



**Jurnal Sains Akuakultur Tropis**  
**Departemen Akuakultur**  
**Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan – Universitas Diponegoro**  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50275  
Telp. (024) 7474698, Fax.: (024) 7474698  
Email: [sainsakuakulturtropis@gmail.com](mailto:sainsakuakulturtropis@gmail.com), [sainsakuakulturtropis@undip.ac.id](mailto:sainsakuakulturtropis@undip.ac.id)

## **POLA PERTUMBUHAN *Thalassiosira* sp. PADA MEDIA WALNE DENGAN RASIO N/P BERBEDA**

*Growth Patterns Thalassiosira sp. on Walne Media with Different N/P Ratio*

**Muhammad Kukuh Prihardianto, Diana Chilmawati, Subandiyono\***

Departemen Akuakultur, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto S.H., Semarang 50275, Indonesia, telp: +62821 5350 5993,  
fax: 0247474698

\*Corresponding Author: [sby.subandiyono@gmail.com](mailto:sby.subandiyono@gmail.com)

### **ABSTRAK**

*Thalassiosira* sp. merupakan fitoplankton yang termasuk dalam sel diatom yang sering digunakan sebagai pakan alami larva udang. Pertumbuhan diatom dipengaruhi oleh banyak faktor, salah satunya yaitu nutrisi. Nitrogen dan fosfor merupakan makro nutrisi yang membatasi pertumbuhan diatom dan produktivitas primer. Nitrogen merupakan nutrisi utama untuk pertumbuhan diatom dan fosfor berperan dalam metabolisme sel. Fosfor digunakan reaksi yang berkaitan dengan energi seperti peredaran dan transfer energi dalam metabolisme sel.

Tujuan penelitian ini untuk mengkaji pengaruh rasio N/P terhadap pola pertumbuhan dan mengetahui rasio N/P terbaik terhadap pola pertumbuhan *Thalassiosira* sp.. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium CV. Riz Samudra, Marine Science Techno Park Undip, Jepara, Jawa Tengah. *Thalassiosira* sp. yang digunakan sebagai uji berasal dari stok inokulan laboratorium algae BBPBAP Jepara, Jawa Tengah.

Metode penelitian yang digunakan yaitu metode eksperimental menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 5 perlakuan dan 4 ulangan, yaitu perlakuan A (rasio N:P=1:1), perlakuan B (rasio N:P = 4:1), perlakuan C (rasio N:P=8:1), perlakuan D (rasio N:P=12:1), perlakuan E (rasio N:P=16:1). *Thalassiosira* sp. dikultur dengan kepadatan inokulan 100.000 sel/ml. Kultur dilakukan selama 14 hari untuk mengetahui pola pertumbuhan sel diatom *Thalassiosira* sp.. Media yang digunakan untuk kultur yaitu media walne modifikasi dengan sumber N dan P berasal dari (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO dan Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.

Hasil penelitian didapatkan bahwa rasio N:P berpengaruh nyata ( $P>0,05$ ) terhadap pola pertumbuhan *Thalassiosira* sp. Hasil laju pertumbuhan *Thalassiosira* sp. dari nilai tertinggi ke terendah berturut-turut yaitu perlakuan A (0,39±0,04) sel/hari, perlakuan E (0,38±0,03) sel/hari, perlakuan C (0,29±0,02) sel/hari, perlakuan D (0,28±0,01) sel/hari dan perlakuan B (0,27±0,02) sel/hari. Rasio N:P=1:1 yang merupakan rasio N:P terbaik yang menghasilkan waktu *lag phase* (2,31±0,17 hari), laju pertumbuhan (0,39±0,04 sel/hari), puncak populasi (6,35±0,11 log sel/ml), kepadatan sel akhir (5,84±0,03 log sel/ml).

**Kata Kunci:** Pakan Alami, Rasio N:P, *Thalassiosira* sp, Pola Pertumbuhan, Walne

### **ABSTRACT**

*Thalassiosira* sp. is one of the diatoms that are often used as natural food for shrimp larvae. The growth of diatoms is influenced by many factors, one of which is nutrients. Nitrogen and phosphorus are macronutrients that limit diatom growth and primary productivity. Nitrogen is the main nutrient for the

growth of diatoms and phosphorus plays a role in cell metabolism. Phosphorus is used in energy-related reactions such as circulation and energy transfer in cellular metabolism.

The purpose of this study was to examine the effect of the N/P ratio on the growth pattern and determine the best N/P ratio on the growth pattern of *Thalassiosira* sp.. The research was carried out at the CV. Riz Samudra, Marine Science Techno Park Undip, Jepara, Central Java. *Thalassiosira* sp. used as a test came from the inoculant stock of the algae laboratory BBPBAP Jepara, Central Java.

The research method used is the experimental method using a completely randomized design with 5 treatments and 4 replications, treatment A (ratio N:P=1:1), treatment B (ratio N:P = 4:1), treatment C (ratio N:P = 4:1). P=8:1), treatment D (ratio N:P=12:1), treatment E (ratio N:P=16:1). *Thalassiosira* sp. cultured at an inoculant density of 100,000 cells/ml. The culture was carried out for 14 days to determine the growth pattern of *Thalassiosira* sp. diatom cells. The media used for culture was modified Walne media with sources of N and P derived from  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  and  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ .

The results showed that the N:P ratio had a significant effect ( $P>0.05$ ) on the growth pattern of *Thalassiosira* sp. The results of the growth rate of *Thalassiosira* sp. from the highest to the lowest values, respectively, namely treatment A ( $0.39\pm 0.04$ ) cells/day, treatment E ( $0.38\pm 0.03$ ) cells/day, treatment C ( $0.29\pm 0.02$ ) cells/day, treatment D ( $0.28\pm 0.01$ ) cells/day and treatment B ( $0.27\pm 0.02$ ) cells/day. N:P=1:1 ratio which is the best N:P ratio in the study which resulted in *lag phase* ( $-2.31\pm 0.17$  days), growth rate ( $0.39\pm 0.04$  cells/day), peak population ( $6.35\pm 0.11$  log cells/ml), final cell density ( $5.84\pm 0.03$  log cells/ml).

