

EFEK PENGGUNAAN PUPUK BUATAN TERHADAP PERTUMBUHAN DAN KANDUNGAN SENYAWA FIKOSIANIN *Spirulina* sp.

Effect of Artificial Fertilizer On The Growth and Phycocyanin Compound Content of Spirulina sp.

Jundi Putra Suryono*, Ginanjar Pratama, Afifah Nurazizatul Hasanah

Program Studi Ilmu Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Raya Jakarta Km. 4 Pakupatan, Kota Serang, Banten, 42124, Indonesia

Email: 4443210067@untirta.ac.id

ABSTRAK

Spirulina sp. adalah mikroalga yang kaya akan senyawa bermanfaat, seperti protein, lemak, mineral, dan pigmen alami (fikosianin, β -karoten, dan klorofil) yang memiliki efek antioksidan. Berbagai macam kandungan yang dimiliki oleh *Spirulina* sp. sangat dipengaruhi oleh nutrisi dan lingkungan kultivasi. Nutrisi seperti pupuk walne merupakan nutrisi yang sering digunakan dalam kegiatan budidaya *Spirulina* sp. tetapi dikarenakan harganya yang kurang ekonomis menjadikan hal tersebut sebagai masalah tersendiri. Pupuk alternatif sudah banyak dikembangkan, beberapa bahan seperti magnesium, fosfat, urea, dan molase dapat dijadikan solusi nutrisi yang jauh lebih murah dibandingkan dengan pupuk walne. Metode penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 taraf perlakuan yaitu pupuk walne, pupuk buatan, dan pupuk campuran (walne dan buatan) dengan masing-masing 3 ulangan. Tahapan penelitian dibagi menjadi dua fase yaitu fase pertama merupakan proses kultivasi dan pemanenan, dilanjutkan dengan fase dua yaitu ekstraksi fikosianin. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini adalah laju pertumbuhan *Spirulina* sp. berjalan serupa hingga terjadi penurunan nilai *optical density* pada perlakuan penambahan pupuk buatan (P1) dan penambahan pupuk campuran (P2) di hari ke-21. Protein yang dihasilkan tidak berbeda nyata dengan nilai rata-rata tertinggi pada perlakuan penambahan pupuk buatan (P1) senilai 6,03%. Rendemen biomassa basah terbesar berada pada perlakuan penambahan pupuk walne (K) dengan nilai sebesar 0,09%. Rendemen fikosianin yang terbesar berada pada perlakuan penambahan pupuk campuran (P2) dengan nilai 33,48%. Konsentrasi fikosianin terbesar berada pada perlakuan penambahan pupuk walne (K) dan penambahan pupuk buatan (P1) dengan nilai 2,79%. Berdasarkan hasil yang diperoleh diketahui bahwa pupuk buatan memiliki efek yang serupa dengan pupuk walne dalam aspek kadar protein, rendemen biomassa basah, dan konsentrasi fikosianin. Sedangkan pupuk walne lebih optimal pada aspek laju pertumbuhan dibanding dengan pupuk buatan.

Kata kunci: Fikosianin; Pupuk Buatan; *Spirulina* sp.; Walne

ABSTRACT

Spirulina sp. is a microalgae rich in beneficial compounds, such as protein, fat, minerals, and natural pigments (phycocyanin, β -carotene, and chlorophyll) that have antioxidant effects. The multiple contents of *Spirulina* sp. are strongly influenced by nutrition and the cultivation environment. Nutrients such as walne fertilizer are nutrients that are often used in *Spirulina* sp. cultivation activities, but due to their lower price, this makes it a problem in itself. Alternative fertilizers have been developed, several materials such as magnesium, phosphate, urea, and molasses can be used as nutritional solutions that are much cheaper than walne fertilizer. This research method uses a completely randomized design with 3 levels of walne fertilizer treatment, artificial fertilizer, mixed fertilizer (walne and artificial), with 3 replications each. The research stages are divided into two phases: the first phase is the cultivation and harvesting process, followed by the second phase, namely phycocyanin extraction. The results obtained in this study show that the growth rate of *Spirulina* sp. progressed similarly until a decrease in optical density values occurred in treatments P1 and P2 on day 21. The protein produced was not significantly different, with the highest average value in treatment P1 of 6.03%. The highest wet biomass yield was obtained from the walne fertilizer treatment 0.09%. The best phycocyanin yield was in treatment P2 with a value of 33.48%. The highest phycocyanin concentration was in the control and P1 treatments, with a value of 2.79%. Based on the results obtained, it was found that the artificial fertilizer had a similar effect to walne fertilizer in terms of protein content, wet biomass yield, and phycocyanin concentration. Walne fertilizer, on the other hand, was more optimal in terms of growth rate compared to the artificial fertilizer.

