

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biologi *Nitzschia* sp.

2.1.1 Klasifikasi *Nitzschia* sp.

Berdasarkan (Botes, 2001) adapun *Nitzschia* sp. dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Divisi : Bacillariophyta

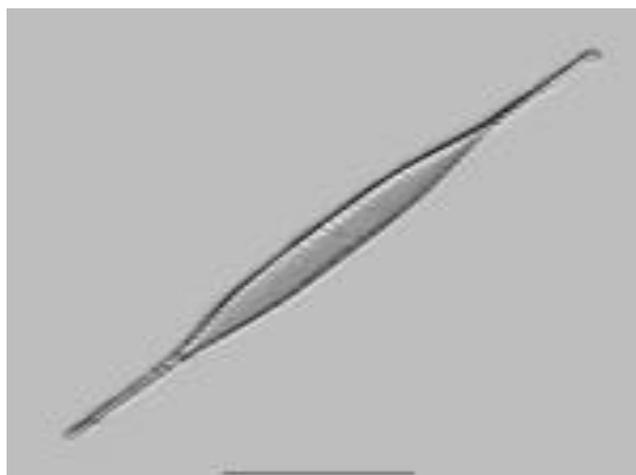
Ordo : Bacillariales

Sub-ordo : Fragilariinieae

Family : Bacillariaceae

Genus : *Nitzschia*

Species : *Nitzschia* sp.



Gambar 2. Bentuk *Nitzschia* sp. (Kociolek, 2011).

Nitzschia sp. merupakan mikroalga yang termasuk dalam kelas Bacillariophyceae (Tomas, 1997). Mempunyai peran penting dalam ekosistem perairan sebagai produsen primer. Sebagian besar hidup tunggal atau melekat satu sama lain dalam rantai sel atau kolonial agregasi (Richmond, 2004). *Nitzschia* sp. dikonsumsi langsung oleh berbagai jenis organisme, dari dinoflagellata heterotrofik sampai ikan pemakan plankton. Pertumbuhan *Nitzschia* sp. terjadi relatif sering, di beberapa daerah musiman, dan dalam berbagai macam lokasi. Dalam budidaya *Nitzschia* sp. dapat tumbuh pada salinitas terendah 6 ppt dan tertinggi 48 ppt, pada suhu 5°C- 30°C, untuk pertumbuhan optimal (Thessen *et al.*, 2005). Faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan antara lain cahaya, temperatur, salinitas, tekanan osmose, dan pH air, yang bisa jadi memacu atau menghambat pertumbuhan (Fogg dan Thake, 1987).

Komponen utama yang ditemukan di *Nitzschia* sp. adalah asam palmitat (C16: 0), asam palmitoleic (C16: 1), asam miristat (C14: 0), dan eicosapentaenoic acid (EPA) (C20: 5 ω -3) (Ova dan Ovez, 2014).

2.1.2 Reproduksi dan Pertumbuhan *Nitzschia* sp..

Nitzschia sp. sama seperti diatom pennate lainnya, dapat bereproduksi secara seksual. Ukuran sel *Nitzschia* sp. secara bertahap akan berkurang dari waktu ke waktu dan akhirnya mati apabila mereka tidak mengalami reproduksi seksual. Hal ini disebabkan oleh pembelahan sel vegetatif yang membelah dari dinding sel antara dua sel anak (Davidovich dan Bates, 2002).

Fase yang berbeda, pada kultur budidaya *Nitzschia* sp. mencerminkan perubahan dalam biomassa dan lingkungannya (Richmond, 2004).

1. Fase Lag

Pada fase pertumbuhan lag disebabkan fisiologis adaptasi metabolisme sel pertumbuhan, seperti meningkatnya tingkat enzim dan metabolit yang terlibat dalam pembelahan sel dan fiksasi karbon. Pada saat beradaptasi, sel mengalami defisiensi enzim atau koenzim, sehingga harus disintesis terlebih dahulu untuk keberlangsungan aktivitas biokimia sel selanjutnya.

