

Pertumbuhan, biomassa, dan kandungan pigmen *Thalassiosira* sp. pada media kultur yang berbeda

Growth, biomass, and pigment content of *Thalassiosira* sp. cultivated under different medium

Nasrullah Bai Arifin^{1,2*}, Arifatus Febiana¹, Febriyani Eka Supriatin¹,
Muhammad Fakhri^{1,2}

¹Program studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang, 65145, Indonesia

²Research group Aquatic Biofloc, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang, 65145, Indonesia

*Korespondensi: arifin.n604@ub.ac.id

Disubmit: 28 November 2024, Direvisi: 12 Februari 2025, Diterima: 21 Februari 2025

ABSTRAK

Mikroalga merupakan mikroorganisme fotosintetik yang sering digunakan sebagai pakan alami di bidang budidaya ikan. Salah satu jenis mikroalga yang banyak digunakan sebagai pakan alami adalah *Thalassiosira* sp. Spesies ini termasuk dalam jenis diatom yang memiliki kandungan nutrisi cukup tinggi. Ketersediaan nutrisi merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan dan kandungan biokimia *Thalassiosira* sp. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh media kultur terhadap pertumbuhan, biomassa, dan pigmen *Thalassiosira* sp. Penelitian ini terdiri dari 4 perlakuan dan 4 ulangan. Perlakuan yang digunakan yaitu media kultur berbeda yang terdiri dari walne, Blue Green-11 (BG-11), Bold's Basal Medium (BBM), dan f/2 (Guillard). Parameter utama yang diamati pada penelitian ini meliputi pertumbuhan, biomassa, dan pigmen *Thalassiosira* sp., serta parameter penunjang meliputi suhu, pH, dan salinitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media kultur berpengaruh terhadap pertumbuhan, biomassa, dan kandungan pigmen *Thalassiosira* sp. ($p < 0,05$). Walne merupakan media yang menghasilkan kepadatan sel, laju pertumbuhan, biomassa, dan kandungan pigmen tertinggi. Disisi lain, media yang menghasilkan kepadatan sel, laju pertumbuhan, biomassa, dan kandungan pigmen terendah adalah BBM. Penelitian ini mengindikasikan bahwa media yang sesuai untuk kultivasi *Thalassiosira* sp. adalah walne.

Kata kunci: Diatom; media; mikroalga; *Thalassiosira* sp.

ABSTRACT

Microalgae is a photosynthetic microorganism that oftenly used as live feed for aquaculture. One of the species that mostly used is *Thalassiosira* sp. This species belongs to the group of diatom which has high nutritional content. The availability of nutrient in media is one of the main factor affecting growth and biochemical content of *Thalassiosira* sp. This study aimed to evaluate effect of cultivation media on the growth, biomass, and pigment content of *Thalassiosira* sp. This research consisted of four treatments and four replicates. The treatments included different cultivation media namely walne, Blue Green-11 (BG-11), Bold's Basal Medium (BBM), dan f/2 (Guillard). During the study, growth was observed daily while biomass and pigment content were evaluated at the early stationary phase. The result showed that different culture media was significantly ($p < 0.05$) effect the growth, biomass, and pigment content of *Thalassiosira* sp. The walne medium

produced highest growth, biomass, and pigment content. On the other hand, the lowest production of growth, biomass, and pigment content were obtained in BBM. This study indicated that the suitable medium for *Thalassiosira* sp. cultivation was walne.

Keywords: Diatom; media; microalgae; *Thalassiosira* sp.

PENDAHULUAN

Mikroalga merupakan mikroorganisme fotosintetik yang memanfaatkan karbondioksida (CO₂) di atmosfer dan energi sinar matahari untuk menghasilkan berbagai produk seperti protein, karbohidrat, lipid, serta metabolit sekunder (Ahmad et al., 2022). Mikroalga dapat mengandung 60% protein, 60% karbohidrat, atau 70% minyak, tergantung pada spesies mikroalga dan kondisi pertumbuhannya. Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh mikroalga, seperti pigmen, senyawa pemacu pertumbuhan, dan hormon memiliki antioksidan, antibakteri, anti-inflamasi, dan sifat perangsang kekebalan tubuh yang sangat bermanfaat bagi spesies air laut dan air tawar (Michalak dan Chojnacka, 2015). Pemanfaatan mikroalga dalam pakan telah terbukti memiliki efek positif pada penambahan berat badan dan komposisi jaringan otot diberbagai spesies ikan, misalnya salmon Atlantik (Mueller et al., 2023). Tidak hanya itu, penggunaan mikroalga dalam pakan juga dapat meningkatkan imunitas ikan terhadap penyakit serta meningkatkan tekstur dan rasa dari fillet ikan (Nagappan et al., 2021).

Thalassiosira sp. merupakan salah satu mikroalga dari golongan diatom yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan alami dalam budidaya larva udang karena mengandung nilai gizi yang tinggi (Tam et al., 2021). *Thalassiosira* mengandung lipid sebesar 11,8%, karbohidrat 26,1%, dan protein mencapai 21,85-37%, bahkan dalam sebuah penelitian menunjukkan bahwa kandungan protein pada *Thalassiosira weissflogii* dapat mencapai 44,5% dari bobot kering (Panjaitan et al., 2015). *Thalassiosira* sp. diketahui juga mengandung asam lemak tak jenuh yang

terdiri dari *Mono Unsaturated Fatty Acid* (MUFA) sebesar 5,9% dan *Poly Unsaturated Fatty Acids* (PUFA) sebesar 10,51%, di mana nilai tersebut hampir dua kali lipat jika dibandingkan *Chaetoceros*. Hal tersebut dapat meningkatkan nilai nutrisi *Thalassiosira* sp. sebagai pakan alami untuk larva berbagai organisme budidaya (Etesami et al., 2022).

Faktor lingkungan sangat mempengaruhi pertumbuhan *Thalassiosira* sp. meliputi kualitas air, intensitas cahaya, salinitas, temperatur, tekanan osmosis, dan pH air (Garcia et al., 2012). Pengaruh faktor lingkungan pada metabolisme *Thalassiosira* terbukti tidak hanya terbatas pada aspek pertumbuhan sel dan aktivitas fotosintesis. Faktor lingkungan, terutama suhu, dapat mempengaruhi komposisi sel serta penyerapan nutrisi, misalnya pada metabolisme penyerapan nitrogen (Berges et al., 2002). Perubahan salinitas yang ekstrem juga dapat mempengaruhi metabolisme *Thalassiosira* yang diekspresikan pada tingkat molekuler, misalnya ekspresi gen (Stenger-Kovács et al., 2023). Selain faktor lingkungan, unsur hara dalam media kultur seperti nitrogen, fosfor, kalium, silikat, magnesium, kalsium, dan sulfur turut menjadi komponen penting dalam kegiatan kultur *Thalassiosira* sp. (Marthia, 2020).

Pemilihan media kultur merupakan parameter kunci dalam optimasi pertumbuhan *Thalassiosira* sp. sebagai pakan alami. Hal tersebut dikarenakan media kultur memainkan peran penting dalam pemenuhan kebutuhan nutrisi dan membentuk lingkungan kultur yang sesuai (Nurhanifah et al., 2019). Setiap jenis media memiliki komposisi nutrisi yang berbeda, sehingga akan menimbulkan dampak yang berbeda terhadap pertumbuhan, biomassa,

pigmen, maupun kandungan nutrisi *Thalassiosira* sp. (Chilmawati dan Suminto, 2008). Keseimbangan dan kesesuaian nutrisi dalam suatu media sangat diperlukan dalam mendukung pertumbuhan *Thalassiosira* sp., sehingga tidak hanya berpaku pada ketersediaan nutrisi yang lengkap. Hal tersebut menyoroti pentingnya memahami dan mengoptimalkan penggunaan media kultur yang sesuai untuk keberhasilan budidaya *Thalassiosira* sp.

