkulasi massa air yang memungkinkan terangkutnya sejumlah nutrient dari tempat lain, seperti yang terjadi pada daerah arus naik (Arifin, 2009).

Menurut Nababan (2009), konsentrasi klorofil-a yang tinggi pada Musim Barat diduga berkaitan erat dengan curah hujan yang tinggi, serta kemungkinan terjadinya pencampuran massa air vertikal (upwelling) di wilayah pesisir perairan Musim Barat (Desember – Februari). Berdasarkan analisis variabilitas konsentrasi klorofil-a di Perairan Utara Sumbawa, nilai maksimum konsentrasi klorofil-a terjadi pada musim Barat dan pada musim ini terdapat nilai hujan yang maksimum dapat dilihat pada Lampiran 5. Diduga curah hujan yang tinggi mampu mampu menambah unsur hara ke perairan melalui deposisi atmosfer maupun melalui run off dari daratan. Peningkatan kecepatan angin di pesisir dapat meningkatkan pencampuran massa air secara vertikal yang menambah kesuburan perairan karena pencampuran massa air dengan dasar laut yang kaya akan unsur hara pada akhirnya meningkatkan kandungan konsentrasi klorofil-a di perairan.

Perbandingan konsentrasi klorofil-a antar stasiun menunjukkan adanya perbedaan nutrisi di laut lepas dengan kandungan fosfat yang menurun. Kondisi yang serupa ini dijumpai juga oleh Nontji (1984) pada perairan Pantai Bekasi yang tercatat konsentrasi klorofil-a sebesar $14,28 \text{ mg/m}^3$. Pada stasiun dekat muara sungai nilai tersebut dua kali lebih tinggi dari nilai yang diukur pada stasiun yang jauh dari pantai.

Klorofil-a merupakan salah satu parameter yang sangat menentukan produktivitas primer di perairan. Sebaran tinggi rendahnya konsentrasi klorofil sangat terkait dengan kondisi lingkungan suatu perairan. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Wehr (1991) diacu

dalam Wang dkk.,(1997), Beberapa parameter fisika kimia yang mengontrol dan mempengaruhi sebaran klorofil-a. Berdasarkan hasil penelitian Sediadi dan Edward (2003) terdapat perbedaan kandungan klorofil-a pada perairan laut, keadaan ini berkaitan dengan kondisi masing-masing perairan dan proses pencampuran dari bawah ke permukaan di laut.

Parameter Fisik Kimia Perairan

Suhu

Hasil pengukuran suhu menunjukkan adanya peningkatan temperatur dari stasiun 1 (keramba) hingga stasiun 4 (laut lepas). Perbedaan temperatur air dari muara hingga laut lepas pantai mengalami peningkatan disebabkan karena perbedaan kuantitas buangan limbah di lingkungan masing-masing stasiun. Menurut Handayani (2005), distribusi suhu antara muara dengan laut lepas diperoleh bahwa suhu di muara lebih rendah dan ke arah laut semakin tinggi. Hal ini disebabkan kawasan sekitar muara yang mempunyai jumlah aktivitas manusia lebih tinggi sehingga dapat mempengaruhi naiknya suhu di lokasi tersebut.

Perubahan suhu dalam suatu perairan berpengaruh langsung terhadap kelarutan oksigen (DO). Semakin tinggi temperatur di suatu perairan maka akan semakin rendah kandungan oksigen terlarut (DO) di perairan tersebut. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hutabarat (2000) bahwa suhu merupakan faktor pembatas bagi produksi, suhu yang terlalu tinggi akan menghambat proses fotosintesa, produktivitas primer dan produksi perikanan. Suhu juga mempengaruhi kelarutan oksigen dalam air, semakin tinggi suhu perairan mengakibatkan kelarutan oksigen (DO) menurun, sedangkan kebutuhan oksigen terlarut oleh organisme perairan semakin meningkat. Pernyataan ini di dukung oleh Odum (1971) yang menyatakan bahwa kadar oksigen dalam air

laut akan bertambah dengan semakin rendahnya suhu.

Hasil pengukuran suhu pada perairan Belawan menunjukkan temperatur yang semakin meningkat. Hal ini berpengaruh juga terhadap nilai salinitas yang meningkat. Peningkatan salinitas terhadap suhu diakibatkan karena suhu perairan yang meningkat hingga menimbulkan penguapan. Pernyataan ini sesuai dengan Hutabarat (2000) bahwa suhu juga mempengaruhi salinitas, jika suhu perairan meningkat dalam waktu yang lama maka penguapan akan meningkat pula, sehingga salinitas akan meningkat.

