

EXPLORASI RASIO OPTIMUM SILIKON DAN NITROGEN (Si/N) UNTUK PERTUMBUHAN FITOPLANKTON JENIS DIATOM *Skeletonema Costatum*

Exploration Of The Optimum Ratio Of Silicon And Nitrogen (Si/N) For Diatom Phytoplankton Growth *Skeletonema Costatum*

Kamariah^{1*}, Nur Asia Umar², Sutia Budi²

¹Badan Riset dan Inovasi Nasional

²Program Studi Budidaya Perairan, Program Pascasarjana, Universitas Bosowa

*Email : manisqubahri@gmail.com

Diterima: 05 Agustus 2023

Dipublikasikan: 30 Desember 2023

ABSTRAK

Dalam kegiatan budidaya perikanan banyak menggunakan pakan alami yaitu *fitoplankton* untuk memacu pertumbuhan organisme budidaya. Diatom adalah jenis *fitoplankton* yang sangat penting pada ekosistem perairan budidaya karena memiliki kandungan nutrisi yang baik, tidak menyebabkan penurunan kualitas air, dan keberadaannya tidak berdampak negatif pada lingkungan. Untuk pertumbuhan diatom *skeletonema costatum* dibutuhkan nutrisi yang mengandung silikon (Si) dan nitrogen (N). Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi rasio optimum kebutuhan Si dan N untuk pertumbuhan diatom. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 4 perlakuan dengan masing-masing 3 ulangan yaitu perlakuan A (kontrol) = rasio Si/N = 1:1, B = rasio Si/N = 2:1, C = rasio Si/N = 1:2, dan D = rasio Si/N = 1:4. Variabel yang diamati adalah kualitas air yakni pH, suhu, salinitas DO, nitrogen (NH₃-N; NO₃-N; NO₂-N), silika (SiO₂), fosfat (PO₄), dan kepadatan sel diatom serta kandungan nutrisi (analisis proksimat) yang meliputi protein, karbohidrat, dan lemak. Hasil analisis ANOVA menunjukkan perbedaan pengaruh perlakuan rasio Si/N terhadap padat sel *skeletonema costatum* yang terjadi sejak hari ke-1 hingga hari ke-8. Perubahan kualitas air sangat jelas khususnya untuk parameter NH₃-N dan NO₃-N pada perlakuan C dan D. Rasio di mana Si ditemukan sebagai faktor pembatas didapatkan pada Si/N = 1:4 dan rasio optimum dan efisien pada perlakuan Si/N= 1:1. Dari hasil ini diharapkan dapat memperkaya informasi khususnya peran rasio Si/N untuk pertumbuhan diatom pada skala laboratorium maupun dalam manajemen lingkungan untuk kegiatan budidaya.

Kata Kunci: Diatom, Nitrogen, Silikon, *Skeletonema*

ABSTRACT

In aquaculture activity, many use natural foods such as phytoplankton to stimulate the growth of cultured organism. Diatom is a type of phytoplankton that is very important in aquatic ecosystem because it has good nutritional content. It does not cause a decrease in water quality and its presence doesn't have a negative impact on the environment. For diatom growth *skeletonema costatum*, it requires nutrients containing Silicon (Si) and nitrogen (N). This study aimed to explore the optimum ratio of Si and N requirements for diatom growth. The study employed a Completely Randomized Design (CRD) with 4 treatments, each replicated 3 times: Treatment A (control) = Si/N ratio of 1:1, B = Si/N ratio of 2:1, C = Si/N ratio of 1:2, and D = Si/N ratio of 1:4. The variables observed were water quality including pH, temperature, salinity, dissolved oxygen (DO), nitrogen (NH₃-N; NO₃-N; NO₂-N), silicate (SiO₂), phosphate (PO₄), diatom cell density, also nutrient content (proximate analysis) including protein, carbohydrate, and fat. ANOVA analysis result showed differences in the influence of treatment Si/N ratio on the cell density of *skeletonema costatum* from day 1 to day 8. Clear changes in water quality were observed, especially for NH₃-N and NO₃-N parameters in treatments C and D. The limiting factor for growth was observed at Si/N = 1:4, while the optimum and efficient ratio was found in treatment Si/N = 1:1. This result expected to enrich information, especially regarding the role of the Si/N ratio for diatom growth on a laboratory also in environmental management for cultivation.

Keywords: Diatom, Nitrogen, Silicon, *Skeletonema*



This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license

1. PENDAHULUAN

Fitoplankton, utamanya jenis diatom, saat ini banyak dijadikan target untuk dikembangkan. Diatom memiliki kelebihan dibanding jenis fitoplankton lainnya karena selain memiliki nilai nutrisi tinggi juga tidak menyebabkan penurunan kualitas air (Bhattacharjya dkk, 2021; Boyd, 2014). Diatom sangat penting pada ekosistem perairan termasuk lingkungan budidaya karena memiliki kandungan nutrisi yang baik dan keberadaannya tidak berdampak negatif pada

lingkungan (Choudhury & Bhadury, 2015; Garnier dkk, 2010). Diatom adalah mikroalga uniseluler fotosintetik yang memiliki dinding khas terbuat dari silika. Diatom dapat dikultur untuk menghasilkan pakan yang dibutuhkan oleh zooplankton, ikan, udang, dan hewan lainnya di perairan. Dalam kegiatan budidaya perikanan sangat dianjurkan menggunakan pakan alami yaitu fitoplankton untuk memacu pertumbuhan organisme budidaya (Purba, 2012; Junda dkk, 2015). Larva udang memerlukan fitoplankton dari jenis diatom seperti *skeletonema costatum*. *Skeletonema costatum* saat ini banyak digunakan oleh hampir setiap unit pembenihan udang windu di

Indonesia (Lestari dkk, 2014). Kandungan nutrisi skeletonema costatum yang tinggi menjadi salah satu faktor utama dipilih sebagai pakan alami (Brindley dkk, 2022).

