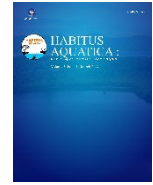




Habitus Aquatica

Journal homepage:

<http://journal.ipb.ac.id/index.php/habitusaquatica>



Pertumbuhan *Chlorella* sp. dan *Dunaliella* sp. pada intensitas cahaya yang berbeda *Growth of Chlorella sp. and Dunaliella sp. at different light intensities*

Ega Hana Masitoh^{1*}, Bambang Widigdo², Niken Tunjung Murti Pratiwi²

¹Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor, 16680, Indonesia

²Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor, 16680, Indonesia

Received 23 Mei 2024 Received in revised 18 Agustus 2024 Accepted 20 Agustus 2024

ABSTRAK

Pertumbuhan fitoplankton, seperti *Chlorella* sp. dan *Dunaliella* sp. dipengaruhi oleh intensitas cahaya. Penelitian bertujuan untuk menganalisis keterkaitan antara kepadatan *Chlorella* sp. dan *Dunaliella* sp. dengan besar intensitas cahaya yang berbeda. Kedua jenis fitoplankton tersebut ditumbuhkan pada intensitas cahaya 1000 lux, 3000 lux, dan 7000 lux. Sumber pencahayaan didapat dari lampu pendah putih (*cool daylight* TLD). Kepadatan diamati setiap hari selama 10 hari menggunakan haemocytometer. Analisis data dilakukan untuk menganalisis signifikansi antara pertumbuhan sel pada kondisi intensitas cahaya yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kepadatan *Chlorella* sp. dan *Dunaliella* sp. tertinggi didapatkan pada intensitas cahaya 1000 lux, ($4,8 \times 10^6$ sel/mL dan $1,33 \times 10^6$ sel/mL) sedangkan kepadatan terendah didapatkan pada intensitas cahaya 7000 lux. Kepadatan *Chlorella* sp. Lebih dipengaruhi oleh ortofosfat, sedangkan *Dunaliella* sp. lebih dipengaruhi oleh keberadaan nitrat. Secara umum tampak bahwa perbedaan intensitas cahaya berpengaruh secara signifikan terhadap kepadatan *Chlorella* sp. dan *Dunaliella* sp.

Kata kunci: intensitas cahaya, kultur, mikroalgae

ABSTRACT

Phytoplankton growth, such as *Chlorella* sp. and *Dunaliella* sp. is influenced by light intensity. The study aims to analyze the relationship between the density of *Chlorella* sp. and *Dunaliella* sp. with different light intensities. Both types of phytoplankton were grown at light intensities of 1000 lux, 3000 lux, and 7000 lux. The lighting source was obtained from a white, fluorescent lamp (*cool daylight* TLD). Density was observed every day for ten days using a hemocytometer. Data analysis was carried out to analyze the significance of cell growth at different light-intensity conditions. The results showed that the highest density of *Chlorella* sp. and *Dunaliella* sp. was obtained at a light intensity of 1000 lux (4.8×10^6 cells/mL and 1.33×10^6 cells/mL), while the lowest density was obtained at a light intensity of 7000 lux. The density of *Chlorella* sp. was more influenced by orthophosphate, while *Dunaliella* sp. was more influenced by the presence of nitrate. In general, it appears that differences in light intensity have a significant effect on the density of *Chlorella* sp. and *Dunaliella* sp.

Keywords: culture, light intensities, microalgae

1. Pendahuluan

Fitoplankton atau mikroalgae melakukan fotosintesis dengan mengkonversi energi cahaya dan karbon dioksida (CO₂) menjadi biomassa. Beberapa fitoplankton yang sering dijumpai terdiri dari Diatom, Dinoflagellata, Chlorophyceae, dan Cyanophyceae (Raja *et al.* 2014). Fitoplankton memiliki peran penting dalam ekosistem perairan, baik perairan pesisir dan laut, serta perairan tawar, seperti kolam dan danau (Salmaso *et al.* 2015). Tambak merupakan salah satu ekosistem buatan di wilayah pesisir, yang sesuai dengan tipe operasionalnya, masih memerlukan kinerja fitoplankton (Widiatmaka *et al.* 2016). Salah satu peran dari fitoplankton pada tipe tambak konvensional adalah sebagai sumber pakan alami bagi udang, terutama udang stadium pasca larva (Pachiappan *et al.* 2015). Fitoplankton juga dapat memperbaiki kualitas air (Budiardi *et al.* 2007). Hal ini membuat keberadaan fitoplankton dalam tambak menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi produktivitas udang.

Salah satu kelompok fitoplankton yang keberadaannya dibutuhkan dalam tambak udang adalah Chlorophyceae, seperti *Chlorella* dan *Dunaliella*. Kedua jenis ini dapat hidup pada salinitas tinggi, sehingga dapat ditemukan di air tambak dengan salinitas lebih dari 35 ppt. *Chlorella* sp. dan *Dunaliella* sp. dapat menjadi sumber makanan yang bernutrisi bagi udang dan dapat meningkatkan derajat kelangsungan hidup udang melalui peningkatan daya tahan tubuh (Pakravan *et al.* 2018; Félix *et al.* 2017). *Chlorella* sp. dan *Dunaliella* sp. juga dapat meningkatkan kualitas air tambak. Kedua fitoplankton dapat mengurangi konsentrasi nutrisi terlarut berupa nitrit (NO₂) dan *total ammonia nitrogen* (TAN) yang bersifat racun bagi udang (Kumar *et al.* 2015; Andreotti *et al.* 2019).

Keberadaan fitoplankton dipengaruhi oleh intensitas cahaya. Intensitas cahaya menggambarkan jumlah foton yang diserap bidang dengan luas tertentu. Intensitas cahaya yang terlalu rendah ataupun terlalu tinggi dapat menghambat pertumbuhan fitoplankton.