Pengukuran hubungan suhu dengan pH adalah derajat keasaman air $pH = -\log(H)^+$. Ukuran konsentrasi ion hidrogen (mol per Liter) menunjukkan suasana asam atau basa suatu perairan. Pengukuran suhu yang meningkat sejalan dengan peningkatan kecerahan di perairan Belawan. Kecenderungan di suatu perairan yang meningkat mengakibatkan temperatur di badan perairan akan semakin tinggi pula. Pernyataan ini sesuai dengan Herunadi (2006) bahwa suhu air laut dipengaruhi oleh cuaca, kedalaman air, gelombang, waktu pengukuran, pergerakan konveksi, letak ketinggian dari muka laut (*altitude*), *upwelling*, musim, *konvergensi*, *divergensi*, dan kegiatan manusia di sekitar perairan tersebut serta besarnya intensitas cahaya yang diterima perairan.

Suhu di perairan Belawan mengalami peningkatan dari stasiun 1 (keramba) hingga stasiun 4 (laut lepas) dengan kisaran 26,6 – 33,7 °C. Hal yang sama terjadi pada konsentrasi klorofil. Dapat disimpulkan bahwa suhu di suatu perairan akan menentukan konsentrasi dan distribusi klorofil-a. Hal ini sesuai dengan literatur Nontji (2002) bahwa Suhu permukaan laut Indonesia secara umum berkisar 26 – 29 °C. Karena perairan Indonesia dipengaruhi oleh angin musim, maka sebaran suhu permukaan laut (SPL) mengikuti perubahan musim. Pengaruh suhu sebagai pembatas terjadinya

fotosintesis akan menentukan konsentrasi dan distribusi klorofil-a.

pH

Hasil pengukuran pH menunjukkan adanya peningkatan dari stasiun 1 (keramba) hingga stasiun 4 (laut lepas). Perbedaan pH air dari muara hingga laut lepas pantai mengalami peningkatan disebabkan karena adanya masukan buangan limbah di lingkungan masing-masing stasiun. Menurut Kusumaningtyas (2014), pH semakin meningkat ke arah laut lepas, tinggi rendahnya pH dapat dipengaruhi oleh sedikit banyaknya bahan organik dari darat yang dibawa melalui aliran sungai. Rendahnya pH di sepanjang pesisir Timur Pulau Sedanao hingga muara Binjai terjadi karena pengaruh masuknya muatan organik dari sungai dan aktivitas penduduk Sedanao yang terbawa arus.

Perubahan pH dalam suatu perairan berpengaruh terhadap kelarutan oksigen (DO). Semakin tinggi pH di suatu perairan maka akan semakin rendah kandungan oksigen terlarut (DO) di perairan tersebut. Hal ini sesuai dengan pernyataan literatur Kep.MNLH (2004) bahwa berkurangnya nilai pH dalam suatu perairan ditandai dengan semakin meningkatnya senyawa organik di perairan tersebut. Nilai ambang batas pH yaitu 6,5 – 8,5.

Hasil pengukuran pH pada perairan Belawan menunjukkan nilai yang semakin meningkat. Hal ini berpengaruh juga terhadap nilai salinitas yang meningkat pula. Peningkatan salinitas terhadap pH diakibatkan karena banyak sedikitnya sungai yang bermuara di laut tersebut, makin banyak sungai yang bermuara ke laut tersebut maka salinitas laut tersebut akan rendah, dan sebaliknya makin sedikit sungai yang bermuara ke laut tersebut maka salinitasnya akan tinggi.

Pengukuran pH pada perairan Belawan menunjukkan peningkatan dari stasiun 1 (keramba) hingga stasiun 4 (laut lepas) dengan kisaran 6,5 – 8,6. Hal yang sama terjadi pada konsentrasi klorofil. Dapat disimpulkan bahwa pH di suatu

perairan akan menentukan konsentrasi dan distribusi klorofil-a. Hal ini sesuai dengan literatur Odum (1994) menyatakan bahwa air laut merupakan sistem penyangga (*buffer capacity*) yang sangat luas dengan derajat keasaman (pH) yang relatif stabil sebesar 7,0 – 8,5. Didukung dengan literatur Rifardi (2012), proses biologi seperti fotosintesis mempengaruhi nilai pH di perairan karena proses ini membutuhkan CO₂ yang diambil dari perairan. Sebagai akibatnya pH menjadi meningkat, meskipun demikian peningkatan ini disebabkan oleh proses biologi yang akhirnya mempengaruhi presipitasi *kalsium karbonat* (suatu proses reaksi kimia anorganik).

