



KINERJA PERTUMBUHAN MIKROALGA *Thalassiosira* sp. DENGAN MEDIA TEKNIS PADA RASIO N/P YANG BERBEDA

INTAN DWI SURYANI PUTRI



**DEPARTEMEN BUDIDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Kinerja Pertumbuhan Mikroalga *Thalassiosira* sp. Dengan Media Teknis Pada Rasio N/P Yang Berbeda” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2025

Intan Dwi Suryani Putri
C1401211007



ABSTRAK

INTAN DWI SURYANI PUTRI. Kinerja Pertumbuhan Mikroalga *Thalassiosira* sp. dengan Media Teknis pada Rasio N/P yang Berbeda. Dibimbing oleh JULIE EKASARI dan DEDI JUSADI.

Thalassiosira sp. merupakan salah satu pakan alami yang termasuk dalam kelompok diatom dan memiliki kemampuan beradaptasi yang baik terhadap perubahan lingkungan di air laut. Unsur makronutrien yang berperan penting dalam pertumbuhan mikroalga adalah nitrogen (N) dan fosfor (P). Oleh karena itu, tujuan penelitian ini untuk mengevaluasi pengaruh rasio N/P terhadap kinerja pertumbuhan mikroalga *Thalassiosira* sp. yang dikultur dengan menggunakan media teknis. Penelitian ini menggunakan metode rancangan acak lengkap (RAL) dengan empat perlakuan, yaitu perlakuan K (media Walne rasio N:P=4:1), NP8 (ratio N:P=8:1), NP16 (ratio N:P=16:1), NP24 (ratio N:P=24:1), dan NP32 (ratio N:P=32:1) dengan empat kali ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kepadatan sel dan laju pertumbuhan spesifik tertinggi didapatkan pada perlakuan NP32, karena tidak berbeda nyata ($p<0,05$) dengan perlakuan kontrol. Biomassa terbaik dihasilkan oleh perlakuan NP8 karena tidak berbeda nyata ($p<0,05$) dengan perlakuan kontrol, sehingga nilai kepadatan sel dan laju pertumbuhan yang tinggi tidak selalu berbanding lurus dengan biomassa pada setiap perlakuan.

Kata kunci: media teknis, pakan alami, rasio N/P, *Thalassiosira* sp.

ABSTRACT

INTAN DWI SURYANI PUTRI. Growth Performance of the Microalgae *Thalassiosira* sp. with Technical Media at Different N/P Ratio. Supervised by JULIE EKASARI and DEDI JUSADI.

Thalassiosira sp. is a type of natural feed classified as a diatom and demonstrates strong adaptability to environmental changes in seawater. The macronutrients that play a crucial role in the growth of microalgae are nitrogen (N) and phosphorus (P). Therefore, the aim of this study was to evaluate the effect of the N/P ratio on the growth performance of *Thalassiosira* sp. microalgae cultured using technical media. The research employed a completely randomized design (CRD) with four treatments: K (Walne medium ratio N:P=4:1), NP8 (ratio N:P=8:1), NP16 (ratio N:P=16:1), NP24 (ratio N:P= 24:1), and NP32 (ratio N:P=32:1), each with four replicates. The results showed that the highest cell density and specific growth rate were obtained in the NP32 treatment, which was not significantly different ($p<0,05$) from the control treatment. The best biomass was produced in the NP8 treatment, also not significantly different ($p<0,05$) from the control, indicating that high cell density and growth rate do not always correspond directly to biomass yield in each treatment.

Keywords: technical media, natural feed, N/P ratio, *Thalassiosira* sp



©Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



**KINERJA PERTUMBUHAN MIKROALGA *Thalassiosira* sp.
DENGAN MEDIA TEKNIS PADA RASIO N/P YANG
BERBEDA**

INTAN DWI SURYANI PUTRI

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Teknologi dan Manajemen Perikanan
Budidaya

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

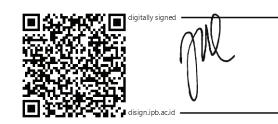
Tim Pengisi pada Ujian Skripsi:

- 1 Dr. Ichsan Achmad Fauzi, S.Pi., M.Sc
- 2 Prof. Dr. Ir. Iis Diatin, MM



Judul Skripsi : Kinerja Pertumbuhan Mikroalga *Thalassiosira* sp. Dengan Media
Teknis Pada Rasio N/P Yang Berbeda
Nama : Intan Dwi Suryani Putri
NIM : C1401211007

Disetujui oleh



Pembimbing 1:
Dr. Julie Ekasari, S.Pi, M.Sc



Pembimbing 2:
Prof. Dr. Dedi Jusadi

Diketahui oleh



Ketua Fakultas:
Prof. Dr. Alimuddin, S.Pi., M.Sc.
NIP 197001031995121001



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan April 2025 sampai bulan Mei 2025 ini ialah pakan alami mikroalga, dengan judul "Kinerja Pertumbuhan Mikroalga *Thalassiosira* sp. Dengan Media Teknis Pada Rasio N/P Yang Berbeda".

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah berperan selama proses penulisan skripsi ini, yakni kepada:

1. Dr. Julie Ekasari, S.Pi, M.Sc dan Prof. Dr. Dedi Jusadi selaku komisi pembimbing skripsi atas segala bantuan, bimbingan, dan motivasi.
2. Prof. Dr. Alimuddin selaku Ketua Departemen Budidaya Perairan.
3. Dr. Ichsan Achmad Fauzi, S.Pi., M.Sc dan Prof. Dr. Ir. Iis Diatin, MM selaku dosen pengujit tamu.
4. Dr. Wiyoto, S.Pi., M.Sc., selaku Ketua program studi IKN yang telah memberikan fasilitas penelitian kepada penulis.
5. Ibu Retno dan Bapak Wasjan selaku staf laboratorium yang telah membantu selama penelitian berlangsung.
6. Bapak Suryaman, Ibu Sarni, Sigit Esa Kurniawan selaku keluarga inti yang selalu senantiasa memberikan doa dan dukungan.
7. Maulida, Zahra, Zea, Patricia, Flora, Aulia, Aris, Tristan, Risty, Rizky Adhori, Nailah, dan teman-teman prodi IKN yang telah membantu penulis selama penelitian dan penyusunan skripsi.
8. Keluarga besar mahasiswa Budidaya Perairan angkatan 58 yang telah senantiasa sudah menemani penulis selama masa perkuliahan.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2025

Intan Dwi Suryani Putri



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	3
II METODE	4
2.1 Waktu dan Tempat	4
2.2 Rancangan Percobaan	4
2.3 Prosedur Kerja	4
2.4 Analisis Data	6
III HASIL DAN PEMBAHASAN	7
3.1 Hasil	7
3.2 Pembahasan	8
IV SIMPULAN DAN SARAN	12
4.1 Simpulan	12
4.2 Saran	12
DAFTAR PUSTAKA	13
LAMPIRAN	16
RIWAYAT HIDUP	21