Media walne merupakan salah satu media yang umum digunakan dalam kultur diatom, termasuk *Thalassiosira*. Penelitian menunjukkan bahwa perbedaan komposisi makro nutrien pada media walne, khususnya nitrogen dan fosfor, terbukti berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kandungan protein dalam sel *Thalassiosira* sp. (Fadila et al., 2021; Prihardianto et al., 2023). Penelitian lain membuktikan bahwa pertumbuhan, produksi biomassa, dan komposisi kimia dari *Thalassiosira weissflogii* secara signifikan dipengaruhi oleh nutrisi yang terkandung di dalam media f/2 Guillard (Peraza-Yee et al., 2022). Penggunaan media lain, seperti Bold's Basal Medium (BBM) dan Blue-Green Medium (BG-11) diketahui juga dapat meningkatkan produksi lipid pada mikroalga dalam kondisi tertentu, misalnya pada *Chlorella* sp. (Yang et al., 2012; Adam et al., 2022). Pemaparan tersebut menunjukkan bahwa penggunaan media kultur yang berbeda akan menghasilkan respon yang berbeda, baik dari segi pertumbuhan, biomassa, produksi pigmen, maupun kandungan nutrisi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh media kultur terhadap pertumbuhan, biomassa, dan pigmen *Thalassiosira* sp.

METODE PENELITIAN

Mikroalga *Thalassiosira* sp. dan Kondisi Kultur

Spesies mikroalga diperoleh dari Balai Budidaya Air Payau, Jepara, Jawa

Tengah. *Thalassiosira* sp. ditumbuhkan dalam media BG-11 (tabel 1). Media ini disterilisasi pada 121 °C selama 15 menit sebelum digunakan.

Mikroalga dikultivasi pada pencahayaan kontinu dengan intensitas cahaya 5.000 lux dan suhu 28±1 °C. Kultivasi dilakukan dengan sistem *batch* dalam wadah 500 mL yang diisi media kultur sebanyak 350 mL dengan salinitas 30 ppt. Kultivasi berlangsung selama 4 hari atau sampai kepadatan $1,2 \times 10^6$ sel/mL dengan pemberian aerasi secara terus menerus. Hasil kultivasi ini kemudian dijadikan inokulan pada masing-masing perlakuan.

Rancangan percobaan

Percobaan ini dilakukan dengan sistem *batch* dalam wadah bervolume 500 mL yang diisi 350 mL media dengan salinitas 30 ppt. Percobaan terdiri dari empat perlakuan. Perlakuan yang digunakan adalah media walne, BG-11, BBM, dan f/2. Masing-masing perlakuan diulang tiga kali. Kepadatan awal sel yang digunakan adalah $2,4 \times 10^5$ sel/mL. Suhu selama penelitian adalah 28±1 °C. Percobaan dilakukan selama enam hari masa kultivasi. Pertumbuhan mikroalga diamati setiap hari selama percobaan dengan menghitung kepadatan sel. Biomassa dan kandungan pigmen diuji pada awal stasioner.

Tabel 1. Komposisi media kultur

Komposisi Media	Konsentrasi (gram/L)			
	Walne	f/2	BG-11	BBM
NaNO ₃	0,100	0,075	1,5	0,25
NaH ₂ PO ₄ . 2H ₂ O	0,020	0,00565	-	-
K ₂ HPO ₄	-	-	0,04	0,075
KH ₂ PO ₄	-	-	-	0,175
Ammonium ferri citrate green	-	-	0,006	-
Na ₂ CO ₃	-	-	0,02	-
CaCl ₂ .2H ₂ O	-	-	0,036	0,025
Citric acid	-	-	0,006	-
NaCl	-	-	-	0,025
MgSO ₄ .7H ₂ O	-	-	0,075	0,075
EDTANa ₂	0,0450	0,00416	0,001	0,005
KOH	-	-	-	0,031
FeCl ₃ .6H ₂ O	0,0013	0,00315	-	-

Komposisi Media	Konsentrasi (gram/L)			
	Walne	f/2	BG-11	BBM
Conc H ₂ SO ₄	-	-	-	0,001 mL
FeSO ₄ .7H ₂ O	-	-	-	0,00498
H ₃ BO ₃	0,0336	-	0,00286	0,0114
Co(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	-	-	0,00005	0,00157
Co(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	-	-	0,00005	0,00157
MnCl ₂ .4H ₂ O	0,00036	0,00018	0,00181	0,00144
MoO ₃	-	-	-	0,00071
Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	-	0,000006	0,00039	-
(NH ₄)Mo ₇ O ₂₄ .4H ₂ O	0,009	-	-	-
CoCl ₂ .6H ₂ O	0,0200	0,00001	-	-
CuSO ₄ .5H ₂ O	0,0200	0,00001	0,00008	0,00157
ZnCl ₂	0,021	-	-	-
ZnSO ₄ .7H ₂ O	-	0,000022	0,00022	0,00882

Parameter Penelitian yang Diukur

Pertumbuhan *Thalassiosira* sp.

Pertumbuhan *Thalassiosira* sp. dapat ditinjau dari beberapa aspek meliputi kepadatan sel, laju pertumbuhan spesifik, dan *doubling time*. Pengecekan kualitas dan kepadatan sel dilakukan setiap 24 jam sekali selama masa kultivasi. Perhitungan kepadatan sel dilakukan menggunakan *haemocytometer* di bawah pengamatan mikroskop dengan perbesaran 40× (Fakhri et al., 2020).

Laju Pertumbuhan Spesifik (Specific growth rate)

Laju pertumbuhan spesifik merupakan suatu parameter yang dapat menentukan jangka waktu yang dibutuhkan oleh mikroalga dalam melakukan pembelahan sel. Singkatnya, laju pertumbuhan spesifik dapat menggambarkan kecepatan pertambahan densitas mikroalga dalam per satuan waktu. Analisis laju pertumbuhan spesifik didasarkan pada hasil perhitungan kepadatan sel menggunakan *haemocytometer*. Laju pertumbuhan dapat menunjukkan seberapa besar daya dukung media kultur sehingga mampu mempengaruhi pertumbuhan mikroalga (Kawaroe et al.,

2009). Perhitungan laju pertumbuhan dapat dilakukan selama masa kultivasi berlangsung. Rumus laju pertumbuhan spesifik menurut Fakhri, et al. (2017), adalah sebagai berikut.

$$\mu_{\max} = \frac{\ln(x_2) - \ln(x_1)}{t_2 - t_1}$$

Keterangan:

$\mu_{\max}$: Laju pertumbuhan spesifik maksimum (/hari)

x_1 : Konsentrasi sel pada waktu ke-1 (sel/mL)

x_2 : Konsentrasi sel pada waktu ke-2 (sel/mL)

t_1 : Waktu kultur ke-1 (hari)

t_2 : Waktu kultur ke-2 (hari)

Waktu Penggandaan (Doubling Time)