Tingginya nilai pH di stasiun-stasiun yang berada di laut diduga disebabkan oleh faktor suhu. Suhu di daerah laut lebih tinggi dari suhu di daerah muara. Menurut Wahyono (2002) ketika suhu perairan meningkat, maka kelarutan CO₂ menurun serta tekanan parsial (PCO₂) meningkat, sehingga CO₂ lebih mudah meninggalkan permukaan perairan dan konsentrasi CO₂ dalam perairan akan menurun. Dengan menurunnya CO₂ maka kesetimbangan sistem penyangga akan bergeser ke arah kiri yang disertai dengan menurunnya H⁺, sehingga nilai pH akan naik.

Perairan Belawan merupakan wilayah yang sudah dimanfaatkan secara intensif untuk pembangunan industri, pemukiman penduduk, perikanan dan lalu lintas. Kegiatan manusia di daerah Perairan akan berdampak terhadap kualitas air di perairan itu sendiri. Penurunan kualitas air yang terjadi secara keseluruhan secara kasat mata dapat dilihat dari perubahan warna air, bau air dan banyaknya sampah di perairan tersebut.

Kecerahan

Hasil pengukuran kecerahan menunjukkan adanya peningkatan dari stasiun 1 (keramba) hingga stasiun 4 (laut lepas). Perbedaan kecerahan dari muara hingga laut lepas pantai mengalami

peningkatan disebabkan karena perbedaan kuantitas buangan limbah di lingkungan masing-masing stasiun. Menurut Handayani (2005), rendahnya kecerahan disebabkan karena adanya kegiatan antropogenik, seperti limbah langsung yang dibuang ke badan air karena lokasi muara masih padat penduduk hal ini menyebabkan kekeruhan dan menjadi kecerahan yang rendah. Hutabarat (2000) mengatakan bahwa cahaya akan semakin berkurang intensitasnya seiring dengan makin besar kedalamannya.

Kecerahan penting karena erat kaitannya dengan proses fotosintesis yang terjadi di perairan secara alami. Kecerahan menunjukkan sampai sejauh mana cahaya dengan intensitas tertentu dapat menembus kedalaman perairan. Dari total sinar matahari yang jatuh ke atmosfer dan bumi, hanya kurang dari 1% yang ditangkap oleh klorofil (di darat dan air), yang dipakai untuk fotosintesis (Basmi, 1995).

Perubahan kecerahan dalam suatu perairan berpengaruh langsung terhadap kelarutan oksigen (DO). Semakin tinggi kecerahan di suatu perairan maka akan semakin rendah kandungan oksigen terlarut (DO) di perairan tersebut. Kecerahan di perairan Belawan mengalami peningkatan dari stasiun 1 (keramba) hingga stasiun 4 (laut lepas) dengan kisaran 63,7 – 115,8 °C. Hal yang sama terjadi pada konsentrasi klorofil. Dapat disimpulkan bahwa kecerahan di suatu perairan akan menentukan konsentrasi dan distribusi klorofil-a. Adanya zat-zat tersuspensi dalam perairan akan menimbulkan kekeruhan pada perairan tersebut dan kekeruhan ini akan mempengaruhi ekologi dalam hal penurunan penetrasi cahaya yang sangat mencolok (Nybakken, 1988).

Kecerahan di laut dapat memberikan petunjuk tentang daya tembus atau penetrasi cahaya ke dalam air laut. Dengan demikian kecerahan perairan berkaitan dengan intensitas cahaya di dalam lautan. Kecerahan di laut umumnya dipengaruhi oleh kandungan lumpur, kandungan plankton dan zat-zat terlarut lainnya.

Menurut Effendi (2003) nilai kecerahan dipengaruhi oleh keadaan cuaca, waktu pengukuran, kekeruhan, dan padatan tersuspensi.