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR TABEL

1	Rancangan percobaan penelitian	4
2	Data kualitas air kultur <i>Thalassiosira</i> sp. selama tujuh hari pemeliharaan	5

DAFTAR GAMBAR

1	Kepadatan sel mikroalga <i>Thalassiosira</i> sp. yang diberi perlakuan rasio N/P yang berbeda selama tujuh hari pemeliharaan	7
2	Laju pertumbuhan spesifik mikroalga <i>Thalassiosira</i> sp. yang diberi perlakuan rasio N:P yang diuji hingga hari ketiga	7
3	Perbandingan biomassa kering dan kepadatan sel mikroalga <i>Thalassiosira</i> sp. yang diberi perlakuan rasio N:P pada hari ketujuh pemeliharaan	8

DAFTAR LAMPIRAN

1	Komposisi bahan yang terkandung dalam media menurut buku yang diterbitkan oleh FAO (1996)	16
2	Hasil uji ANOVA parameter kepadatan sel	17
3	Hasil uji Duncan parameter kepadatan sel	17
4	Hasil uji ANOVA parameter laju pertumbuhan spesifik (LPS)	19
5	Hasil uji Duncan parameter laju pertumbuhan spesifik (LPS)	19
6	Hasil uji ANOVA parameter biomassa kering	20
7	Hasil uji Duncan parameter biomassa kering	20

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mikroalga berperan penting pada produksi akuakultur terutama di segmentasi pemberian, yaitu sebagai pakan alami yang mengandung nutrisi yang tinggi, berpotensi memanfaatkan senyawa anorganik menjadi senyawa organik melalui proses fotosintesis, sebagai indikator biologis kualitas air dan penghasil oksigen di perairan tawar maupun laut. Produktivitas mikroalga berkaitan erat dengan kondisi fisik, kimia, dan biologi dalam suatu perairan (Padang *et al.* 2018). Menurut Qiao *et al.* (2016), mikroalga khususnya mikroalga air laut menjadi salah satu jenis pakan alami dalam akuakultur yang mengandung *docosahexaenoic acid* (DHA), *eicosapentaenoic acid* (EPA), dan *Polyunsaturated fatty acid* (PUFA) yang sangat diperlukan untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan larva kebanyakan hewan akuatik. Salah satu mikroalga yang berpotensi sebagai pakan alami dalam akuakultur yaitu *Thalassiosira* sp. yang berasal dari kelas *Bacillariophyceae*. *Thalassiosira* sp. merupakan salah satu pakan alami yang termasuk dalam kelompok diatom karena memiliki dinding sel yang terbuat dari silika dan memiliki kemampuan beradaptasi yang baik terhadap perubahan lingkungan di air laut. Pada kultur *Thalassiosira* sp., akan terlihat berwarna coklat keemasan karena memiliki klorofil a, c, alfa, betakaroten, serta xantofil (*fucoxanthin*, *diadinoxanthin*, dan *diatoxanthin*) (Sanjaya dan Danakusuma 2018). Mikroalga *Thalassiosira* sp. mengandung nutrien berupa protein (13,20-45,23%), lipid (12,08-20,80%), karbohidrat (10%), *eicosapentaenoic acid* (EPA) (17,2-23,9%) dan *docosahexaenoic acid* (DHA) (3,5-6,2%) dari total berat kering (Tam *et al.* 2021). *Thalassiosira* sp. menjadi jenis diatom yang memiliki kandungan protein tertinggi jika dibandingkan dengan jenis diatom lain yang biasa digunakan di hatchery seperti *Chaetoceros* sp. yang hanya memiliki kandungan protein 12% dari total berat kering (Panjaitan *et al.* 2015). Usaha pemenuhan kebutuhan pakan alami dalam kegiatan akuakultur menjadi salah satu tantangan yang harus dihadapi para pembudidaya, sehingga ketersediaan mikroalga *Thalassiosira* sp. sebagai salah satu jenis pakan alami harus ditingkatkan.

Unsur nutrien yang dibutuhkan mikroalga terdiri atas mikronutrien dan makronutrien. Makronutrien merupakan unsur-unsur nutrien yang dibutuhkan dalam jumlah besar, terdiri dari unsur C (karbon), H (hidrogen), N (nitrogen), P (fosfor), K (kalium), S (sulfur), Mg (magnesium), dan Ca (kalsium). Mikronutrien merupakan unsur-unsur nutrien yang dibutuhkan dalam jumlah relatif kecil, terdiri dari unsur Fe (besi), Cu (tembaga), Zn (zinc), Mn (mangan), B (boron), dan Mo (molibdenum) (Regista *et al.* 2017). Unsur makronutrien yang berperan sangat penting dalam pertumbuhan dan komposisi nutrien mikroalga adalah nitrogen (N) dan fosfor (P). Menurut Pancha *et al.* (2014), nitrogen berperan membantu proses metabolisme untuk sintesis protein, lipid, dan karbohidrat dengan cara mengasimilasikan dalam bentuk nitrat, nitrit, urea, dan ammonium. Sedangkan fosfor berfungsi dalam berperan dalam pertumbuhan mikroalga, produksi lipid, hasil asam lemak, dan proses metabolismik seperti transfer energi, transduksi sinyal, dan fotosintesis (Yaakob *et al.* 2021).



Nitrogen merupakan nutrien esensial yang dibutuhkan oleh mikroalga dalam struktur molekul pigmen klorofilnya, khususnya untuk menghasilkan *nicotinamide adenine dinucleotide phosphate* (NADPH) dan *adenosine triphosphate* (ATP) pada reaksi terang fotosintesis. Produk reaksi terang tersebut diperlukan dalam proses fiksasi CO₂ yang terjadi pada siklus Calvin-Benson (Ruiz *et al.* 2020). Mikroalga akan mengasimilasi nitrogen dalam bentuk nitrit, nitrat, urea, dan ammonium, tetapi dalam kultur mikroalga lebih banyak asimilasi dalam bentuk nitrat karena lebih stabil dan kemungkinan perubahan pH lebih rendah. Konsentrasi nitrogen yang terlalu tinggi dalam kultur mikroalga dapat memicu stress pada sel mikroalga yang dibudidayakan (Yaakob *et al.* 2021). Menurut Yodsuwan *et al.* (2017), kandungan nitrogen yang terlalu tinggi dan tidak optimal dapat menghambat produktivitas biomassa dan penurunan pH yang akan mempengaruhi penurunan laju pertumbuhan dengan peningkatan akumulasi asam eikosapentanoat (EPA) dan asam lemak tak jenuh ganda (PUFA). Kandungan nitrogen yang rendah dalam kultur mikroalga akan menghambat pertumbuhan mikroalga dengan mengubah jalur metabolisme lipid dan mengakumulasi *triacylglycerides* (TAGs) yang disimpan di sitoplasma mikroalga sebagai sumber karbon dan energi.