Keywords: Phycocyanin; Artificial Fertilizer; *Spirulina* sp.; Walne

PENDAHULUAN

Spirulina sp. merupakan mikroalga yang banyak dibudidayakan karena memiliki berbagai manfaat pada bidang

pakan, pangan, farmasi bahkan energi terbarukan. Awalnya *Spirulina* sp. dimanfaatkan sebagai pakan alami untuk ikan atau hewan lainnya, semakin berkembang dan meningkatnya minat terhadap *Spirulina* sp. membuat banyak tercipta

penelitian mengenai kandungan *Spirulina* sp. yang dapat dimanfaatkan pada berbagai bidang seperti pangan, medis, obat-obatan, dan kosmetik (Diniarwisan & Muahiddah 2024). *Spirulina* sp. diketahui memiliki 5 komponen nutrisi utama yang baik untuk berbagai hal dan dinilai sebagai bahan dengan nilai ekonomis yang tinggi, komponen tersebut meliputi protein, karbohidrat, lemak, vitamin, mineral serta pigmen alami (betakaroten, fikosianin, dan klorofil) (Cahya *et al.* 2020).

Faktor eksternal yang sangat berpengaruh terhadap komposisi kandungan, produktivitas pertumbuhan dan jumlah biomassa *Spirulina* sp. serta kandungan bioaktif seperti fikosianin adalah nutrisi, cahaya, dan suhu (Ilhamdy *et al.* 2020). Tingginya produksi biomassa mikroalga sangat dipengaruhi oleh jenis spesies mikroalga dan kondisi lingkungan budidaya (Praharyawan, 2021). Nutrisi sebagai salah satu faktor lingkungan ikut andil dalam meningkatkan produktivitas biomassa (Ayuzara *et al.* 2022). Selain biomassa, nutrisi yang diberikan pada *Spirulina* sp. juga mempengaruhi jumlah dan kualitas senyawa bioaktif khususnya fikosianin. Fikosianin merupakan pigmen berwarna biru kehijauan yang berasosiasi dengan protein serta bersifat polar dan larut air. Umumnya jumlah fikosianin yang dikandung oleh *Spirulina* sp. sekitar 20% berat keringnya (Ridlo *et al.* 2015).

Nutrisi adalah salah satu faktor penentu dalam pertumbuhan, jumlah biomassa dan kandungan senyawa bioaktif *Spirulina* sp., sejauh ini nutrisi yang digunakan sebagai pemenuh kebutuhan nutrisi pada kegiatan kultur *Spirulina* sp. adalah pupuk walne. Pupuk walne merupakan salah satu pupuk standar yang banyak digunakan dalam budidaya mikroalga, termasuk *Spirulina* sp., karena mengandung zat hara mikro dan makro yang baik untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. (Wibowo *et al.* 2024). Pupuk walne efektif dalam meningkatkan kepadatan sel dan kualitas biomassa *Spirulina* sp. serta kandungan fikosianin dalam kultur laboratorium, akan tetapi semakin tingginya harga pupuk walne membuat peningkatan biaya produksi, hal tersebut menjadikan alasan banyaknya penelitian mengenai pupuk alternatif dengan harga yang lebih terjangkau serta mampu menghasilkan kandungan fikosianin yang lebih baik. Salah satu alternatif adalah penggunaan pupuk buatan (kombinasi urea, magnesium, molase, NPK, dan fosfat) mampu menjadi pilihan karena bahan bakunya mudah didapat dan harganya relatif murah, serta memiliki kandungan nutrisi yang mendukung pertumbuhan *Spirulina* sp. Pupuk buatan menawarkan solusi inovatif untuk memenuhi kebutuhan nutrisi *Spirulina* sp. dikarenakan kandungan yang terdapat di dalamnya. Secara umum urea mampu memberikan sumber nitrogen yang cepat tersedia, magnesium dapat mendukung proses fotosintesis, molase mampu menyediakan karbon organik sebagai sumber energi, dan fosfat memastikan keberlanjutan metabolisme energi. Secara sinergis, keempat komponen ini mampu mengatasi keterbatasan masing-masing pupuk jika digunakan bersamaan. Penelitian mengenai penggunaan pupuk buatan sudah banyak dilakukan.

Penelitian penggunaan pupuk urea, NPK, TSP pada *Spirulina* sp. menghasilkan perlakuan terbaik dengan dosis pupuk urea, pupuk NPK dan pupuk TSP sebesar (0,4 g/L urea; 0,04 g/LNPK; 0,008 g/L TSP) dengan nilai laju pertumbuhan harian sebesar 0,484 dan rata-rata puncak populasi sebesar 831 (Cahya *et al.* 2020). Penelitian Mardiah *et al.* (2019) mengenai penggunaan pupuk urea, ZA, dan TSP pada *Spirulina platensis*, menghasilkan perlakuan terbaik adalah perlakuan P5 dengan