Peristiwa ini disebut dengan *photolimitation* dan *photoinhibition* (Metsoviti *et al.* 2019). Selain itu, fitoplankton yang terpapar cahaya berintensitas tinggi akan lebih rentan terhadap dampak buruk cahaya UV. Cahaya UV, terutama cahaya UVB, dapat merusak protein dan DNA sel, menghambat fotosintesis dan penyerapan nutrisi, serta mengubah komposisi biokimia sel (Gao *et al.* 2007).

Kelangsungan hidup dan kepadatan fitoplankton pada tambak tidak terlepas dari pengaruh intensitas cahaya. Untuk memperoleh manfaat dari keberadaan fitoplankton pada tambak secara optimal, pengaturan intensitas cahaya diperlukan. Pengaturan intensitas cahaya ini diharapkan dapat mendukung pertumbuhan fitoplankton. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perbedaan intensitas cahaya terhadap kepadatan fitoplankton dari jenis *Chlorella* sp. dan *Dunaliella* sp..

2. Metodologi

2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan April sampai Juni 2020. Percobaan kultur fitoplankton dilakukan di Laboratorium Riset Plankton dan analisis kualitas air dilakukan di Laboratorium Produktivitas dan Lingkungan Perairan, Divisi Produktivitas dan Lingkungan Perairan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

2.2. Persiapan dan Pengumpulan Data

Ruang dan alat yang digunakan untuk kegiatan kultur dipersiapkan dalam keadaan steril. Rak kultur, meja kultur, dan bagian di sekitarnya disterilisasi dengan penyemprotan alkohol 97%. Sterilisasi alat gelas dilakukan melalui pencucian menggunakan larutan HCl 10%, pembilasan dengan air, dan dilakukan sterilisasi kering menggunakan oven dengan suhu 170 °C. Sterilisasi media kultur dilakukan dengan autoklaf. Kualitas air yang diukur selama kegiatan kultur adalah suhu, pH, dan salinitas.

Media budidaya fitoplankton yang digunakan

dalam penelitian ini adalah media air laut buatan provasoli (Provasoli *et al.* 1957). Bibit awal *Chlorella* sp. dan *Dunaliella* sp. diperoleh dari pengembangbiakan stok yang telah disiapkan di Laboratorium Riset Plankton. Masing-masing jenis dikembangkan dalam media yang terpisah. Pemeliharaan stok dilakukan di ruangan ber-AC yang menerima cahaya lampu berintensitas 685 lux. Suhu ruangan berada pada rentang 24–25 °C. Penyiapan bibit awal dilakukan hingga kepadatan masing-masing jenis mencapai setidaknya $1,0 \times 10^7$ sel/mL.

Kultur fitoplankton dilakukan dalam sembilan stoples kaca; masing-masing berisi 1 liter kultur multispecies yang setiap spesies setidaknya berjumlah $1,0 \times 10^6$ sel/mL. Perlakuan yang diberikan adalah A1 (intensitas pencahayaan 1000 lux), A2 (3000 lux), dan A3 (7000 lux). Besar intensitas pencahayaan didasarkan pada rentang intensitas cahaya matahari di wilayah pesisir (Fauziah *et al.* 2019).

Kesembilan stoples kaca berisi kultur disusun di rak kultur, dengan sumber pencahayaan berupa lampu pendar putih (*cool daylight fluorescent lamp*). Lampu ini memancarkan cahaya dan cahaya UV yang terdiri dari UVA, UVB, dan UVC. Intensitas cahaya UVA yang dipancarkan terukur sebesar 2,4%, UVB sebesar 0,05%, dan UVC sebesar 0,09% dari intensitas cahaya tampak (Cebula *et al.* 1995).

Penyusunan lampu dilakukan sebagai berikut: 1. Dua buah lampu pendar tubular putih berdaya 18 watt diposisikan 20 cm di atas mulut stoples kultur, untuk intensitas cahaya 1000 lux; 2. Empat buah lampu pendar tubular putih berdaya 18 watt diposisikan 20 cm di atas mulut stoples kultur, untuk intensitas cahaya 3000 lux; 3. Sebuah lampu pendar tubular putih berdaya 65 watt diposisikan 10 cm di atas mulut stoples kultur, untuk intensitas cahaya 7000 lux.

Rancangan percobaan yang dipilih dalam penelitian adalah rancangan acak lengkap (RAL) *in time*. Kegiatan kultur dilakukan selama 10 hari dengan suhu ruangan diatur pada rentang 25–27 °C selama waktu pemeliharaan. Pengurangan volume akibat evaporasi dikontrol dengan penambahan media baru hingga volume

semula. Nutrien dianalisis di awal, tengah, serta akhir periode kultur. Kepadatan fitoplankton dicacah setiap hari menggunakan haemocytometer, dan dihitung menggunakan formula (IOC 2010).

$$N = \frac{n}{\text{jumlah kotak yang diamati}} \times 10^4$$

Keterangan:

N : kepadatan fitoplankton (sel/mL)

n : jumlah total fitoplankton yang diamati

2.3. Analisis Data

Perhitungan laju pertumbuhan dilakukan menggunakan formula Gómez *et al.* (2017) berikut $K = \frac{(\ln N_t - \ln N_0)}{t}$. K merupakan laju pertumbuhan (hari^{-1}), N_t adalah kepadatan pada hari ke- t (sel), N_0 merupakan kepadatan pada hari ke-0 (sel), dan t adalah selang waktu antara hari ke-0 dan hari ke- t (hari).

