



Acta Aquatica

Aquatic Sciences Journal



Perbedaan konsentrasi nitrat dan intensitas cahaya terhadap laju pertumbuhan diatom *Chaetoceros muelleri*

Variation of nitrate concentration and light level on growth rate of diatom *Chaetoceros muelleri*

Siti Mira Rahayu^{a*}, Ario Damar^{bc}, dan Majariana Krisanti^b

^a Program Studi Teknologi Pengelolaan Sumberdaya Perairan, Politeknik Ahli Usaha Perikanan

^b Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University

^c Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan, LPPM-IPB University

Abstrak

Mikroalga dikultur sebagai pakan alami untuk fase awal pertumbuhan moluska, krustasea, dan zooplankton. Diatom merupakan kelompok fitoplankton yang biasa digunakan sebagai pakan, salah satunya yaitu jenis *Chaetoceros muelleri*. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi konsentrasi nitrat dan cahaya yang optimal pada kultur *C. muelleri* skala laboratorium. Kultur ditempatkan pada nitrat 1,330; 5,305; dan 27,030 mg/L (N1, N2, N3, berturut-turut) dan cahaya 50, 100, dan 150 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, dengan tiga kali ulangan. Variabel respon yang diamati adalah laju pertumbuhan *C. muelleri* dan laju serapan nitrat. Masing-masing perlakuan nitrat menghasilkan perbedaan yang signifikan terhadap laju pertumbuhan *C. muelleri* (LSD, $p < 0,01$). Perlakuan N3 menghasilkan laju pertumbuhan spesifik tertinggi (rata-rata 0,188-0,193 /hari), sedangkan N1 menghasilkan laju pertumbuhan terendah (rata-rata 0,149-0,157 sel/hari). Sementara pada perlakuan cahaya, perbedaan yang signifikan hanya terlihat pada perlakuan 150 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (LSD, $p < 0,05$) yang menghasilkan laju pertumbuhan tertinggi (rata-rata 0,157-0,193 sel/hari), terutama pada taraf nitrat N1 dan N2. Sementara itu, berdasarkan uji beda nyata, interaksi antara perlakuan nitrat dan cahaya tidak signifikan.

Kata kunci: *Chaetoceros muelleri*; Intensitas cahaya; Laju

Abstract

Microalgae are cultured as natural feed for the cultivation of mollusks, crustaceans (early larval stages), and zooplankton. Diatoms are phytoplankton groups commonly used as feed, one of which is *Chaetoceros muelleri*. This study aims to identify the optimal nitrate concentrations and light level (irradiance) for the growth rate of *C. muelleri*. Culture was placed in nitrate 1,330; 5,305; and 27,030 mg/L (N1, N2, N3, respectively); and light 50, 100, and 150 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, with three replications for each treatment. The response variable observed was the growth rate of *C. muelleri* and nitrate uptake. Each nitrate treatment resulted in a significant difference in the growth rate of *C. muelleri* (LSD, $p < 0.01$). The N3 treatment produced the highest growth rate (average 0,188-0,193 cells/day), while N1 produced the lowest specific growth rate (average 0,149-0,157 /day). In light treatment, a significant difference was only seen in the light level of 150 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (LSD, $p < 0.05$) which produced the highest growth rate (average 0.157-0.193 cells/day), especially in the nitrate N1 and N2. Meanwhile based on the significance test, the interaction between nitrate and light treatment was not significant.

Keywords: *Chaetoceros muelleri*; Growth rate; Irradiance; Nitrate

1. Introduction

1.1. Latar belakang

Diatom merupakan alga uniseluler dari filum Bacillariophyta (kelas Bacillariophyceae) (Reynolds, 2006; Serôdio dan Lavaud, 2020). Diatom memiliki dinding sel berornamen khusus seperti "gelas" yang terbuat dari silika (SiO_2). Masing-masing dinding sel tersusun atas dua katup yang disebut "valve" yang menjadi dasar dalam taksonomi diatom (Dixit et al., 1992; Serôdio dan Lavaud, 2020). Terdapat perubahan ukuran dimensi pada siklus hidup diatom. Sel induk yang merupakan hasil dari reproduksi seksual memiliki ukuran yang besar dan

* Korespondensi: Siti Mira Rahayu

Program Studi Teknologi Pengelolaan Sumberdaya Perairan, Politeknik Ahli Usaha Perikanan

Jl. AUP No. 1 Pasar Minggu, Kota Jakarta Selatan, Indonesia, 12520

e-mail: smirarahayu@gmail.com

masing-masing sel tersebut menghasilkan sel-sel baru yang akan membelah secara vegetatif. Sel-sel baru yang terbentuk secara gradual akan memiliki ukuran yang lebih kecil, karena “*valve*” yang telah terbentuk tidak bertambah besar (Davidovich et al., 2015; Serôdio dan Lavaud, 2020).