**Keywords:** Natural Feed, N:P Ratio, *Thalassiosira* sp, Growth Pattern, Walne

## Pendahuluan

Ketersediaan pakan alami yang cukup, sangat dibutuhkan dalam usaha pembenihan. Pakan alami membantu proses pembenihan untuk menghasilkan benih yang baik dan berkualitas. Fitoplankton yaitu organisme mikroskopis dan bersifat autotrof karena memiliki potensi memanfaatkan senyawa anorganik menjadi senyawa organik melalui proses fotosintesis. Fitoplankton juga merupakan penghasil oksigen dan mempunyai peranan sebagai indikator biologis untuk menduga kualitas air dan menjaga kestabilan suatu perairan (Padang *et al.*, 2018). Salah satu fitoplankton penting yaitu *Thalassiosira* sp. merupakan mikroalga laut tropis. Kualitas *Thalassiosira* sp. sebagai pakan alami sangat mempengaruhi kualitas produksi larva udang vaname. Apabila kualitas pakan alami yang diberikan mengandung nutrisi yang rendah dan jumlahnya kurang sesuai maka pertumbuhan akan terhambat.

*Thalassiosira* sp. adalah salah satu fitoplankton jenis diatom (Bacillariophyceae) yang sering digunakan sebagai pakan alami dalam usaha pembenihan karena kemampuan adaptasi yang baik terhadap perubahan lingkungan (Sarniati *et al.*, 2017). Costard (2012) menyatakan bahwa *Thalassiosira* sp. dapat menghasilkan jumlah sel yang lebih banyak dibandingkan dengan *Chaetoceros* sp. dan jumlah sel dari *Thalassiosira* sp. mengalami peningkatan dari fase eksponensial sampai fase stationer. *Thalassiosira* sp. memiliki kandungan nutrisi yang tinggi dimana jumlah asam lemak tak jenuh (PUFA) hampir dua kali lipat dibandingkan dengan *Chaetoceros*. Kandungan gizi *Chaetoceros calcitrans* terdiri dari protein 12%, karbohidrat 4,7%, klorofil-a 1,04 % dan lipid 7,2 % dari berat kering. *Thalassiosira weissflogii* mempunyai kandungan protein yaitu 44,5%, karbohidrat 26,1 % dan lipid sekitar 11,8 % dari berat keringnya (Panjaitan *et al.*, 2015).

Salah satu faktor penting yang berpengaruh dalam pertumbuhan dan akumulasi biomassa fitoplankton adalah ketersediaan nutrisi (Struyf *et al.* 2009). Nutrien yang dibutuhkan oleh mikroalga terdiri dari makronutrien (C, H, N, P, K, S, Mg, dan Ca) dan mikronutrien (Fe, Cu, Mn, Zn, Co, Mo, Bo, Vn, dan Si) (Kawaroe *et al.*, 2010). Kandungan senyawa aktif pada bahan dipengaruhi perbedaan komponen dan jumlah nutrisi.  $\text{NaNO}_3$  merupakan salah satu unsur nutrisi media yang dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroalga (Notonegoro, 2018). Dyhrman, (2016), menyatakan bahwa fosfor berperan dalam proses metabolisme sel yaitu digunakan saat peredaran energi, transfer energi serta perangsang reaksi dalam metabolisme sel. Nitrogen dan Fosfor berpengaruh terhadap pertumbuhan fitoplankton sehingga diperlukan adanya rasio nitrogen dan fosfor yang tepat untuk menghasilkan kepadatan sel yang tinggi. Znachor dan Nedoma (2010), menambahkan unsur karbon memiliki peran penting untuk melakukan fotosintesis.

Banyak studi yang membahas pengaruh rasio N:P terhadap pertumbuhan mikroalga (Klausmeier *et al.*, 2004; Rasdi dan Qin 2014 dan Yang *et al.*, 2014). Rasio N:P dimanipulasi dengan proporsi berbeda dari pengurangan atau penambahan N dan P dalam media walne untuk mencapai rasio N:P yang akan diteliti. Namun belum banyak informasi mengenai rasio N:P terhadap pertumbuhan *Thalassiosira* sp. sehingga diperlukan penelitian mengenai hal ini. Menurut Fadila *et al.*, (2021), rasio 12:1 dan 16:1 menghasilkan pola pertumbuhan terbaik yaitu nilai waktu lag phase  $-1,756 \pm 0,048$  hingga  $-1,712 \pm$

0,041 hari; laju pertumbuhan  $0,610 \pm 0,006$  hingga  $0,623 \pm 0,011$  hari; kepadatan sel maksimum  $5,215 \pm 0,012$  hingga  $5,247 \pm 0,022$  log sel/ml dan kepadatan sel akhir  $4,700 \pm 0,048$  hingga  $4,805 \pm 0,032$  log sel/ml. Rasio 4:1 menghasilkan nilai kandungan protein tertinggi sebesar 42,11 %.

Permasalahan yang ada adalah pemenuhan kebutuhan akan pakan alami dalam kegiatan budidaya. *Thalassiosira* sp. adalah salah satu jenis diatom yang banyak digunakan untuk pakan larva udang dan untuk menghasilkannya dalam jumlah yang besar diperlukan proses kultur. Media Walne merupakan media umum yang digunakan dalam proses kultur mikroalga. Komposisi utama dalam pupuk walne adalah larutan nutrisi, larutan trace meta, dan juga vitamin. Vitamin tersebut terdiri dari vitamin B12, thiamin, dan juga biotin. Media ini terdiri atas senyawa kimia seperti unsur nitrat dan fosfat yang merupakan sumber nutrisi untuk keperluan kehidupannya. Media walne mengandung N ( $\text{NaNO}_3$ ) sebanyak 100,09 g/L dan P ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ) sebanyak 20 g/L (Jati *et al.*, 2012). Selain itu mikronutrien yang terkandung dalam pupuk Walne antara lain Fe, Cu, Co, Zn dan Mn (Wardani *et al.*, 2022). Pranajaya *et al.*, (2014), menyebutkan bahwa konsentrasi Cu yang berlebih dalam media dapat berakibat toksik bagi sel mikroalga dan menghambat pertumbuhan. Ion logam Cu dapat mengganggu metabolisme mikroalga karena Cu akan berkompetisi dengan senyawa lain pada sisi aktif enzim sehingga pertumbuhan mikroalga menjadi rendah atau tidak tumbuh sama sekali. Berdasarkan hal tersebut, dalam kultur *Thalassiosira* sp. masih belum diketahui rasio N dan P, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui rasio N:P yang tepat untuk mendapatkan pertumbuhan terbaik. Sumber hara yang dapat digunakan untuk kultur fitoplankton antara lain pupuk pertanian: urea, ZA, dan TSP (Barokah., 2016). Nitrogen terkandung dalam pupuk urea dan ZA serta fosfat terkandung dalam pupuk TSP berfungsi untuk meningkatkan kecepatan pertumbuhan fitoplankton. Pada penelitian ini, diberikan pupuk urea dan pupuk TSP pada media Walne yang diduga akan berpengaruh terhadap pola pertumbuhan, kandungan protein sel diatom *Thalassiosira* sp..