Pada kultur pakan alami, pemberian pupuk dimaksudkan untuk meningkatkan unsur hara atau kesuburan. Setiap unsur hara memiliki fungsi khusus yang tercermin pada pertumbuhan dan kepadatan yang dicapai tanpa mengesampingkan kondisi lingkungan (Fitriani dkk, 2017). Keberhasilan pemupukan tergantung pada keakuratan dalam menentukan kebutuhan dan komposisi nutrisi yang dibutuhkan oleh diatom atau fitoplankton lainnya (Krichnavaruk dkk, 2005). Secara umum nutrisi yang dibutuhkan fitoplankton terbagi atas dua kelompok yaitu nutrisi makro dan nutrisi mikro. Nutrisi makro yaitu kelompok nutrisi yang dibutuhkan dalam jumlah yang cukup besar seperti nitrogen, fosfat, dan silikat (Spilling dkk, 2015) Adapun mikro nutrisi adalah kelompok nutrisi yang dibutuhkan dalam kadar kecil antara lain Fe, Mg, dan Br (Tannock, 2016).

Silikon (Si) dan nitrogen (N) adalah nutrisi anorganik fundamental yang dibutuhkan untuk pertumbuhan diatom (Boyd, 2014; Gilpin dkk, 2004) utamanya silika yang sangat dibutuhkan oleh diatom karena dinding selnya (frustules) hampir secara keseluruhan terbuat dari silika. Rata-rata rasio karbon, nitrogen, silikon, dan fosfor (C : N : Si : P) pada dinding sel diatom adalah 106 : 15 : 16 : 1 (Boyd, 2014). Melihat pentingnya rasio kebutuhan Si dan N yang hampir sama maka untuk meningkatkan pertumbuhan diatom, pupuk berbasis silika sangat diperlukan. Jika terjadi penurunan konsentrasi Si atau kenaikan konsentrasi N maka jenis fitoplankton yang lain yang kemungkinan kurang baik untuk kegiatan budidaya dan lingkungan akan mengganti dominansi diatom. Input N dari aktivitas antropogenik yang disalurkan lewat jaringan sungai dan saluran dan berakhir di perairan pantai makin meningkat sementara sumber Si konstan menyebabkan peningkatan N : Si dan pada akhirnya Si kemungkinan akan menjadi faktor pembatas pertumbuhan (Gilpin dkk, 2004). Aplikasi pupuk nitrogen dan silika selama ini umumnya mengikuti standar yang ada untuk kultur diatom skala laboratorium dan jarang ditemukan publikasi yang mengulas efektivitas standar tersebut termasuk rasio Si dan N kaitannya dengan untuk kultur diatom.

Pada skala laboratorium, umumnya digunakan natrium silikat yang merupakan silika komersial yang ditambahkan dalam pupuk pada media kultur diatom di laboratorium. Dengan demikian dosis natrium silikat yang ditambahkan pada media kultur tersebut perlu diuji efektivitasnya untuk pertumbuhan optimum diatom skeletonema costatum. Untuk itu penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi rasio konsentrasi Si dan N yang optimum untuk pertumbuhan diatom skeletonema costatum pada skala laboratorium. Diharapkan informasi ini dapat memperkaya informasi, khususnya peran rasio Si dan N untuk pertumbuhan diatom skala laboratorium dan manajemen lingkungan untuk kegiatan budidaya pada umumnya.

Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi rasio optimum kebutuhan Si dan N untuk pertumbuhan diatom.

2. METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian berlangsung dari bulan Januari hingga bulan November 2020 dan pelaksanaannya di laboratorium Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau dan Penyuluhan Perikanan (BRPBAPP) di Kabupaten Maros dan Instalasi Perbenihan Udang Windu (IPUW)-BRPPBAP3 di Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan.

Pengumpulan dan Analisis Data

Spesies diatom yang digunakan adalah dari jenis *skeletonema costatum*. Diatom berasal dari Instalasi Perbenihan Udang Windu (IPUW), BRPBAPP Maros. Jumlah media air laut untuk pertumbuhan diseragamkan mengikuti syarat kualitas air laut untuk pertumbuhan diatom. Konsentrasi awal silika pada media yang digunakan diukur sebelum dilakukan penambahan pupuk silika. Dalam kultur skala laboratorium, pupuk yang sering digunakan untuk perkembangbiakan sel adalah pupuk teknis yakni KNO₃, Na₂HPO₄, NaEDTA, Clewat-32 (bisa diganti dengan FeCl₃), dan Na₂SiO₃.

Proses kultur fitoplankton jenis diatom terlebih dahulu dilakukan proses sterilisasi alat dan air laut dengan menggunakan alat saringan dan autoclave juga bahan kimia klorin serta sinar UV. Air laut yang telah disterilisasi diukur kandungan silika terlarut. Selanjutnya dilakukan persiapan air media, pembuatan pupuk (penambahan natrium silikat dengan konsentrasi berbeda), dan persiapan media kultur. Kemudian dikultur dalam wadah erlenmeyer 250 mL untuk stok murni selama kurang lebih 7 hari. Stok murni selanjutnya dipindahkan ke wadah labu ukur 2000 mL selama 3 hari (proses intermedit) sampai siap digunakan untuk tahap selanjutnya.

Penelitian terdiri 4 perlakuan dengan masing-masing 3 ulangan sehingga keseluruhan satuan percobaan terdapat 12 unit. Perlakuan rasio Si dan N dalam penelitian ini mengikuti rasio Si dan N dari Gilpin dkk (2004) adalah perlakuan A (kontrol) = rasio Si/N = 1:1, perlakuan B = rasio Si/N = 2:1, perlakuan C = rasio Si/N = 1 : 2, dan perlakuan D = rasio Si/N = 1 : 4.