Diatom merupakan mikroalga kosmopolit yang melimpah di perairan laut maupun tawar, serta memiliki peranan penting karena berada pada dasar rantai makanan. Kandungan asam lemak rantai panjang (*long chain polyunsaturated fatty acid*) atau PUFA dalam bentuk *icosapentaenoic acid* (EPA) diketahui terkandung dalam diatom, khususnya jenis *Chaetoceros* sp., dalam konsentrasi yang tinggi (Noerdjito, 2017). Diatom diketahui mengandung omega-3 yang tinggi yang baik untuk pertumbuhan berbagai biota pada tingkat trofik yang lebih tinggi (zooplankton, moluska, krustasea, ikan), sehingga perubahan dalam populasi diatom berhubungan erat dengan perubahan komunitas biotik lainnya (Dixit et al., 1992; Duerksen et al., 2014; Yi et al., 2017).

Diatom dikultur sebagai pakan alami untuk budidaya zooplankton, ikan, udang, serta hewan tambak lain dengan ditumbuhkan secara monokultur maupun polikultur. Kondisi kultur sangat bervariasi, mulai dari kultur *outdoor* dalam kolam dengan penambahan nutrisi untuk mendorong pertumbuhan mikroalga, hingga monokultur yang ditumbuhkan dalam ruangan di bawah kondisi lingkungan yang terkontrol (Creswell, 2010). Kandungan lipid yang tinggi juga menyebabkan diatom berpotensi untuk dijadikan sumber biofuel (Noerdjito, 2017; Serôdio dan Lavaud, 2020).

Chaetoceros muelleri merupakan salah satu jenis diatom yang biasa dikultur sebagai pakan pada pembenihan ikan dan budidaya moluska (kerang-kerangan) karena kandungan protein dan lemak yang tinggi (Helm et al., 2004; Batista et al., 2015; Velasco et al., 2016; Kumaran et al., 2016). Pada kondisi lingkungan kultur yang sesuai, pertumbuhan dan kepadatan pakan alami ini akan meningkat pesat.

Oksigen, cahaya, suhu, dan nutrisi, terutama nitrat, fosfat, dan silikat, menjadi hal esensial untuk diperhatikan dalam kultur diatom (Ashokkumar et al., 2015). Nutrien digunakan autotrof untuk membentuk jaringan tubuhnya. Dibutuhkan berbagai macam senyawa anorganik, baik sebagai hara makro (N, P, K, S, Na, Si, dan Ca) maupun hara mikro (Fe, Zn, Cu, Mg, Mo, Co, B, dan lain-lain) pada kultur mikroalga. Setiap unsur hara memiliki fungsi khusus yang tercermin pada pertumbuhan dan kepadatan yang dicapai, tanpa mengesampingkan kondisi lingkungan (Andersen, 2005). Cahaya digunakan sebagai sumber energi dalam reaksi fotosintesis. Cahaya diperlukan untuk mengasimilasi karbon anorganik menjadi bahan organik. Sumber cahaya dapat berasal dari sinar matahari maupun lampu *fluorescent* dengan intensitas yang berbeda bergantung pada kedalaman dan skala kultur (Ashokkumar et al., 2015). Diperlukan identifikasi konsentrasi nitrogen-nitrat dan cahaya yang optimal untuk meningkatkan produksi diatom, khususnya *C. muelleri*, dalam rangka memenuhi permintaan komoditas tersebut untuk kebutuhan pakan alami budidaya kerang-kerangan dan pembenihan ikan.

1.2. Identifikasi Masalah

Kandungan gizi (protein dan asam lemak) *C. muelleri* menjadikan diatom jenis ini baik untuk dijadikan pakan pada budidaya kerang-kerangan dan pembenihan ikan. Metode kultur yang optimal diperlukan untuk memenuhi tingginya permintaan terhadap *C. muelleri*. Cahaya dan nutrisi (nitrogen-nitrat) merupakan salah satu faktor krusial bagi pertumbuhan mikroalga. Kultur di bawah konsentrasi nitrat dan cahaya yang berbeda dilakukan untuk mengetahui kondisi yang sesuai bagi kultur *C. muelleri*.

1.3. Tujuan dan manfaat

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi konsentrasi nitrogen nitrat dan intensitas cahaya yang optimal pada kultur *C. muelleri* skala laboratorium.

2. Materials and Methods

2.1. Waktu dan tempat

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Riset Plankton, Produktivitas Lingkungan (Proling), Divisi Produktivitas dan Lingkungan Perairan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Pengamatan dilakukan selama 15 hari.

2.2. Bahan dan alat penelitian

Adapun bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah inokulan kultur *C. muelleri*, Media Walne (Walne, 1970 dalam Andersen, 2005), natrium nitrat (NaNO_3), sodium metasilika, alkohol, dan air laut. Sementara alat yang diperlukan meliputi tabung Erlenmeyer 100 mL, aluminium foil, gelas ukur, pembakar Bunsen, pipet tetes, timbangan digital, oven, lampu *cool white fluorescent*, lux meter, *haemocytometer*, *hand counter*, mikroskop, tissue, dan alat tulis.