2. Fase Logaritmik atau Eksponensial

Pada fase eksponensial sel fitoplankton telah mengalami pembelahan dan laju pertumbuhannya tetap. Pertumbuhan fitoplankton dapat maksimal tergantung pada spesies alga, intensitas cahaya dan temperatur.

3. Fase berkurangnya pertumbuhan relatif

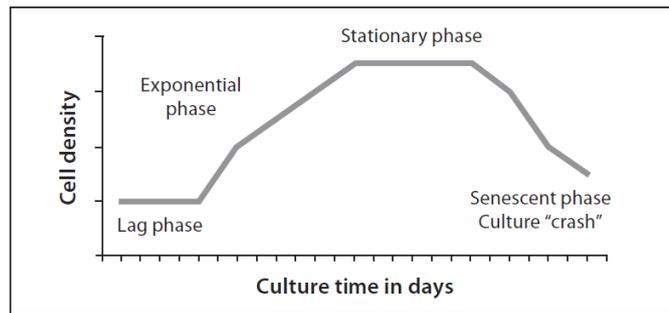
Pertumbuhan sel mulai melambat ketika nutrisi, cahaya, pH, CO₂ atau faktor kimia dan fisika lain mulai membatasi pertumbuhan.

4. Fase Stasioner

Pada fase keempat faktor pembatas dan tingkat pertumbuhan seimbang. Laju kematian fitoplankton relatif sama dengan laju pertumbuhannya sehingga kepadatan fitoplankton pada fase ini relatif konstan.

5. Fase Kematian

Pada fase kematian, kualitas air memburuk dan nutrisi habis hingga ke level tidak sanggup menyokong kehidupan fitoplankton. Kepadatan sel menurun dengan cepat karena laju kematian fitoplankton lebih tinggi daripada laju pertumbuhannya hingga kultur berakhir.



Gambar 3. Fase - fase pertumbuhan fitoplankton (Creswell, 2010).

Kepadatan *Nitzschia* sp. mencapai puncak pada fase eksponensial yaitu hari ke-5 sedangkan pada hari ke-6 menunjukkan penurunan kepadatan populasi. Hal ini sesuai dengan pertumbuhan kultur mikroalga pada skala laboratorium umumnya mencapai masa panen pada hari ke 7 – 10 (Kawaroe, 2007 dalam Widianingsih *et al.*, 2011).

2.1.3 Faktor Pembatas

Beberapa faktor pembatas yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga berupa:

a) Suhu

Suhu air laut perairan tropis berkisar antara 28-31°C. Suhu memiliki pengaruh yang kuat pada fungsi fisiologis fitoplankton. Suhu tinggi akan memengaruhi proses metabolisme, menaikkan kecepatan perubahan sel, daya larut gas, respirasi, dan memengaruhi pergerakan plankton karena adanya perubahan viskositas sitoplasma sel. Suhu optimal untuk pertumbuhan fitoplankton adalah 20-30°C dan proses fotosintesis optimal pada suhu 25-40°C (Effendi, 2003).

b) Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) pada dasar dan kolom air, merupakan suatu komponen kimia yang penting dari suatu habitat perairan. Derajat keasaman suatu perairan memengaruhi sebaran dan keanekaragaman berbagai organisme, menentukan berbagai reaksi kimia yang ada di lingkungan (Brower *et al.*, 1990), dan menunjukkan keseimbangan antara asam dan basa dalam air. Derajat keasaman merupakan konsentrasi ion hidrogen dalam suatu larutan, yang biasa disebut pH (Brower *et al.*, 1990). Nilai pH di perairan sangat dipengaruhi oleh keseimbangan kadar CO_2 (bikarbonat) dan HCO_3^- (ion karbonat). Nilai pH 7 menandakan kondisi perairan netral. Derajat keasaman (pH) juga dapat menentukan ikatan fosfat dengan zat lain seperti kalium, besi, merkuri, atau aluminium. Perubahan pH juga dapat mempengaruhi tingkat toksisitas air dan proses fotosintesis, serta reaksi fisiologis berbagai jaringan dan reaksi enzim yang terjadi pada biota laut. Selain itu, pH dapat berpengaruh terhadap kelarutan ion karbon di perairan sehingga akan berdampak pada proses fotosintesis fitoplankton. Hal tersebut dapat digunakan sebagai petunjuk tentang potensi dominansi fitoplankton dan produktifitas perairan. Kisaran pH yang optimum untuk mendukung kehidupan fitoplankton di perairan laut adalah 8,2-8,7 (Burhan *et al.*, 1994).