Variasi rasio Si dan N dihitung dengan menggunakan software online "silica to nitrogen calculator". Rasio Si dan N sebagaimana prosedur standar yang dilakukan untuk kultur diatom di IPUW (yakni rasio Si/Ni 1 : 1) merupakan kontrol dalam penelitian ini. Sebagai ilustrasi yakni jika didapatkan data kualitas air laut awal yang digunakan sebagai media penumbuhan dan pupuk nitrogen dan silika sebagaimana pada Tabel 1. Oleh karena itu didapatkan total NO₃ dan NH₃ dan silikon (Si) dari air laut dan pupuk masing-masing sebesar 55,39 mg/L dan 0,0452 mg/L dan digunakan sebagai input dalam aplikasi "silica to nitrogen calculator". Dari hasil kalkulasi diketahui untuk mendapatkan rasio Si/N = 1:1 dibutuhkan penambahan pupuk silika dengan konsentrasi 54 mg/L (Tabel 1). Penambahan pupuk silika dilakukan dengan memperhatikan hasil perhitungan konsentrasi silika air laut (media) dan pupuk pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Kualitas Air dan Pupuk dan Nilai Konversi Sebagai Input Perhitungan Aplikasi “Silica to Nitrogen Calculator”

Variabel	Nilai sebelum dikonversi	Variable	Nilai setelah dikonversi
Kualitas Air Laut Media (awal)			
N-NO ₃ (mg/L)	0,1552	NO ₃ (mg/L)	0,68736
N-NH ₃ (mg/L)	0,0372	NH ₃ (mg/L)	0,04517
Silikat (mg/L)	0,00064	Silikat (mg/L)	0,00064
Pupuk Nitrogen (yang diaplikasikan di laboratorium)			
NaNO ₃	75	NO ₃ (mg/L)	54.70588235
Pupuk Silika (yang diaplikasikan di laboratorium)			
Na ₂ SiO ₃ (ml/L)	76	SiO ₂ (mg/L)	43.01886792

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap variabel penelitian dianalisis menggunakan ANOVA dan jika terjadi perbedaan dilakukan uji lanjut menggunakan metode “Duncan” dengan bantuan IBM SPSS Statistic 22. Berdasarkan kepadatan sel dibuat pola pertumbuhan sel diatom. Sampling dan pengamatan dilakukan setiap hari dengan mengambil sampel sebanyak 2 mL/hari untuk diamati dengan mikroskop untuk mengetahui kepadatan sel diatom. Di samping itu dilakukan pengukuran untuk beberapa parameter seperti kualitas air dan nutrisinya. Variabel kualitas air adalah pH, suhu, salinitas, DO, nitrogen (NH₃-N; NO₃-N; NO₂-N), silika (SiO₂), Fosfat (PO₄), dan kepadatan sel diatom. Sedangkan analisis variabel kandungan nutrisi (analisis proksimat) meliputi protein, karbohidrat, dan lemak dilakukan pada akhir kegiatan setelah dilakukan kultur pada

wadah yang lebih besar yaitu toples 20 liter. Metode analisis kualitas air pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Kualitas Air dan Metode Analisis yang akan Digunakan dalam Penelitian

Peubah	Metode analisis
pH, Salinitas (ppt)	pH and handrefraktometer meter
NH ₃ -N (mg/L)	Spektrofotometrik
NO ₃ -N (mg/L)	Spektrofotometrik
NO ₂ -N (mg/L)	Spektrofotometrik
Fosfat (PO ₄)	Spektrofotometrik
silika (SiO ₂)	Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS),

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kepadatan sel rata-rata *skeletonema costatum* disajikan pada Tabel 3 berikut ini.

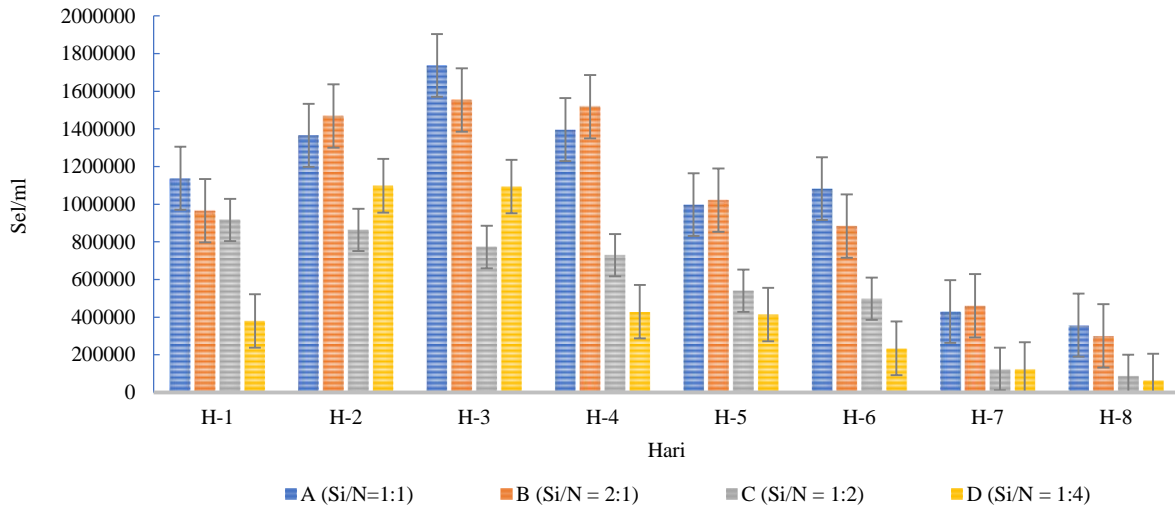
Tabel 3. Kepadatan Rata-rata *Skeletonema Costatum* untuk Konsentrasi Silika yang Berbeda

Waktu (periode) pengukuran	Kepadatan rata-rata (sel/ml)			
	A = Si/N=1:1	B = Si/N=2:1	C = Si/N=1:2	D = Si/N=1:4
Hari-1	1.137.333	964.667	916.000	380.000
Hari-2	1.366.000	1.468.667	863.333	1.098.000
Hari-3	1.736.667	1.553.333	772.667	1.093.333
Hari-4	1.396.000	1.517.333	729.333	428.667
Hari-5	997.333	1.021.333	540.000	414.000
Hari-6	1.082.667	883.333	497.667	234.000
Hari-7	430.000	460.000	124.667	124.667
Hari-8	357.333	301.333	88.000	63.667