Doubling time merupakan suatu parameter yang dapat menunjukkan rata-rata waktu yang dibutuhkan sel dalam melakukan penggandaan populasi. *Doubling time* memiliki korelasi erat dengan laju pertumbuhan spesifik, di mana semakin tinggi nilai laju pertumbuhan, maka akan menghasilkan *doubling time* yang semakin kecil dan sebaliknya (Sigalingging et al., 2019). Nilai *doubling time* yang semakin tinggi menandakan sel membutuhkan waktu yang semakin banyak untuk melakukan penggandaan. *Doubling time* dapat dihitung menggunakan rumus (Ak et al., 2008) sebagai berikut.

$$dt = \frac{\ln(2)}{\mu} = \frac{0,693}{\mu}$$

Keterangan:

dt : *doubling time* (hari)

μ : Laju pertumbuhan spesifik (/hari)

Biomassa

Uji biomassa dilakukan berdasarkan konsentrasi total padatan tersuspensi ketika akhir fase eksponensial atau awal fase stasioner pertumbuhan mikroalga. Uji biomassa diawali dengan melakukan pengovenan

pada botol sentrifuge dengan suhu 105°C selama 2 jam. Botol sentrifuge yang telah dioven, dimasukkan ke dalam desikator selama 30 menit untuk menstabilkan suhu (Fakhri *et al.*, 2021). Botol sentrifuge selanjutnya ditimbang menggunakan timbangan analitik dan dicatat sebagai berat awal (A).

Tahap berikutnya adalah menyiapkan sampel mikroalga sebanyak 25 mL dan dimasukkan ke dalam botol sentrifuge. Botol sentrifuge berisi sampel, kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 4000 rpm selama 15 menit. Supernatan hasil sentrifugasi dibuang dan hanya menyisakan residu yang mengendap. Botol sentrifuge yang berisi residu sampel, kemudian di oven selama 2 jam pada suhu 105°C. Botol sentrifuge yang telah dioven, dimasukkan ke dalam desikator selama ± 30 menit hingga suhu stabil. Botol sentrifuge selanjutnya ditimbang menggunakan timbangan analitik dan dicatat sebagai berat akhir (B). Hasil penimbangan botol sentrifuge dimasukkan ke dalam rumus berikut untuk mengetahui nilai biomassa pada sampel mikroalga yang diuji.

$$Biomassa (g/L) = \frac{(B - A)}{V (mL)} \times 1000$$

Keterangan:

- A = Berat botol sentrifuge awal (gram)
B = Berat botol sentrifuge akhir (gram)
V = Volume sampel (25 mL)
1000 = Konversi mL ke L

Pigmen

Pengujian pigmen dilakukan untuk mengetahui kadar pigmen klorofil a, klorofil b, dan karotenoid *Thalassiosira* sp. yang diproduksi selama kultivasi. Pengujian pigmen *Thalassiosira* sp. dilakukan terhadap sampel inokulan yang telah mencapai akhir fase eksponensial. Tahapan awal uji pigmen adalah menyiapkan sampel sebanyak 5 mL untuk disentrifugasi selama 5 menit dengan kecepatan 4000

rpm. Supernatan hasil sentrifugasi dibuang dan hanya menyisahkan pelet. Pelet ditambahkan 10 mL metanol dan dihomogenkan menggunakan vortex (Fakhri *et al.*, 2021). Sampel dimasukkan ke dalam *ultrasonic cleaner* selama 10 menit dengan suhu 70°C, kemudian diangkat dan dilapisi menggunakan *aluminium foil*. Sampel dimasukkan ke dalam *water bath* selama 20 menit pada suhu 70°C. Sampel kemudian disentrifugasi pada kecepatan 4000 rpm selama 10 menit. Supernatan hasil sentrifugasi dilakukan pengukuran menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 665 nm, 652 nm, dan 480 nm (Kamagi *et al.*, 2017). Hasil nilai absorbansi sampel dimasukkan ke dalam rumus berikut (Kusnanda *et al.*, 2021) untuk mengetahui kadar pigmen pada sampel yang diuji.

$$\begin{aligned} \text{Klorofil - a } (\mu\text{g mL}^{-1}) &= 16,72 A_{665} - 9,164 A_{652} \\ \text{Klorofil - b } (\mu\text{g mL}^{-1}) &= 34,09 A_{652} - 15,28 A_{665} \\ \text{Karotenoid } (\mu\text{g mL}^{-1}) &= 4 \times A_{480} \end{aligned}$$

Analisa Data

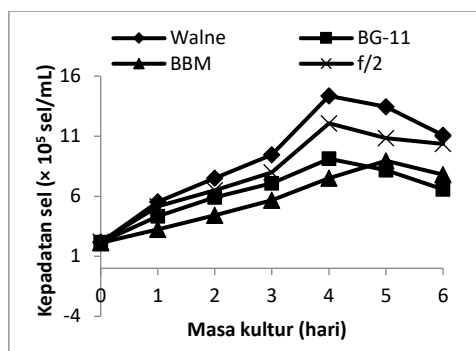
Data pertumbuhan (laju pertumbuhan dan doubling time), biomassa, dan pigmen yang diperoleh dari hasil penelitian dianalisis dengan menggunakan uji keragaman *analysis of variance* (ANOVA), dan dilanjutkan dengan uji Duncan. Analisis dilakukan dengan menggunakan SPSS ver. 24 for windows. Pengambilan keputusan dan penarikan kesimpulan pada taraf signifikan 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan *Thalassiosira* sp pada media berbeda

Berdasarkan hasil penelitian tentang pengaruh penggunaan media kultur yang berbeda terhadap pertumbuhan *Thalassiosira* sp., diperoleh grafik pola pertumbuhan yang disajikan pada Gambar 1. Pertumbuhan *Thalassiosira* sp. dengan perlakuan media yang berbeda menunjukkan pola

pertumbuhan yang hampir sama pada setiap perlakuan.



Gambar 1. Pertumbuhan *Thalassiosira* sp. yang dikultur pada media berbeda

Berdasarkan grafik pola pertumbuhan (Gambar 1), fase lag pada perlakuan penggunaan media yang berbeda diduga tidak terjadi atau berlangsung lebih singkat kurang dari 24 jam setelah penambahan inokulan ke dalam media kultur. Kondisi ini dapat disebabkan oleh umur inokulan yang akan diinokulasi berada pada fase eksponensial. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Hadi, et al. (2015), menyatakan bahwa lamanya fase lag tergantung pada viabilitas sel dan umur inokulan, bahkan berpotensi tidak terjadi fase lag apabila inokulan telah mencapai fase eksponensial. Setelah masa adaptasi berakhir, kelimpahan sel akan semakin meningkat yang mengindikasikan sel *Thalassiosira* sp. telah memasuki fase eksponensial.