c) Salinitas

Salinitas pada suatu perairan dapat menjadi faktor pembatas bagi kehidupan (Bates, 1992 ; Tindall dan Morton, 1992) dan berpengaruh terhadap distribusi fitoplankton (Nontji dan Arinardi, 1975). Penurunan kadar salinitas dapat menghambat pertumbuhan fitoplankton. Kelimpahan optimum

fitoplankton di perairan terjadi pada kisaran salinitas sebesar 30,5‰ (Nontji, 1993).

d) Cahaya

Cahaya diperlukan oleh mikroalga (seperti halnya tumbuhan darat) untuk proses asimilasi bahan anorganik sehingga menghasilkan energi yang dibutuhkan. Kekuatan cahaya bergantung pada volume kultur dan kepadatan. Untuk kultur skala laboratorium di BBPBL diperlukan kekuatan cahaya 5.000 sampai 10.000 luxmeter (Amela, 2012).

2.2 Lemak

Lemak adalah kelompok ikatan organik yang terdiri atas unsur-unsur Karbon (C), Hidrogen (H), dan Oksigen (O), yang mempunyai sifat dapat larut dalam zat-zat pelarut tertentu, seperti petroleum benzene, ether. Lemak yang mempunyai titik lebur rendah bersifat cair (Sediaoetama, 1985). Struktur kimia lemak terdiri dari ikatan antara asam lemak dan gliserol. Sifat lemak larut dalam pelarut non polar, seperti etanol, ether, kloroform, dan benzene (Almatsier, 2004).

Lemak ialah sumber energi paling tinggi dalam makanan ikan yang merupakan ester asam lemak dari gliserol dan tersimpan sebagai energi. Gliserol merupakan suatu trihidroksi alkohol yang terdiri atas 3 atom karbon. Tiap atom karbon mempunyai gugus -OH. Satu molekul gliserol dapat mengikat satu, dua atau tiga molekul asam lemak dalam bentuk ester, yang disebut monogliserida, digliserida, atau trigliserida (Poedjiadi, 1994). Lemak digunakan untuk kebutuhan energi jangka panjang, juga untuk pergerakan atau cadangan energi selama periode kekurangan makanan. Dalam tubuh lemak menyediakan energi dua kali lebih besar dibandingkan protein (Sargent *et al.*, 2002 *dalam* Pangkey, 2011).

Selain itu fungsi lemak yang lain adalah sebagai sumber energi, membantu penyerapan mineral-mineral tertentu serta vitamin (A, D, E, K) yang terlarut dalam lemak (Oktavia, 2013).

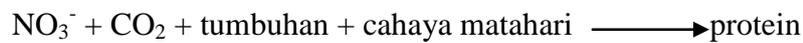
Lipida adalah kelompok lemak yang terdapat dalam jaringan tanaman maupun hewan. Lipida diklasifikasikan sebagai: lemak, fosfolipida, sfingomielin, lilin dan sterol (Fahy *et al.*, 2005 dalam Pangkey, 2011). Semua lipida ini memiliki kesamaan serta kekhususannya yang ditentukan oleh jumlah hidrokarbon dalam molekulnya. Fosfolipida adalah gabungan ester asam lemak dan asam fosfatidat, merupakan komponen utama dari membran sel, dan membantu permukaan membran untuk bersifat hidrofobik ataupun hidrofilik (Pangkey, 2011).