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh rasio N/P dari pupuk urea dan TSP pada media Walne terhadap pola pertumbuhan sel diatom *Thalassiosira* sp. dan menentukan nilai rasio N/P dari pupuk urea dan TSP pada media Walne yang memberikan pola pertumbuhan sel diatom *Thalassiosira* sp. terbaik.

### Materi dan Metode

Penelitian ini menggunakan alat meliputi toples plastik (5 L), toples plastik 25 liter, erlenmeyer 500 ml, tube lamp 36 watt, rak kultur, blower, autoclave, selang aerasi, batu aerasi, mikroskop (Olympus), haemocytometer, cover glass, pipet volume, pipet tetes, timbangan elektrik (0,001 gram), handcounter, kertas label dan alat pengukuran kualitas air yang terdiri dari pH meter (Thermo scientific) dan refraktometer (Atago) digunakan untuk pengukuran salinitas dan thermometer digunakan untuk mengukur suhu pada media penelitian. Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah bibit sel *Thalassiosira* sp. dari kultur murni Laboratorium Pakan Hidup Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau (BBPBAP) Jepara, pupuk urea ( $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ) dan pupuk TSP ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) sebagai pupuk kultur *Thalassiosira* sp. dengan rasio Nitrogen dan Fosfor yang berbeda. air laut steril, media Walne modifikasi.

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan 4 kali ulangan yang mengacu pada Anderson (2005) mengenai komposisi media Walne dan penelitian Rasdi dan Qin (2014) tentang pengaruh rasio N:P terhadap pertumbuhan dan komposisi kimia dari *Nannochloropsis oculata* dan *Tisochrysis lutea*. Media Walne yang digunakan sebagai dasar rasio N:P untuk manipulasi rasio N:P lainnya. Rasio N:P dalam media Walne yang digunakan yaitu 8:1 (141,75 mg/L  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  ; 16,83 mg/L  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ). Rasio N:P dalam media kultur yang lainnya dilakukan modifikasi dari pengurangan dan penambahan N dan P sehingga diperoleh rasio N:P yang akan diteliti.

Perlakuan pemberian rasio N/P yang berbeda dari pupuk urea dan TSP pada media Walne yaitu:

- Perlakuan A : Rasio N:P = 1:1 (16,83 mg/L  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ; 16,83 mg/L  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ )
- Perlakuan B : Rasio N:P = 4:1 (70,88 mg/L  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  ; 16,83 mg/L  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ )
- Perlakuan C : Rasio N:P = 8:1 (141,75 mg/L  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  ; 16,83 mg/L  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ )
- Perlakuan D: Rasio N:P =12:1 (212,63 mg/L  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  ; 16,83 mg/L  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ )
- Perlakuan E: Rasio N:P =16:1 (283,51 mg/L  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  16,83 mg/L  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ )

Sedangkan data yang dianalisa adalah pola pertumbuhan *Thalassiosira* sp. dengan pemeliharaan selama 14 hari yang meliputi waktu lag phase, laju pertumbuhan, puncak populasi, dan kepadatan sel akhir dan parameter kualitas air dianalisa secara deskriptif. Menurut Wahyudi *et al* (2022), Pola pertumbuhan sel *Thalassiosira* sp. yang dikultur selama 14 hari.

### Pengumpulan Data

#### Kepadatan sel *Thalassiosira* sp.

Kepadatan harian *Thalassiosira* sp. dihitung dengan menggunakan rumus yang berasal dari referensi Suminto (2005), yaitu dengan menggunakan kotak kecil 400 *haemocytometer* =  $1 \text{ mm}^2 \times 0,1 \text{ mm}$   
=  $0,1 \text{ mm}^3 = 0,0001 \text{ ml}$

Kepadatan harian *Thalassiosira* sp. dihitung menggunakan *haemocytometer* pada 400 kotak dengan volume 0,0001 ml, kemudian kepadatan dihitung menggunakan rumus yang berasal dari referensi Nisa et al., (2020), yaitu:

$$\text{Kepadatan sel (P)} = N \times 10^4 \text{ sel/ml.}$$

dimana:

P = kepadatan sel (sel/ml.)

N = jumlah sel yang terhitung pada 25 kotak *Haemocytometer*

#### Waktu lag phase *Thalassiosira* sp.

Perhitungan waktu *lag phase* adalah dengan cara menghitung regresi linear selama fase eksponensial (Suminto dan Hirayama, 1996), dengan rumus yaitu :

$$Y = A + B$$

dimana:

Y = logaritma kepadatan sel

A = waktu *lag phase* (hari)

B = konstanta

Waktu *lag phase* (A) dihitung dengan Y = kepadatan kultur awal, sehingga rumus tersebut kemudian digunakan untuk menghitung A menjadi:

$$Y = Ak + B$$

dimana:

Y = logaritma kepadatan sel pada hari ke-0

A = waktu *lag phase*

K = konstanta laju pertumbuhan

B = konstanta hasil perhitungan regresi inear selama fase eksponensial

#### Laju pertumbuhan *Thalassiosira* sp.

Laju pertumbuhan *Thalassiosira* sp. dihitung menggunakan rumus yang pernah digunakan dalam penelitian Fogg (1965), yaitu:

$$K = \frac{\text{Log } N_t - \text{log } N_0}{\Delta t}$$

dimana:

K = konstanta pertumbuhan spesifik

$N_t$  = jumlah sel pada hari ke-t

$N_0$  = jumlah sel pada hari ke-0

$\Delta t$  = waktu dari 0 – t (hari)

#### Kualitas Air

Pengukuran kualitas air pada wadah kultur *Thalassiosira* sp. dilakukan tiga kali dalam melakukan penelitian yaitu hari pertama kultur, hari kedelapan kultur dan hari keempat belas kultur. Kualitas air yang diukur menggunakan alat yang meliputi variabel kualitas air yaitu suhu, salinitas dan pH.