Dari hasil perhitungan kepadatan rata-rata sel *skeletonema costatum* diketahui bahwa pada perlakuan rasio Si/N=1:1 (A) memiliki tingkat kepadatan rata-rata lebih tinggi dibanding perlakuan lainnya. Perlakuan A dan B mencapai kepadatan sel maksimum pada hari ke-3 dengan kepadatan maksimum masing-masing 1.736.667 sel/mL dan 1.553.333 sel/ml. Sedangkan perlakuan C dan D mencapai kepadatan maksimum lebih awal yakni pada hari ke-2 dengan kepadatan sel masing-masing hanya mencapai 863.333 dan 1.098.000 yang selanjutnya mengalami penurunan hingga kepadatan terendah pada hari ke-8. Perbedaan kepadatan sel rata-rata perlakuan ini menunjukkan pentingnya menjaga rasio Si/N pada nilai = 1 atau sedikit lebih tinggi.

Pola pertumbuhan *skeletonema costatum* ditemukan berbeda. Hal ini dapat dilihat dari peningkatan jumlah sel

terjadi sejak hari ke-1 dan memuncak pada hari ke-3. Selanjutnya memasuki fase stationer (stagnan) hingga hari ke-4. Pada fase stationer ini jumlah populasi konstan dalam waktu tertentu sebagai akibat dari penghentian pembiakan sel-sel secara total atau adanya keseimbangan antara tingkat kematian dan tingkat pertumbuhan. Selanjutnya terus menurun mulai hari ke-5 hingga mencapai fase kematian pada hari ke-7 dan ke-8. Pada hari ke-7 jumlah sel malah lebih rendah dibandingkan hari ke-0. Perbedaan jumlah sel juga sangat jelas antara perlakuan yang memiliki konsentrasi silika lebih tinggi (A dan B) dibandingkan dengan yang lebih rendah (C dan D). Pada kultur pakan alami skala hatchery akan terkait dengan penambahan nutrisi dan masa panen sedangkan untuk kegiatan budidaya semi-terkontrol di tambak kaitannya dengan proses pergantian air dan pemupukan.



Gambar 1. Kecepatan dan Pola Pertumbuhan *Skeletonema Costatum*

Hasil analisis ANOVA pada *skeletonema costatum* menunjukkan perbedaan pengaruh perlakuan perbedaan rasio Si dan N terhadap padat sel *skeletonema costatum* terjadi sejak hari ke-1 hingga hari ke-8 dengan nilai P (P-value) < 0.05

(Tabel 4). Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa perlakuan Si/N yang berbeda berpengaruh nyata pada kepadatan sel *skeletonema costatum* pada semua fase pertumbuhan.

Tabel 4 Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Pengaruh Si/N Terhadap Kepadatan *Skeletonema Costatum*

Nilai	Group							
	H-1	H-2	H-3	H-4	H-5	H-6	H-7	H-8
F	6,779	4,423	9,967	15,269	4,216	12,076	9,115	16,057
Sig.	0,014	0,041	0,004	0,001	0,046	0,002	0,006	0,001

Oleh karena terdapat perbedaan nyata pada perlakuan maka dilakukan uji lanjut (post Hoc) untuk melihat pengaruh antar perlakuan. Hasil uji Duncan ditampilkan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Hasil Uji Lanjut Pengaruh Si/N Terhadap Kepadatan *Skeletonema Costatum*

Perlakuan	Kepadatan Rata-Rata (sel/mL)							
	H-1	H-2	H-3	H-4	H-5	H-6	H-7	H-8
A = 1:1	380000 ^a	863333 ^a	772667 ^a	428667 ^a	414000 ^a	234000 ^a	124667 ^a	63667 ^a
B = 2:1	916000 ^b	1098000 ^{ab}	1093333 ^a	729333 ^a	540000 ^{ab}	497667 ^a	124667 ^a	88000 ^a
C = 1:2	964667 ^b	1366000 ^b	1553333 ^b	1396000 ^b	997333 ^b	883333 ^b	430000 ^b	301333 ^b
D = 1:4	1137333 ^b	1468667 ^b	1736667 ^b	1517333 ^b	1021333 ^b	1082667 ^b	460000 ^b	357333 ^b