2.3 Nitrogen

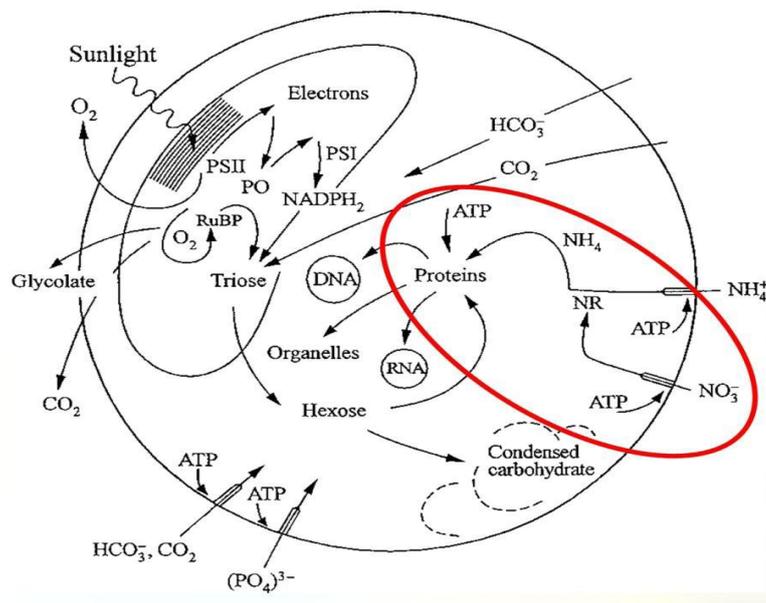
Nitrogen merupakan unsur makro yang bermanfaat untuk merangsang pertumbuhan suatu tumbuhan karena merupakan penyusun protein dan asam nukleat, dengan demikian merupakan penyusun protoplasma secara keseluruhan (Sarief, 1986). Nitrogen hadir dalam bentuk kombinasi dari amonia, nitrat, nitrit, urea, dan senyawa organik terlarut dalam jumlah yang sedikit. Dari seluruh kombinasi tersebut, nitrat merupakan yang paling penting. Sel hidup mengandung sekitar 5% total nitrogen dari berat keringnya. Ketersediaan dari berbagai bentuk nitrogen tersebut dipengaruhi oleh varietas, kelimpahan dan nutrisi dari hewan maupun tanaman akuatik. Nitrogen dapat menjadi faktor pembatas bagi pertumbuhan tanaman, umumnya terjadi pada daerah beriklim hangat dan daerah dimana ketersediaan pospor dan silikon relatif tinggi karena erosi alami dan pencemaran (Goldman dan Horne, 1983). Nitrogen anorganik terdiri dari amonia

(NH₃), amonium (NH₄)⁺, nitrit (NO₂)⁻, nitrat (NO₃)⁻, dan molekul nitrogen (N₂) dalam bentuk gas. Nitrogen organik berupa protein, asam amino, dan urea (Effendi, 2003).

Nitrogen berfungsi sebagai penyusun protein dan klorofil pada tumbuhan dan hewan. Di perairan, nitrogen didapat bukan dalam bentuk gas namun berupa nitrogen organik dan nitrogen anorganik. Nitrat yang menjadi sumber nitrogen untuk penyusun protein pada tumbuhan diperoleh dari proses konversi. Proses tersebut dapat dilihat pada persamaan reaksi (Effendi, 2003).



Mikrolaga membentuk protein dalam tubuh dengan mengambil nutrisi yang dibutuhkan untuk pembentukan protein dari luar tubuhnya seperti NO₃⁻ (Reynolds, 2006). Perubahan nitrat menjadi protein dalam tubuh fitoplankton diilustrasikan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Proses perombakan nitrat dari luar tubuh menjadi protein dalam tubuh (lingkaran merah) (Reynolds, 2006).