2.3. Rancangan penelitian

Faktor perlakuan yang diterapkan pada percobaan ini adalah nitrogen yang diukur dalam nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) dengan satuan mg/L, serta intensitas cahaya yang dinyatakan dalam *irradiance* dengan satuan $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$. *Irradiance* yang didapatkan merupakan hasil konversi dari nilai lux berdasarkan Langhans dan Tibbits (1997) dengan sumber cahaya berupa lampu *cool white fluorescent*. Variabel respons yang diamati adalah laju pertumbuhan yang dinyatakan dalam pertambahan sel per hari.

Percobaan terdiri atas 27 unit tabung Erlenmeyer (satu percobaan): 2 faktor perlakuan, masing-masing faktor memiliki 3 taraf perlakuan dengan 3 kali ulangan. Dua faktor perlakuan terdiri atas konsentrasi nitrat dan intensitas cahaya. Perlakuan nitrat terdiri atas 1,330 mg/L (sebagai perlakuan N1); 5,305 mg/L (sebagai perlakuan N2); dan 27,030 mg/L (sebagai perlakuan N3). Penentuan perlakuan konsentrasi nitrat didasarkan pada kurva hubungan nitrat dengan laju pertumbuhan diatom oleh Eppley dan Thomas (1969) serta Schmidt (1983). Sementara perlakuan intensitas cahaya terdiri atas 50, 100, dan 150 $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$.

2.4. Prosedur penelitian

2.4.1. Persiapan wadah penelitian

Kultur dilakukan pada suhu 20-24 °C dan di dalam ruangan yang sudah disterilisasi dengan menggunakan cairan alkohol. Tabung Erlenmeyer 100 mL yang berisi air laut yang telah disterilisasi ditambahkan Media Walne sebanyak 50 μL . Inokulum *C. muelleri* ditambahkan ke dalam Erlenmeyer tersebut hingga mencapai volume 50 mL dengan kepadatan awal 40×10^4 sel/mL. Tabung yang berisi kultur ditutup menggunakan aluminium foil untuk menghindari kontaminasi. Setiap kali sesuatu ditambahkan atau dikeluarkan dari tabung kultur, bagian leher tabung (termasuk tabung “donor”) harus dilewatkan melalui api dari pembakar bunsen.

Kultur dilakukan dengan periode 16:8 terang:gelap. Pengamatan berupa penghitungan kelimpahan kultur dilakukan setiap hari selama 15 hari. Kelimpahan sel dihitung menggunakan Hemacytometer dengan kedalaman 0,1 mm berdasarkan Guillard dan Sieracki (2005).

2.4.2. Biota uji

Biota uji pada penelitian ini adalah mikroalga (diatom) jenis *C. muelleri* didapatkan dari Balai Perikanan Budidaya Air

Payau (BPBAP) Situbondo dengan kepadatan awal 40×10^4 sel/mL. Pupuk yang digunakan adalah Media Walne dengan modifikasi dosis natrium nitrat (NaNO_3). NaNO_3 menjadi sumber utama nitrogen untuk pertumbuhan diatom uji. Penambahan sodium metasilika juga dilakukan untuk menyuplai kebutuhan silika diatom.

2.5. Parameter uji

2.5.1. Laju pertumbuhan

Laju pertumbuhan *C. muelleri* merupakan variabel respon yang dianalisis pada percobaan ini. Laju pertumbuhan spesifik dinyatakan dalam r (/hari) dan dihitung berdasarkan rumus Gotelli (2001) berikut.

$$N_t = N_0 e^{rt} \quad \text{atau} \quad r = \frac{\ln \frac{N_t}{N_0}}{t}$$

N_t adalah kelimpahan (sel/mL) *C. muelleri* pada hari ke- t , sedangkan N_0 adalah kelimpahan (sel/mL) *C. muelleri* pada hari ke-0.

2.5.2. Laju serapan nutrient (uptake)

Konsentrasi nitrat yang diukur berasal dari sampel komposit (campuran) semua perlakuan cahaya pada masing-masing taraf perlakuan nitrat. Laju serapan (uptake) nitrat oleh *C. muelleri* dihitung berdasarkan persamaan berikut.

$$\text{Laju uptake (mg/L/hari)} = \frac{a - b}{t}$$

Keterangan:

- a : konsentrasi nitrat pada awal pengamatan
- b : konsentrasi nitrat pada akhir pengamatan
- t : jumlah hari pengamatan

2.6. Analisis data

Rancangan faktorial dengan uji *Two-way* ANOVA dilakukan untuk mengetahui pengaruh perbedaan konsentrasi nitrat dan intensitas cahaya terhadap laju pertumbuhan *C. muelleri*. Data yang diujikan terlebih dahulu dinormalisasi dengan transformasi logaritmik. Berikut merupakan model rancangan faktorial pada penelitian ini (Glover dan Mitchell, 2016).