#### Analisis Data

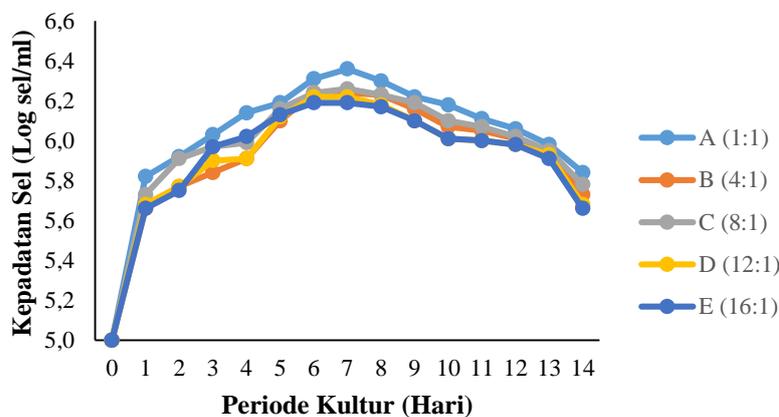
Hasil pengamatan performa pertumbuhan *Thalassiosira* sp. berupa pola pertumbuhan yang meliputi data *lag Phase* , data laju pertumbuhan, data kepadatan sel maksimum dan data kepadatan sel akhir. Hasil yang telah diperoleh selanjutnya dianalisis dengan uji statistik dan disajikan dalam bentuk grafik. Data yang diperoleh selanjutnya dilakukan analisis statistika dengan uji normalitas, homogenitas dan aditifitas. Data yang bersifat normal, homogen dan additif selanjutnya akan dilanjutkan dengan analisis ragam (ANOVA). Hasil uji ANOVA yang menunjukkan perbedaan nyata selanjutnya dilakukan uji wilayah *Duncan*. Data kualitas air dianalisis secara deskriptif dengan mengacu pada referensi yang relevan.

## Hasil dan Pembahasan

### Hasil

#### Pola Pertumbuhan *Thalassiosira* sp.

Berdasarkan hasil penelitian tentang pengaruh perbedaan rasio N/P pada media kultur terhadap pola pertumbuhan *Thalassiosira* sp., diperoleh grafik pola pertumbuhan yang disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pola Pertumbuhan *Thalassiosira* sp.

Pola pertumbuhan sel *Thalassiosira* sp. pada hari ke-1 sampai hari ke-2 ditunjukkan oleh pertumbuhan fase eksponensial, kemudian hari ke-3 sampai hari ke-12 terjadi pola pertumbuhan stasioner. Fase kematian terjadi pada pola pertumbuhan hari ke-13 sampai hari ke-14 terjadi penurunan grafik pertumbuhan sebagai akhir kepadatan sel.

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa pola pertumbuhan sel *Thalassiosira* sp. yaitu meliputi *Lag Phase* (hari), laju pertumbuhan (sel/hari) kepadatan sel maksimum (log sel/ml), dan kepadatan sel akhir (log sel/ml), dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pola Pertumbuhan *Thalassiosira* sp.

Perlakuan	Pola Pertumbuhan			
	Waktu Fase Lag (hari)	Laju Pertumbuhan (sel/hari)	Puncak Populasi (log sel/ml)	Kepadatan Sel Akhir (log sel/ml)
A (1:1)	2,31±0,17	0,39±0,04	6,35±0,11	5,84±0,03
B (4:1)	3,30±0,29	0,27±0,02	6,23±0,09	5,73±0,04
C (8:1)	3,13±0,30	0,29±0,02	6,25±0,07	5,78±0,03
D (12:1)	3,23±0,54	0,28±0,01	6,22±0,08	5,68±0,07
E (16:1)	2,45±0,52	0,38±0,03	6,19±0,06	5,66±0,05

Berdasarkan Tabel 1. dapat disimpulkan bahwa nilai pola pertumbuhan yang terjadi pada waktu *Lag Phase* negative dan terbaik terjadi pada perlakuan B (3,30±0,29) hari, perlakuan D (3,23±0,54) hari, perlakuan C (3,13±0,30) hari, perlakuan E (2,45±0,52) hari dan perlakuan A (2,31±0,17) hari. Data laju pertumbuhan *Thalassiosira* sp. dari nilai tertinggi ke terendah berturut-turut yaitu perlakuan A (0,39±0,04) sel/hari, perlakuan E (0,38±0,03) sel/hari, perlakuan C (0,29±0,02) sel/hari, perlakuan D (0,28±0,01) sel/hari dan perlakuan B (0,27±0,02) sel/hari. Puncak populasi *Thalassiosira* sp. dari nilai tertinggi ke terendah berturut-turut yaitu perlakuan A (6,35±0,11) log sel/ml, perlakuan C (6,25±0,07) log sel/ml, perlakuan B (6,23±0,09) log sel/ml, perlakuan D (6,22±0,08) log sel/ml dan perlakuan E (6,19±0,06) log sel/ml. Kepadatan sel akhir *Thalassiosira* sp. dari nilai tertinggi ke terendah berturut-turut yaitu perlakuan A (5,84±0,03) log sel/ml, perlakuan C (5,78±0,03) log sel/ml, perlakuan B (5,73±0,04) log sel/ml, perlakuan D (5,68±0,07) log sel/ml dan perlakuan E (5,66±0,05) log sel/ml.

#### Kualitas Air

Hasil pengukuran kualitas air selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Kualitas Air selama Penelitian

Parameter Kualitas Air	Perlakuan					Kelayakan
	A	B	C	D	E	
Suhu ( $^{\circ}$ C)	25,3-27	25,3-26,7	25,6-27	25,4-26,8	25,7-26-7	25,3-29,1 <sup>a</sup>
pH	8,05-8,41	8,10-8,50	8,02-8,51	8,09-8,54	8,03-8,56	8-8,7 <sup>b</sup>
Salinitas (ppt)	30-32	30-32	30-32	30-32	30-32	30-35 <sup>b</sup>
Intensitas cahaya	7000	7000	7000	7000	7000	1000-10000 <sup>c</sup>

Sumber: <sup>a</sup>Erlangga *et al.*, (2021); <sup>b</sup>Wahyudi *et al.*, (2022); <sup>c</sup>Muchammad (2013)

## Pembahasan

### Pola Pertumbuhan *Thalassiosira* sp.

Pertumbuhan *Thalassiosira* sp. ditandai dengan fase pertumbuhan dengan parameter diantaranya waktu *lag phase*, konstanta pertumbuhan spesifik, puncak populasi dan kepadatan akhir pengamatan. Hasil waktu *lag phase* dari nilai tertinggi ke terendah berturut-turut yaitu perlakuan A (-2,31±0,17) hari, perlakuan E (-2,45±0,52) hari, perlakuan C (-3,13±0,30) hari, perlakuan D (-3,23±0,54) hari dan perlakuan B (-3,30±0,29) hari. Fase lag tertinggi pada perlakuan A dengan rasio N:P 1:1 hal ini diduga karena media kultur pada perlakuan A sesuai dengan media kultur inokulan. Hasil ini hampir mendekati penelitian Fadila *et al.*, (2020) dimana fase lag tertinggi terjadi pada rasio N:P 16:1 dengan nilai -1,712±0,041. Fase lag atau fase istirahat terjadi pada saat sel *Thalassiosira* sp. dimasukkan ke dalam wadah percobaan sampai sel *Thalassiosira* sp. mempersiapkan pertumbuhannya. Lamanya fase lag atau fase istirahat berbeda-beda, tergantung kemampuan masing-masing sel untuk beradaptasi. Menurut Regista *et al.* (2017), umur kultur inokulum yang digunakan merupakan salah satu faktor yang dapat menentukan lamanya fase adaptasi. Fase adaptasi akan berlangsung lebih singkat atau tidak terjadi proses adaptasi sama sekali apabila sel-sel yang diinokulasikan berada pada fase eksponensial. Prayitno (2020), menyatakan bahwa faktor yang mempengaruhi fase adaptasi mikroalga salah satunya adalah media kultur yang digunakan sama dengan media kultur inokulan.