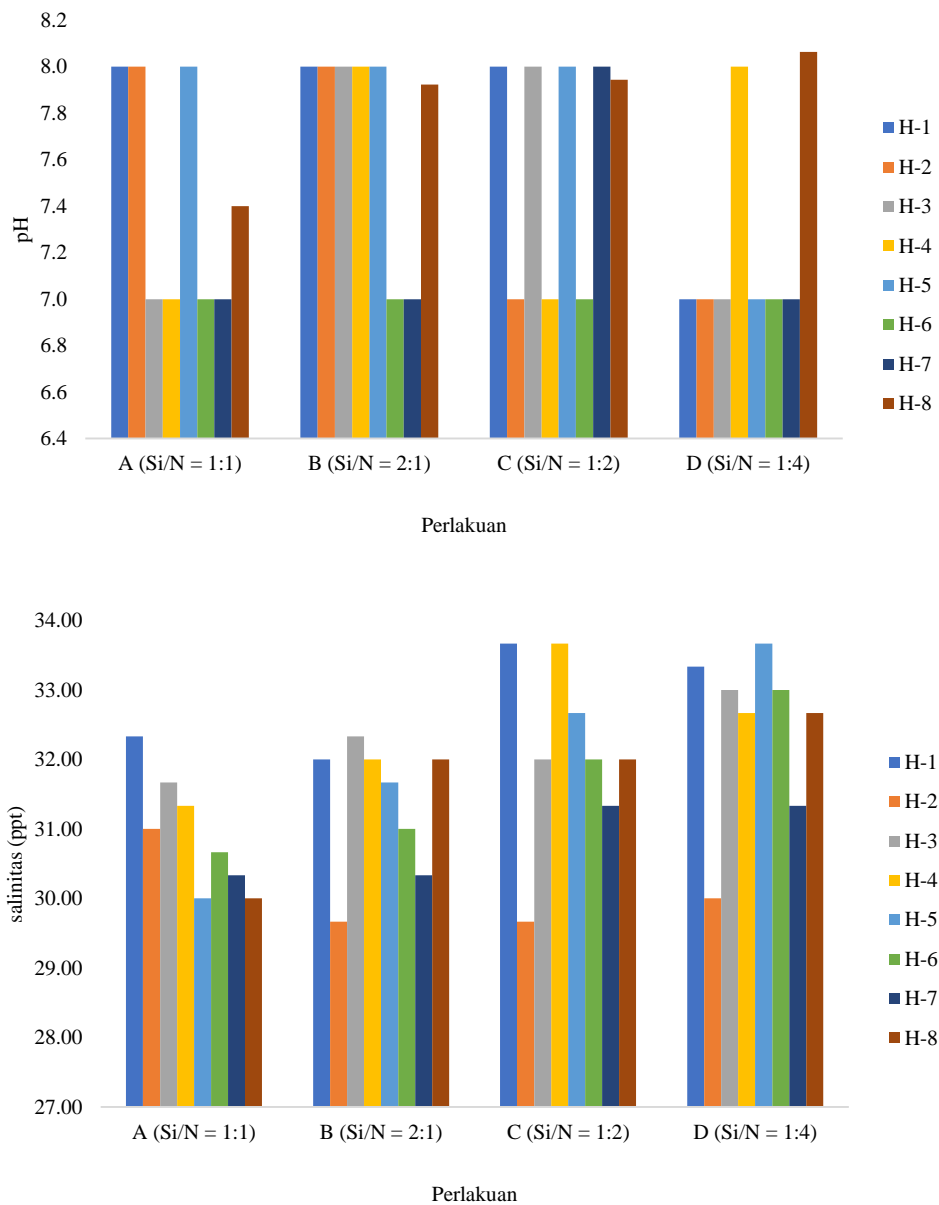
Catatan: Huruf superscript yang berbeda dalam satu satu kolom menunjukkan perbedaan nyata (p < 0.05)

Hasil uji lanjut untuk *skeletonema costatum* menunjukkan bahwa pembagian subset sudah terjadi pada hari ke-1 di mana perlakuan A sudah menunjukkan perbedaan rata-rata yang nyata dengan perlakuan D. Pada hari berikutnya terlihat secara konsisten perlakuan A dan B memiliki rata-rata yang sama dan berbeda nyata dengan perlakuan C dan D. Informasi ini sekali lagi membuktikan bahwa Si/N = 1 atau lebih besar berpengaruh positif terhadap peningkatan jumlah sel diatom *skeletonema costatum*. Ketersediaan nutrisi dalam jumlah yang seimbang sesuai kebutuhan di fase awal pertumbuhan sangat diperlukan untuk *skeletonema costatum*. Menurut Spilling dkk (2015), pertumbuhan *skeletonema costatum* selain dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi juga dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan pada media pertumbuhan. Pakan alami tumbuh subur pada perairan yang banyak mengandung bahan-bahan organik dan anorganik serta menerima sinar matahari secara langsung.

Informasi perbedaan rata-rata merupakan hal yang menarik dalam manajemen kualitas air tambak air payau. Pada hari di

mana ditemukan adanya perbedaan rata-rata produksi apalagi pada kondisi lapang (semi hingga tidak terkontrol) akan menjadi indikator adanya perubahan lingkungan dan komposisi nutrisi yang sesuai atau tidak sesuai untuk pertumbuhan diatom. Kondisi tersebut akan berakibat pada perubahan komposisi *fitoplankton* di mana spesies yang masih mampu bertahan akan bertahan dan menjadi spesies yang dominan di lingkungan perairan tersebut.

Kualitas kimia dan fisika air sebagai media budidaya merupakan faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan *fitoplankton* selama kultur. Pada kondisi kultur massal di luar ruangan atau pada lingkungan tambak, pertumbuhan diatom dipengaruhi oleh kandungan nutrisi dan variabel kualitas lingkungan sebagai media pertumbuhan (Saxena dkk, 2021). Pertumbuhan mikroalga termasuk diatom dipengaruhi antara lain cahaya, suhu, pH, kandungan CO₂ bebas, dan salinitas (Saxena dkk, 2022).



Gambar 2. Hasil Pengukuran pH dan Salinitas Air selama Periode Kultur *Skeletonema Costatum*

Pada Gambar 2 dapat dilihat fluktuasi kualitas air (pH dan salinitas) selama penelitian. Fluktuasi nilai pH masih dalam ambang batas kelayakan untuk pertumbuhan *skeletonema costatum* yakni berkisar 7-8. Nilai salinitas air untuk perlakuan C dan D untuk air media *skeletonema costatum* hampir mencapai 34 ppt di akhir masa kultur sedangkan perlakuan A dan B stabil pada kisaran 30-32 ppt. Intensitas cahaya, suhu, dan kandungan oksigen terlarut tidak dipantau karena nilainya dianggap konstan dan seragam sepanjang periode kultur diatom berlangsung sehingga tidak menjadi faktor pembatas.

Perubahan kualitas air terutama terjadi pada masa akhir pemeliharaan menjelang masa kematian di mana salinitas dan pH air cenderung lebih tinggi. Salinitas merupakan salah satu parameter kualitas air yang mempengaruhi tekanan osmotik

antara protoplasma sel organik dengan lingkungannya (Rudiyanti, 2011). Perubahan pH pada saat kultur mikroalga dapat disebabkan karena adanya penurunan kelarutan CO₂ dan mineral di medium pertumbuhan (Spilling dll, 2015). Perubahan pH menjadi penyebab kehidupan biota di perairan menjadi terganggu akibat ketidakseimbangan CO₂ (Rukminasari dkk, 2014). Menurut (Armanda, 2013) kisaran pH optimal pertumbuhan *skeletonema costatum* adalah 7-8.