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Keterangan:

- Y_{ij} : laju pertumbuhan pada faktor nitrat taraf ke- i , faktor cahaya taraf ke- j , ulangan ke- k
- μ : rata-rata umum
- α_i : pengaruh faktor cahaya taraf ke- i
- β_j : pengaruh faktor nitrat taraf ke- j
- $(\alpha\beta)_{ij}$: pengaruh interaksi faktor nitrat taraf ke- i dengan faktor cahaya taraf ke- j
- ϵ_{ijk} : galat percobaan

Hipotesis nol:

- 1) Perbedaan intensitas cahaya tidak memberikan perbedaan pada laju pertumbuhan *C. muelleri*.
- 2) Perbedaan konsentrasi nitrat tidak memberikan perbedaan pada laju pertumbuhan *C. muelleri*.
- 3) Interaksi perlakuan intensitas cahaya dengan konsentrasi nitrat tidak memberikan perbedaan pada laju pertumbuhan *C. muelleri*.

Hipotesis satu:

- 1) Setidaknya ada satu laju pertumbuhan *C. muelleri* yang berbeda karena perbedaan intensitas cahaya.

- 2) Setidaknya ada satu laju pertumbuhan *C. muelleri* yang berbeda karena perbedaan konsentrasi nitrat.
- 3) Setidaknya ada satu laju pertumbuhan *C. muelleri* yang berbeda karena interaksi antara perlakuan intensitas cahaya dengan konsentrasi nitrat.

Ketika nilai F hitung lebih besar daripada nilai F tabel, kesimpulan yang diambil yaitu tolak Hipotesis nol. Namun, jika nilai F hitung lebih kecil daripada nilai F tabel, kesimpulan yang diambil yaitu gagal tolak Hipotesis nol. Untuk mengetahui perlakuan yang paling berbeda, dilakukan uji lanjut beda nyata terkecil (LSD).

3. Result and Discussion

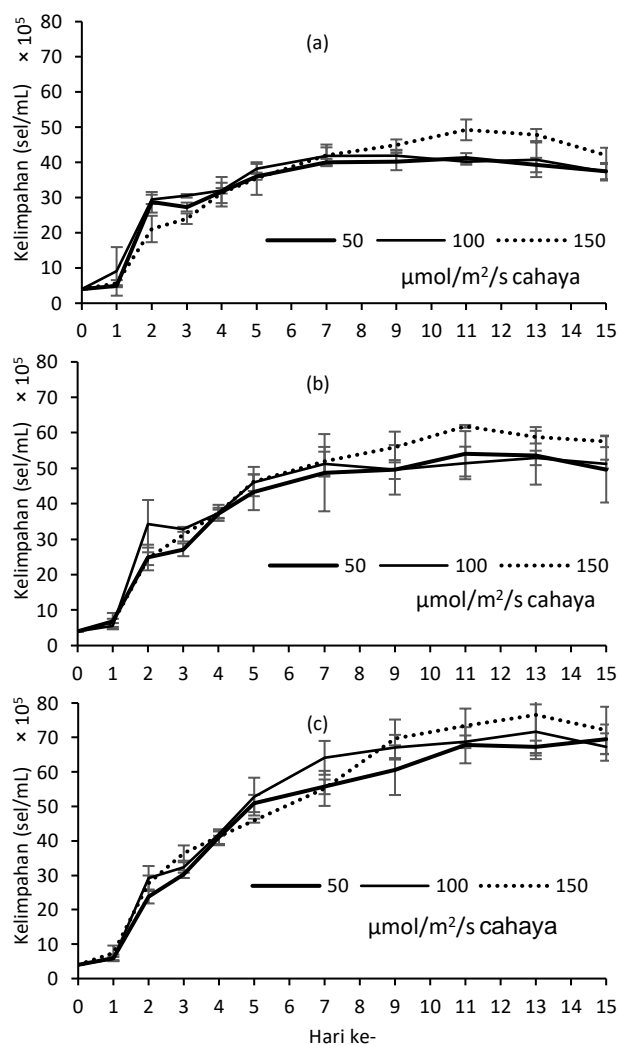
3.1. Kelimpahan dan laju pertumbuhan

Chaetoceros muelleri pada penelitian ini dikultur dengan perlakuan cahaya dan nitrogen-nitrat yang berbeda. Kelimpahan *C. muelleri* pada setiap taraf perlakuan nitrat disajikan pada Gambar 1. Gambar 1a dan 1b (N_1 dan N_2) memperlihatkan perbedaan yang jelas pada perlakuan cahaya 150, yang mana tren kenaikan kelimpahan *C. muelleri* terlihat paling tinggi, terutama setelah hari ketujuh. Sementara pada Gambar 1c (N_3) perbedaan tren kelimpahan antar perlakuan cahaya tidak terlalu terlihat.