Kecerahan perairan akan menurun bila mendekati pantai dan meningkat bila menjauhi pantai. Hal ini dipengaruhi oleh adanya berbagai aktifitas di sepanjang sungai seperti adanya partikel-partikel daratan (lumpur, pasir, bahan-bahan organik) yang terbawa masuk ke laut. Dengan rendahnya nilai kecerahan di laut, maka nilai produktivitas primer yang ada pada daerah tersebut juga rendah, dimana hal ini disebabkan karena rendahnya penetrasi cahaya yang masuk yang digunakan oleh fitoplankton untuk memproduksi zat-zat organik. Informasi tentang keberadaan fitoplankton akan memberikan kontribusi penting yang mengindikasikan biomassa energi yang tersedia untuk semua sumberdaya hidup lainnya pada badan air tersebut. Hal ini karena fitoplankton merupakan dasar dari suatu rantai makanan dan sumber makanan primer di suatu sistem akuatik. Hasil penelitian yang dilakukan di Perairan Belawan pada tahun 2012 memperlihatkan potensi produksi di perairan tersebut yaitu 63.305 ton/tahun. Menurut Karlsson, dkk, (2009) diacu dalam Warsa (2011) potensi produksi tangkapan ikan pada suatu badan air dipengaruhi oleh produktivitas primer sedangkan produktivitas primer sendiri dipengaruhi oleh intensitas cahaya.

Salinitas

Hasil pengukuran salinitas menunjukkan adanya peningkatan dari stasiun 1 (keramba) hingga stasiun 4 (laut lepas). Perbedaan salinitas dari muara hingga laut lepas pantai mengalami peningkatan disebabkan karena perbedaan kuantitas buangan limbah di lingkungan masing-masing stasiun. Hal ini di dukung oleh pernyataan Aziz (2007) bahwa distribusi salinitas dari muara hingga ke laut lepas menunjukkan kecenderungan salinitas yang terus bertambah. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh dari

daratan dan intrusi air tawar dari sungai menuju laut.

Perubahan salinitas dalam suatu perairan berpengaruh langsung terhadap kelarutan oksigen (DO). Semakin tinggi salinitas di suatu perairan maka akan semakin rendah kandungan oksigen terlarut (DO) di perairan tersebut. Hasil pengukuran salinitas pada perairan Belawan menunjukkan nilai yang semakin meningkat. Hal ini berpengaruh juga terhadap nilai suhu yang meningkat pula. Peningkatan salinitas diakibatkan karena banyak sedikitnya sungai yang bermuara di laut tersebut, makin banyak sungai yang bermuara ke laut tersebut maka salinitas laut tersebut akan rendah, dan sebaliknya makin sedikit sungai yang bermuara ke laut tersebut maka salinitasnya akan tinggi.

Salinitas di perairan Belawan mengalami peningkatan dari stasiun 1 (keramba) hingga stasiun 4 (laut lepas) dengan kisaran 20,1 – 33,1 ‰. Hal yang sama terjadi pada konsentrasi klorofil. Dapat disimpulkan bahwa suhu di suatu perairan akan menentukan konsentrasi dan distribusi klorofil-a. Hal ini sesuai dengan pernyataan Handayani dkk., (2005) yang menyatakan bahwa salinitas yang rendah berkorelasi kuat dengan kenaikan klorofil.

Salinitas di perairan samudera dapat berubah menjadi rendah dari kisaran jika ada masukan air tawar yang cukup banyak dari sungai–sungai yang besar atau bahkan dapat mencapai nilai yang lebih tinggi bila tidak ada masukan air tawar dari daratan dan penguapan di permukaan sangat tinggi (King, 1963). Perubahan salinitas di perairan bebas (laut lepas) relatif kecil dibandingkan perairan pantai yang memiliki masukan massa air tawar dari sungai.