Cahaya adalah faktor lingkungan yang mempengaruhi kandungan pigmen pada mikroalga. Fiksasi karbon dilakukan oleh fitoplankton dengan mengatur pigmen fotosintetiknya terhadap cahaya (Spilling dkk, 2015). Spektrum cahaya putih dapat meningkatkan kandungan klorofil *skeletonema costatum* (Arifah dkk, 2019). Demikian pula suhu yang optimal akan dapat mempercepat proses metabolisme sel. Suhu secara

langsung mempengaruhi efisiensi fotosintesis dan merupakan faktor penentu dalam pertumbuhan. Menurut Ebrahimi & Salarzadeh (2016) untuk kultur *skeletonema costatum*, pertumbuhan tertinggi pada suhu 30°C. Untuk pertumbuhan optimal, alga ini membutuhkan kisaran suhu antara 26°C-27°C (Fitriani dkk, 2017). Perubahan suhu menyebabkan perbedaan komposisi dan kelimpahan *skeletonema costatum* (Ebrahimi & Salarzadeh, 2016).

Meskipun *skeletonema costatum* dapat tumbuh pada salinitas 23-36 ppt, namun kisaran salinitas optimum untuk

pertumbuhan adalah 28-32 ppt (Rudiyanti, 2011). Menurut Ebrahimi & Salarzadeh (2016), salinitas untuk pertumbuhan *skeletonema costatum* adalah 30 ppt. Salinitas media berkaitan dengan kemampuan mikroalga untuk mempertahankan tekanan osmotik antara protoplasma dengan lingkungan hidupnya. Salinitas yang terlalu tinggi atau yang terlalu rendah dapat mengakibatkan aktifitas sel terganggu (Talebi dkk, 2013)

Tabel 6. Hasil Pengukuran Kualitas Air Untuk Masing-Masing Perlakuan Rasio Si/N Selama Kultur *Skeletonema costatum*

Waktu (periode) Pengukuran	Kode	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	Silika (Si) (mg/L)	Si/N*
Awal (media air laut)		0,037	0,004	0,155	0,037	0,275	
	A (Si/N=1:1)	0,257	0,135	1,053	0,060	8,750	4.54
	B (Si/N=2:1)	0,331	0,075	2,173	0,050	8,493	2.59
	C (Si/N=1:2)	0,761	0,034	3,516	0,055	4,011	0.66
	D (Si/N=1:4)	1,726	0,252	2,411	0,067	3,010	0.36

Catatan: Si/N berdasarkan nilai NH₃-N, NO₃-N dan Si

Pada Tabel 6 ditampilkan data kualitas air yang diukur di laboratorium pada awal pemeliharaan serta kualitas air pada saat hari terakhir. Perubahan kualitas air sangat jelas khususnya untuk parameter NH₃-N dan NO₃-N pada perlakuan Si/N=1:2 (C) dan Si/N=1: 4 (D) di mana konsentrasinya meningkat tajam melebihi standar kelayakan untuk pertumbuhan diatom secara umum. Kondisi ini sangat terkait dengan ketersediaan nutrisi dalam rasio yang tepat saat fase kematian serta ratio Si/N yang rendah. Nutrien merupakan senyawa yang sangat dibutuhkan oleh organisme laut dalam metabolisme, proses fisiologis, dan reaksi biokimiawi (Brindley dkk, 2022).

Unsur yang paling penting dibutuhkan dalam kultur diatom adalah N, P, dan Si. Nutrien utama yang paling dibutuhkan fitoplankton bagi pertumbuhan adalah nitrogen dalam bentuk nitrat (Andersen dkk, 2020). Menurut Brindley dkk (2022), kandungan nitrogen yang berlebih dapat menghambat proses biosintesis sel alga. Diatom tidak bisa bertahan hidup dengan pasokan Si yang kurang karena silikat tidak hanya diperlukan dalam pembentukan dinding sel, tetapi juga diperlukan untuk sintesis asam deoksiribonukleat (Krichnavaruk dkk, 2005). Data Si/N berdasarkan hasil hitungan dari konsentrasi NH₃-N, NO₂-N dan Silika menunjukkan nilai lebih kecil dari 1. Hal ini menunjukkan bahwa air media kultur kekurangan kandungan silika untuk mendukung pertumbuhan diatom.

Di sisi lain terjadi peningkatan konsentrasi NH₃-N dan NO₃-N yang melewati ambang batas untuk pertumbuhan diatom. Kelebihan nilai N ini tidak akan dimanfaatkan *skeletonema costatum* untuk pertumbuhan. Kandungan nitrogen (nitrat) pada pada kondisi air laut tidak tercemar lebih tinggi dari kandungan nitrogen (amonia). Dengan demikian diatom dianggap juga lebih suka memanfaatkan nitrogen dalam bentuk nitrat dibandingkan dalam bentuk ammonia (Tannock, 2016; Boyd, 2014). Penurunan jumlah sel pada perlakuan A dan D lebih terkait dengan berkurangnya nutrien esensial (makro dan mikro) lain yang dibutuhkan untuk pertumbuhan selain kandungan silika (Spilling dkk, 2015). Penurunan jumlah populasi sel diikuti dengan perubahan lingkungan pembudidayaan yang dipengaruhi oleh nutrien, pH, temperatur, dan kondisi lingkungan lainnya.