Doubling time menggambarkan waktu yang diperlukan fitoplankton untuk mencapai jumlah sel sebesar dua kali lipat jumlah sel awal. *Doubling time* dihitung menggunakan formula Hossain dan Mahlia (2019). Uji normalitas dilakukan untuk mendapatkan gambaran mengenai distribusi data penelitian. Uji normalitas yang dipakai adalah Kolmogorov–Smirnov (KS) (Drezner *et al.* 2010). Uji homogenitas dilakukan untuk menentukan sama atau tidaknya ragam suatu kelompok data. Persamaan uji Levene (W) (Lee *et al.* 2010) adalah sebagai berikut

$$W = \frac{(N-k) \sum_{i=1}^k n_i (Z_i - Z)^2}{(k-1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (z_{ij} - Z_i)^2}$$

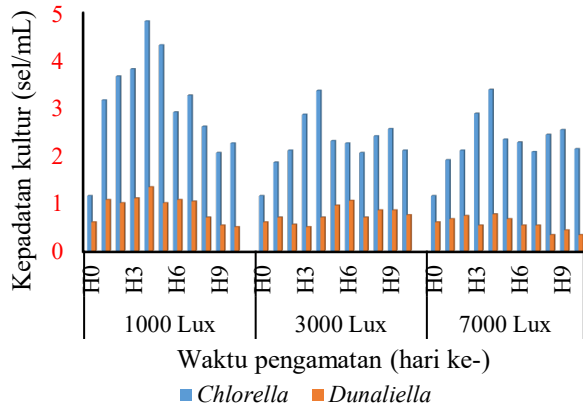
Selain itu dilakukan analisis ragam rancangan acak lengkap (RAL) *in time* serta uji korelasi Pearson.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

Gambar 1 menunjukkan bahwa kepadatan tertinggi sel *Chlorella* sp. didapatkan pada perlakuan intensitas cahaya 1000 lux, diikuti perlakuan 7000 lux dan 3000 lux. Puncak kepadatan terjadi di hari ke-4 pengamatan. Sementara, kepadatan sel *Dunaliella* sp.

tertinggi, juga terjadi pada perlakuan 1000 lux, namun dengan jumlah capaian yang relatif jauh lebih rendah dari *Chlorella*.



Gambar 1. Kepadatan kultur *Chlorella* sp. dan *Dunaliella* sp..

Nilai rata-rata suhu terukur sebesar $25,8 \pm 0,4$ °C, pH sebesar 8,1, dan salinitas sebesar 28 ppt. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa ketiga parameter berada di rentang nilai yang sesuai untuk kultur *Chlorella* sp. Singh dan Singh (2015) menyatakan bahwa *Chlorella* sp. dapat tumbuh pada suhu 22 °C–30 °C, dengan suhu optimal sebesar 25 °C. Produksi *Chlorella* sp. akan tinggi pada pH basa (7–9) (Gong *et al.* 2014). Sementara, salinitas yang sesuai untuk kultur *Chlorella* sp. adalah sebesar 25–30 ppt (Singh and Singh 2015).

Ketiga parameter juga berada pada rentang nilai yang sesuai untuk kultur *Dunaliella* sp. Kusdarwati *et al.* (2019) menyatakan bahwa *Dunaliella* sp. tumbuh dengan baik pada suhu 25–30 °C dan pH 8–9. *Dunaliella* sp. dapat tumbuh pada salinitas 20–40 ppt, dengan rentang optimal sebesar 25–35 ppt (Setiasih *et al.* 2020).

Laju pertumbuhan (K) dan *doubling time* (T_d) masing-masing jenis fitoplankton disajikan dalam Tabel 1. Laju pertumbuhan *Chlorella* sp. tertinggi dan *doubling time* terpendek terdapat pada perlakuan intensitas 3000 lux. Sementara, untuk *Dunaliella* sp. terdapat pada perlakuan 7000 lux.

Tabel 1. Laju pertumbuhan (K) dan *doubling time* (T_d) hasil kultur.

Perlakuan	<i>Chlorella</i> sp.		<i>Dunaliella</i> sp.	
	K (hari ⁻¹)	T_d (hari)	K (hari ⁻¹)	T_d (hari)
1000 lux	0,226	3,072	0,144	4,819
3000 lux	0,257	2,697	0,339	2,042
7000 lux	0,256	2,708	0,363	1,910

Data kepadatan *Chlorella* sp. dan *Dunaliella* sp. berdistribusi normal ($\alpha = 0,178; 0,014$) serta tidak homogen ($\alpha = 0,000; 0,000$). Selanjutnya, hasil uji F menunjukkan bahwa perlakuan mempengaruhi kepadatan *Chlorella* sp. ($\alpha = 0,000$) dan *Dunaliella* sp. ($\alpha = 0,000$).

Pengaruh perlakuan kemudian diuji lanjut menggunakan uji Games-Howell untuk mengukur signifikansinya. Baik kepadatan *Chlorella* sp. maupun *Dunaliella* sp. pada perlakuan 1000 lux tidak berbeda nyata dengan perlakuan 3000 lux, tetapi berbeda nyata dari perlakuan 7000 lux. Intensitas cahaya yang berbeda secara signifikan dapat dikelompokkan menjadi intensitas cahaya rendah dan tinggi. Kepadatan *Chlorella* sp. dan *Dunaliella* sp. relatif lebih tinggi pada intensitas cahaya rendah daripada intensitas cahaya tinggi. Kepadatan kedua fitoplankton berbeda secara signifikan pada kedua kelompok intensitas.

Hasil uji F menunjukkan bahwa waktu berpengaruh terhadap kepadatan *Chlorella* sp. ($\alpha = 0,000$). Selanjutnya, berdasarkan hasil uji lanjut Games-Howell tampak bahwa berdasarkan waktu pengamatan, kepadatan *Chlorella* sp. dapat dikelompokkan secara nyata pada waktu pengamatan awal, tengah, dan akhir. Kepadatan tertinggi secara berurutan terdapat pada waktu pengamatan tengah, waktu pengamatan akhir, dan waktu pengamatan awal. Hasil uji lanjut Games-Howell menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan antarwaktu terhadap kepadatan *Dunaliella* sp.

Nutrien yang diukur selama kegiatan kultur mengalami fluktuasi, seperti pada Tabel 2. Konsentrasi ortofosfat dan nitrit pada semua

Tabel 2. Nilai rata-rata nutrisi selama pengamatan.

Perlakuan	Ortofوسفат mg.L ⁻¹	Amonia mg.L ⁻¹	Nitrit mg.L ⁻¹	Nitrat mg.L ⁻¹	
1000 Lux	Awal	2.358	0.210	1.071	0.489
	Tengah	1.494	0.186	1.034	0.456
	Akhir	1.335	0.199	1.004	0.671
3000 Lux	Awal	2.404	0.195	1.025	0.548
	Tengah	1.678	0.193	1.001	0.361
	Akhir	1.296	0.168	0.955	0.612
7000 Lux	Awal	2.700	0.133	1.034	0.582
	Tengah	1.465	0.163	1.063	0.481
	Akhir	1.389	0.170	0.990	0.404

Tabel 3. Hubungan konsentrasi nutrisi dengan kepadatan fitoplankton.