Secara umum nilai salinitas pada pengamatan bulan Desember 2013 – Februari 2014 di perairan Belawan pada Tabel 3 nilai salinitas pada keempat stasiun didapatkan nilai salinitas berkisar 20,1 – 33,1 ‰. Dari data tersebut menunjukkan bahwa salinitas tertinggi terdapat pada lokasi laut lepas yaitu 33,1‰, sedangkan

terendah lokasi keramba yaitu berkisar 20,1%. Menurut Nontji (2002) di perairan samudera, salinitas biasanya berkisar 34 – 35 ‰. Menurut Nybakken (1992), kisaran salinitas pada tiap daerah berbeda berdasarkan kondisi masing-masing perairan. Zona intertidal dengan kondisi daerah yang terbuka, pada saat air laut surut dan tergenang pada saat pasang atau aliran air akibat hujan lebat mengakibatkan kisaran salinitas menurun dan akan meningkat pada saat siang disebabkan adanya penguapan. Tinggi rendahnya nilai salinitas pada daerah pesisir sangat dipengaruhi oleh masukan air tawar dari sungai dan masukan air laut dari laut.

DO

Hasil pengukuran kandungan oksigen terlarut menunjukkan adanya penurunan dari stasiun 1 (keramba) hingga stasiun 4 (laut lepas). Perbedaan oksigen terlarut dari muara hingga laut lepas pantai mengalami penurunan disebabkan karena perbedaan kuantitas buangan limbah stasiun. Hal ini sesuai dengan pernyataan Poppo (2007) yang menyatakan bahwa penyebab utama berkurangnya oksigen terlarut dalam suatu badan air adalah adanya buangan bahan-bahan yang mudah membusuk. Semakin rendah oksigen terlarut maka semakin tinggi pencemaran karena semakin banyak O_2 yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan-bahan organik. Menurut Effendi (2003), sumber oksigen terlarut dalam air adalah penyerapan oksigen dari udara, melalui kontak antara permukaan dengan udara, dan dari proses fotosintesis. Organisme air akan hidup dengan baik jika nilai oksigen terlarut lebih besar dari 5,0 mg/l air.

Perubahan kelarutan oksigen (DO) dalam suatu perairan berpengaruh langsung terhadap suhu. Semakin rendah temperatur di suatu perairan maka akan semakin tinggi kandungan oksigen terlarut (DO) di perairan tersebut. Hal ini sesuai dengan pernyataan Simanjuntak (2012), distribusi suhu antara muara dengan laut lepas

diperoleh bahwa suhu di muara lebih tinggi dan ke arah laut semakin rendah. Kandungan oksigen terlarut berbanding terbalik terhadap suhu.

Kandungan nilai oksigen terlarut (DO) pada keempat stasiun (keramba) hingga stasiun 4 (laut lepas) dengan kisaran 4,98 – 7,14 mg/l. Nilai kandungan oksigen terlarut tertinggi terdapat pada lokasi keramba yang terletak di muara yaitu berkisar 6,89 – 7,14 mg/l yang dapat dilihat pada Tabel 3. Kandungan nilai oksigen terlarut yang lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun lainnya disebabkan oleh proses fotosintesis yang melepaskan oksigen ke perairan sehingga nilai kandungan oksigen akan lebih tinggi. Menurut MNLH, (2004) kisaran kandungan oksigen terlarut normal sesuai dengan baku mutu kualitas air untuk biota yang ditetapkan oleh melalui KEP No.51/MNLH/I/2004 yaitu >5 mg/l.

Oksigen terlarut suatu perairan dipengaruhi oleh suhu, fotosintesis dan penyerapan oksigen dari atmosfer. Kelarutan gas-gas dalam air laut merupakan suatu fungsi dari suhu, semakin rendah suhu perairan maka semakin besar tingkat kelarutannya. Pada perairan yang memiliki suhu air rendah akan memiliki kandungan oksigen terlarut yang lebih besar (Nybakken, 1988).

Nitrat dan Total Fosfat

Hasil pengukuran nitrat menunjukkan adanya penurunan dari stasiun 4 (laut lepas) hingga (keramba) stasiun 1. Perbedaan kandungan nitrat dari muara hingga laut lepas pantai mengalami penurunan disebabkan karena perbedaan kuantitas buangan limbah di lingkungan masing-masing stasiun. Menurut Makmur (2012), distribusi nitrat antara muara dengan laut lepas diperoleh bahwa nitrat dan fosfat bervariasi dimana dekat pantai lebih tinggi dibanding lokasi jauh dari pantai. Hal ini disebabkan kawasan sekitar muara yang mempunyai jumlah aktivitas manusia lebih tinggi sehingga dapat mempengaruhi naiknya kandungan nitrat di

lokasi tersebut. Menurut Haerlina (1987) bahwa nitrat merupakan makro nutrien yang mengontrol produktivitas primer di daerah eufotik. Sumber utama nitrat berasal dari buangan rumah tangga dan pertanian termasuk kotoran hewan dan manusia