Fosfor dibutuhkan dalam metabolisme mikroalga dalam bentuk fosfat anorganik (H₂PO₄⁻ dan HPO₄²⁻) untuk menyusun molekul *deoxyribonucleic acid* (DNA), *ribonucleic acid* (RNA), *adenosine triphosphate* (ATP), membran sel, dan lain-lain untuk jalur metabolismik yang melibatkan transfer energi dan sintesis asam nukleat. Fosfor merupakan unsur esensial penyusun ATP yang terlibat dalam proses selular yang berhubungan dengan transfer energi (fotofosforilasi) yang selanjutnya dimanfaatkan dalam proses fiksasi CO₂ (Ruiz-Ruiz *et al.* 2020). Fosfor merupakan nutrien esensial yang menyusun kurang lebih dari 1% dari total biomassa alga dan dibutuhkan sekitar 0,03–0,06% dalam media untuk mempertahankan pertumbuhan mikroalga. Mikroalga dapat mengambil fosfor dalam bentuk polifosfat atau ortofosfat untuk meningkatkan pertumbuhan dan kandungan nutrien di dalam sel. Polifosfat pada mikroalga mewakili bentuk perlindungan sel dari toksisitas logam karena dapat mengikat logam yang masuk menjadi kompleks terdetoksifikasi. Namun, beberapa mikroalga dapat mengakumulasi lebih banyak fosfor dalam bentuk ortofosfat (PO₄³⁻) dan polifosfat untuk pertumbuhan, karena dapat diubah menjadi ATP dalam kondisi nutrisi yang tidak menguntungkan seperti keterbatasan cahaya hingga pengurangan tingkat karbondioksida dan oksigen dalam kultur mikroalga. ATP diperlukan untuk memompa polifosfat ke dalam sel mikroalga dan untuk konversi fosfor menjadi polifosfat. Konsentrasi fosfor yang optimal dan dibatasi, dapat mendukung pertumbuhan sel secara terus-menerus juga meningkatkan akumulasi lipid dalam mikroalga dengan mengalihkan pembagian karbon fotosintesis menuju makromolekul penyimpanan yang kaya energi, terutama lipid, di bawah kondisi stres (Yaakob *et al.* 2021).

Keseimbangan unsur N dan P dalam media pemeliharaan mikroalga memiliki pengaruh yang penting. Penelitian terkait rasio N/P mengacu pada penelitian Redfield (1958) yang menghasilkan *Redfield ratio*, yaitu perbandingan kandungan N dan P yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga di air laut dengan rasio optimal 16:1. Pada penelitian yang dilakukan oleh Yaakob *et al.* (2021), menyatakan bahwa rasio N/P dapat mempengaruhi

pertumbuhan, biomassa, dan komposisi biokimia pada mikroalga. Rasio N/P dalam jumlah yang tinggi diduga dapat mempengaruhi peningkatan produksi biomassa, sedangkan pada rasio N/P yang terbatas akan mempengaruhi produksi lipid dan lemak sel. Manipulasi dilakukan dengan metode perbandingan rasio N/P yang presisi dalam pemberian pupuk untuk meningkatkan produktivitas kultur mikroalga berkelanjutan. Perbandingan rasio unsur tersebut, akan mempengaruhi komposisi pertumbuhan mikroalga yang berbeda (Davis *et al.* 2015). Menurut Chauton *et al.* (2013), rasio N/P akan menghasilkan pertumbuhan mikroalga yang stabil dengan kandungan nutrisi yang baik untuk organisme budidaya dan apabila rasio tersebut tidak sesuai akan mengindikasikan mengurangi kandungan nutrien pada mikroalga. Stres nutrisi akibat pembatasan fosfor menunjukkan dampak besar pada pembentukan karbohidrat di beberapa spesies mikroalga jika dibandingkan dengan makronutrien lainnya. Semakin tinggi rasio molar N/P, maka strategi metabolismik mikroalga dan komposisi biokimia akan berubah (James *et al.* 2019).

1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh rasio N/P terhadap kinerja pertumbuhan mikroalga *Thalassiosira* sp. yang dikultur dengan menggunakan media teknis.





2.1 Waktu dan Tempat

Waktu dan tempat dalam penelitian ini dilakukan pada bulan Mei hingga Juni 2025 dengan lokasi penelitian yang bertempat di *Greenhouse*, Sekolah Vokasi IPB, Kota Bogor. Pembuatan media dan uji laboratorium dilakukan di Laboratorium Nutrisi dan Teknologi Pakan Ikan Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University.

2.2 Rancangan Percobaan

Penelitian dilakukan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan empat perlakuan rasio N:P yang berbeda, yaitu rasio 8:1, 16:1, 24:1, dan 32:1 dengan masing-masing perlakuan menggunakan empat ulangan. Perlakuan penelitian dengan pemberian rasio N/P yang berbeda menggunakan media urea atau $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ sebagai sumber N dan media *trisodium phosphate* (TSP) atau Na_3PO_4 sebagai sumber P dengan acuan dosis yang berasal dari media Walne (Lampiran 1). Perhitungan dosis rasio N/P didapatkan dengan menghitung kandungan N dan P yang terdapat pada media Walne dan kemudian disesuaikan jumlah kebutuhannya dengan media teknis urea dan TSP. Rancangan percobaan penelitian ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Rancangan percobaan penelitian

Perlakuan	Keterangan
Perlakuan K	Media Walne (Rasio N:P = 4 : 1)
Perlakuan NP8	Rasio N:P = 8:1 (34,29 mg/L $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$: 4,19 mg/L Na_3PO_4)
Perlakuan NP16	Rasio N:P = 16:1 (34,29 mg/L $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$: 11,02 mg/L Na_3PO_4)
Perlakuan NP24	Rasio N:P = 24:1 (34,29 mg/L $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$: 7,38 mg/L Na_3PO_4)
Perlakuan NP32	Rasio N:P = 32:1 (34,29 mg/L $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$: 5,52 mg/L Na_3PO_4)

2.3 Prosedur Kerja

2.3.1 Persiapan Wadah dan Sterilisasi Alat dan Bahan

Wadah yang digunakan pada penelitian ini berupa bak fiber dengan volume 850 L sebagai tandon air laut steril dan wadah toples berukuran 20 L. Tahap awal sterilisasi yang dilakukan yaitu dengan mencuci bak fiber dan dikeringkan selama 24 jam lalu diisi air laut sebanyak 830 L. Air laut pada bak fiber diberi *chlorine* dengan dosis 30 mg/L selama 24 jam, kemudian diberi *nathiosulfate* dengan dosis 30 mg/L dan ditunggu 1 jam hingga kandungan *chlorine* pada air hilang. Sebelum diisi air laut steril, wadah toples dibersihkan dengan alkohol 70% dan dikeringkan dengan kertas tissue. Wadah toples diisi dengan air laut steril sebanyak 12 L. Seluruh alat-alat yang digunakan pada penelitian,

dibersihkan dengan alkohol terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai upaya sterilisasi.