Fitoplankton	Korelasi	Ortofوسفат	Amonia	Nitrit	Nitrat
<i>Chlorella</i> sp.	r	-0,54	0,19	-0,14	-0,37
	α	0	0,34	-0,49	0,6
<i>Dunaliella</i> sp.	r	-0,04	0,18	0,07	-0,39
	α	0,86	0,36	0,72	0,04

perlakuan mengalami penurunan dari waktu ke waktu. Konsentrasi amonia pada perlakuan 1000 lux dan 3000 lux mengalami penurunan, namun naik di akhir waktu pengamatan pada perlakuan 7000 lux. Fluktuasi nitrat relatif sama pada perlakuan 1000 lux dan 3000 lux, namun berbeda pada perlakuan 7000 lux.

Terdapat keterkaitan yang erat antara konsentrasi nutrisi dengan kepadatan *Chlorella* sp. Nutrien yang terdiri dari ortofوسفат, amonia, nitrit, dan nitrat memberikan pengaruh secara simultan terhadap kepadatan *Chlorella* sp. ($\alpha = 0,000$). Secara terpisah, nutrisi yang memberikan pengaruh signifikan adalah ortofوسفат ($\alpha = 0,000$) dan nitrat ($\alpha = 0,001$). Persamaan hubungan konsentrasi nutrisi (X) dengan kepadatan *Chlorella* sp. (Y) adalah $Y = -2,379 - 1,272 \text{ Ortofوسفат} + 12,984 \text{ Amonia} + 6,934 \text{ Nitrit} - 5,083 \text{ Nitrat}$.

Hal tersebut tidak tampak pada *Dunaliella* sp. yang memiliki keterkaitan relatif renggang. Nutrien secara simultan tidak memberikan pengaruh terhadap kepadatan *Dunaliella* sp. ($\alpha = 0,118$), tetapi secara satuan nitrat memberikan pengaruh signifikan terhadap kepadatan

Dunaliella sp. ($\alpha = 0,015$). Persamaan hubungan konsentrasi nutrisi (X) dengan kepadatan *Dunaliella* sp. (Y) adalah $Y = -0,302 - 0,008 \text{ Ortofوسفат} + 2,982 \text{ Amonia} + 1,106 \text{ Nitrit} - 1,365 \text{ Nitrat}$.

Nilai negatif dari koefisien ortofوسفат dan nitrat pada persamaan kedua jenis fitoplankton menunjukkan bahwa kedua nutrisi memiliki hubungan linear negatif dengan kepadatan fitoplankton. Dengan kata lain, penurunan konsentrasi nutrisi diikuti oleh kenaikan kepadatan fitoplankton.

Hasil analisis hubungan konsentrasi nutrisi dengan kepadatan *Chlorella* sp. dan *Dunaliella* sp. Juga ditunjukkan dari nilai korelasi Pearson (r) (Tabel 3). Terlihat adanya hubungan yang signifikan antara konsentrasi ortofوسفат dengan kepadatan *Chlorella* sp. ($\alpha = 0,00$) dan konsentrasi nitrat dengan kepadatan *Dunaliella* sp. ($\alpha = 0,04$).

3.2. Pembahasan

Cahaya dapat berupa partikel dan gelombang. Cahaya sebagai partikel terdiri dari foton-foton yang mengandung energi, yang jika diterima oleh permukaan dengan luas tertentu dapat

disebut sebagai intensitas cahaya. Semakin banyak foton yang diterima suatu luasan permukaan, semakin tinggi intensitas cahaya yang terukur (Metsoviti *et al.* 2019).

Intensitas cahaya memengaruhi kelangsungan hidup fitoplankton karena fitoplankton melakukan fotosintesis yang mengubah energi cahaya menjadi energi kimia. Fotosintesis berlangsung di membran tilakoid di dalam organel sel yang disebut kloroplas (Wimalasekera 2019).

Foton yang diterima oleh kloroplas digunakan untuk mereduksi *nicotinamide adenine dinucleotide phosphate* (NADP⁺) menjadi *nicotinamide adenine dinucleotide phosphate* (NADPH) dan memproduksi *adenosine triphosphate* (ATP) pada reaksi terang. Proses pemecahan molekul air pada reaksi terang melepaskan oksigen (O₂). NADPH dan ATP selanjutnya digunakan untuk mengubah CO₂ menjadi karbohidrat pada reaksi gelap. Karbohidrat hasil reaksi gelap dimanfaatkan sel fitoplankton sebagai sumber energi untuk tumbuh dan menambah biomassa (Wimalasekera 2019).

Cahaya sebagai parameter penting yang dibutuhkan dalam fotosintesis fitoplankton memerlukan manajemen untuk memaksimalkan produksi udang. Suhu, pH, dan salinitas media kultur dipertahankan dalam kondisi optimal selama pengamatan agar kultur *Chlorella* sp. dan *Dunaliella* sp. dapat hidup. Hal ini dikarenakan komposisi dan proses biokimia dalam sel fitoplankton dipengaruhi oleh ketiga parameter tersebut.

Suhu yang terukur selama pengamatan adalah sebesar 25,8±0,4 °C. Hal ini menunjukkan bahwa suhu kultur optimal (Ras *et al.* 2013). *Chlorella* sp. tumbuh dengan baik pada salinitas 25–30 ppt (Singh and Singh 2015), sedangkan *Dunaliella* pada salinitas 25–35 ppt (Setiasih *et al.* 2020). Media kultur memiliki pH sebesar 8,1±0,00 dan salinitas sebesar 28 ppt. Kedua fitoplankton tumbuh dengan baik pada pH basa, yang merupakan rentang pH dan salinitas optimal bagi keduanya (Gong *et al.* 2014; Kusdarwati *et al.* 2019).