Setelah masa adaptasi berakhir terjadi fase pertumbuhan dipercepat yang ditunjukkan dengan nilai laju pertumbuhan. Nilai laju pertumbuhan (k) menandakan sel telah memasuki fase eksponensial. Nilai SGR dari tertinggi ke terendah berturut-turut yaitu perlakuan perlakuan A (0,39±0,04) sel/hari, perlakuan E (0,38±0,03) sel/hari, perlakuan C (0,29±0,02) sel/hari, perlakuan D (0,28±0,01) sel/hari dan perlakuan B (0,27±0,02) sel/hari. Laju pertumbuhan tertinggi pada perlakuan A dengan rasio N:P 1:1, hal ini diduga karena perlakuan A merupakan media dengan kandungan nutrisi nitrogen dan fosfor yang tepat untuk pertumbuhan *thalassiosira* sp. Hal ini diperkuat oleh Erlangga *et al.*, (2021), yang menyatakan bahwa rasio N:P 1:1 menunjukkan pertumbuhan terbaik karena kandungan nitrogen yang berlebih dapat menghambat proses biosintesis sel alga. Kandungan nutrisi P yang berlebih maupun kurang dapat berdampak negatif pada pertumbuhan sel. Nilai konstanta pertumbuhan spesifik menggambarkan kecepatan pertumbuhan harian dari suatu populasi mikroalga. Nilai konstanta pertumbuhan spesifik yang lebih besar mempunyai arti bahwa proses pembelahan sel mikroalga berlangsung lebih cepat yang berakibat pertambahan sel persatuan waktu menjadi lebih besar. Menurut Sisi *et al.* (2010), jika konsentrasi nitrogen dan fosfor sangat kecil pada media kultur tidak dapat mendukung pertumbuhan biomassa fitoplankton yang tinggi. Serupa dari penelitian dari Yang *et al.* (2014), bahwa lima spesies benthic diatom tidak dapat tumbuh tanpa adanya penambahan nitrogen dan fosfor ke dalam media kultur. Menurut Indarmawan *et al.*, (2012), yang menyatakan bahwa nutrisi utama yang paling dibutuhkan fitoplankton untuk pertumbuhan adalah nitrogen. Kandungan nitrogen yang berlebih dapat menghambat proses biosintesis sel alga. Kandungan nutrisi P yang berlebih maupun kurang dapat berdampak negative pada pertumbuhan sel.

Puncak kepadatan merupakan tanda bahwa pertumbuhan *Thalassiosira* sp. telah memasuki fase stationer. Fase stationer ditandai dengan seimbangannya laju pertumbuhan dan kematian. Nilai puncak populasi dari yang tertinggi ke yang terendah berturut-turut yaitu perlakuan A (6,35±0,11) log sel/ml, perlakuan C (6,25±0,07) log sel/ml, perlakuan B (6,23±0,09) log sel/ml, perlakuan D (6,22±0,08) log sel/ml dan perlakuan E (6,19±0,06) log sel/ml. Fase eksponensial tertinggi pada perlakuan A dengan rasio N:P 1:1, hal ini diduga karena nilai semakin cepat pertumbuhan sel maka semakin cepat pula fase eksponensial terjadi. Hal ini diperkuat oleh Erlangga *et al.*, (2021), yang menyatakan bahwa rasio N:P 1:1 menunjukkan hasil terbaik dalam fase eksponensial. Hal ini dikarenakan unsur nutrisi utama yang digunakan untuk pertumbuhan seperti unsur nitrat dan fosfat dalam masing-masing perlakuan masih tersedia dalam jumlah yang banyak untuk menunjang pertumbuhan sehingga peran mikronutrien belum terlihat secara signifikan. Menurut Fakhri *et al.*

(2020), karbon, nitrogen dan fosfor merupakan faktor utama yang dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroalga. Nitrogen berperan dalam pertumbuhan dan pembentukan DNA, RNA, enzim dan fotosintesis. Mastur *et al.*, (2015), yang menyatakan bahwa nitrat (NO<sub>3</sub>) merupakan nutrient utama bagi pertumbuhan mikroalga.

Fase kematian terjadi setelah *Thalassiosira* sp. pada masing-masing perlakuan mencapai puncak populasi. Fase kematian ditandai dengan kepadatan populasi yang terus berkurang dikarenakan laju kematian lebih tinggi dibandingkan dengan laju pertumbuhan. Penurunan kepadatan sel ditandai dengan laju kematian lebih cepat ini merupakan fase kematian (Putra *et al.*, 2015). Fase kematian terjadi pada semua perlakuan setelah adanya puncak kepadatan sel. Hasil kepadatan sel akhir dari tertinggi ke terendah berturut-turut yaitu perlakuan A (5,84±0,03) log sel/ml, perlakuan C (5,78±0,03) log sel/ml, perlakuan B (5,73±0,04) log sel/ml, perlakuan D (5,68±0,07) log sel/ml dan perlakuan E (5,66±0,05) log sel/ml, hal ini diduga karena tingginya rasio N:P maka kepadatan fase kematian sel semakin lama begitu pula dengan rasio N:P yang rendah fase kematian terjadi lebih awal karena ketersediaan nutrient pada media kultur yang sedikit. Hal ini diduga karena perlakuan A memiliki ketersediaan nutrient yang cukup untuk pertumbuhan sel, sedangkan perlakuan B, C, D dan E memiliki kepadatan yang lebih rendah karena kualitas air yang semakin menurun dan juga kontaminasi oleh mikroorganisme lain, kontaminasi terjadi dari kematian sel yang terjadi penggumpalan dan rasio N/P mempengaruhi pertumbuhan semakin tinggi ratio, pertumbuhan akan lambat dan kualitas sel menurun. Hasil ini hampir mendekati penelitian Fadila *et al.*, (2020) dimana fase kematian tertinggi terjadi pada rasio N:P 16:1 dengan nilai 4,085±0,032. Budiardi *et al.* (2010), kematian sel disebabkan oleh beberapa faktor yaitu nutrisi yang semakin berkurang, kualitas air yang menurun dan kontaminasi oleh mikroorganisme lain. Menurut Erlangga *et al.*, (2021) yang menyatakan bahwa kualitas air yang telah menurun juga menjadi penyebab penurunan kepadatan pertumbuhan sel *Thalassiosira* sp karena adanya sel-sel plankton yang telah mengalami kematian (menggumpal) dan akan menyebabkan kekeruhan yang akan menghambat proses fotosintesis. Isnansetyo dan Kurniastuty (2009), menambahkan bahwa kecepatan perkembangan kecepatan sel mulai menurun secara bertahap atau adanya keseimbangan antara tingkat kematian dengan tingkat pertumbuhan.