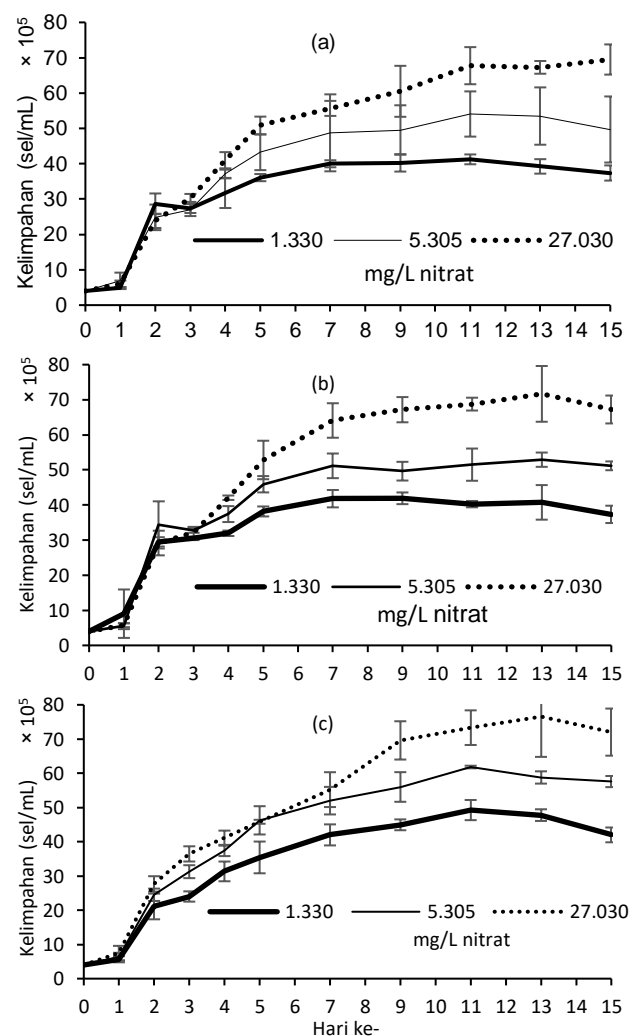
Secara umum, perlakuan N_3 menghasilkan tren kenaikan kelimpahan yang lebih tinggi (ditandai dengan tren yang lebih curam, Gambar 1c), diikuti oleh perlakuan N_2 (Gambar 1b), dan N_1 (Gambar 1a). Pada perlakuan N_1 dan N_2 , tren kurva kelimpahan memperlihatkan fase eksponensial terjadi pada hari ke-1 hingga hari ke-11, sedangkan pada perlakuan N_3 , fase eksponensial terjadi lebih lama, yaitu pada hari ke-1 hingga hari ke-13 (Gambar 1). Setelah melewati fase eksponensial, pembelahan sel menjadi lambat dan memasuki fase penurunan kelimpahan. Hal ini disebabkan konsentrasi nutrisi, cahaya, pH, karbon dioksida, dan senyawa fisika-kimia lainnya mulai berubah dan membatasi pertumbuhan (Creswell, 2010; Ashokkumar et al., 2015). Perlakuan N_3 secara umum memiliki fase eksponensial lebih lama karena konsentrasi nitrat pada perlakuan N_3 lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

Gambar 2 memperjelas bahwa pada semua taraf perlakuan cahaya, perlakuan konsentrasi nitrat tertinggi (N_3), menghasilkan tren kelimpahan *C. muelleri* tertinggi, sedangkan perlakuan nitrat terendah (N_1) menghasilkan tren kelimpahan terendah pada semua taraf perlakuan cahaya.

Perbedaan konsentrasi nitrat maupun cahaya memberikan pengaruh yang berbeda signifikan (berturut-turut ANOVA, $p < 0,001$, $p < 0,05$) terhadap laju pertumbuhan *C. muelleri*. Akan tetapi, tidak ditemukan interaksi antara kedua perlakuan tersebut. Gambar 3 menyajikan laju pertumbuhan *C. muelleri* pada perbedaan konsentrasi nitrat dan kondisi cahaya. Berdasarkan gambar tersebut, dapat diketahui bahwa pada semua kondisi cahaya, peningkatan konsentrasi nitrat dapat meningkatkan laju pertumbuhan *C. muelleri*.