Kurva pertumbuhan fitoplankton secara umum terdiri dari lima fase, yaitu fase lag, fase eksponensial, fase penurunan laju pertumbuhan relatif, fase stasioner, dan fase kematian (Fateme dan Mohsen 2016). Fase yang nampak pada kurva pertumbuhan dapat berbeda berdasarkan jeda waktu pengamatan. Fase pertumbuhan yang nampak selama pengamatan adalah fase lag, eksponensial, dan kematian.

Sejumlah kecil kenaikan dan penurunan kepadatan sel dapat teramati pada fase lag. Hal ini disebabkan karena sel sedang beradaptasi. Fase eksponensial ditandai dengan peningkatan jumlah sel sebagai fungsi dari waktu *t*. Peningkatan jumlah sel dapat digambarkan oleh fungsi logaritma: $N_t = N_0 \times e^{kt}$ dengan N_t dan N_0 mewakili kepadatan sel pada waktu *t* dan 0, serta *k* mewakili laju pertumbuhan. Fase kematian menunjukkan kepadatan sel yang menurun drastis. Hal ini disebabkan laju kematian sel lebih tinggi daripada laju pertumbuhan.

Kepadatan sel *Chlorella* sp. pada semua perlakuan mengalami kenaikan mulai dari hari ke-0 hingga hari ke-4. Kepadatan tertinggi didapatkan pada perlakuan pada semua perlakuan tercatat pada hari ke-4. Kepadatan sel mengalami penurunan pada hari ke-5 dan mengalami sejumlah kecil kenaikan pada hari selanjutnya sebelum laju kematian melebihi laju pertumbuhan sel. Kepadatan sel *Dunaliella* sp. tertinggi tercatat di hari ke-6 pada perlakuan intensitas cahaya 1000 lux. Kepadatan sel *Dunaliella* sp. pada hari berikutnya mengalami penurunan. Hal ini menandakan sel mengalami fase kematian.

Fase eksponensial merupakan fase pertumbuhan terproduktif. Waktu yang dibutuhkan sel fitoplankton untuk melipatgandakan jumlahnya disebut *doubling time*. Semakin tinggi laju pertumbuhan, makin pendek waktu yang dibutuhkan sel untuk melipatgandakan jumlahnya. *Doubling time* memiliki hubungan erat dengan konsentrasi nutrisi dan laju pertumbuhan sel (Hossain dan Mahlia 2019).

Laju pertumbuhan sel *Chlorella* sp. pada penelitian berkisar 0,226–0,257/hari dan

doubling time berkisar 2,697–3,072 hari. Penelitian yang dilakukan (Satriaji *et al.* 2016) menunjukkan laju pertumbuhan sel *Chlorella* sp. pada intensitas cahaya 4000 lux dan 5000 lux secara berurutan sebesar 0,25/hari dan 0,26/hari. Laju pertumbuhan sel *Dunaliella* sp. pada penelitian berkisar 0,144–0,363/hari dan *doubling time* berkisar 4,819–1,910 hari. Menurut Kawaroe *et al.* (2009), rata-rata laju pertumbuhan sel *Dunaliella* sp. pada intensitas cahaya 2000 lux sebesar 0,329/hari.

Ketiga perlakuan intensitas cahaya memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kepadatan sel kedua jenis fitoplankton. Rata-rata kepadatan sel *Chlorella* sp. tertinggi didapatkan pada intensitas cahaya 1000 lux yang berbeda secara signifikan dengan kepadatan terendah pada intensitas cahaya 7000 lux.

Penelitian yang dilakukan oleh Lu *et al.* (2013) menyatakan bahwa *Chlorella* sp. yang dikultur pada intensitas cahaya 3000 lux memiliki kepadatan terendah di antara sel *Chlorella* sp. yang dikultur pada intensitas cahaya 600–2000 lux. Hasil yang sama juga ditunjukkan oleh penelitian yang dilakukan oleh Rai *et al.* (2015) yang menunjukkan bahwa kepadatan *Chlorella* sp. yang dikultur pada intensitas cahaya 3300 lux memiliki kepadatan terendah dibandingkan kepadatan *Chlorella* sp. pada intensitas cahaya 2100–2700 lux.

Rata-rata kepadatan sel *Dunaliella* sp. tertinggi berada pada intensitas cahaya 1000 lux dan berbeda secara signifikan dengan kepadatan pada intensitas cahaya 7000 lux. Rendahnya kepadatan sel *Dunaliella* sp. pada intensitas cahaya tinggi juga ditunjukkan oleh penelitian Daiya *et al.* (2014). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kepadatan sel *Dunaliella* sp. pada intensitas 3500 lux relatif lebih rendah daripada kepadatan sel *Dunaliella* sp. di intensitas cahaya 2500 lux.

Rendahnya kepadatan sel *Chlorella* sp. dan *Dunaliella* sp. pada intensitas cahaya 3000 lux dan 7000 lux dapat disebabkan oleh penurunan laju fotosintesis akibat efek penghambatan cahaya atau *photoinhibition* (Metsoviti *et al.*

2019).. Laju fotosintesis dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang diterima membran tilakoid melalui pigmen yang disebut klorofil. Laju fotosintesis akan meningkat secara proporsional dengan peningkatan intensitas cahaya. Namun, intensitas cahaya yang terlalu tinggi dapat merusak klorofil sehingga laju fotosintesis melambat.

Kandungan klorofil *Chlorella* sp. dan *Dunaliella* sp. dipengaruhi oleh intensitas cahaya (Seepratoomrosh *et al.* 2016; Pisal dan Lele 2005). Berdasarkan Seepratoomrosh *et al.* (2016), kandungan klorofil *Chlorella* sp. berkurang pada intensitas cahaya lebih dari 3700 lux. Sementara, Pisal dan Lele (2005) menyatakan bahwa kandungan klorofil *Dunaliella* sp. berkurang pada intensitas cahaya lebih dari 2300 lux.