Kandungan nilai nitrat pada keempat stasiun (keramba) hingga stasiun 4 (laut lepas) dengan kisaran 1,22 – 2,24 mg/l mengalami penurunan karena aktivitas manusia semakin menurun dari stasiun 1 ke stasiun 4. Hal ini didukung oleh pernyataan Simanjuntak (2012) bahwa sumber utama nitrat berasal dari buangan limbah rumah tangga, pertanian, dan termasuk kotoran hewan atau manusia. Pernyataan ini didukung oleh pernyataan Hutagalung (1997) diacu oleh Diansyah (2004) bahwa distribusi horizontal kadar nitrat semakin tinggi menuju ke arah pantai, dan kadar tertinggi biasanya ditemukan di perairan muara.

Kandungan nitrat dan fosfat di suatu perairan digunakan untuk menilai tingkat kesuburan perairan tersebut (Odum, 1971). Fosfat yang terkandung dalam air laut, baik yang tersuspensi maupun yang terlarut berada dalam bentuk organik dan anorganik (Yusrudin, 2004).

Hasil pengukuran menunjukkan nilai fosfat mengalami penurunan pada stasiun 1 (keramba) hingga stasiun 4 (laut lepas) sejalan dengan berkurangnya aktivitas manusia yang menimbulkan limbah yang mungkin masuk ke badan perairan. Menurut Makmur (2012), Senyawa fosfat umumnya berasal dari limbah industri, pupuk, limbah domestik dan penguraian bahan organik lainnya. Tingginya kandungan fosfat pada ekosistem laut dipengaruhi oleh pasang surut serta arah angin dan arus. Konsentrasi fosfat tertinggi terdapat pada lokasi pelabuhan dan terendah terjadi pada lokasi laut lepas. Hal ini terjadi akibat kegiatan lalu lintas kapal pengangkut barang. Pada laut lepas merupakan stasiun dengan nilai fosfat terendah disebabkan oleh sifat partikel fosfat yang cenderung mengendap di dasar perairan seiring meningkatnya kedalaman,

karena berat partikel fosfat lebih besar dari massa air laut dan belum adanya aktifitas manusia didukung dengan jarak yang cukup jauh dengan daratan.

Fosfat merupakan unsur hara kunci dalam produktivitas primer perairan. Senyawa ini dapat menggambarkan subur tidaknya suatu perairan. fosfat yang terkandung dalam air laut, baik yang tersuspensi maupun yang terlarut berada dalam bentuk organik dan anorganik. Klasifikasi kesuburan perairan berdasarkan kandungan fosfat apabila kandungan fosfat 0,2 maka kondisinya sangat baik sekali. Kandungan fosfat pada lapisan permukaan lebih rendah dari lapisan di bawahnya, sehingga kandungan fosfat yang tinggi di lapisan permukaan dapat dipakai sebagai indikasi terjadinya silikat (Andriani, 2004).

Kesimpulan

1. Nilai konsentrasi klorofil-a di perairan Belawan, Medan Labuhan Sumatera Utara yaitu berkisar 1,93 – 5,96 mg/l. Nilai klorofil-a tertinggi terdapat pada lokasi laut lepas (stasiun 4) yaitu berkisar 4,06 – 5,96 mg/l, sedangkan terendah terdapat pada lokasi keramba (stasiun 1) yaitu berkisar 1,93 – 2,53 mg/l.
2. Adanya hubungan konsentrasi klorofil-a terhadap parameter fisik kimia perairan Belawan, Medan Labuhan Sumatera Utara.