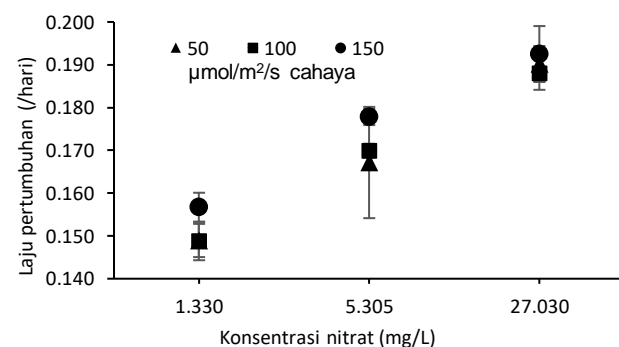
Gambar 1. Kelimpahan *C. muelleri* pada perlakuan nitrat 1,330 mg/L (a), 5,305 mg/L (b), 27,030 mg/L (c). Garis I menunjukkan standar deviasi.



Gambar 2. Kelimpahan *C. muelleri* pada perlakuan cahaya 50 μmol/m²/s (a), 100 μmol/m²/s (b), 150 μmol/m²/s (c). Garis I menunjukkan standar deviasi.

Uji lanjut menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan nitrat menghasilkan perbedaan yang signifikan (LSD, $p < 0,01$). Laju pertumbuhan *C. muelleri* tertinggi teramati pada perlakuan N3 (rata-rata 0,188-0,193 sel/hari), sedangkan terendah pada perlakuan N1 (rata-rata 0,149-0,157 sel/hari). Sementara pada perlakuan cahaya, perbedaan yang signifikan hanya terlihat pada perlakuan 150 (LSD, $p < 0,05$) yang menghasilkan laju pertumbuhan tertinggi (rata-rata 0,157-0,193 sel/hari), terutama pada taraf nitrat N1 dan N2 (nitrat 1,330 dan 5,305 mg/L). Sementara pada cahaya 50 dan 100, tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

Berdasarkan percobaan ini, dapat diketahui bahwa semakin tinggi nitrogen (nitrat) dan intensitas cahaya (hingga level tertentu), laju pertumbuhan diatom semakin tinggi. Selaras dengan penelitian Kumaran et al. (2016), nitrat berkorelasi positif signifikan dengan produksi biomassa *C. muelleri*. Nitrogen berperan penting dalam metabolisme seluler melalui efisiensi transfer energi pada proses fotosintesis. Konsentrasi nitrogen yang dibutuhkan untuk pertumbuhan optimum *C. muelleri* berkisar 180 mg/L (Kumaran et al. 2016). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi nitrat yang tinggi tidak akan menjadi penghambat pertumbuhan diatom dan cenderung meningkatkan laju serapannya (Admiraal 1977; Wada dan Hattori 1978; Bates et al., 1993; Tantanarit et al., 2013). Penelitian terhadap beberapa jenis bentuk diatom menunjukkan bahwa konsentrasi nitrat hingga 1.047 mg/L masih baik bagi pertumbuhan diatom (Admiraal 1977).



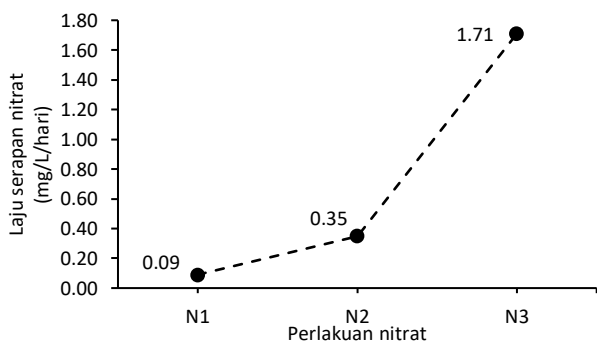
Gambar 3. Laju pertumbuhan *C. muelleri* pada setiap perlakuan nitrat dan cahaya. Garis I menunjukkan standar deviasi.

Intensitas cahaya tertinggi pada penelitian ini, yaitu 150 μmol/m²/s, menghasilkan laju pertumbuhan *C. muelleri* tertinggi (terutama pada perlakuan N1 dan N2) dan belum menghambat proses fotosintesis. Intensitas cahaya yang terlalu tinggi akan menghambat proses fotosintesis atau yang disebut *photoinhibition*. *Photoinhibition* ditandai dengan menurunnya laju fotosintesis seiring bertambahnya intensitas cahaya, yang terjadi pada spesies fitoplankton yang sensitif terhadap cahaya kuat sehingga dapat menurunkan produksi (Nybakken dan Bertness 2005; Du et al., 2014; Serôdio dan Lavaud, 2020). Dibandingkan dengan autotrof kelompok lain, diatom memiliki efisiensi yang baik dalam mengatasi cahaya tinggi dan/atau berfluktuasi (Serôdio dan Lavaud, 2020).