Fase eksponensial pada penggunaan media walne, BG-11, dan f/2 terjadi pada hari ke-0 sampai ke-4, sementara perlakuan penggunaan media BBM menunjukkan fase eksponensial berlangsung hingga hari ke-5. Sel *Thalassiosira* akan melakukan pembelahan sel secara aktif dengan kecepatan maksimum dan konstan, sehingga puncak pertumbuhan akan berlangsung pada akhir fase eksponensial (Armanda, 2013). Keadaan ini dapat dicirikan dengan

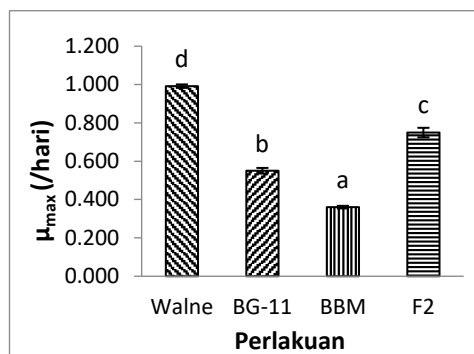
semakin pekatnya warna kultur berupa kuning sampai coklat keemasan sesuai pigmen yang terkandung dalam *Thalassiosira* sp. (Bahagia dan Viena, 2019). Nilai rata-rata puncak populasi dari tertinggi ke terendah secara berturut-turut yaitu perlakuan media walne sebesar $14,36 \times 10^5$ sel/mL, perlakuan media f/2 sebesar $12,08 \times 10^5$ sel/mL, perlakuan media BG-11 sebesar $9,12 \times 10^5$ sel/mL, dan perlakuan media BBM sebesar $8,96 \times 10^5$ sel/mL. Perbedaan nilai rata-rata kepadatan sel dari masing-masing perlakuan diduga dapat dipengaruhi oleh konsentrasi nutrisi pada media, kemampuan sel dalam menyerap nutrisi yang tersedia, dan faktor lingkungan (Tewal et al., 2021).

Berdasarkan grafik pola pertumbuhan, fase penurunan laju pertumbuhan pada setiap perlakuan menunjukkan pola yang hampir sama. Perlakuan media walne, BG-11, dan f/2 mengalami penurunan laju pertumbuhan diikuti fase stasioner pada hari ke-4 sampai hari ke-5, sementara perlakuan media BBM mengalami fase penurunan laju pertumbuhan diikuti fase stasioner pada hari ke-5 hingga hari ke-6. Ketersediaan nutrisi pada media yang semakin terbatas dan tidak bertambah akan menyebabkan *Thalassiosira* sp. mengalami penurunan laju pembelahan sel diikuti dengan terjadinya fase stasioner. Interval waktu antara fase penurunan laju pertumbuhan dan fase stasioner umumnya relatif singkat (Istirokhatun et al., 2017).

Pertumbuhan *Thalassiosira* sp. mengalami fase kematian pada hari ke-6 kultivasi untuk setiap perlakuan penggunaan media yang berbeda. Fase kematian sel *Thalassiosira* sp. pada penelitian ini diduga terjadi akibat adanya kompetisi dalam memanfaatkan nutrisi, ruang gerak, dan faktor pendukung lainnya (Novianti et al., 2017). Penurunan kualitas air juga dapat menyebabkan kematian sel, sehingga berdampak negatif pada proses fotosintesis akibat terjadinya kekeruhan

pada media. Erlangga, et al. (2021), menyatakan bahwa fase kematian mikroalga *Thalassiosira* sp. terjadi setelah hari ke-6 kultivasi.

Penggunaan media yang berbeda memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap laju pertumbuhan spesifik maksimum *Thalassiosira* sp. ($p < 0,05$) (Gambar 2). Diketahui laju pertumbuhan spesifik maksimum dengan nilai tertinggi terdapat pada perlakuan media walne sebesar 0,991/hari dan nilai *doubling time* selama 0,699 hari, sementara nilai laju pertumbuhan spesifik maksimum dengan nilai terendah terdapat pada perlakuan media BBM sebesar 0,360/hari dan nilai *doubling time* selama 0,926 hari.



Gambar 2. Laju pertumbuhan spesifik maksimum *Thalassiosira* sp. pada media yang berbeda. Notasi huruf di atas grafik menunjukkan perbedaan nyata antar perlakuan ($p < 0,05$).

Laju pertumbuhan spesifik menggambarkan kecepatan penambahan densitas mikroalga dalam per satuan waktu. Laju pertumbuhan spesifik memiliki korelasi dengan nilai *doubling time*, di mana semakin tinggi nilai laju pertumbuhan, maka akan menghasilkan *doubling time* yang semakin kecil dan sebaliknya (Sigalingging et al., 2019). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa media walne unggul dalam menghasilkan pertumbuhan *Thalassiosira* sp. jika dibandingkan

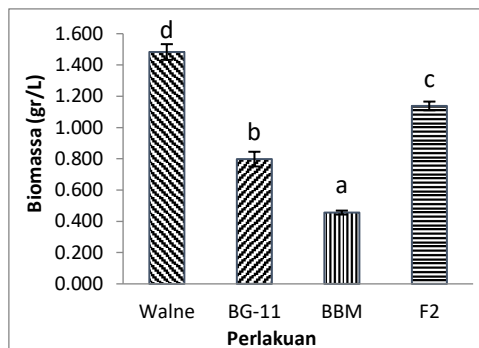
dengan perlakuan lainnya. Hal ini diduga karena media walne memiliki rasio N:P sebesar 8:1 (Fadila et al., 2021), di mana nilai tersebut mendekati rasio N:P yang optimum untuk pertumbuhan diatom sekitar 6:1 (Arofah et al., 2021). Namun, rasio optimal N:P juga cukup bervariasi tergantung pada kondisi lingkungan berkisar antara 8,2-45.

Setiap perlakuan diketahui mengandung zat besi, di mana media walne mengandung zat besi dalam bentuk $ZnCl_2$ sebanyak 0,021 gr/L, sementara pada media BG-11, media BBM, dan media f/2 Guillard mengandung zat besi dalam bentuk $ZnSO_4$ dengan dosis masing-masing sebanyak 0,000022 gr/L; 0,00022 gr/L; dan 0,00882 gr/L. Ketersediaan zat besi pada media walne dalam bentuk seng klorida diduga juga dapat mendukung pertumbuhan *Thalassiosira* sp., karena unsur ini terlibat dalam biosintesis klorofil dan mampu meningkatkan biomassa (Ermis et al., 2020). Besi merupakan komponen kunci kompleks sitokrom b6/f dari enzim yang terdapat pada membran tilakoid kloroplas yang berperan penting dalam fotosintesis melalui transfer elektron antara fotosistem I dan II. Oleh karena itu, kekurangan zat besi mampu berdampak buruk pada pertumbuhan dan fotosintesis mikroalga (Wang et al., 2023). Kondisi ini membuktikan bahwa komposisi nutrisi dari setiap media akan mempengaruhi pertumbuhan mikroalga (Prihardianto et al., 2023).

Biomassa *Thalassiosira* sp. pada media berbeda

Penggunaan media yang berbeda memberikan pengaruh yang berbeda nyata ($p < 0,05$) terhadap biomassa *Thalassiosira* sp. (Gambar 3). Hasil biomassa kering tertinggi diketahui terdapat pada perlakuan media walne sebesar $1,483 \pm 0,050$ gr/L, diikuti perlakuan media f/2 sebesar $1,138 \pm 0,028$ gr/L, dan diikuti perlakuan media BG-11 sebesar $0,798 \pm 0,047$ gr/L.

Produksi biomassa kering terendah didapatkan pada perlakuan media BBM sebesar $0,456 \pm 0,013$ gr/L.



Gambar 3. Biomassa *Thalassiosira* sp. yang dikultur pada media berbeda. Notasi huruf di atas grafik menunjukkan perbedaan nyata antar perlakuan ($p < 0,05$).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa produksi biomassa berbanding lurus terhadap pertumbuhan *Thalassiosira* sp. Perbedaan produksi biomassa pada setiap perlakuan diduga disebabkan oleh ketersediaan kandungan nutrisi penyusun pada media sehingga menghasilkan respon pertumbuhan berbeda. Trikuti, et al. (2016), menegaskan bahwa pertumbuhan mikroalga akan berada dalam kondisi yang optimum apabila dikultivasi pada media yang sesuai dengan kebutuhannya.