2.3.2 Kultur Mikroalga *Thalassiosira* sp.

Mikroalga yang digunakan pada penelitian ini, yaitu *Thalassiosira* sp. yang dikultur pada media kultur steril volume 15 L. Wadah kultur yang digunakan adalah wadah toples volume 20 L yang diisi air laut steril dengan salinitas 30 g/L. Inokulan *Thalassiosira* sp. berasal dari BPBAP Situbondo sebanyak 2 L yang harus direkultur terlebih dahulu sebelum diberi perlakuan. Kultur awal dilakukan dalam tiga tahap, yaitu kultur pada dua media 6 L selama 4 hari, kemudian diperbanyak menjadi lima media 15 L selama 3 hari, dan tahap terakhir dilakukan penelitian pada 20 media 15 L selama 7 hari yang telah diberi perlakuan rasio N/P. Selain diberi media sesuai perlakuan yang tercantum pada Tabel 1, seluruh perlakuan diberikan tambahan media silikat 2 mL/L, dan vitamin mix 0,1 mL/L yang memiliki kandungan vitamin B1 dan B12 (Lampiran 1).

2.3.3 Sampling

Kegiatan sampling dilakukan setiap hari untuk menghitung kepadatan sel dan pengukuran kualitas air. Setiap wadah penelitian diambil 3 sampel dengan menggunakan pipet 1 mL, kemudian diamati kepadatan selnya menggunakan mikroskop dan hemasitometer dengan perbesaran 10 kali. Kualitas air diukur setiap hari yang terdiri dari pengukuran suhu menggunakan termometer suhu, pH menggunakan pH meter, dan salinitas menggunakan refraktometer di setiap wadah pemeliharaan. Hasil pengukuran kualitas air dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Data kualitas air kultur *Thalassiosira* sp. selama tujuh hari pemeliharaan

Parameter	Nilai	Satuan	Standar
Suhu	28,7 – 34,7	°C	10 – 32,5 (Boyd <i>et al.</i> 2013)
pH	7,1 – 7,6	–	7 – 9 FAO (1996)
Salinitas	29 – 35	g/L	25 – 35 (Sanjaya dan Danakusuma 2018)
Intensitas cahaya	2470 – 5111	lux	1000 – 10000 (FAO 1996)

2.3.4 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Parameter yang diamati dan dicatat selama penelitian, meliputi kepadatan sel *Thalassiosira* sp., kualitas air selama pemeliharaan, dan biomassa kering *Thalassiosira* sp. pada hari terakhir penelitian. Parameter tersebut dicatat dan diolah sesuai dengan parameter uji yang digunakan.





2.3.5 Parameter Uji

Parameter uji yang digunakan pada penelitian ini yaitu terdiri dari laju pertumbuhan spesifik mikroalga, kepadatan mikroalga, dan biomassa akhir mikroalga. Sedangkan pengujian kualitas air dilakukan sebagai variabel pendukung yang terdiri dari uji suhu, pH, dan salinitas pada air pemeliharaan.

Kepadatan Sel

Kepadatan sel dalam 1 ml sampel dihitung dengan rumus (LeGresley dan McDermott 2010):

$$\text{Kepadatan sel} = \frac{\text{Jumlah sel dalam 5 kotak}}{\text{jumlah kotak}} \times 25 \times 10^4 \text{ (sel/ml)}$$

Laju Pertumbuhan Spesifik (LPS)

Laju pertumbuhan spesifik mikroalga dihitung dengan rumus Huisman *et al.* (1987):

$$\text{Laju pertumbuhan spesifik (\%/hari)}: \left[\frac{(\ln W_t - \ln W_0)}{t} \right] \times 100$$

Keterangan:

LPS = laju pertumbuhan spesifik (%/hari)

W_t = kepadatan mikroalga pada akhir pengamatan

W_0 = kepadatan mikroalga pada awal pengamatan

t = waktu pengamatan

Biomassa Kering

Menurut Reyes *et al.* (2012), perhitungan biomassa kering dilakukan dengan menyaring 100 mL sampel mikroalga menggunakan kertas saring berukuran 25 mikron dan vakum. Kertas saring dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 60°C selama 1 jam lalu dimasukkan ke dalam desikator selama 20 menit, kemudian ditimbang berat awal kertas saring tersebut. Sampel mikroalga disaring dengan vakum pada kertas saring, kemudian kertas saring dioven kembali dengan suhu 60°C selama 24 jam. Setelah 24 jam, kertas saring dimasukkan ke dalam desikator selama 20 menit hingga suhunya stabil. Kertas saring dilakukan penimbangan berat akhir menggunakan timbangan analitik dan dihitung menggunakan rumus :

Biomassa kering (mg/L) = Berat kertas saring akhir – berat kertas saring awal

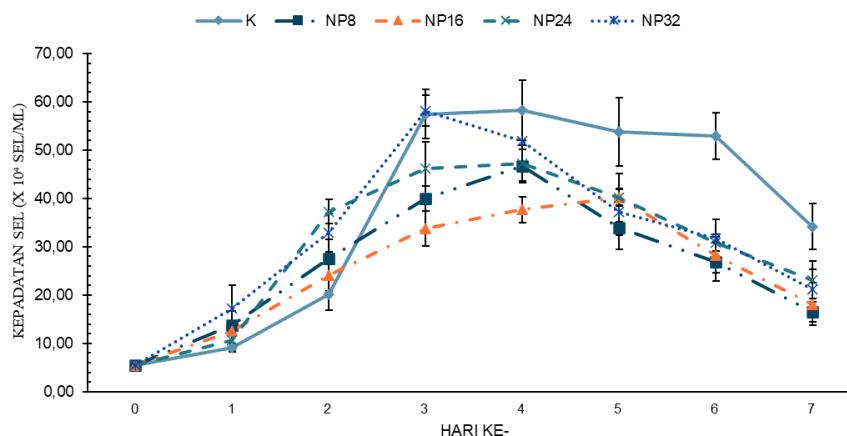
2.4 Analisis Data

Data penelitian ditampilkan dalam bentuk tabel, gambar dan *analysis of variant* (ANOVA), dengan menggunakan program Microsoft Excel 2016 dan SPSS 26.0 dengan uji F kepercayaan 95%. Uji normalitas dilakukan dengan uji Levene dan uji homogenitas keragaman data dilakukan dengan menggunakan uji Shapiro-Wilk. Hasil uji ANOVA yang menunjukkan perbedaan nyata selanjutnya dilakukan uji Duncan. Data kualitas air dianalisis secara deskriptif dengan mengacu pada referensi yang relevan