2.4 Fosfor

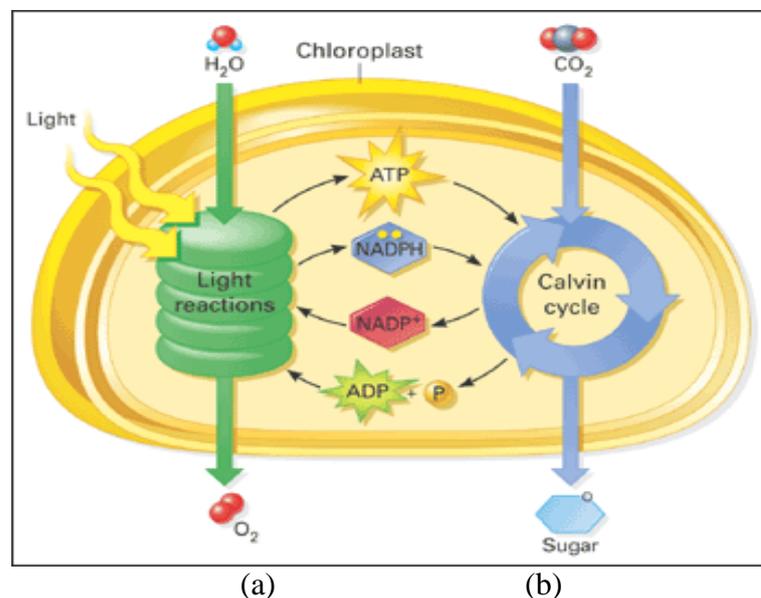
Unsur P merupakan unsur penting bagi semua aspek kehidupan terutama dalam transformasi energi metabolik (Kuhl, 1974 *dalam* Kushartono *et al.*, 2009). Unsur P juga merupakan penyusun ikatan pirofosfat dari ATP (Adenosine Tri Phosphat) yang kaya energi dan merupakan bahan bakar untuk semua kegiatan biokimia di dalam sel hidup serta merupakan penyusun sel yang penting. Fosfat (P) merupakan bentuk dari fosfor yang bermanfaat bagi tumbuhan (Waite, 1984 *dalam* Kushartono *et al.*, 2009).

Fosfor tidak dibutuhkan dalam jumlah besar untuk pertumbuhan tanaman, tidak seperti karbon, oksigen, hidrogen dan nitrogen. Tapi fosfor merupakan salah satu elemen pembatas baik di tanah maupun di perairan tawar, karena fosfor sangat langka dan terkandung dalam batuan dengan jumlah yang sedikit dan fosfor tidak memiliki bentuk gas dalam siklusnya sehingga tidak dapat difiksasi seperti nitrogen, selain itu fosfor terikat secara reaktif pada berbagai jenis tanah (Goldman dan Horne, 1983). Secara umum ada tiga bentuk fosfor di ekosistem akuatik, yaitu fosfat terlarut, fosfor total terlarut dan fosfor partikulat. Fosfat di danau terdapat baik dalam organik maupun anorganik. Bentuk anorganik fosfat sebagian besar adalah ortofosfat (PO_4^{3-}) dan sebagian lagi bentuk monofosfat (HPO_4^{2-}) dan dihydrogen fosfat (H_2PO_4^-) (Goldman dan Horne, 1983).

2.5 Fotoperiode

Kurangnya cahaya yang dibutuhkan untuk aktifitas fotosintesis akan menyebabkan proses fotosintesis tidak berlangsung normal sehingga mengganggu proses metabolisme (Andriyono, 2001). Dalam proses fotosintesis tersebut, cahaya memegang peranan yang sangat penting, namun intensitas

cahaya yang diperlukan tiap-tiap jenis tumbuhan dan alga untuk dapat tumbuh secara maksimum berbeda-beda (Lavens dan Sorgeloos, 1996). Selain intensitas cahaya, fotoperiode juga memegang peranan penting sebagai pendukung pertumbuhan alga. Periode penyinaran dapat berpengaruh dalam proses sintesa bahan organik pada fotosintesis karena hanya dengan energi yang cukup proses tersebut dapat berjalan dengan lancar. Pada dasarnya, rangkaian reaksi fotosintesis dapat dibagi menjadi dua bagian utama yaitu reaksi terang dan reaksi gelap. Reaksi terang terjadi konvensi energi cahaya menjadi energi kimia dan menghasilkan O_2 , sedangkan dalam reaksi gelap terjadi seri reaksi siklik yang membentuk gula dari bahan dasar CO_2 dan energi (ATP dan NADPH). Energi yang digunakan dalam reaksi gelap ini diperoleh dari reaksi terang.



Gambar 5. Ringkasan proses kimia dari fotosintesis (a) Reaksi terang dan (b) Reaksi gelap (Pearson Education, 2007).