Penelitian ini menggunakan NaNO_3 dalam masing-masing perlakuan media sebagai sumber nitrogen dengan kuantitas yang berbeda yakni media f/2 sebanyak 0,075 gr/L, media walne sebanyak 0,1 gr/L, media BBM sebanyak 0,25 gr/L, dan media BG-11 sebesar 1,5 gr/L. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biomassa tertinggi diperoleh pada perlakuan media walne, meskipun kadar nitrogen pada media BG-11 lebih tinggi. Hal ini diduga karena sumber nitrogen berperan sebagai faktor pembatas sehingga kandungan N yang tinggi tidak selalu menghasilkan biomassa yang tinggi

pula. Afonso, et al. (2022), menjelaskan bahwa peningkatan konsentrasi nitrat dalam media akan menginduksi peningkatan aktivitas nitrat reduktase pada tingkat sel sehingga terjadi akumulasi amonia. Kondisi tersebut dapat menghambat asimilasi nitrat yang pada gilirannya akan menyebabkan perlambatan laju pertumbuhan dan berdampak penurunan produksi biomassa.

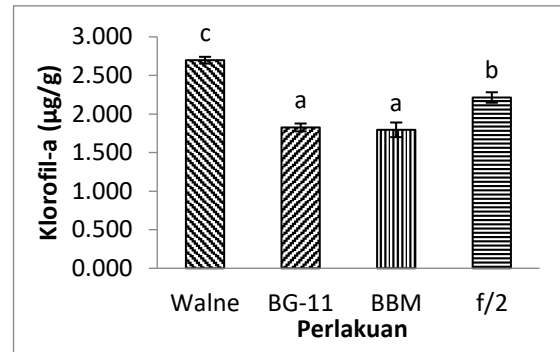
Penelitian oleh Prihardianto, et al. (2023), menunjukkan bahwa kultur *Thalassiosira* sp. dengan rasio N:P sebesar 1:1 mampu menghasilkan konsentrasi biomassa tertinggi dibandingkan dengan pemberian rasio N:P yang lebih tinggi, di mana hal ini dikarenakan media dengan kadar nitrogen berlebihan dapat berdampak negatif berupa terhambatnya proses biosintesis sel. Namun dalam kondisi ini, unsur fosfor P tidak mempengaruhi biomassa secara signifikan (Lagus et al., 2004). Hal tersebut selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Kamariah, et al. (2023), menunjukkan bahwa konsentrasi nitrogen yang lebih rendah pada kultur *Skeletonema costatum* diketahui dapat menghasilkan pertumbuhan dan kandungan nutrisi yang lebih tinggi.

Ketersediaan unsur N yang sesuai disertai kondisi lingkungan yang mendukung dapat mengoptimalkan proses fotosintesis sehingga laju pertumbuhan meningkat dan menghasilkan konsentrasi biomassa yang tinggi (Fakhri et al., 2020; Syaichurrozi et al., 2022). Media yang mengandung unsur hara terlalu tinggi dapat mempengaruhi pertumbuhan serta kandungan senyawa organik karena mikroalga membutuhkan waktu yang lebih lama untuk beradaptasi (Notonegoro et al., 2018). Pemberian nutrisi yang tidak tepat akan menyebabkan kondisi stress pada mikroalga dan berakhir pada penurunan biomassa karena nutrisi tidak dapat diserap dengan optimal (Jati et al., 2012).

Silva, et al. (2022), menjelaskan bahwa oligoelemen memainkan peran yang berbeda dalam pertumbuhan sel mikroalga. Mikro nutrisi berperan sebagai kofaktor metabolisme sel, regulasi, dan induksi produksi metabolit misalnya protein (Prochazkova et al., 2014). Seng, boron, dan vanadium dalam konsentrasi yang terlalu tinggi atau rendah tidak akan memberikan hasil yang signifikan terhadap kepadatan sel mikroalga. Setiap perlakuan media diketahui juga mengandung mikronutrien berupa Cu, di mana ketika komposisi ion logam Cu dalam media berlebihan akan berdampak toksik karena dapat mengganggu metabolisme sel (Wardani et al., 2022). Rendahnya nilai biomassa pada perlakuan BBM diduga karena media ini mengandung kadar logam yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya, sehingga berpotensi menyebabkan toksik pada lingkungan kultur *Thalassiosira* sp.

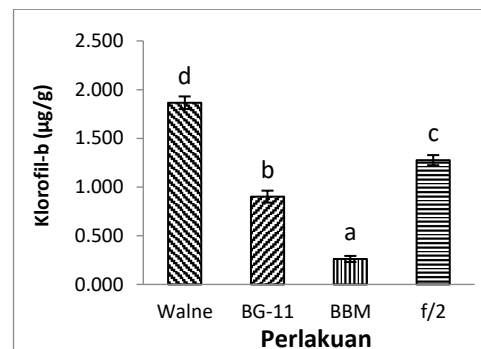
Kandungan pigmen *Thalassiosira* sp. pada media berbeda

Penggunaan media kultur yang berbeda memberikan pengaruh yang berbeda nyata ($p < 0,05$) terhadap pigmen *Thalassiosira* sp. (Gambar 4). Kandungan klorofil-a *Thalassiosira* sp. dari tertinggi ke terendah diketahui terdapat pada perlakuan media walne sebesar $2,698 \pm 0,043 \mu\text{g/g}$, diikuti perlakuan media f/2 sebesar $2,214 \pm 0,068 \mu\text{g/g}$, dan diikuti perlakuan media BG-11 sebesar $1,826 \pm 0,051 \mu\text{g/g}$. Perlakuan dengan kandungan pigmen klorofil-a terendah terdapat pada media BBM sebesar $1,795 \pm 0,095 \mu\text{g/g}$.



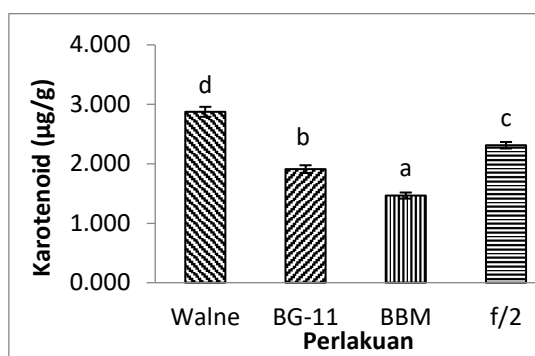
Gambar 4. Kadar klorofil-a *Thalassiosira* sp. yang dikultur pada media berbeda. Notasi huruf di atas grafik menunjukkan perbedaan nyata antar perlakuan ($p < 0,05$).

Kandungan klorofil-b *Thalassiosira* sp. dari tertinggi ke terendah diketahui terdapat pada perlakuan media walne sebesar $1,865 \pm 0,065 \mu\text{g/g}$, diikuti perlakuan media f/2 sebesar $1,276 \pm 0,052 \mu\text{g/g}$, diikuti perlakuan media BG-11 sebesar $0,901 \pm 0,062 \mu\text{g/g}$, dan terendah terdapat pada perlakuan media BBM sebesar $0,261 \pm 0,031 \mu\text{g/g}$ (Gambar 5).



Gambar 5. Kadar klorofil-b *Thalassiosira* sp. yang dikultur pada media berbeda. Notasi huruf di atas grafik menunjukkan perbedaan nyata antar perlakuan ($p < 0,05$).