Di samping itu, intensitas cahaya tinggi juga dapat menghambat pertumbuhan sel fitoplankton dengan mengubah morfologi sel fitoplankton, seperti ukuran sel serta rasio antara luas permukaan dan volume sel fitoplankton. Tingkat penyerapan nutrisi oleh sel dipengaruhi oleh dua parameter morfologi tersebut (Finkel *et al.* 2010). Sebagaimana yang dikekmukakan oleh Charalampous *et al.* (2018), bahwa sel fitoplankton mengalami peningkatan ukuran dan penurunan rasio luas permukaan dengan volume sel pada intensitas cahaya lebih dari 5328 lux. Hal tersebut menyebabkan terjadinya penurunan laju penyerapan nutrisi oleh sel fitoplankton.

Nutrien merupakan senyawa anorganik yang dibutuhkan fitoplankton bagi kelangsungan hidupnya. Fosfor dan nitrogen merupakan nutrisi utama yang dibutuhkan fitoplankton. Fosfor dibutuhkan fitoplankton untuk pertumbuhan dan pembelahan sel, dan setidaknya harus tersedia sebanyak 0,03–0,06% dari total media agar pertumbuhan sel fitoplankton terdukung. Ortofosfat (PO_4^{3-}) merupakan bentuk fosfor terlarut yang dapat secara langsung disintesis oleh fitoplankton.

Hasil pengukuran konsentrasi ortofosfat dalam penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi ortofosfat selama waktu penumbuhan fitoplankton sebesar 1,276–2,734

mg/L. Menurut Rumanti *et al.* (2014), konsentrasi fosfat yang optimal bagi fitoplankton berkisar 0,27–5,51 mg/L. Fosfat akan menjadi faktor pembatas pertumbuhan fitoplankton pada konsentrasi di bawah 0,02 mg/L.

Nitrogen merupakan nutrisi makro bagi fitoplankton selain fosfor. Nitrogen dimanfaatkan fitoplankton dalam sintesis protein, lipid, dan karbohidrat. Fitoplankton memanfaatkan nitrogen dalam bentuk amonia (NH_4^+), nitrit (NO_2^-), dan nitrat (NO_3^-) (Yaakob *et al.* 2021).

Konsentrasi amonia media selama proses kultur sebesar 0,132–0,217 mg/L. Konsentrasi amonia tidak boleh melebihi 25 μM atau 0,89 mg/L karena akan bersifat toksik bagi fitoplankton. Konsentrasi nitrit media selama kultur sebesar 0,954–1,074 mg/L dan konsentrasi nitrat sebesar 0,356–0,676 mg/L. Konsentrasi nitrat pada media penelitian berada pada rentang konsentrasi nitrat perairan pesisir dengan kepadatan fitoplankton tinggi tanpa adanya *blooming* spesies tertentu, yaitu sebesar 0,2–0,7 mg/L (Paiki dan Kalor 2017).

Berdasarkan fakta bahwa kultur fitoplankton memanfaatkan nutrisi selama penumbuhannya. Hal tersebut ditunjukkan melalui hasil uji korelasi Pearson yang mencerminkan adanya hubungan antara konsentrasi ortofosfat, amonia, nitrit, dan nitrat dengan kepadatan sel fitoplankton. Hubungan yang signifikan ditunjukkan oleh hubungan antara konsentrasi ortofosfat dengan kepadatan sel *Chlorella* sp. dan hubungan antara konsentrasi nitrat dengan kepadatan sel *Dunaliella* sp. Korelasi yang bernilai negatif menunjukkan bahwa konsentrasi ortofosfat mengalami penurunan saat terjadi peningkatan kepadatan sel *Chlorella* sp. dan konsentrasi nitrat mengalami penurunan saat terjadi peningkatan kepadatan sel *Dunaliella* sp.

Hasil uji regresi linier berganda juga menunjukkan terdapat hubungan antara konsentrasi nutrisi dengan kepadatan fitoplankton. Konsentrasi ortofosfat dan nitrat memberikan pengaruh signifikan terhadap kepadatan *Chlorella* sp. Adapun konsentrasi

nitrat memberikan pengaruh signifikan terhadap kepadatan *Dunaliella* sp. Koefisien kedua hubungan ini bernilai negatif. Hal ini menunjukkan bahwa kedua hubungan bersifat linear negatif.

Ortofosfat dan nitrat merupakan nutrisi utama yang memengaruhi pertumbuhan fitoplankton. Fosfor diperlukan dalam proses produksi lipid, pembentukan asam lemak, dan metabolisme sel. Fosfor menjadi senyawa esensial dalam produksi fosfolipid, DNA, RNA, dan ATP sel fitoplankton. Sementara, nitrogen dimanfaatkan fitoplankton dalam sintesis protein, lipid, dan karbohidrat (Yaakob *et al.* 2021).

Nitrogen dalam bentuk nitrat lebih banyak dimanfaatkan oleh fitoplankton dibandingkan amonia. Hal ini dikarenakan amonia bersifat kurang stabil terhadap perubahan pH (Yaakob *et al.* 2021). Fitoplankton yang ditumbuhkan dalam media yang mengandung nitrat dan nitrit menunjukkan kenaikan biomassa yang lebih tinggi dibandingkan dalam media yang hanya mengandung nitrit. Hal ini dapat disebabkan kandungan nitrogen pada nitrit tidak mencukupi karena tidak stabil selama waktu penumbuhan fitoplankton (Li *et al.* 2020).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan intensitas cahaya memengaruhi kepadatan fitoplankton secara nyata. Besar intensitas cahaya dapat diatur melalui peredupan menggunakan peranti, seperti plastik UV (Jaziri *et al.* 2018). Pengaturan intensitas cahaya ini diharapkan dapat mendukung pertumbuhan fitoplankton agar mencapai kepadatan yang dibutuhkan dan memaksimalkan produksi udang.