III HASIL DAN PEMBAHASAN

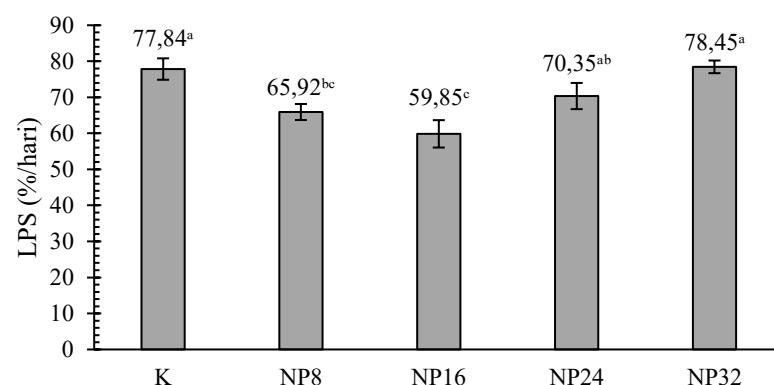
3.1 Hasil

Kepadatan mikroalga *Thalassiosira* sp. yang dikultur menggunakan media dengan rasio N:P berbeda dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 1. Berdasarkan hasil analisis statistik, perlakuan kontrol dan NP32 tidak berbeda nyata dan menghasilkan kepadatan sel lebih tinggi daripada perlakuan NP8, NP16, dan NP24.



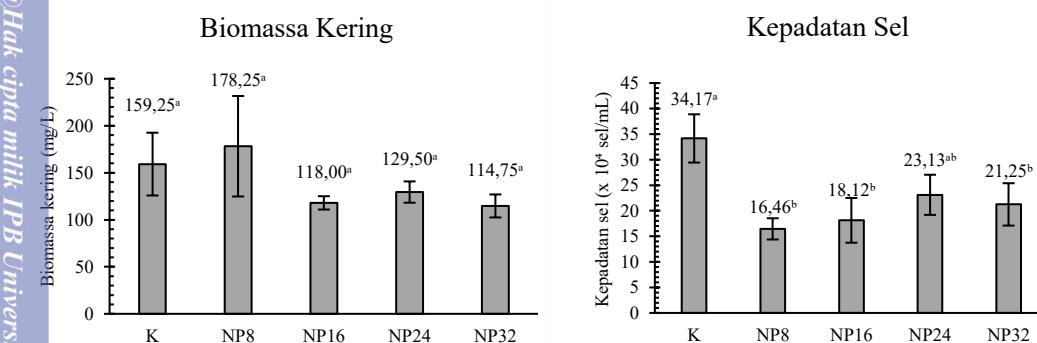
Gambar 1 Kepadatan sel mikroalga *Thalassiosira* sp. yang diberi perlakuan rasio N:P yang berbeda selama tujuh hari pemeliharaan. K (Media Walne Rasio 4:1), NP8 (Rasio 8:1), NP16 (Rasio 16:1), NP24 (Rasio 24:1), dan NP32 (Rasio 32:1)

Laju pertumbuhan spesifik (LPS) mikroalga *Thalassiosira* sp. yang dikultur menggunakan media kultur dengan rasio N:P berbeda dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 2. Perlakuan NP32 dan kontrol menunjukkan LPS yang signifikan dan lebih tinggi daripada perlakuan NP24, NP8, dan NP16.



Gambar 2 Laju pertumbuhan spesifik mikroalga *Thalassiosira* sp. yang diberi perlakuan rasio N:P yang diuji hingga hari ketiga. Nilai (rata-rata±SE) dengan huruf di atas diagram batang yang berbeda. K (Media Walne Rasio 4:1), NP8 (Rasio 8:1), NP16 (Rasio 16:1), NP24 (Rasio 24:1), dan NP32 (Rasio 32:1)

Penggunaan media kultur dengan dosis rasio N:P yang berbeda, menghasilkan biomassa kering *Thalassiosira* sp. yang tidak berbeda nyata ($p<0,05$) antar perlakuan. Perlakuan NP8 menghasilkan biomassa kering tertinggi daripada perlakuan lainnya (Gambar 3), sedangkan biomassa kering terendah terlihat pada perlakuan NP32.



Gambar 3 Perbandingan biomassa kering dan kepadatan sel mikroalga *Thalassiosira* sp. yang diberi perlakuan rasio N:P pada hari ketujuh pemeliharaan. K (Media Walne Rasio 4:1), NP8 (Rasio 8:1), NP16 (Rasio 16:1), NP24 (Rasio 24:1), dan NP32 (Rasio 32:1)

3.2 Pembahasan

Menurut Sarifah *et al.* (2023), mikroalga termasuk jenis tumbuhan air yang mampu tumbuh dalam waktu yang cukup singkat. Selama hidupnya, mikroalga melalui 5 fase yakni fase lag, fase logaritmik, fase eksponensial, fase stasioner dan fase kematian. Kultur mikroalga pada awal kultivasi mengalami peningkatan kepadatan sel sejak hari ke-1 kultivasi hingga hari ke-3 dan telah memasuki fase lag, mikroalga tersebut sedang melakukan proses adaptasi dengan lingkungan kultivasi. Pada fase ini mikroalga membutuhkan waktu untuk menyesuaikan diri, karena lingkungan media cenderung berbeda dari lingkungan sebelumnya. Selama masa adaptasi sel alga lebih sensitif terhadap nutrien, temperatur, dan kondisi yang berbeda dari kondisi aslinya (Elystia *et al.* 2019). Waktu perubahan fase pertumbuhan terutama pada fase eksponensial antar perlakuan pada penelitian ini memiliki perbedaan satu sama lain. Fase eksponensial atau fase kepadatan tertinggi kultur *Thalassiosira* sp. tercepat yaitu terjadi pada perlakuan NP32 di hari ketiga, kemudian diikuti oleh kontrol, perlakuan NP8, dan perlakuan NP24 pada hari keempat, serta pada perlakuan NP16 mencapai fase eksponen terlama yaitu di hari kelima. Perlakuan NP32 memiliki dosis P yang lebih sedikit dibandingkan perlakuan lainnya, sehingga dapat mengoptimalkan nutrien yang berasal dari pupuk dengan cepat dan baik. Hal ini ditandai dengan fase eksponensial yang terjadi dengan cepat dibandingkan perlakuan lainnya yaitu pada hari ketiga, sehingga kepadatan sel tertinggi dapat dicapai dalam waktu yang lebih singkat. Sedangkan pada perlakuan lainnya yang memiliki kandungan P lebih banyak tidak mengalami fase eksponensial lebih cepat, tetapi menghasilkan grafik pertumbuhan yang linear karena kandungan nutrien pada media kultur masih tercukupi. Menurut Lee *et al.* (2015), pada fase eksponensial mikroalga dapat membelah sel dengan jumlah yang banyak karena asupan dari nutrien yang tersedia, sehingga meningkatkan kepadatan sel tanpa adanya faktor pembatas. Fase eksponensial yang terjadi dengan cepat pada

perlakuan NP32 dapat mengefisiensikan waktu untuk panen, sehingga *Thalassiosira* sp. dapat dilakukan panen dalam waktu yang singkat dan dapat langsung diberikan kepada larva ikan sebagai pakan alami.