Pola pertumbuhan *Thalassiosira* sp pada hari ke 1-2 mencapai fase lag (fase adaptasi), hari ke 3-12 memasuki fase stationer (puncak kepadatan), kemudian pada hari ke 13-14 *Thalassiosira* sp memasuki fase kematian (death phase). Hal ini diperkuat oleh Sanjaya dan Danakusuma (2018), yang menyatakan bahwa *Thalassiosira* sp memiliki lima fase yaitu fase adaptasi pada hari pertama, fase logaritmik pada hari ke 2-5, fase penurunan laju pertumbuhan pada hari ke 6-7, fase stasioner pada hari ke 8-11 dan fase kematian pada hari ke 12-14. *Thalassiosira* sp. pada berbagai skala kultur menunjukkan pertumbuhan populasi yang berbeda dan waktu panen yang berbeda, mulai dari 22 hari sampai 33 hari. Erlangga *et al.*, (2021), menambahkan bahwa *Thalassiosira* sp. Yang diberi pupuk silikat fase lag terjadi pada saat sel *Thalassiosira* sp dimasukkan ke dalam wadah lamanya fase lag berbeda-beda, tergantung kemampuan masing-masing sel untuk beradaptasi. Fase selanjutnya adalah fase logaritmik terjadi pada hari ke-2 sampai hari ke-4. Setelah fase logaritmik terjadi fase stationer terjadi pada hari ke-5 sampai ke-6. Selanjutnya terjadi fase kematian (death phase) dimana terjadi penurunan jumlah populasi mikroalga pada penelitian hari ke-7.

### Kualitas Air

Parameter penunjang dari penelitian ini adalah parameter kualitas air. Parameter pengukuran kualitas air yang dimaksud adalah suhu, pH, salinitas dan intensitas cahaya. Air sebagai media kultur *Thalassiosira* sp. harus memenuhi persyaratan baik kualitas maupun kuantitasnya. Hal ini disebabkan karena ketersediaan unsur hara yang terdapat dalam media kultur dapat mempengaruhi pertumbuhan *Thalassiosira* sp., selain itu pengukuran kualitas air ini juga bertujuan untuk mengetahui risiko dalam hal-hal yang mengenai kegiatan produksi hingga menyebabkan kematian pada *Thalassiosira* sp. Kualitas air merupakan faktor pembatas bagi kehidupan makhluk hidup dalam air, baik yang termasuk faktor kimia, fisika maupun biologi (Suantika *et al.*, 2009). Menurut Erfanto *et al.*, (2013), bahwa pengelolaan kualitas air bertujuan untuk mengurangi risiko kegagalan produksi, dengan cara memantau parameter kualitas air selama proses budidaya dilaksanakan.

Kualitas air yang diukur pada penelitian ini meliputi suhu, pH, salinitas dan intensitas cahaya. Kualitas air selama penelitian masih dalam kisaran yang optimal namun terjadi penurunan saat terjadi adanya kematian sel. Suhu selama penelitian memiliki kisaran nilai yakni 25,3-27°C. suhu merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam proses metabolisme organisme perairan. Menurut Erlangga *et al.*, (2021), kisaran suhu optimal untuk pertumbuhan *Thalassiosira* sp. yaitu 25,3-29,1°C. Hal ini juga diperkuat oleh Asih (2014), bahwa diatom umumnya dapat hidup pada kisaran suhu 25-30 °C, namun kondisi yang optimal adalah berkisar 25 °C karena pada kondisi tersebut beberapa jenis diatom melakukan

produktifitas optimal. Sedangkan Effendi (2003), menyatakan bahwa kisaran suhu optimum bagi pertumbuhan diatom di perairan adalah 20-30 °C.

Derajat keasaman (pH) merupakan faktor lingkungan yang berperan sebagai faktor pembatas, dimana pH sangat berpengaruh pada adaptasi organisme perairan, pH dipengaruhi oleh aktifitas fotosintesis, suhu dan terdapatnya ion. nilai pH selama penelitian berada pada kisaran 8,02-8,56. Nilai pH ini masih sesuai untuk pertumbuhan *Thalassiosira* sp. Menurut Wahyudi *et al.*, (2022), nilai pH untuk tumbuh *Thalassiosira pseudonana* berkisar 8-8,7. Peningkatan nilai pH diduga karena penambahan media media Walne dan proses fotosintesis. Suminto (2009), menyatakan bahwa peningkatan pH pada media kultur berbanding lurus dengan penambahan bikarbonat yang dapat menghasilkan CO<sub>2</sub> untuk dimanfaatkan dalam proses fotosintesis. Pertumbuhan sel mikroalga meningkat seiring dengan meningkatnya nilai pH. Perairan dengan nilai Ph < 4 merupakan perairan yang sangat asam dan dapat menyebabkan kematian makhluk hidup, sedangkan > 9,5 merupakan perairan yang sangat basa dapat pula menyebabkan kematian serta mengurangi produktifitas (Erlangga *et al.*, 2021)

Salinitas merupakan faktor lingkungan yang penting diperhatikan pada kultur laut karena dapat mempengaruhi pertumbuhan diatom nilai salinitas selama penelitian berkisar antara 30-32 ppt. Salinitas ini masih dalam kisaran normal untuk pertumbuhan *Thalassiosira* sp. hal ini diperkuat oleh Wahyudi *et al.*, (2022), nilai salinitas untuk pertumbuhan *Thalassiosira* sp. yakni 30-35 ppt. Menurut Sanjaya dan Danakusuma (2018), salinitas optimum bagi pertumbuhan mikroalga berkisar antara 25-35 ppt. Nisa *et al.* (2020), salinitas merupakan faktor yang dapat mempengaruhi kepadatan mikroalga dalam media kultur. Fluktuasi salinitas yang kurang ataupun melebihi ambang batas dapat menyebabkan menurunnya pertumbuhan mikroalga.