Intensitas cahaya yang diperlukan bergantung pada kedalaman dan kepadatan kultur, yang mana semakin tinggi kedalaman dan kepadatan, maka intensitas cahaya yang diperlukan semakin meningkat agar penetrasi cahaya dapat menembus seluruh media kultur (misalnya 1.000 lux untuk kultur dalam tabung erlemeyer, 5.000-10.000 lux untuk volume yang lebih besar) (Ashokkumar et al., 2015). Intensitas cahaya yang baik bagi kultur *C. muelleri* skala *hatchery* berkisar 8.000-10.000 lux (berkisar 112-140 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) (Hoff dan Snell 2008 dalam Creswell 2010). Sementara menurut Pal et al. (2013), cahaya optimum untuk kultur *C. muelleri* skala laboratorium berkisar 1.000-1.500 lux atau 14-21 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Secara umum di alam, fotosintesis relatif pada diatom mencapai puncaknya ketika cahaya 1.000 *foot-candles* (sekitar 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) dan akan menurun ketika cahaya lebih dari 2.000 *foot-candles* (sekitar 400 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) (Nybakken dan Bertness 2005).

3.2. Laju serapan nutrisi (*uptake*)

Tabel 1 menyajikan laju *uptake* nitrat oleh *C. muelleri*. Laju *uptake* tertinggi terjadi ketika perlakuan nitrat N3, yaitu 1,71 mg/L/hari, sedangkan laju terendah terjadi ketika perlakuan nitrat N1, yaitu 0,09 mg/L/hari. Berdasarkan hasil tersebut, dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi nitrat pada awal pengamatan, semakin tinggi pula laju *uptake* nitrat oleh *C. muelleri*.



Gambar 4. Laju penyerapan nitrat oleh *C. muelleri* pada masing-masing perlakuan nitrat.

Perlakuan konsentrasi nitrat tertinggi, yaitu 27,030 mg/L (N3), menghasilkan laju pertumbuhan sel alga paling tinggi sehingga kelimpahan sel alga pada perlakuan tersebut menjadi tinggi. Tingginya kelimpahan sel pada konsentrasi nitrat yang tinggi, berimplikasi terhadap cepatnya pemanfaatan nitrat oleh sel. Hal ini yang menyebabkan semakin tingginya konsentrasi nitrat di awal percobaan, semakin cepat pula laju *uptake* nitrat oleh sel alga. Penelitian Tantanasarit et al. (2013) membuktikan bahwa semakin tinggi konsentrasi nutrisi, semakin tinggi pula laju serapannya oleh fitoplankton. Fitoplankton mampu menyerap nutrisi dengan cepat ketika terjadi penambahan nutrisi secara eksternal untuk pembelahan binernya. Efisiensi asimilasi nitrogen oleh fitoplankton terbukti lebih tinggi dibandingkan silikat dan fosfat (Tantanasarit et al., 2013).

4. Conclusion

Perbedaan konsentrasi nitrat maupun cahaya memberikan pengaruh yang berbeda signifikan (berturut-turut ANOVA, $p < 0,001$, $p < 0,05$) terhadap laju pertumbuhan *C. muelleri*. Akan tetapi, tidak ditemukan interaksi antara kedua perlakuan tersebut. Perlakuan nitrogen nitrat yang dilakukan menghasilkan perbedaan yang signifikan (LSD, $p < 0,01$) terhadap laju pertumbuhan *C. muelleri*. Perlakuan nitrat dengan konsentrasi tertinggi (27,030 mg/L) menghasilkan laju pertumbuhan *C. muelleri* tertinggi, sedangkan perlakuan nitrat

terendah (1,330 mg/L) menghasilkan laju pertumbuhan terendah. Pada perlakuan cahaya, perbedaan yang signifikan hanya terlihat pada perlakuan intensitas tertinggi, 150 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (LSD, $p < 0,05$), sedangkan pada dua perlakuan intensitas lainnya (50 dan 100 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$), tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