Kepadatan sel *Thalassiosira* sp. pada perlakuan kontrol memiliki grafik pertumbuhan yang stabil hingga hari ke-6 dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini diduga karena pada perlakuan kontrol menggunakan media Walne yang memiliki kandungan makronutrien sekaligus mikronutrien yang lebih kompleks dibandingkan perlakuan rasio N/P yang menggunakan media teknis. Kandungan media Walne yang lebih kompleks dan lengkap dapat memenuhi kebutuhan nutrien yang mendukung pertumbuhan mikroalga. Menurut FAO (1996) pada lampiran 1, komposisi media Walne mengandung makronutrien (N, P, H, S) dan mikronutrien (Fe, Cu, Zn, Mn, B, Mo). Kandungan nutrien pada media Walne lebih banyak dibandingkan media teknis yang hanya mengandung makronutrien N dan P. Kepadatan sel tertinggi juga terdapat pada perlakuan kontrol mencapai $58,83 \times 10^4$ sel/mL. Kandungan media Walne yang kompleks dan lengkap dapat memenuhi kebutuhan nutrisi mikroalga. Media Walne mengandung senyawa kimia makronutrien seperti nitrogen dan fosfor, serta mikronutrien seperti zat besi, mangan, seng, tembaga yang dapat menunjang pertumbuhan mikroalga (Wardani *et al.* 2022). Media urea yang digunakan dalam penelitian ini merupakan salah satu pupuk anorganik tunggal yang hanya memiliki unsur hara nitrogen sebesar 46% dari hasil reaksi antara karbon dioksida dengan amoniak (Amsya *et al.* 2017). Media urea merupakan media teknis yang dapat menggantikan media Walne dengan biaya yang lebih murah, sehingga dapat mengefisiensikan biaya produksi. Nitrogen yang terkandung dalam media urea berperan dalam proses fotosintesis, sehingga meningkatkan laju pertumbuhan dan produksi biomassa mikroalga yang optimal (Arifin *et al.* 2025). Sedangkan media TSP yang digunakan pada penelitian ini merupakan bahan kimia yang mengandung ion fosfat (PO_4^{3-}) sebagai sumber P dan berperan penting dalam metabolisme dan pertumbuhan mikroalga (Prihardianto *et al.* 2023). Pada kultur mikroalga yang diberi perlakuan rasio N/P, nilai kepadatan tertinggi terdapat pada perlakuan NP32, yaitu mencapai kepadatan $58,13 \times 10^4$ sel/mL dan tidak berbeda nyata ($p>0,05$) dengan kontrol. Dosis media TSP yang diberikan pada perlakuan NP32 lebih sedikit dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Menurut Maslukah *et al.* (2018), kandungan fosfor menjadi faktor pembatas nutrien (*limiting nutrient*) pada pertumbuhan mikroalga sehingga fosfor dapat dikatakan sebagai nutrien yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit dan tidak berlebihan tetapi esensial. Penelitian terkait manipulasi rasio N/P pada *Thalassiosira* sp. sudah banyak dilakukan, tetapi belum ada penelitian yang fokus pada manipulasi kandungan P. Hal ini dikarenakan kandungan N lebih banyak dibutuhkan berdasarkan acuan *Redfield ratio* yaitu pada rasio N:P=16:1, sehingga banyak penelitian yang lebih fokus dalam manipulasi kandungan N dibandingkan kandungan P. Kandungan P pada pertumbuhan mikroalga dibutuhkan hanya sedikit yaitu sekitar 0,03-0,06% dalam media untuk mendukung produktivitas pertumbuhan dan menyusun kurang lebih 1% dari total biomassa mikroalga (Ota *et al.* 2016). Sedangkan kandungan N dapat mencapai 10% dari total biomassa kering mikroalga, sehingga kebutuhan N lebih banyak dibandingkan kebutuhan P (Zhang dan Ogden 2019).

Laju pertumbuhan spesifik (LPS) pada penelitian ini memiliki nilai yang berbeda antar perlakuan. Nilai LPS tertinggi dicapai oleh perlakuan NP32 yang

dapat diartikan bahwa *Thalassiosira* sp. yang dikultur pada rasio N:P = 32:1 merupakan dosis optimal dalam meningkatkan laju pertumbuhan secara signifikan mencapai 78,45%/hari atau 0,34 sel/hari. Hal ini diduga karena kandungan fosfor pada perlakuan NP32 memiliki jumlah yang sedikit dibandingkan perlakuan lainnya. Menurut Prihardianto *et al.* (2023), kandungan fosfor pada kultur mikroalga yang berlebih tidak membuat laju pertumbuhan semakin baik, tetapi akan menyebabkan fase kematian sel terjadi lebih cepat dan menurunkan kualitas sel. Oleh karena itu, diperlukannya keseimbangan rasio kandungan nitrogen dan fosfor sebagai nutrien utama pada pertumbuhan *Thalassiosira* sp. Pernyataan ini didukung oleh Peraza-Yee *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa, pemberian fosfor dengan jumlah banyak dan tidak dibatasi akan menurunkan efisiensi pertumbuhan, keseimbangan metabolisme terganggu, dan menyebabkan stress pada jenis mikroalga yang dibudidayakan. Nilai LPS pada perlakuan kontrol memiliki nilai tidak berbeda nyata dengan perlakuan NP32, yaitu sebesar 77,84%/hari atau 0,28 sel/hari. Namun, grafik pertumbuhan pada perlakuan kontrol bersifat linear atau fase kematiananya tidak berlangsung secara cepat. Hal ini diduga karena kandungan nutrien pada perlakuan kontrol lebih terpenuhi dan optimal bagi pertumbuhan *Thalassiosira* sp. yang menggunakan media Walne. Faktor lainnya yang dapat mempengaruhi laju pertumbuhan mikroalga yaitu kualitas air. Pada penelitian ini memiliki kualitas air yang optimal, kecuali pada parameter suhu yang sedikit melebihi standar optimal. Menurut Schaum *et al.* (2018), mikroalga jenis *Thalassiosira* sp. memiliki toleransi dan cepat beradaptasi dengan perubahan suhu. Berdasarkan pernyataan tersebut, kualitas air pada penelitian dapat dikatakan masih dalam standar optimal dan tidak terlalu mempengaruhi perlakuan.