Pertumbuhan *Thalassiosira* sp sangat tergantung pada intensitas cahaya sebagai fotosintesis. Cahaya merupakan faktor penentu pertumbuhan dan perkembangan diatom. Cahaya berfungsi sebagai sumber energi untuk fotosintesis, pertumbuhan, produktivitas dan mempengaruhi sebaran diatom. Setiap jenis bentuk diatom memiliki kisaran intensitas cahaya optimum untuk pertumbuhannya, sehingga kemampuan bentuk diatom untuk membentuk koloni bentuk yang baru sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya. Intensitas cahaya yang digunakan selama penelitian sebesar 7000 lux. Menurut Muchammad (2013), intensitas cahaya yang diperlukan untuk pertumbuhan mikroalga berkisar antara 1000-10000 lux (15150  $\mu\text{mol photon/m}^2\text{S}^{-1}$ ). Hal ini sesuai dengan pernyataan Saridu (2010), bahwa kisaran cahaya yang baik untuk pertumbuhan *Thalassiosira* sp adalah 500-12.000 lux. Kultur pakan diatom pada intensitas cahaya 900–3000 lux memiliki kepadatan yang tinggi. Apabila lebih dari 12.000 lux maka pertumbuhannya akan menurun (Winanto, 2004).

## Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemberian rasio N/P dari pupuk urea dan TSP pada media Walne terhadap pola pertumbuhan sel diatom *Thalassiosira* sp. tidak berpengaruh nyata ( $P>0,05$ ) terhadap puncak populasi *Thalassiosira* sp. namun memberikan pengaruh nyata terhadap waktu *lag phase*, laju pertumbuhan, dan kepadatan Sel Akhir *Thalassiosira* sp.
2. Nilai rasio N/P terbaik dari pupuk urea dan TSP pada media Walne untuk pola pertumbuhan sel diatom *Thalassiosira* sp. Yaitu pada perlakuan A dengan Rasio N:P=1:1 (16,83 mg/L (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO; 16,83 mg/L Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) didapatkan hasil waktu *lag phase* (-2,31±0,17 hari), laju pertumbuhan (0,39±0,04 sel/hari), puncak populasi (6,35±0,11 log sel/ml), dan kepadatan sel akhir (5,84±0,03 log sel/ml). Hal ini disebabkan karena perlakuan A merupakan media dengan kandungan nutrisi nitrogen dan fosfor yang tepat untuk pertumbuhan *Thalassiosira* sp., karena kandungan nitrogen yang berlebih dapat menghambat proses biosintesis sel dari *Thalassiosira* sp., selain itu juga kandungan fosfor yang berlebih maupun kurang dapat berdampak negatif terhadap pertumbuhan sel.

### Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, dapat diberikan saran yaitu perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan dosis yang berbeda agar dapat mengetahui rasio N/P dari pupuk urea dan TSP pada media Walne yang terbaik terhadap pola pertumbuhan sel diatom *Thalassiosira* sp.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ajithkumar, P. B., S. Joseph and K. Vidya. 2019. Growth Pattern of Stock Cultures of Five Selected Species of Marine Microalgae Maintained Under Indoor Controlled Environment and Under Outdoor Conditions. Indian J. Fish, 66(1):131-137.

- Asih, P. 2014. Produktifitas Primer Fitoplankton di Perairan Desa Malang Rapat Kabupaten Bintan. Jurnal Perikanan. 3(8): 41-53.
- Barokah, L. K. (2016). Pengaruh Kombinasi Pupuk Urea, Za, Dan Tsp Terhadap Laju Pertumbuhan Dan Kandungan Polisakarida Ekstraseluler *Porphyridium Sp.*
- Brahmantara IB.G 2015. Pengaruh penambahan sodium nitrat dan sodium fosfat pada media guillard terhadap konsentrasi biomassa dan lemak *Nannochloropsis sp.* Skripsi tidak dipublikasikan. Jurusan Teknologi Industri pertanian. Universitas Udayana. Bali.
- Budiardi, T., N. B. P. Utomo and A. Santosa. 2010. Pertumbuhan dan Kandungan Nutrisi *Spirulina sp.* pada Fotoperiode yang Berbeda. Jurnal Akuakultur Indonesia, 9(2):146-156.
- Costard, G. S., R. R. Machado, E. Barbarino, R. C. Martino and S. O. Lourenco. 2012. Chemical Composition of Five Marine Microalgae that Occur on the Brazilian Coast. Journal of Fisheries and Aquaculture. 4(9):191-201.
- Dyhrman, S. T. 2016. Nutrients and Their Acquisition: Phosphorus Physiology in Microalgae. The Physiology of Microalgae, 155-183 pp.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Jurnal Perairan. 3(7): 11-19.
- Erfanto, F., J. Hutabarat dan E. Arini. 2013. Pengaruh Substitusi Silase Ikan Rucuh dengan Persentase yang Berbeda pada Pakan Buatan Terhadap Efisiensi Pakan, Pertumbuhan dan Kelulushidupan Benih Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). Journal of Aquaculture Management and Technology. 1(2):26-36.
- Erlangga, A. Andira, Ernati, Mahdalina dan Muliani. 2021. Peningkatan Kepadatan *Thalassiosira sp.* dengan Dosis Pupuk Silikat yang Berbeda. Aquatica Sciences Journal. 8(3):167-174.
- Fadila, A. R., Suminto. Subandiyono dan D. Chilmawati. 2020. Pengaruh Rasio N:P dalam Media Kultur terhadap Pola Pertumbuhan dan Kandungan Protein *Thalassiosira*. Jurnal Sains Akuakultur Tropis. 5(2): 147-158
- Fakhri, M., P. W. Antika, A. W. Ekawatidan N. B. Arifin. 2020. Pertumbuhan, kandungan Pigmen, dan Protein *Spirulina plantesis* yang dikultur pada  $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$  dengan Dosis yang Berbeda. Journal of Aquaculture and Fish Health, 9(1):38-47.
- Fogg, G. E. 1965. Algae Culture and Phytoplankton Ecology. The University of Winconsin Press. Madisson, Milk Wauhe.
- Hu, H. & K.Gao. 2006. Response of Growth and Fatty Acid Compositions of *Nannochloropsis sp.* to Environmental Factor Under Elevated  $\text{CO}_2$  Concentration. Biotechnol Lett. 28:987-992.
- Indarmawan, T., A. S. Mubarak dan Mahasri. 2012. Pengaruh Konsentrasi Pupuk *Azolla Pinata* Terhadap Populasi *Chaetoceros sp.* Jurnal of Marine and Coastal Science. 1(1): 22-29.
- Isnansetyo, A dan E. Kurniastuty. 2009. Teknik Kultur Phytoplankton dan Zooplankton. Pakan Alami untuk Pembenihan Organisme Laut. Jurnal Perikanan. 2(5): 11-25.
- Jati, F. J. Hutabarat, dan V.E Herawati. 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.
- Kawaroe, M., Prartono, T., Sannuddin, A., Sari, D. W., & Augustine, D. (2010). Mikroalga Potensi dan Pemanfaatannya untuk Produksi Bio Bahan Bakar. Bogor: IPB Press.