Kandungan karotenoid *Thalassiosira* sp. yang tertinggi diketahui terdapat pada media walne sebesar $2,874 \pm 0,084 \mu\text{g/g}$, diikuti media f/2 sebesar $2,312 \pm 0,055 \mu\text{g/g}$, diikuti media BG-11 sebesar $1,910 \pm 0,065 \mu\text{g/g}$, dan terakhir yakni media BBM sebesar $1,466 \pm 0,051 \mu\text{g/g}$ (Gambar 6).



Gambar 6. Kadar karotenoid *Thalassiosira* sp. yang dikultur pada media berbeda. Notasi huruf di atas grafik menunjukkan perbedaan nyata antar perlakuan ($p < 0,05$).

Diatom mengandung dua jenis pigmen yang terlibat dalam pemanenan cahaya dan fotoproteksi yakni klorofil dan karotenoid. Pigmen klorofil merupakan komponen pigmen dari kloroplas yang bekerja pada rangkaian reaksi terang dan berperan sebagai pemanen cahaya (Kuczyńska et al., 2015). Karotenoid merupakan pigmen berwarna kuning keemasan yang memiliki peran sebagai pigmen aksesori dan proteksi pada sistem fotosintesis (Fitriyani, 2017). Karotenoid sebagai pigmen aksesori akan menyerap kelebihan cahaya yang tidak mampu diserap oleh klorofil, sehingga jangkauan penyerapan cahaya untuk fotosintesis menjadi lebih luas (Merdekawati et al., 2017). Karotenoid sebagai pigmen proteksi mampu melindungi sel mikroalga dari reaksi oksidatif untuk pertahanan diri pada kondisi stress (Labola dan Puspita, 2017).

Pigmen klorofil pada mikroalga dapat dipengaruhi oleh intensitas cahaya, pH, salinitas, dan ketersediaan nutrisi dalam media (Anggraeni et al., 2022). Kesesuaian pemberian intensitas cahaya akan memberikan energi kuantum yang cukup besar terhadap optimasi pertumbuhan mikroalga melalui respon klorofil. Hal tersebut didukung oleh pernyataan Indrastuti, et al. (2014), menyatakan bahwa respon

pertumbuhan dan kadar pigmen klorofil mikroalga dipengaruhi oleh pemberian intensitas cahaya, di mana ketika intensitas cahaya lebih tinggi akan meningkatkan efektivitas proses fotosintesis, namun tidak melebihi batas yang mampu ditolerir oleh *Thalassiosira* sp.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat korelasi linier positif antara kadar pigmen dengan kepadatan sel *Thalassiosira* sp. Semakin tinggi kepadatan sel, maka akan menghasilkan kadar pigmen yang tinggi, di mana hal ini dapat ditunjukkan dari kepekatan warna kultur sesuai pigmen yang terkandung di dalamnya (Hadi et al., 2015). Diketahui bahwa perlakuan terbaik dalam memproduksi pigmen klorofil dan karotenoid pada *Thalassiosira* sp. adalah perlakuan media walne. Media walne diketahui mengandung unsur Fe dalam bentuk $FeCl_3$ yang berperan sebagai kofaktor pada pembentukan klorofil, sehingga secara tidak langsung akan mempengaruhi sintesis klorofil (Sartika et al., 2014). Kekurangan unsur besi dapat menyebabkan fotosintesis terhambat dan diduga menyebabkan defisiensi nitrogen (Markou et al., 2012). Rana dan Prajapati (2021), menjelaskan bahwa ketika zat besi terbatas maka akan menyebabkan laju penyerapan cahaya dan pemanfaatan cahaya dalam sistem transpor elektron tidak seimbang sehingga menyebabkan kondisi fotosaturasi dan penurunan konsentrasi klorofil.

Media walne dilengkapi dengan unsur hara boron (B) dalam konsentrasi yang cukup sehingga mampu mempertahankan pigmen pada sel mikroalga dan pada akhirnya laju fotosintesis dapat berjalan lebih optimal (Triastuti et al., 2011). Salimah, et al. (2022), juga menyebutkan bahwa ketidaksesuaian konsentrasi Cu sebagai mikro nutrisi dalam media dapat menghambat proses biosintesis pigmen, sehingga berakibat pada penurunan kadar pigmen. Sebuah studi oleh Cavalletti, et al. (2022), menemukan

bahwa pembatasan Cu dapat menyebabkan gangguan efisiensi fotosintesis pada *Thalassiosira oceanica* sehingga kandungan klorofil-a mengalami penurunan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa penggunaan media kultur yang berbeda berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan, biomassa, kandungan nutrisi, dan pigmen *Thalassiosira* sp. Media walne merupakan media yang paling sesuai untuk kegiatan kultur *Thalassiosira* sp. dalam menghasilkan laju pertumbuhan spesifik maksimum mencapai 0,991/hari dengan nilai doubling time selama 0,699 hari, biomassa yang dihasilkan mencapai $1,483 \pm 0,050$ gr/L, serta kandungan pigmen meliputi klorofil-a sebesar $2,698 \pm 0,043$ µg/g, klorofil-b $1,865 \pm 0,065$ µg/g, dan karotenoid $2,874 \pm 0,084$ µg/g.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada FPIK UB melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat yang telah memberi bantuan dana penelitian dengan kontrak Nomor: 4010/UN10.F06/KS/2024. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak-pihak yang membantu pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, B. S., Abubakar, B. M., Garba, L., & Hassan, I. (2022). Effect of growth media and pH on microalgal biomass of *Chlorella vulgaris* for biodiesel production. *Bioremediation Science and Technology Research*, 10(1), 22-25.
<https://doi.org/10.54987/bstr.v10i1.684>
- Afonso, C., Bragança, A. R., Rebelo, B. A., Serra, T. S., & Abranches, R. (2022). Optimal nitrate supplementation in *Phaeodactylum tricornutum* culture medium increases biomass and fucoxanthin production. *Foods*, 11(4), 1-15.
<https://doi.org/10.3390/foods11040568>
- Ahmad, A., W. Hassan, S., & Banat, F. (2022). An overview of microalgae biomass as a sustainable aquaculture feed ingredient: Food security and circular economy. *Bioengineered*, 13(4), 9521-9547. DOI: 10.1080/21655979.2022.2061148
- Ak, I., Cirik, S., & Goksan, T. (2008). Effects of light intensity, salinity and temperature on growth in Camalti strain of *Dunaliella viridis* Teodoresco from Turkey. *Journal of Biological Sciences*, 8(8), 1356-1359.
- Anggraeni, A., Utami, E., & Mahardika, R. G. (2022). Pengaruh salinitas terhadap kepadatan populasi dan konsentrasi klorofil-a *Spirulina* pada media kultur modifikasi walne dan air limbah budidaya ikan. *EKOTONIA: Jurnal Penelitian Biologi, Botani, Zoologi dan Mikrobiologi*, 7(2), 112-120. DOI: <https://doi.org/10.33019/ekotonia.v7i2.3729>
- Armanda, D. T. (2013). Pertumbuhan kultur mikroalga diatom *Skeletonema costatum* (Greville) cleve isolat Jepara pada medium f/2 dan medium conway. *Bioma*, 2(1), 49-63.
- Arofah, S., Sari, L. A., & Kusdarwati, R. (2021). The relationship with N/P ratio to phytoplankton abundance in mangrove Wonorejo waters, Rungkut, Surabaya, East Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 718(1). 1-11. DOI:10.1088/1755-1315/718/1/012018
- Bahagia, B., & Viena, V. (2019). Analisis CO2 Pertumbuhan mikro alga hijau dengan menggunakan fermentor dalam tanki tertutup. *Jurnal Serambi Engineering*, 4(1), 464-470.