Fitoplankton memiliki peran penting dalam kegiatan produksi udang dan dapat memengaruhi keberhasilan produksi udang dalam tambak. Hal ini dikarenakan fitoplankton memengaruhi tingkat kelulushidupan udang pasca larva (Widiatmaka *et al.* 2016). Fitoplankton dari jenis *Chlorella* sp. dan *Dunaliella* sp. merupakan sumber senyawa esensial, seperti asam amino, vitamin, mineral, karbohidrat, serat, dan antioksidan (Sukri *et al.*

2016). Udang yang mengonsumsi dua jenis fitoplankton ini mengalami peningkatan daya tahan tubuh dan laju pertumbuhan, memiliki aktivitas enzim pencernaan dan komposisi asam lemak yang baik, serta mampu menoleransi keadaan hipoksia dan kandungan amonia air (Pakravan *et al.* 2018; Félix *et al.* 2017).

4. Kesimpulan

Perbedaan intensitas cahaya memengaruhi kepadatan *Chlorella* sp. dan *Dunaliella* sp. dengan kepadatan tertinggi didapatkan pada intensitas cahaya 1000 lux, masing-masing sebesar $4,8 \times 10^6$ sel/mL dan $1,33 \times 10^6$ sel/mL, sedangkan kepadatan terendah didapatkan pada intensitas cahaya 3000 lux untuk *Chlorella* sp. sebesar $3,35 \times 10^6$ sel/mL, serta pada 3000 lux untuk *Dunaliella* sp., sebesar $0,77 \times 10^6$ sel/mL.

Daftar pustaka

- Andreotti V, Alessandro S, Anuta C, Francesca M, Joan G. 2019. Growth of *Tetraselmis suecica* and *Dunaliella tertiolecta* in aquaculture wastewater: numerical simulation with the bio_algae model. *Wat. Air and Soil Poll.* 230(3):60. DOI:10.1007/s11270-019-4122-0.
- Budiardi T, Widyaya I, Wahjuningrum D. 2007. Hubungan komunitas fitoplankton dengan produktivitas udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di tambak biocrete. *JAI.* 6(2):119–25. DOI:10.19027/jai.6.119-125.
- Cebula TA, Henrikson TE, Hartman PE, Biggley WH. 1995. Reversion profiles of cool white fluorescent light compared with far ultraviolet light: homologies and differences. *Photochem. Photobiol.* 61(4):353–359. DOI:10.1111/j.1751-1097.1995.tb08622.x.
- Charalampous E, Matthiessen B, Sommer U. 2018. Light effects on phytoplankton morphometric traits influence nutrient utilization ability. *J. Plankton Res.* 40(5):568–579. DOI:10.1093/plankt/fby037.
- Daiya A, Singh GP, Saini RK. 2014. A comparative study on growth of *Spirulina platensis* and *Dunaliella salina* interacted by different photoperiod and temperatures. *J. Phytol. Res.* 27(1&2):25–31.
- Drezner Z, Turel O, Zerom D. 2010. A modified kolmogorov–smirnov test for normality. *Commun. Stat - Simul. Comput.* 39(4):693–704. DOI:10.1080/03610911003615816.
- Fatemeh L, Mohsen D. 2016. Effects of environmental factors on the growth, optical density and biomass of the green algae *Chlorella vulgaris* in outdoor conditions. *J. Appl. Sci. and Environ. Manage.* 20(1):133–139. DOI:10.4314/jasem.v20i1.16.
- Fauziah A, Bengen DG, Kawaroe M, Effendi H, Krisanti M. 2019. Hubungan antara ketersediaan cahaya matahari dan konsentrasi pigmen fotosintetik di perairan selat bali. *JITKT.* 11(1):37–48. DOI:10.29244/jitkt.v11i1.23108.
- Félix DM, Elías JAL, Córdova AIC, Córdova LRM, González AL, Jacinto EC, Aldaz NH, Mendoza FC, Zazueta MGB. 2017. Survival of *Litopenaeus vannamei* shrimp fed on diets supplemented with *Dunaliella* sp. is improved after challenges by *Vibrio parahaemolyticus*. *J. Invertebr. Pathol.* 148:118–123. DOI:10.1016/j.jip.2017.06.003
- Finkel ZV, Beardall J, Flynn KJ, Quigg A, Rees TAV, Raven JA. 2010. Phytoplankton in a changing world: cell size and elemental stoichiometry. *J. Plankton Res.* 32(1):119–137. DOI:10.1093/plankt/fbp098.
- Gao K, Li G, Helbling EW, Villafañe VE. 2007. Variability of uvr effects on photosynthesis of summer phytoplankton assemblages from a tropical coastal area of the South China Sea. *Photochem. Photobiol.* 83(4):802–9. DOI:10.1111/j.1751-1097.2007.00154.x.
- Gómez MP, Romeral JG, Martorell JC, Aroca AS. 2017. Direct spectrophotometric method to determine cell density of *Isochrysis galbana* in serial batch cultures from a larger scale fed-batch culture in exponential phase.