- Klausmeier, C. A., E. Litchman, T. Daufresne and S. A. Levin. 2004. Optimal Nitrogen to Phosphorus Stoichiometry of Phytoplankton. *Nature*, 429:171-177.
- Meirinawati, H., & Fitriya, N. (2018). Pengaruh Konsentrasi Nutrien Terhadap Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Halmahera-Maluku. *OLDI (Oseanologi dan Limnologi di Indonesia)*, 3(3):183-195.
- Muchammad, A., E. Kardena dan A. Rinanti. 2013. Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Penyerapan Gas Karbondioksida oleh Mikroalga Tropis *Ankistrodesmus* sp. dalam Fotobioeaktor. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 19(2):103-116.
- Nisa, K., S. Hasibuan dan Syafriadiman. 2020. Pengaruh Salinitas Berbeda terhadap Kepadatan dan Kandungan Karotenoid *Dunaliella salina*. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 25(1):27-35.
- Notonegoro, H., Setyaningsih, I., & Tarman, K. (2018). Kandungan Senyawa Aktif Spirulina Platensis Yang Ditumbuhkan Pada Media Walne Dengan Konsentrasi Nano.
- Padang, A., A. Lestaluhu dan R. Siding. 2018. Pertumbuhan Fitoplankton *Dunaliella* sp. dengan Cahaya Berbeda pada Skala Laboratorium. *Jurnal Agribisnis Perikanan*. 11(1):1-7.
- Panjaitan, A. S., W Hadie, dan S. Harijati. 2015. Penggunaan *Chaetoceros calcitrans*, *Thalassiosira weissflogii* Dan Kombinasinya Pada Pemeliharaan Larva udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*, Boone 1931). *Jurnal-jurnal Ilmu Hayati*. 14(3):235-240.
- Pranajaya, R.H., Ali, D, & Bambang, Y. 2014. Pengaruh Tembaga terhadap Kandungan Pigmen dan Pertumbuhan Mikroalga Merah *Porphyridium cruentum*. *Ilmu Kelautan*, 19(2):97-104.
- Prayitno, J., I. K. Rahmasari dan A. Rifai. 2020. Pengaruh Interval Waktu Panen terhadap Produksi Biomassa *Clorella* sp. dan *Melosira* sp. untuk Penangkapan Karbon secara Biologi. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 21(1):23-30.
- Putra, I. K. R. W., A. A. M. D. Anggreni dan I. W. Arnata. 2015. Pengaruh Jenis Media terhadap Konsentrasi Biomassa dan Klorofil Mikroalga *Tetraselmis chuii*. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 3(2):40-46.
- Regista, Ambeng, M. Litaay dan M. R. Umar. 2017. Pengaruh Pemberian Vermikompos Cair *Lumbricus rubellus hoffmeister* pada Pertumbuhan *Chlorella* sp. *Jurnal Biologi Makassar*, 2(1):1-8.
- Sains, M. F., Tarumingkeng, I. R. C., Coto, I. Z., & Hardjanto, I. (2004). Hubungan antara produktivitas primer fitoplankton dan intensitas cahaya di Waduk Cirata Kabupaten Cianjur Jawa Barat.
- Sanjaya, F., dan E. Danakusuma. 2018. Evaluasi Kerja Pertumbuhan Diatom (*Thalassiosira* sp.) yang Diberi Dosis Silikat. *Jurnal Satya Minabahari*, 1(1):16-27.
- Saridu, S. A. 2010. Pengaruh Intensitas Cahaya yang Berbeda terhadap Pertumbuhan dan Sintasan Larva Abalon *Haliotis asinaria*. *Jurnal Perikanan*. 2(6): 34-44.
- Sarniati, I. J. Effendy, A. M. Balubi dan A. Kurnia. 2017. Identifikasi dan Kultur Jenis Diatom Epifit dari Waring Keramba Budidaya Abalon. *Media Akuatika*, 2(2):377-389.
- Sisi, X., S. Jinming, L. Xuegang, Y. Huamao, L. Ning, D. Liqin and S Peiyan. 2010. Changes in Nitrogen and Phosphorus and Their Effects on Phytoplankton in The Bohai Sea. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 28(4):945-952.
- Struyf, E., A. Smis, S. Van Damme, P. Meire, and D.J. Conley. 2009. The global biogeochemical silicon cycle. *Silicon* 1 207- 213.
- Suantika, G. P., D. I. Astuti dan Y. Sofyan. 2009. Pengaruh Kepadatan Awal Inokulum terhadap Kualitas Kultur *Chaetoceros Gracilis* (schutt) pada Sistem Batch. *Jurnal Matematika dan Sains*. 1(5): 21-29.

- Suminto. 2009. Penggunaan Jenis Media Kultur Teknis terhadap Produksi dan Kandungan Nutrisi Sel *Spirulina plantesis*. Jurnal Saintek Perikanan, 4(2):53-61.
- Suminto and K. Hirayama. 1996. Effects of Bacterial Coexistence on the Growth of a Marine Diatom *Chaetoceros gracilis*. Fisheries Science, 62(1):40-43.
- Wahyudi, D. Hilmawati, I. Samidjan, dan Suminto. 2022. Pengaruh Rasio Chelator dan Metal pada Media Kultur Terhadap Pola Pertumbuhan dan Kandungan Protein Sel Diatom *Thalassiosira* sp. Jurnal Sains Akuakultur Tropis. 6(1):129-137.
- Wardani, N. K., E. Supriyantini dan G. W. Santosa. 2022. Pengaruh Konsentrasi Pupuk Walne Terhadap Laju Pertumbuhan dan Kandungan Klorofil-a *Tetraselmis chuii*. Journal of Marine Research. 11(1): 77-85.
- Winanto, T. 2004. Petunjuk Kualitas Air Fitoplankton. Juranl ilmu kelautan. 4(7): 11-24.
- Yang, M., W. Zhao and X. Xie. Effects of Nitrogen, Phosphorus, Iron and Silicon on Growth of Five Species of Marine Benthic Diatoms. Acta Ecologica Sinice, 34:311-319.
- Zhao, Y., Z. Yu, X. Song and X. Cao. 2009. Biochemical Compositions of Two Dominant Bloom-Forming Species Isolated from The Yangtze River Estuary in Response to Different Nutrient Conditions. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 368:30-36.
- Znachor. P dan J. Nedoma. 2010. Importance of dissolved organic carbon for phytoplankton nutrition in a eutrophic reservoir. Journal of plankton. 32(3): 367-376.