- Berges, J. A., Varela, D. E., & Harrison, P. J. (2002). Effects of temperature on growth rate, cell composition and nitrogen metabolism in the marine diatom *Thalassiosira pseudonana* (Bacillariophyceae). *Marine Ecology*
- Cavalletti, E., Romano, G., Palma Esposito, F., Barra, L., Chiaiese, P., Balzano, S., & Sardo, A. (2022). Copper effect on microalgae: Toxicity and bioremediation strategies. *Toxics*, 10(9), 1-14. <https://doi.org/10.3390/toxics10090527>
- Chilmawati, D., & Suminto, S. (2008). Penggunaan media kultur yang berbeda terhadap pertumbuhan *Chlorella* sp. *Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 4(1), 42-49.
- Erlangga, E., Andira, A., Erniati, E., Mahdaliana, M., & Muliani, M. (2021). Peningkatan kepadatan *Thalassiosira* sp dengan dosis pupuk silikat yang berbeda. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 8(3), 167-174.
- Ermis, H., Guven-Gulhan, U., Cakir, T., & Altinbas, M. (2020). Effect of iron and magnesium addition on population dynamics and high value product of microalgae grown in anaerobic liquid digestate. *Scientific reports*, 10(1), 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60622-1>
- Etesami, E., Jorjani, S., & Noroozi, M. (2022). Improvement of *Thalassiosira weissflogii* as high valuable nutritional feed. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 21(1), 15-32. DOI: 10.22092/ijfs.2022.125835
- Fadila, A. R., Suminto, S., Subandiyono, ., & Chilmawati, D. (2021). Pengaruh rasio N:P dalam media kultur terhadap pola pertumbuhan dan kandungan protein *Thalassiosira* sp. *Sains Akuakultur Tropis: Indonesian Journal of Tropical Aquaculture*, 5(2), 147-158.
- Fakhri, M., Antika, P. W., Ekawati, A. W., & Arifin, N. B. (2020). Pertumbuhan, kandungan pigmen, dan protein *Spirulina platensis* yang dikultur pada $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ dengan dosis yang berbeda. *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 9(1), 43-44. DOI: 10.20473/jafh.v9i1.15769
- Fakhri, M., Antika, P. W., Ekawati, A. W., Arifin, N. B., Yuniarti, A., & Hariati, A. M. (2021). Effect of glucose administration on biomass, β -carotene and protein content of *Dunaliella* sp. under mixotrophic cultivation. *Intl J Agric Biol*, 25(2), 404-408. DOI: 10.17957/IJAB/15.1681
- Fakhri, M., Arifin, N. B., Hariati, A., M., & Yuniarti, A. (2017). Growth, biomass, and chlorophyll-a and carotenoid content of *Nannochloropsis* sp. strain BJ17 under different light intensities. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 16(1), 15-21. DOI: 10.19027/jai.16.1.15-21
- Fitriyani, W. (2017). Pengaruh intensitas cahaya terhadap pigmen carotenoid, fucoxanthin dan phaeophytin zooxanthellae dari isolat karang lunak *Zoanthus* sp. *Maspari Journal*, 9(2), 121-130.
- Garcia, N., López-Elías, J. A., Miranda, A., Martínez-Porchas, M., Huerta, N., & García, A. (2012). Effect of salinity on growth and chemical composition of the diatom *Thalassiosira weissflogii* at three culture phases. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 40(2), 435-440. DOI: 10.3856/vol40-issue2-fulltext-18
- Hadi, R. P., & Tri Rima Setyawati, M. (2015). Kandungan protein dan kepadatan sel *Nannochloropsis oculata* pada media kultur limbah cair karet. *Protobiont*, 4(1), 120-127.
- Indrastuti, C., Sulardiono, B., & Muskananfolo, M. R. (2014).

- Kajian intensitas cahaya yang berbeda terhadap konsentrasi klorofil-a pada pertumbuhan mikroalga *Spirulina platensis* dalam skala laboratorium. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 3(4), 169-174.
- Istirokhatun, T., Aulia, M., & Utomo, S. (2017). Potensi *Chlorella* sp. untuk menyisihkan COD dan nitrat dalam limbah cair tahu. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 14(2), 88-96.
- Jati, F., Hutabarat, J., & Herawati, V. E. (2012). Pengaruh penggunaan dua jenis media kultur teknis yang berbeda terhadap pola pertumbuhan, kandungan protein dan asam lemak omega 3 EPA (*Chaetoceros gracilis*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 1(1), 221-235.
- Kamagi, L. P., Pontoh, J., & Momuat, L. I. (2017). Analisis kandungan klorofil pada beberapa posisi anak daun aren (*Arenga pinnata*) dengan spektrofotometer UV-Vis. *Jurnal Mipa*, 6(2), 49-54.
- Kamariah, K., Umar, N. A., & Budi, S. (2023). Explorasi rasio optimum silikon dan nitrogen (Si/N) untuk pertumbuhan fitoplankton jenis diatom *Skeletonema costatum*. *Journal of Aquaculture and Environment*, 6(1), 22-29. DOI: 10.35965/jae.v6i1.3154
- Kawaroe, M., Prartono, T., Sunuddin, A., Sari, D. W., & Augustine, D. (2009). Laju pertumbuhan spesifik *Chlorella* sp. dan *Dunaliella* sp. berdasarkan perbedaan nutrisi dan fotoperiode. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia Jilid*, 16(1), 73-77.
- Kuczynska, P., Jemiola-Rzeminska, M., & Strzalka, K. (2015). Photosynthetic pigments in diatoms. *Marine drugs*, 13(9), 5847-5881. DOI:10.3390/md13095847
- Kusnanda, A. J., Perdana, B. A., Dharma, A., & Chaidir, Z. (2021). Isolasi dan skrining mikroalga air tawar sebagai sumber pigmen karotenoid. *Indonesian Journal of Industrial Research*, 43(1), 38-43. <http://dx.doi.org/10.24817/jkk.v43i1.6827>
- Labola, Y. A., & Puspita, D. (2018). Peran antioksidan karotenoid penangkal radikal bebas penyebab berbagai penyakit. *Majalah Farmasetika*, 2(2), 12-17.
- Lagus, A., Suomela, J., Weithoff, G., Heikkilä, K., Helminen, H., & Sipura, J. (2004). Species-specific differences in phytoplankton responses to N and P enrichments and the N: P ratio in the Archipelago Sea, northern Baltic Sea. *Journal of Plankton Research*, 26(7), 779-798. DOI: 10.1093/plankt/fbh070
- Markou, G., Angelidaki, I., & Georgakakis, D. (2012). Microalgal carbohydrates: an overview of the factors influencing carbohydrates production, and of main bioconversion technologies for production of biofuels. *Applied microbiology and biotechnology*, 96(1), 631-645. DOI 10.1007/s00253-012-4398-0
- Marthia, N. (2020). Pengaruh jenis media kultur terhadap konsentrasi biomassa *Nannochloropsis* sp. Pasundan Food Technology Journal (PFTJ), 7(3), 97-101.
- Merdekawati, W., Karwur, F. F., & Susanto, A. B. (2017). Karotenoid pada algae: kajian tentang biosintesis, distribusi serta fungsi karotenoid. *Bioma*, 13(1), 23-32. DOI: 10.21009/Bioma13(1).3
- Michalak, I., & Chojnacka, K. (2015). Algae as production systems of bioactive compounds. *Engineering in Life Sciences*, 15(2), 160-176.
- Mueller, J., Pauly, M., Molkentin, J., Ostermeyer, U., van Muilekom, D. R., Rebl, A., ... & Schulz, C. (2023). Microalgae as functional feed for Atlantic salmon: effects on