Bibliografi

- Admiraal, W. 1977. Tolerance of estuarine benthic diatoms to high concentrations of ammonia, nitrite ion, nitrate ion, and orthophosphate. *Marine Biology*. 43:307-315.
- Andersen, R. A., Berges, J. A., Harrison, P. J., Watanabe, M. M. 2005. Appendix A-recipes for freshwater and seawater media. Di dalam: Andersen RA, editor. *Algal Culturing Techniques*. Burlington (US): Elsevier Academic Press. 429-538 pp.
- Ashokkumar, S., Manimaran, K., Kim, K. 2015. Cultivation and Identification of Microalgae (Diatom). In S.-K. Kim and K. Chojnacka (eds). *Marine Algae Extracts*. DOI: <https://doi.org/10.1002/9783527679577.ch4>.
- Bates, S. S., Worms, J., Smith, J. C. 1993. Effects of ammonium and nitrate on growth and domoic acid production by *Nitzschia pungens* in batch culture. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50:1248-54.
- Batista, I. R., Garcia, A. B., Dalen, P. V. Kamermans, P., Verdegem, M., Smaal, A. C. 2015. Culturing Chaetoceros muelleri using simplified media with different N sources: effects on production and lipid content. *Eur. J. Phycol.*, 50: 92-99. DOI: 10.1080/09670262.2014.994137.
- Creswell, L. 2010. Phytoplankton culture for aquaculture feed. *Southern Regional Aquaculture Center Publication No. 5004*. September 2010.
- Davidovich, N. A., Davidovich, O. I., Podunai, Y. A., Shoreenko, K. I., Kulikovskii, M. S. 2015. Reproductive properties of diatoms significant for their cultivation and biotechnology. *Russian Journal of Plant Physiology*. 62(2): 153-160.
- Dixit, S. S., Smol, J. P., Kingston, J. C., Charles, D. F. 1992. Diatoms: powerful indicators of environmental change. *Environ. Sci. Technol.* 26(1): 23-33.
- Du, Y., Hsu, S. B., Lou, Y. 2014. Multiple steady-states in phytoplankton population induced by photoinhibition. *J. Differential Equations*. 258:2408-2434. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jde.2014.12.012>.
- Duerksen, S. W., Thlemann, G. W., Budge, S. M., Poulin, M., Niemi, A., Michel, C. 2014. Large, omega-3 rich, pelagic diatoms under Arctic Sea ice: sources and implications for food webs. *PLoS ONE*. 9(12): 1-18. DOI: 10.1371/journal.pone.0114070.
- Eppley, R. W., Thomas, W. H. 1969. Comparison of half-saturation constants for growth and nitrate uptake of marine phytoplankton. *J. Phycol.* 5:375-379.
- Glover, T., Mitchell, K. 2016. *An Introduction to Biostatistic Third Edition*. Illinois (US): Waveland Press, Inc.

- Gotelli, N. J. 2001. *A Primer of Ecology Third Edition*. Massachusetts (US): Sinauer Associates, Inc.
- Guillard, R. R. L., Sieracki, M.S. 2005. Counting cells in cultures with the light microscope. Di dalam: Andersen RA, editor. *Algal Culturing Techniques*. Burlington (US): Elsevier Academic Press. p 239-252.
- Helm, M. M., Bourne, N., Lovatelli, A. 2004. *Hatchery Culture of Bivalves – A Practical Manual* (FAO Fisheries Technical Paper 471). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Kumaran, J., Jose, B., Joseph, V., Singh, I. S. B. 2016. Optimization of growth requirements of marine diatom *Chaetoceros muelleri* using Response Surface Methodology. *Aquaculture Research*. 1-12. DOI: 10.1111/are.12987.
- Langhans, R. W, Tibbitts, T. W. 1997. *Plant Growth Chamber Handbook*. Iowa (US): Agriculture Information Services, Iowa State University.
- Noerdjito, D. R. 2017. Perkembangan, produksi, dan peran kultur mikroalga laut dalam industri. *Oseana*. 42(1):18-27. DOI: doi.org/10.14203/oseana.2017.Vol.42No.1.35.
- Nybakken, J. W., Bertness, M. D. 2005. *Marine Biology: an Ecological Approach 6th Edition*. San Fracisco (US): Pearson Benjamin Cummings.
- Pal, S. W., Singh, N. K., Azam, K. 2013. Evaluation of Relationship between light intensity (lux) and growth of *Chaetoceros muelleri*. *Oceanography*. 1(3):1-4. DOI: http://dx.doi.org/10.4172/2332-2632.1000111.
- Reynolds, C. S. 2006. *The Ecology of Phytoplankton*. Cambridge (UK): Cambridge University Press.
- Serôdio, J., Lavaud, J. 2020. Diatoms and their ecological importance. In: Leal Filho, W., Azul, A.M., Brandli, L., Lange Salvia, A., Wall, T. (eds) *Life Below Water. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals*. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-71064-8_12-1
- Schmidt, G. 1983. Note on the effect of high nitrate concentration and light intensity in the growth and uptake rates of *Phaeodactylum tricornutum* (Bohlin) culture. *Bolm Inst. Oceanogr. S Paulo*. 32(1):91-98.
- Tantanasarit, C., Englande, A. J., Babel, S. 2013. Nitrogen, phosphorus and silicon uptake kinetics by marine diatom *Chaetoceros calcitrans* under high nutrient concentrations. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 446: 67-75. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jembe.2013.05.004.
- Velasco, L. A., Carrera, S., Barros, J. 2016. Isolation, culture and evaluation of *Chaetoceros muelleri* from the Caribbean as food for the native scallops, *Argopecten nucleus* and *Nodipecten nodosus*. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 44(3): 557-568. DOI: 10.3856/vol44-issue3-fulltext-14.
- Wada, E., Hattori, A. 1978. Nitrogen isotope effects in the assimilation of inorganic nitrogenous compounds by marine diatoms. *Geomicrobiology Journal*. 1(1):85-101.
- Yi, Z., Xu, M., Di, X., Brynjolfsson, S., Fu, W. 2017 Exploring valuable lipids in diatoms. *Front. Mar. Sci.* 4(17):1-10. doi: 10.3389/fmars.2017.00017