Saran

Sebaiknya penelitian dilakukan berdasarkan pasang surut, musim dan menggunakan citra satelit agar data mengenai produktivitas primer perairan Belawan, Medan Labuhan Sumatera Utara dapat dijadikan sumber informasi bagi instansi yang membutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriani. 2004. Analisis Hubungan Parameter Fisika-Kimia dan Klorofil-a dengan Produktivitas Primer Fitoplankton di Perairan Pantai

- Kabupaten Luwu. Skripsi. IPB. Bogor.
- Arifin, R. 2009. Distribusi Spasial dan Temporal Biomassa Fitoplankton (Klorofil-a) dan Keterkaitannya Dengan Kesuburan Perairan Estuari Sungai Brantas, Jawa Timur. Skripsi. IPB. Bogor. <http://repository.ipb.ac.id/ridwanarifin.pdf> (Diakses 11 Juni 2014).
- Asriyana, Dr., dan Yuliana. 2012. Produktivitas Perairan. Penerbit Bumi Aksara.
- Caraco, N., Tamse, A., Boutros, O., dan Valiela, I. 1987. Nutrient Limitation of Phytoplankton Growth in Brack, Fish Coastal Ponds. *Canadian Journal Fish Aquatic Science*. 9 : 473 – 476.
- Curtis, H. 1978. *Biology*. Edisi Kedua. Worth Publisher, Inc. New York.
- Dahuri, R., Rais, J., Ginting SP., dan Sitepu, MJ. 2005. Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. Penerbit Pradnya Paramita. Jakarta.
- Dring, M.J. 1990. Light harvesting and pigments composition in marine phytoplankton and makroalgae. In *Light and life in the sea*. P.J. Hearing, A. K. Campbell, M. Witfield, and L Maddock, (eds.). Cambridge University Press. New York.
- Dynamics of Phytoplankton in Subtropical Coastal Environments *Hydrobiologia*. 352:97-106
- Edward. 1995. Kualitas Perairan Waisarisa dan Sumber Daya Perikanan. *Jurnal Pusat Studi Lingkungan PTNSI*. 15 (4) : 53-60
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Fachrul, M. 2007. *Metode Sampling Bioekologi*. Penerbit Bumi Aksara. Jakarta.
- Haerlina, E. 1987. Komposisi dan Distribusi Vertikal Harian Fitoplankton Pada Siang dan Malam Hari di Perairan Pantai Bojonegoro, Teluk Banten. *Jurnal. Fakultas Perikanan Bogor. Institut Pertanian Bogor. Bogor*.
- Haslam, S.M. 1995. *River Pollution, an Ecological Perspective*. Belhaven Press. London UK.
- Kamali, D. 2004. Kelimpahan Fitoplankton Pada Keramba Jaring Apung di Teluk Hurun Lampung. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. <http://repository.ipb.ac.id/Kamali.pdf> (Diakses 20 Januari 2013).
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Muku Air Laut Untuk Biota Hidup.
- Kennish, M. J. 1992. *Ecology of Estuaries : Anthropogenic Effects*. CRC Press, Inc. Boca Raton, FL. 43p.
- King, C.A.M. 1963. *Introduction to Coastal Oceanography*. McGraw Hill. New York.
- Kunarso, S., Hadi dan N.S. Ningsih. 2005. Kajian Lokasi Upwelling Untuk Penentuan Fishing Ground Potensial Ikan Tuna. *Jurnal. Ilmu Kelautan*. 61-67p.
- Kusumaningtyas, M.A., Bramawanto, R., Daulat, A., dan Pranowo, S.W. 2014. Kualitas Perairan Natuna pada Musim Transisi. *Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Badan Penelitian Pengembangan*