Fotoperiode mempengaruhi komposisi biokimia yang dikultur selain faktor media kultur, temperatur, pH, intensitas cahaya dan stadia waktu panen. Periode penyinaran buatan pada kultivasi mikroalga minimum 18 jam per hari, walaupun

kultivasi fitoplankton berkembang normal di bawah cahaya yang konstan (Lavens dan Sorgeloos, 1996).

2.6 Rasio N P

Perbandingan nitrogen dan fosfor (rasio N P) dalam perairan dapat digunakan sebagai suatu cara untuk menilai jenis atau macam populasi fitoplankton yang mungkin ada atau dominan di suatu perairan (Haarcorryati, 2008). Menurut Ryding dan Rast (1989) untuk mengetahui nutrisi yang menjadi faktor pembatas digunakan dua pendekatan yaitu melalui nilai konsentrasi masing-masing nutrisi (dalam hal ini N dan P) atau melalui perbandingan keduanya. Nitrogen dan fosfor bila dilihat dari konsentrasi masing-masing dapat menjadi faktor pembatas jika fosfor kurang dari 0,05 mg/l dan nitrogen kurang dari 0,02 mg/l. Nitrogen dan fosfor apabila berada dalam konsentrasi yang melebihi nilai batas tersebut maka faktor pembatas ditentukan dengan perbandingan keduanya (Ryding dan Rast, 1989). Dengan demikian konsentrasi N dan P di suatu perairan akan berpengaruh terhadap kelimpahan fitoplankton di perairan.

2.7 Silikat

Silika adalah senyawa hasil polimerisasi asam silikat, yang tersusun dari rantai satuan SiO_4 tetrahedral dengan formula umum SiO_2 , memiliki sifat hidrofilik atau hidrofobik sesuai dengan struktur atau morfologinya. Secara sintesis senyawa silika dapat dibuat dari larutan silikat atau dari pereaksi silan. Silika merupakan senyawa logam oksida yang banyak terdapat di alam, namun keberadaannya di alam tidak dalam kondisi bebas melainkan terikat dengan senyawa lain baik secara fisik maupun kimia. Silika yang diperoleh melalui

metode ekstraksi alkalis adalah berupa larutan sol dimana silika pada fase larutan adalah fase amorf atau mudah reaktif (Haslinawati *et al.*, 2011). Silika terbentuk melalui ikatan kovalen yang kuat serta memiliki struktur dengan empat atom oksigen terikat pada posisi sudut tetrahedral di sekitar atom pusat yaitu atom silikon.

Unsur silikon (Si) memainkan peran penting dalam menunjang kesehatan ekosistem pesisir dan laut, khususnya dalam mendukung produktifitas primer di perairan. Si menjadi unsur esensial bagi pertumbuhan frustul fitoplankton bersilikon, khususnya diatom sebagai produsen primer utama di laut, dan Radiolaria (Schlesinger, 1997; Kennington *et al.*, 1999; Durr *et al.*, 2011 dalam Lukman *et al.*, 2014). Silikat di perairan pesisir dan laut dapat berbentuk sebagai partikel mineral, opal biogenik, dan larutan. Silikat terlarut umumnya berbentuk silikat (senyawa dengan komponen silikon anionik dan umumnya dalam bentuk oksida, Si-O), karena memiliki afinitas yang kuat dengan oksigen. Silikat terlarut yang masuk ke perairan pesisir dan lautan umumnya berbentuk reaktif silikat anorganik, dapat berupa ion-ion terlarut dari asam ortosilisik ($\text{Si}(\text{OH})_4$). Asam silisik ini berasal dari pelapukan mineral tanah dan batuan (Papush *et al.*, 2006), masuk ke dalam air sungai melalui aliran-aliran permukaan tanah atau aliran air tanah (Treguer *et al.*, 1995). Meskipun silikon adalah unsur terbesar kedua (28%) dari massa kerak bumi setelah oksigen (Andrews *et al.*, 2004), tetapi konsentrasi silikat reaktif terlarut di perairan pesisir dan laut juga tidak serta merta melimpah.