- growth, health, immunity, muscle fatty acid and pigment deposition. *Frontiers in Marine Science*, 10(1), 1-23. DOI: 10.3389/fmars.2023.1273614
- Nagappan, S., Das, P., AbdulQuadir, M., Thaher, M., Khan, S., Mahata, C., ... & Kumar, G. (2021). Potential of microalgae as a sustainable feed ingredient for aquaculture. *Journal of Biotechnology*, 341(1), 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2021.09.003>
- Notonegoro, H., Setyaningsih, I., & Tarman, K. (2018). Kandungan senyawa aktif *Spirulina platensis* yang ditumbuhkan pada media walne dengan konsentrasi NaNO_3 berbeda. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 13(2), 111-122. DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/jpbkp.v13i2.555>
- Novianti, T., Zainuri, M., & Widowati, I. (2017). Studi tentang pertumbuhan mikroalga *Chlorella vulgaris* yang dikultivasi berdasarkan sumber cahaya yang berbeda. *Jurnal Mangifera Edu*, 1(2), 1-8.
- Nurhanifah, N. D., Padil, P., & Muria, S. R. (2019). Kultivasi mikroalga menggunakan media AF6 berdasarkan perbedaan intensitas cahaya. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains*, 6(1), 1-5.
- Panjaitan, A. S., Hadie, W., & Harijati, S. (2015). Penggunaan *Chaetoceros calcitrans*, *Thalassiosira weissflogii* dan kombinasinya pada pemeliharaan larva udang vaname (*Litopenaeus vannamei*, Boone 1931). *Berita Biologi*, 14(3), 235-240.
- Peraza-Yee, M. M., Carranza-Díaz, O., Bermudes-Lizárraga, J. F., López-Peraza, D. J., Nieves-Soto, M., & Millán-Almaraz, M. I. (2022). The effect of major nutrients in five levels of an f medium on growth and proximal composition of *Thalassiosira weissflogii*. *Latin american journal of aquatic research*, 50(1), 110-123.
- Prihardianto, M. K., Subandiyono, S., & Chilmawati, D. (2023). Pola pertumbuhan *Thalassiosira* sp. pada media walne dengan rasio N/P berbeda. *Sains Akuakultur Tropis: Indonesian Journal of Tropical Aquaculture*, 7(2), 196-206.
- Prochazkova, G., Brányiková, I., Zachleder, V., & Brányik, T. (2014). Effect of nutrient supply status on biomass composition of eukaryotic green microalgae. *Journal of Applied Phycology*, 26, 1359-1377. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-013-0154-9>
- Rana, M. S., & Prajapati, S. K. (2021). Resolving the dilemma of iron bioavailability to microalgae for commercial sustenance. *Algal research*, 59, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102458>
- Salimah, F. N., Santosa, G. W., & Ridlo, A. (2022). Pertumbuhan dan kadar pigmen *Dunaliella salina* (Chlorophyta) pada media dengan penambahan konsentrasi tembaga (Cu) yang berbeda. *Buletin Oseanografi Marina*, 11(1), 51-58. DOI:10.14710/buloma.v11i1.35906
- Sartika, M., & Setyawati, T. R. (2014). Kandungan klorofil dan lipid *Nannochloropsis oculata* yang dikultur dalam media limbah cair karet. *Protobiont*, 3(3), 25-30.
- Sigalingging, F. A., Padil, P., & Muria, S. R. (2019). Kultivasi mikroalga menggunakan media AF6 berdasarkan perbedaan volume solution A media AF6. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains*, 6(1), 1-5.
- Silva, D. L. B., de Moraes, L. B. S., Oliveira, C. Y. B., da Silva Campos, C. V. F., de Souza Bezerra, R., & Gálvez, A. O. (2022). Influence of culture medium on growth and protein

- production by *Haematococcus pluvialis*. *Acta Scientiarum: Technology*, 44(1), 1-13. DOI: 10.4025/actascitechnol.v44i1.59590
- Stenger-Kovács, C., Béres, V. B., Buczkó, K., Al-Imari, J. T., Lázár, D., Padisák, J., & Lengyel, E. (2023). Review of phenotypic response of diatoms to salinization with biotechnological relevance. *Hydrobiologia*, 850(1), 1-24. <https://doi.org/10.1007/s10750-023-05194-7>
- Syaichurrozi, I., Wardalia, W., Dwicahyanto, S., & Toron, Y. S. (2022). Effect of NaNO₃ concentration in medium of raof on cultivation of *Spirulina platensis*. *Eksergi*, 19(1), 15-19.
- Tam, L. T., Van Cong, N., Thom, L. T., Ha, N. C., Hang, N. T. M., Van Minh, C., ... & Hong, D. D. (2021). Cultivation and biomass production of the diatom *Thalassiosira weissflogii* as a live feed for white-leg shrimp in hatcheries and commercial farms in Vietnam. *Journal of Applied Phycology*, 33(1), 1559-1577. <https://doi.org/10.1007/s10811-021-02371-w>
- Tewal, F., Kemer, K., Rimper, J. R., Mantiri, D. M., Pelle, W. E., & Mudeng, J. D. (2021). Laju pertumbuhan dan kepadatan mikroalga *Dunaliella* sp. pada pemberian timbal asetat dengan konsentrasi yang berbeda. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 9(1), 30-37.
- Triastuti, R. J., Mubarak, A. S., & Prabandari, L. (2011). Pengaruh penambahan pupuk bintil akar kacang tanah sebagai sumber nitrogen dan fosfor terhadap populasi *Chlorella* sp. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan* Vol, 3(2), 157-163.
- Trikuti, I. K., Anggreni, A. A. M. D., & Gunam, I. B. W. (2016). Pengaruh jenis media terhadap konsentrasi biomassa dan kandungan protein mikroalga *Chaetoceros calcitrans*. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 4(2), 13-22.
- Wahyu, D., Hindarti, D., & Permana, R. (2020). Cadmium toxicity towards marine diatom *Thalassiosira* sp. and its alteration on chlorophyll-a and carotenoid content. *World News of Natural Sciences*, 31(1), 48-57.
- Wang, H., Su, Q., Zhuang, Y., Wu, C., Tong, S., Guan, B., ... & Qiao, H. (2023). Effects of iron valence on the growth, photosynthesis, and fatty acid composition of *Phaeodactylum tricornutum*. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(2), 1-13. <https://doi.org/10.3390/jmse11020316>
- Wardani, N. K., Supriyantini, E., & Santosa, G. W. (2022). Pengaruh konsentrasi pupuk walne terhadap laju pertumbuhan dan kandungan klorofil-a *Tetraselmis chuii*. *Journal of Marine Research*, 11(1), 77-85. DOI: 10.14710/jmr.v11i1.31732
- Yang, X., Liu, P., Hao, Z., Shi, J., & Zhang, S. (2012). Characterization and identification of freshwater microalgal strains toward biofuel production. *BioResources*, 7(1), 0686-0695.