Sebagai pakan alami dan indikator kualitas lingkungan perairan, diatom *skeletonema costatum* tidak hanya diharapkan tumbuh dengan kepadatan sel yang tinggi akan tetapi juga harus cukup mengandung beberapa komponen nutrisi penting. Nutrisi penting yang harus tersedia dalam pakan antara lain protein, lemak, karbohidrat, vitamin, dan mineral. Diatom memperoleh nutrisi dari media air yang mengandung unsur hara dengan cara mengabsorpsi secara langsung melalui membran sel. Tabel 7 menyajikan perbandingan komposisi nutrisi penting untuk kedua jenis diatom dengan perlakuan Si/N yang berbeda.

Tabel 7. Komposisi Hasil Analisis Proksimat Diatom *Skeletonema Costatum* pada Si/N = 1:1 dan 2:1

Jenis Analisis Proksimat	<i>Skeletonema costatum</i>	
	Na ₂ SiO ₃ (Si/N=1:1)	Na ₂ SiO ₃ (Si/N=2:1)
Kadar Abu (%)	52,4	53,96
Lemak (%)	0,41	0,14
Protein (%)	14,48	16,88
Serat Kasar (%)	3,66	0,23
Karbohidrat (%)	33,07	29,02

Berdasarkan Tabel 7 kadar abu diatom berkisar 52,4% hingga 65,51%. Kadar abu menggambarkan kandungan mineral dari suatu bahan yang berperan penting dalam pemeliharaan sel, jaringan, organ, maupun fungsi tubuh secara

keseluruhan. Kadar abu tinggi pada diatom dikarenakan dinding sel diatom mempunyai frustula yang banyak mengandung silikat (Supriyantini, 2013). Dari hasil penelitian terlihat kadar abu pada perbandingan Si/N= 2:1 (B) lebih besar

daripada 1:1 (A) karena adanya input silika yang lebih banyak. Kandungan protein rasio Si/N = 1:1 (A) dan 2:1 (B) untuk diatom *skeletonema costatum* masing-masing didapatkan 14,48% dan 16,88%. Sementara pada rasio Si/N = 2:1 (B) kadar protein hampir sama. Kadar protein dan lemak pada *skeletonema costatum* 23-31% dan 1,3-16,2% ditemukan oleh Brindley dkk (2022).

Kadar lemak diatom *skeletonema costatum* masing-masing 0,41% dan 0,14% pada rasio Si/N = 1:1 (A) dan 2:1(B). Sejalan dengan hasil penelitian Supriyantini (2013) diperoleh kadar lemak *skeletonema costatum* sebesar 0,3-0,99% pada media air laut salinitas 30 ppt. Kadar lemak *skeletonema costatum* yaitu 1,72% dan 1,42% pada Si/N = 1:1 (A) dan 2:1 (B). Kadar karbohidrat tertinggi didapatkan pada Si/N = 1:1 (A) sebesar 33,07%.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa rasio silika dan nitrogen (Si/N) optimum untuk penumbuhan diatom *skeletonema costatum* merupakan informasi yang sangat bermanfaat untuk kebutuhan perbaikan kultur pakan alami (diatom) dan manajemen kualitas lingkungan tambak air payau pada umumnya. Rasio Si/N = 1 didapatkan sebagai yang terbaik di antara beberapa perlakuan. Selain dapat mendukung pertumbuhan diatom juga dapat menekan munculnya faktor pembatas kualitas air lainnya. Peningkatan konsentrasi N dibandingkan Si pada taraf lebih besar dari 2 dapat mengakibatkan meningkatnya konsentrasi variabel NH₃-N dan NO₃-N kualitas air lainnya yang melebihi ambang batas yang dibutuhkan untuk pertumbuhan diatom. Rasio di mana silikon (Si) ditemukan sebagai faktor pembatas didapatkan pada Si/N = 1:4.