- Kelautan dan Perikanan. Jurnal. Jakarta.
- Laili, C.M., dan T.R. Parson. 1994. *Biological Oceanography: An Introduction* Pergamon, BPC Wheatons Ltd, British. 301p.
- Makmur, M., Kusnoputranto, H., Moersidik, S.S., dan Wisnubroto, S.D. 2012. Pengaruh Limbah Organik & Rasio N/P Terhadap Kelimpahan Fitoplankton di Kawasan Budidaya Kerang Hijau Cilincing. BATAN.
- Nugroho, A. *Bioindikator Kualitas Air*. Penerbit Universitas Trisakti. Jakarta.
- Nybakken, J. W. 1988. *Biologi Laut : Suatu Pendekatan Ekologis*. Cetakan Kedua. Diterjemahkan oleh H.M Eidman, Koesoebiono, D. G. Bengen, M. Hutomo, dan S. Sukardjo. PT. Gramedia. Jakarta.
- Panjaitan, R. J. A, 2009. Variabilitas Konsentrasi Klorofil-a dan Suhu Permukaan Laut dari Citra Satelit Aqua Modis Serta Hubungannya dengan Hasil Tangkapan Ikan Lemuru di Perairan Selat Bali. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.<http://repository.ipb.ac.id/c09rja.pdf> (Diakses pada 20 Juni 2013).
- Parsons, T. R., M. Takahashi., dan B. Hargrave. 1984. *Biological Oceanographic Processes*. Pergamon Press. 3rd Edition. New York-Toronto. Vol 277, Number 1.
- Perkins, E.J. 1974. *The Biology of Estuaries and Coastal Water*. Academi Press Co. New York.
- Pescod, M.B. 1973. Investigation of rational effluent and stream standard for tropical countries. Enviromental Engineering Division. Asian Institute Technology Bangkok. Bangkok. 145p.
- Prasetyaningtyas T., Priyono B., dan Agung T. 2012. Keanekaragaman Plankton di Perairan Tambak Ikan Bandeng di Tapak Tugurejo, Semarang. Jurnal. UNS. Semarang. <http://repository.uns.ac.id/tia.pdf> (Diakses pada 20 Januari 2013).
- Poppo, A., Mahendra, M.S., dan Sundra, K.I. 2007. Studi Kualitas Perairan Pantai di Kawasan Industri Perikanan. Dinas Pengembangan.Kecamatan Negara. Kabupaten Jembrana. Jurnal. Unud. Bali.
- Riyono, S.H. 2006. Beberapa Metode Pengukuran Klorofil Fitoplankton di Laut. Jurnal. Oceanografi. XXXI. 33-34p.
- Riyono, S.H., dan A, Rozak. 2006. Kondisi Perairan Teluk Klabat Ditinjau dari Kandungan Klorofil-a Fitoplankton Oseanografi dan Limnologi Indonesia. No. 39 Tahun 2006. Hal:19-36.
- Romimohtarto, K., dan Juwana, S. 2001. *Biologi Laut; Ilmu Pengetahuan tentang Biota Laut*. Djambatan. Jakarta.
- Rososoedarmo, K., Kartawinata, A., dan Sugiarto. 1993. *Pengantar Ekologi*. Cetakan Kesembilan. PT Remaja Rasdakarya. Bandung.
- Simanjuntak, F. K. 2010. Keanekaragaman Plankton Sebagai Bioindikator Kualitas Air Sungai Batang Toru. Skripsi. USU. Medan. <http://repository.usu.ac.id/sirait.pdf> (Diakses 26 Februari 2013).
- Simanjuntak, M. 2012. Kualitas Air Laut Ditinjau Dari Aspek Zat Hara, DO

- dan pH di Perairan Banggai, Sulawesi Tenggara. Jurnal. LIPI. Jakarta.
- Sungai Belawan Medan. USU. Medan.<http://reporsitory.usu.ac.id.yeanny.pdf> (Diakses 20 April 2013).
- Soegianto, A. 2004. Metoda Pendugaan Pencemaran dengan Indikator Biologis. Airlangga University Press. Surabaya.
- Sukoharjo, S. S. Variabilitas Konsentrasi Klorofil-a di Perairan Selat Makassar : Pendekatan Wavelet. Jurnal Segara. Volume 8 Nomor 2 Desember 2012.
- Suin, N. 2002. Metode Ekologi. Penerbit Universitas Andalas. Padang.
- Ulqodry, T. Z., Yulisman., Syahdan, M., dan Santoso. Karakteristik dan Sebaran Nitrat, Fosfat, dan Oksigen Terlarut di Perairan Karimunjawa Jawa Tengah. Jurnal. Jakarta.
- Wang, H dan Huang, B. Hong. 1997. Size fractionated Productivity and Nutrient.
- Weyl, P.K. 1970. Oceanography an introduction to marine environment. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Wibisono, M. S. 2005. Pengantar Ilmu Kelautan. PT. Gramedia Widiasarana Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Wibowo, E., Yuliati, E., dan Retnowati, T. 2004. Jurnal : Kandungan Klorofil-a pada Diatome Epipelik di Sedimen Ekosistem Mangrove. UNDIP. Semarang.
<http://reporsitory.undip.ac.id.retnowati.pdf> (Diakses pada 28 September 2013).
- Widigdo, B. 2001. Manajemen Sumberdaya Perairan. Bahan Kuliah. FPIK IPB. Bogor.
- Yeanny, M.Sari. 2005. Pengaruh Aktivitas Masyarakat Terhadap Kualitas Air dan Keanekaragaman Plankton di