Pengujian biomassa kering dilakukan untuk melihat densitas dan kualitas sel *Thalassiosira* sp. setiap perlakuan. Berdasarkan hasil analisis ragam ANOVA, menunjukkan bahwa biomassa kering *Thalassiosira* sp. tidak berbeda nyata ($p<0,05$) antar perlakuan. Pada perlakuan NP8 dan kontrol memiliki biomassa kering tertinggi dibandingkan perlakuan NP16, NP24, dan NP32. Hal ini mengindikasikan bahwa nilai kepadatan sel dan laju pertumbuhan yang tinggi tidak selalu berbanding lurus dengan biomassa yang dihasilkan pada setiap perlakuan. Pada perlakuan NP32 memiliki nilai LPS tertinggi, tetapi pada uji biomassa perlakuan NP32 memiliki nilai terendah dibandingkan perlakuan lainnya. Berdasarkan hasil ini, diduga banyaknya sel mikroalga yang sudah lisis, sehingga tidak dapat berfotosintesis membelah sel dan menambah massa biomassa akibat uji biomassa kering yang dilakukan pada hari terakhir pemeliharaan yaitu hari ke-7 saat mulai memasuki fase kematian. Perlakuan NP8 memiliki nilai biomassa tertinggi, tetapi kepadatan sel terendah pada hari ke-7 dibandingkan perlakuan lainnya dan berbeda nyata ($p>0,05$) dengan perlakuan kontrol. Hal ini dapat dapat dikatakan bahwa, perlakuan NP8 memiliki kualitas sel yang baik walaupun memiliki kepadatan sel yang rendah. Menurut Sumarlinah (2020), unsur N dan P dapat mempengaruhi pembentukan klorofil, karotenoid dan keperluan fotosintesis sel mikroalga. Kandungan fosfor pada perlakuan NP8 memiliki dosis yang paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya dengan kandungan N dan P yang hampir setara dengan media Walne yang digunakan pada perlakuan kontrol, sehingga dapat mendukung produksi biomassa *Thalassiosira* sp. yang lebih baik.

Pada kondisi perairan umum, mikroalga teraklimatisasi dalam lingkungan yang rendah kandungan P. Saat kondisi kultur terdapat kandungan P dalam jumlah

yang lebih tinggi, kemampuan mikroalga dalam menyerap P lebih banyak untuk meningkatkan kualitas sel atau kondisi ini dapat disebut juga dengan *luxury uptake* (Solovchenko *et al.* 2019). Hal ini sesuai dengan pernyataan Sisi *et al.* (2010), bahwa kandungan nitrogen dan fosfor yang terlalu rendah tidak dapat mendukung produksi biomassa fitoplankton. Kandungan N dan P yang tinggi akan meningkatkan kandungan protein mencapai 60% dari total biomassanya dan apabila konsentrasi N dan P rendah dapat menurunkan kandungan protein hingga 30% dari biomassanya, sehingga konsentrasi rasio N/P juga akan mempengaruhi kandungan protein dan produksi biomassa pada mikroalga (Chrismadha *et al.* 2006). Menurut Peraza-Yee *et al.* (2022), faktor lain seperti sistem kultur yang digunakan akan mempengaruhi produksi biomassa mikroalga. Kultur mikroalga sistem tertutup (*indoor*) akan menghasilkan efisiensi produksi biomassa mikroalga lebih tinggi dibandingkan dengan kultur sistem terbuka (*outdoor*) karena kontrol yang lebih baik. Terbukti pada penelitian Arifin *et al.* (2025) yang menghitung biomassa kering *Thalassiosira* sp. pada sistem *indoor* dengan media walte menghasilkan biomassa kering 0,1 g/L, sedangkan pada penelitian Dewi (2017) melakukan penelitian biomassa kering *Thalassiosira* sp. pada sistem *outdoor* hanya mencapai biomassa 0,08 g/L. Pada penelitian ini dilakukan dengan sistem semi *outdoor*, sehingga dapat diduga bahwa efisiensi produksi biomassa dipengaruhi oleh sistem kultur semi *outdoor* yang dilakukan.



4.1 Simpulan

Dosis media teknis dengan rasio N/P yang berbeda mempengaruhi laju pertumbuhan dan biomassa *Thalassiosira* sp. Dosis media teknis dengan rasio N:P 32:1 memiliki LPS dan kepadatan sel yang lebih tinggi. Rasio tersebut juga mencapai fase eksponensial lebih cepat yang dapat diterapkan pada budidaya *Thalassiosira* sp. skala intermediet maupun massal di hatchery.

4.2 Saran

Pengujian kadar nitrit, nitrat, amonia, dan fosfat diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui efek yang dihasilkan dari penggunaan media teknis, serta diperlukan percobaan dengan menggunakan media teknis selain urea dan TSP.

DAFTAR PUSTAKA

- Amsya UN, Sutikno B, Pratiwi SH. 2017. Pengaruh pemupukan organik dan nitrogen pada pertumbuhan dan hasil tanaman kenikir (*Cosmos caudatus, Kunth.*). *Jurnal Agroteknologi Merdeka Pasuruan*. [diakses pada 2025 Jul 21]; 1(1):29–34. <https://jamp-jurnal.unmerpas.ac.id/index.php/jamppertanian/article/view/5/5>.
- Arifin NB, Febiana A, Supriatin FE, Fakhri M. 2025. Growth, biomass, and pigment content of *Thalassiosira* sp. cultivated under different medium. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*. [diakses pada 2025 Jul 21]; 9(1):51–66. <https://www.ejournalfpikunipa.ac.id/index.php/JSAI/article/view/494>.
- Boyd PW, Rynearson TA, Armstrong EA, Fu F, Hayashi K, Hu Z, Hutchins DA, Kudela RM, Litchman E, Mulholland MR, et al. 2013. Marine phytoplankton temperature versus growth responses from polar to tropical waters – outcome of a scientific community-wide Study. *Plos One*. 8:1–17. doi:10.1371/journal.pone.0063091.
- Chauton MS, Olsen Y, Vadstein O. 2013. Biomass production from the microalga *Phaeodactylum tricornutum*: nutrient stress and chemical composition in exponential fed-batch cultures. *Biomass and bioenergy*. 58:87–94. doi: 10.1016/j.biombioe.2013.05.024.
- Davis RW, Siccardi III AJ, Huysman ND, Wyatt NB, Hewson JC, Lane TW. 2015. Growth of mono-and mixed cultures of *Nannochloropsis salina* and *Phaeodactylum tricornutum* on struvite as a nutrient source. *Bioresource technology*. 198:577–585. doi: 10.1016/j.biortech.2015.09.089.
- Dewi R. 2017. Produktivitas minyak dan kandungan asam lemak *Thalassiosira* sp. yang dikultivasi dengan makronutrien pupuk. *Jurnal Kimia dan Pendidikan*. [diakses pada 2025 Jul 21]; 2(2):221–235. <https://jurnal.unirta.ac.id/index.php/EduChemia/article/view/1449>.
- Elystia S, Lestari AS, Muria SR. 2019. Peningkatan kandungan lipid dan biomassa mikroalga *Scenedesmus* sp. dari media kultivasi limbah cair tahu sebagai bahan baku biodiesel. *Jurnal Teknik Lingkungan*. [diakses pada 2025 Jul 21]; 5(2):19–28. <https://ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/jukung/article/view/7315>.
- FAO. 1996. *Manual on the production and use of live food for aquaculture*. Rome (IT): FAO Fisheries Technical Paper.
- Huisman EA. 1987. *The Principles of Fish Culture Production. Department of Aquaculture*. Wageningen (NL): Wageningen University.
- James I, Yoon LW, Chow YH. 2019. Effect of phosphorus-limited nutrients on growth and glucose production from microalgae. Di dalam: Namasivayam SN, Sivanesan AK, Fouladi MH, Phang SW, Walvekar RG, Phang SK, Yoon LW, editor. *Proceedings of The International Engineering Research Conference*; 2019 Jul 4; Selangor Darul Ehsan, Malaysia. Selangor Darul Ehsan (MY): AIP Publishing. hlm 020005-1–020005-7.
- Lee E, Jalalizadeh M, Zhang Q. 2015. Growth kinetic models for microalgae cultivation: A review. *Algal research*. 12:497–512. doi: 10.1016/j.algal.2015.10.004.