Untuk mendapatkan informasi efektifitas aplikasi pupuk biosilika, sebaiknya dilanjutkan uji coba pada skala lapang (pembesaran di tambak). Pada skala semi terkontrol di tambak besar kemungkinan akan didapatkan faktor pembatas lingkungan lain dan potensi persaingan pemanfaatan ruang, nutrien, dan daya dukung lingkungan lain antara spesies diatom dan jenis alga/fitoplankton lainnya.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Andersen, I. M., Williamson, T. J., González, M. J., & Vanni, M. J. (2020). Nitrate, ammonium, and phosphorus drive seasonal nutrient limitation of chlorophytes, cyanobacteria, and diatoms in a hyper-eutrophic reservoir. *Limnology and Oceanography*, 65(5), 962–978. <https://doi.org/10.1002/LNO.11363>
- Arifah, R. U., Sedjati, S., Supriyantini, E., & Ridlo, A. (2019). Kandungan Klorofil dan Fukosantin serta Pertumbuhan *Skeletonema costatum* pada Pemberian Spektrum Cahaya yang Berbeda. 8(1), 25–32. <https://doi.org/10.14710/buloma.v8i1.19986>
- 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.
- Bhattacharjya, R., Singh, P. K., & Tiwari, A. (2021). Aquaculture water as a source of sustainable growth medium for diatom cultivation and its nutritive suitability as a potential aqua feed. *Environmental Technology & Innovation*, 24, 101987.
- Boyd, C.E. (2014). Silicon, Diatoms In Aquaculture. *Global Aquaculture Advocate*.
- Boyd, Claude E. (2014). Silicon, Diatoms In Aquaculture. *Global Aquaculture Advocate*, 39.
- Brindley, C., Khozin-Goldberg, I., V Bastos, C. R., Maia, I. B., Pereira, H., Navalho, J., & S Varela, J. C. (2022). Optimisation of Biomass Production and Nutritional Value of Two Marine Diatoms (Bacillariophyceae), *Skeletonema costatum* and *Chaetoceros calcitrans*.
- Budi, S., & Aqmal, A. (2021). Penggunaan Pakan Bermethamorfosis Pada Perbenihan Udang Windu *Penaeus monodon* Di Kabupaten Barru. *Jurnal Ilmiah Ecosystem*, 21(2), 358-373.
- Choudhury, A. K., & Bhadury, P. (2015). Relationship between N: P: Si ratio and phytoplankton community composition in a tropical estuarine mangrove ecosystem. *Biogeosciences Discussions*, 12(3), 2307–2355.
- Ebrahimi, E., & Salarzadeh, A. (2016). The Effect of Temperature and Salinity on the Growth of *Skeletonema costatum* and *Chlorella capsulata* in vitro. *International Journal of Life Sciences*, 10(1), 40–44. <https://doi.org/10.3126/ijls.v10i1.14508>
- Fitriani, Fendi, & Rochmady. (2017). Pengaruh pemberian pupuk anorganik (NPK + Silikat) dengan dosis berbeda terhadap kepadatan *Skeletonema costatum* pada pembenihan udang windu Effect of inorganic fertilizer (NPK + Silicate) with different dosage to *Skeletonema costatum* density on hatchery. *Jurnal Akuakultur, Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil*, 1(1), 11–18.
- Garnier, J., Beusen, A., Thieu, V., Billen, G., & Bouwman, L. (2010). N:P:Si nutrient export ratios and ecological consequences in coastal seas evaluated by the ICEP approach. *Global Biogeochemical Cycles*, 24(2), 1–12. <https://doi.org/10.1029/2009GB003583>
- Gilpin, L. C., Davidson, K., & Roberts, E. (2004). The influence of changes in nitrogen: Silicon ratios on diatom growth dynamics. *Journal of Sea Research*, 51(1), 21–35. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2003.05.005>
- Junda, M., Nani, K., & Yunisda, M. (2015). Pengaruh Pemberian *Skeletonema costatum* dengan Kepadatan Berbeda Terhadap Sintasan *Artemia salina*. *Bionature*, 16(1), 21–27.
- Krichnavaruk, S., Loataweesup, W., Powtongsook, S., & Pavasant, P. (2005). Optimal growth conditions and the cultivation of *Chaetoceros calcitrans* in airlift photobioreactor. *Chemical Engineering Journal*, 105(3), 91–98. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2004.10.002>
- Lestari, D. P., Ekawati, A. W., & Maftuch, M. (2014). Dried *Skeletonema costatum* in Feed Formulation for the Growth of Vaname Shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *The Journal of Experimental Life Sciences*, 4(2), 45–49.
- Mansyur, M., Tantu, A. G., Hadijah, H., & Budi, S. (2021). Kajian Potensi Tambak Udang *Vannamiae Litopenaeus vannamei* Pada Lahan Marjinal Di Kabupaten Pinrang

- Sulawesi Selatan: Studi Kasus Kecamatan Cempa. *Urban and Regional Studies Journal*, 4(1), 26-35.
- Numberi, Y., Budi, S., & Salam, S. (2020). Analisis Oseanografi Dalam Mendukung Budidaya Rumput Laut (*Eucheuma Cottonii*) Di Teluk Sarawandori Distrik Kosiwo Yapen-Papua. *Urban and Regional Studies Journal*, 2(2), 71-75.
- Purba, C. Y. (2012). Performa pertumbuhan, kelulushidupan, dan kandungan nutrisi larva udang vanamei (*Litopenaeus vannamei*) melalui pemberian pakan artemia produk lokal yang diperkaya dengan sel diatom. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 1(1), 102-115. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jamt/article/view/506>
- Rudiyanti, S. (2011). Pertumbuhan *Skeletonema costatum* pada Berbagai Tingkat Salinitas Media. *Jurnal Saintek Perikanan*, 6(2), 69-76.
- Rukminasari, N., Khaerul, N., & Program, A., Sumberdaya, S. M., Fakultas, P., Kelautan, I., & Unhas, P. (2014). Pengaruh Derajat Keasaman (pH) Air Laut Terhadap Konsentrasi Kalsium dan Laju Pertumbuhan *Halimeda* sp. *Torani Journal of Fisheries and Marine Science*, 24(1). <https://doi.org/10.35911/TORANI.V24I1.119>
- Saxena, A., Marella, T. K., Singh, P. K., & Tiwari, A. (2021). Indoor mass cultivation of marine diatoms for biodiesel production using induction plasma synthesized nanosilica. *Bioresource Technology*, 332. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2021.125098>
- Saxena, A., Singh, K. P., Bhatnagar, A., & Tiwari, A. (2022). Growth of marine diatoms on aquaculture wastewater supplemented with nanosilica. *Bioresource Technology*, 344, 126210. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2021.126210>
- Spilling, K., Ylöstalo, P., Simis, S., & Seppälä, J. (2015). Interaction Effects of Light, Temperature and Nutrient Limitations (N, P and Si) on Growth, Stoichiometry and Photosynthetic Parameters of the Cold-Water Diatom *Chaetoceros wighamii*. *PLOS ONE*, 10(5), e0126308. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0126308>
- Supriyantini, E. (2013). Pengaruh Salinitas terhadap Kandungan Nutrisi *Skeletonema costatum* Supriyantini. *Buletin Oseanografi Marina*. *Buletin Oseanografi Marina Volume 2*.
- Talebi, A. F., Mohtashami, S. K., Tabatabaei, M., Tohidfar, M., Bagheri, A., Zeinalabedini, M., Hadavand Mirzaei, H., Mirzajanzadeh, M., Malekzadeh Shafaroudi, S., & Bakhtiari, S. (2013). Fatty acids profiling: A selective criterion for screening microalgae strains for biodiesel production. *Algal Research*, 2(3), 258-267. <https://doi.org/10.1016/J.ALGAL.2013.04.003>
- Tannock, simon. (2016). Essential Silica management to grow diatoms for aquaculture. *Of Water And Wastewater*. In <https://doi.org/10.2105/AJPH.51.6.940-a> (11th ed., Vol. 51, Issue 6). American Public Health Association.
- Yunus, A. R., Budi, S., & Salam, S. (2019). Analisis kelayakan lokasi budidaya metode karamba jaring apung di perairan desa pulau harapan sinjai. *Journal of Aquaculture and Environment*, 2(1), 1-5.