- Di dalam: Martorell JC, editor. Proceedings of MOL2NET 2017, International Conference on Multidisciplinary Sciences, 3rd Edition; 2017 Nov 27; Valencia, Spanyol. Spanyol: hlm 35–43. DOI:10.3390/mol2net-03-04632.
- Gong Q, Feng Y, Kang L, Luo M, Yang Y. 2014. Effects of light and pH on cell density of *Chlorella vulgaris*. Energy Procedia. 61:2012–2015. DOI:10.1016/j.egypro.2014.12.064.
- Hossain N, Mahlia TMI. 2019. Progress in physicochemical parameters of microalgae cultivation for biofuel production. Crit. Rev. Biotechnol. 39(6):835–859. DOI:10.1080/07388551.2019.1624945.
- Jaziri AA, Guntur G, Setiawan W, Prihanto AA, Kurniawan A. 2018. Preliminary design of a low-cost greenhouse for salt production in Indonesia. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 137:012054. DOI:10.1088/1755-1315/137/1/012054.
- Kawaroe M, Prartono T, Sunuddin A, Sari DW, Augustine D. 2009. Laju pertumbuhan spesifik *Chlorella* sp. dan *Dunaliella* sp. berdasarkan perbedaan nutrisi dan fotoperiode. JJIPPI. 16(1):73–77.
- Kumar D, Santhanam P, Jayalakshmi T, Nandakumar R, Ananth S, Devi AS, Prasath BB. 2015. Excessive nutrients and heavy metals removal from diverse wastewaters using marine microalga *Chlorella marina* (Butcher). Indian J. Mar. Sci. 44(1):97–103.
- Kusdarwati R, Akhyar M, Rahardja B. 2019. Pengaruh penambahan vitamin B pada media blotong 12 kering terhadap pertumbuhan populasi *Dunaliella salina*. JIPK. 3(1):73–77. DOI:10.20473/jipk.v3i1.11628.
- Lee HB, Katz GS, Restori AF. 2010. A monte carlo study of seven homogeneity of variance tests. J. Math. Stat. 6(3):359–366.
- Li S, Zheng X, Chen Y, Song C, Lei Z, Zhang Z. 2020. Nitrite removal with potential value-added ingredients accumulation via *Chlorella* sp. L38. Bioresour. Technol. 313. DOI:10.1016/j.biortech.2020.123743.
- Lu BL, Li MX, Qi L. 2013. The effect of light on the growth and product accumulation of *Chlorella*. Adv. Mat. Res. 724–725(2013):323–329. DOI:10.4028/www.scientific.net/AMR.724-725.323.
- Metsoviti MN, Papapolymerou G, Karapanagiotidis IT, Katsoulas N. 2019. Effect of light intensity and quality on growth rate and composition of *Chlorella vulgaris*. Plants. 9(1):1–17. DOI:10.3390/plants9010031.
- Pachiappan P, Prasath BB, Perumal S, Devi AS, Kumar SD. 2015. Isolation and culture of microalgae. Di dalam: Perumal P editor. Advances in Marine and Brackishwater Aquaculture. New Delhi: Springer India. hlm 1–15. DOI:10.1007/978-81-322-2271-2_1.
- Paiki K, Kalor J. 2017. Distribusi nitrat dan fosfat terhadap kepadatan fitoplankton di perairan pesisir Yapen Timur. J. Fish. Mar. Sci. 1(2):63–71.
- Pakravan S, Akbarzadeh A, Sajjadi MM, Hajimoradloo A, Noori F. 2018. *Chlorella vulgaris* meal improved growth performance, digestive enzyme activities, fatty acid composition and tolerance of hypoxia and ammonia stress in juvenile Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquac. Nutr. 24(1):594–604. DOI:10.1111/anu.12594.
- Pisal D, Lele S. 2005. Carotenoid production from microalga, *Dunaliella salina*. Indian J Biotechnol. 4:476–473.
- Provasoli L, McLaughlin JJA, Droop MR. 1957. The development of artificial media for marine algae. Archiv. Microbiol. 25:392–428. DOI: 10.1007/BF00446694
- Rai M, Gautam T, Sharma N. 2015. Effect of salinity, pH, light intensity on growth and lipid production of microalgae for bioenergy

- application. *Online J. Biol. Sci.* 15(4):260–267. DOI:10.3844/ojbsci.2015.260.267.
- Raja R, Shanmugam H, Ganesan V, Carvalho IS. 2014. Biomass from microalgae: an overview. *Oceanography.* 2(1):118–124. DOI:10.4172/2332-2632.1000118.
- Ras M, Steyer J, Bernard O. 2013. Temperature effect on microalgae: a crucial factor for outdoor production. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 12(2):153–164. DOI:10.1007/s11157-013-9310-6.
- Rumanti M, Rudiyaniti S, Nitisupardjo M. 2014. Hubungan antara kandungan nitrat dan fosfat dengan kepadatan fitoplankton di sungai bremsi Kabupaten Pekalongan. *MAQUARES.* 3(1):168–176. DOI:10.14710/marj.v3i1.4434.
- Salmaso N, Luigi NL, Judit P. 2015. Functional classifications and their application in phytoplankton ecology. *Freshw. Biol.* 60(4):603–619. DOI:10.1111/fwb.12520.
- Satriaji D, Zainuri M, Widowati I. 2016. Cultivated in different culture media and light intensity. *J. Teknol.* 78(4–2):27–31.
- Seepratoomrosh J, Pokethitiyook P, Meemam M, Yokthongwattana K, Yuan W, Pugkaew W, Kangvansaichol K. 2016. The effect of light stress and other culture conditions on photoinhibition and growth of *Dunaliella tertiolecta*. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 178(2):396–407. DOI:10.1007/s12010-015-1882-x.
- Setiasih I, Sabdono A, Pramesti R. 2020. Pengaruh salinitas terhadap pertumbuhan dan aktivitas antioksidan *Dunaliella salina* (Chlorophyceae: Dunaliellaceae). *J. Mar. Res.* 9(2):181–185. DOI:10.14710/jmr.v9i2.27028.
- Singh S, Singh P. 2015. Effect of temperature and light on the growth of algae species: A review. *Renew. Sust. Energ. Rev.* 50(2015):431–444. DOI:10.1016/j.rser.2015.05.024.
- Sukri SM, Saad CR, Kamarudin MS, Yasin I. 2016. Effect of different levels of *Chlorella* meal on growth and survival of freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* juvenile. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 38(6):641–644.
- Widiatmaka W, Ambarwulan W, Setiawan Y, Purwanto MYJ, Taryono T, Effendi H. 2016. Land use planning for brackish water shrimp ponds in the north coast of Tuban, Indonesia. *Indones. J. Geogr.* 4(2):194–211. DOI:10.22146/ijg.9268.
- Wimalasekera R. 2019. Effect of light intensity on photosynthesis. Di dalam Ahmad P, Ahanger MA, Alyemeni MN, Alam P. *Photosynthesis, Productivity and Environmental Stress.* 1st edn. Wiley. hlm 65–73. DOI:10.1002/9781119501800.ch4.
- Yaakob M, Mohamed RMSR, Al-Gheethi A, Gokare RA, Ambati RR. 2021. Influence of nitrogen and phosphorus on microalgal growth, biomass, lipid, and fatty acid production: an overview. *Cells.* 10(2):393–412. DOI:10.3390/cells10020393.