- Maslukah LSY, Wulandari, Prasetyawan IB. 2018. The distributions of N, P nutrients and its relations with chlorophyll-a: case study in Serang and Wiso Estuary, Jepara, Indonesia. *Asian Journal of Microbiology Biotechnology Environment Sciences.* 20(3):821–827. doi:10.14710/jkt.v20i2.1697.
- Ota S, Yoshihara M, Yamazaki T, Takeshita T, Hirata A, Konomi M, Oshima K, Hattori M, Bisova K, Zachleider V, et al. 2016. Deciphering the relationship among phosphate dynamics, electron-dense body and lipid accumulation in the green alga *Parachlorella kessleri*. *Scientific Reports.* 6:25731. doi: 10.1038/srep25731.
- Padang AA, Lestaluhu, Siding R. 2018. Pertumbuhan mikroalga *Dunaliella* sp. dengan cahaya berbeda pada skala laboratorium. *Jurnal Agribisnis Perikanan.* 11(1):1–7. doi:10.29239/j.agrikan.11.1.
- 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.* [diakses pada 2025 Ago 21]; 14(3):235-240. <https://media.neliti.com/media/publications/67985-ID-none.pdf>.
- Peraza-Yee MM, Carranza-Díaz O, Bermudes-Lizárraga JF, López-Peraza DJ, Nieves-Soto M, Millán-Almaraz MI. 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. doi:10.3856/vol50-issue1-fulltext-2749.
- Prihardianto MK, 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. doi:10.14710/sat.v7i2.17283.
- Qiao H, Cong C, Sun C, Li B, Wang J, Zhang L. 2016. Effect of culture conditions on growth, fatty acid composition and DHA/EPA ratio of *Phaeodactylum tricornutum*. *Aquaculture.* 452:311–317. doi: 10.1016/j.aquaculture.2015.09.027.
- Redfield AC. 1958. The biological control of chemical factors in the environment. *American Scientist.* [diakses pada 2025 Jul 21]; 46(3):205–221. <https://www.jstor.org/stable/27827150>.
- Regista R, Ambeng A, Litaay M, Umar MR. 2017. Pengaruh pemberian vermicompos cair *Lumbricus rubellus hoffmeister* pada pertumbuhan *Chlorella* sp. *Bioma.* [diakses pada 2025 Jul 21]; 2(1):1–8. <https://jurnal.unhas.ac.id/index.php/bioma/article/view/1346>.
- Reyes Y, Chenard G, Aranda D, Mesquita C, Fortes M, João R, Bacellar L. 2012. Biodiesel production by hydro esterification of microalgal biomass using heterogeneous catalyst. *Natural Science.* 4(10):778–783. doi: 10.4236/ns.2012.410098.
- Ruiz S, Koebernick N, Duncan S, Fletcher DM, Scotson C, Boghi A, Marin et al. 2020. Significance of root hairs at the field scale—modelling root water and phosphorus uptake under different field conditions. *Plant and soil.* 447:281–304. doi:10.1007/s11104-020-04635-9.
- Sanjaya F, Danakusuma E. 2018. Evaluasi kerja pertumbuhan diatom (*Thalassiosira* sp.) yang diberi dosis silikat. *Jurnal Satya Minabahari.* 1(1): 16–27. doi:<https://doi.org/10.53676/jism.v3i2.46>.

- Sarifah S, Iba W, Zaeni A. 2023. Pertumbuhan dan kandungan lipid mikroalga yang dikultur menggunakan pupuk Walne dan ekstraksi menggunakan metode *microwave assisted extraction* sebagai bahan baku biofuel yang berkelanjutan. *The Journalish: Social and Government*. 4(5):138–153. doi: 10.55314/tsg.v4i5.605.
- Schaum CE, Buckling A, Smirnoff N, Studholme DJ, Yvon-Durocher G. 2018. Environmental fluctuations accelerate molecular evolution of thermal tolerance in a marine diatom. *Nature communications*. 9(1):1719. doi: 10.1038/s41467-018-03906-5.
- Sisi XS, Jinming L, Xuegang Y, Huamao L, Ning D, Liqin, Peiyan S. 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. doi:10.1007/s00343-010-0005-3.
- Solovchenko AE, Ismagulova TT, Lukyanov AA, Vasilieva SG, Konyukhov IV, Pogosyan SI, Gorelova OA. 2019. Luxury phosphorus uptake in microalgae. *Journal of Applied Phycology*. 31(5):2755–2770. doi: 10.1007/s10811-019-01856-0.
- Tam, Luu T, Nguyen VC, Le TT, Nguyen CH, Nguyen TMH, Chau VM, Do THV, Dang DH. 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* 33:559–1577. doi:10.1007/s10811-020-02275-5.
- Wardani NK, Supriyantini E, Santosa GW. 2022. Pengaruh konsentrasi pupuk walne terhadap laju pertumbuhan dan kandungan klorofil-a *Tetraselmis chuii*. *Journal of Marine Research*. 11(1):77–85. doi: 10.29303/jp.v11i1.15640.
- Yaakob MA, Mohamed RMSR, Al-Gheethi A, Aswathnarayana GR, Ambati RR. 2021. Influence of nitrogen and phosphorus on microalgal growth, biomass, lipid, and fatty acid production: an overview. *Cells*. 10(2):393. doi: 10.3390/cells10020393.
- Yodsawan N, Sawayama S, Sirisansaneeyakul S. 2017. Effect of nitrogen concentration on growth, lipid production and fatty acid profiles of the marine diatom *Phaeodactylum tricornutum*. *Agriculture and Natural Resources*. 51:190–197. doi:10.1016/j.anres.2017.02.004.
- Zhang B, Ogden K. 2019. Nitrogen balances and impacts on the algae cultivation-extraction-digestion-cultivation process. *Algal Research*. 39:101434. doi: 10.1016/j.algal.2019.101434.