campuran 40 mg/L urea; 10 mg/L ZA; 40 mg/L TSP. Data yang diperoleh adalah kelimpahan sel tertinggi terjadi pada hari ke 11 dengan menggunakan perlakuan C yang merupakan campuran BBM 50% dengan P5 50%. Bobot biomassa yang diperoleh adalah 1,40 g/L, serta aktivitas antioksidan dari *Spirulina platensis* yang dikultivasi pada perlakuan C digolongkan sebagai antioksidan kuat. Penelitian terkait pupuk alternatif pada mikroalga *Spirulina* sp. sejauh ini hanya membahas laju pertumbuhan dan belum banyak penelitian yang membahas terkait kandungan fikosianin dari *Spirulina* sp. yang diberikan nutrisi dari pupuk buatan, sehingga menjadikan pentingnya riset mengenai pupuk alternatif yang mampu menghasilkan fikosianin yang lebih baik. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui efek pupuk buatan terhadap pertumbuhan dan kandungan senyawa fikosianin *Spirulina* sp.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Mei-Juni 2025 di Laboratorium Teknologi Pengolahan Hasil Perairan (TPHP), Program Studi Ilmu Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 taraf perlakuan pupuk walne, pupuk buatan, pupuk campuran (walne dan buatan) dengan masing-masing 3 ulangan.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian adalah *tubular lamp* 18 watt (phillips), aerator (500-AP), wadah berukuran 15 L, spektrofotometer UV-vis RS UV 2500, *low temperature centrifuge* (centurion scientific ltd.), lemari pendingin (Sharp), tabung 1,5 mL dan 15 mL (Eppendorf), kain nilon 400 mesh. Bahan yang digunakan adalah bibit *Spirulina* sp., air laut 28 ppt, cairan klorin, Na *thiosulfat*, pupuk walne, pupuk fosfat (SP-36), pupuk NPK (Mutiar 16), molase, pupuk urea, dan pupuk *magnesium sulfate*.

Kultivasi dan Pemanenan *Spirulina* sp.

Kultivasi *Spirulina* sp. dilakukan menggunakan nutrisi pupuk walne dan pupuk buatan serta pupuk campuran (walne dan buatan), metode kultivasi mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Nuryadin *et al.* (2023) dengan beberapa modifikasi yang akan ditambahkan sesuai dengan perlakuan penelitian (Tabel 1). Nutrisi yang digunakan adalah pupuk walne dan pupuk buatan dengan kombinasi dari pupuk urea, NPK, fosfat, magnesium sulfat, dan molase. Kultivasi *Spirulina* sp. dilakukan menggunakan wadah galon dengan kapasitas 15 L yang berisi 8 L air laut 30-35 ppt dan 2 L bibit *Spirulina* sp. yang akan ditambahkan dengan nutrisi sesuai perlakuan. Kultivasi dilakukan selama 28 hari dengan disinari oleh *tubular lamp* dan aerasi selama 24 jam.

Selama masa kultivasi dilakukan pengecekan pertumbuhan *Spirulina* sp. berdasarkan warna dan mengukur *optical density* (OD) setiap hari. Pemanenan dilakukan pada hari ke-28 menggunakan filtrasi kain nilon 400 mesh.

Perlakuan:

Kontrol (K) : Pupuk walne (2 mL/L)

P1: Pupuk buatan

P2: Pupuk campuran (pupuk walne dan pupuk buatan)

Table 1. Artificial fertilizer formulation

Tabel 1. Formulasi pupuk buatan

No.	Jenis Pupuk	Jumlah (g/L)
1.	Urea	0,2
2.	SP-36	0,1
3.	Magnesium Sulfate	0,1
4.	NPK	0,1
5.	Molase	0,08

Ekstraksi Fikosianin

Ekstraksi fikosianin yang dilakukan mengacu pada penelitian Nuryadin *et al.* (2023). Ekstraksi dilakukan dengan cara mencampurkan pelarut aquades dengan biomassa basah *Spirulina* sp. dengan perbandingan 12:1 (v/v). Sampel yang telah dicampurkan maka akan divortex selama 1 menit lalu disimpan pada suhu -4°C selama 24 jam, kemudian akan dilakukan pencairan pada suhu ruang proses tersebut diulang sebanyak 2 kali. Proses selanjutnya adalah melakukan sentrifugasi pada sampel selama 30 menit dengan kecepatan 3000 rpm. Perhitungan kadar fikosianin dilakukan dengan mengukur serapan.

Optical Density

Optical density merupakan parameter utama yang dapat menjabarkan pertumbuhan *Spirulina* sp. dengan menggunakan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 670 nm setiap 7 hari selama 28 hari masa kultur. Sampel sebanyak 5 mL diambil menggunakan pipet volumetrik yang steril lalu dimasukkan ke dalam tabung dengan kapasitas 10 mL. Penggunaan panjang gelombang 670 nm digunakan untuk memperkirakan kepadatan biomassa dikarenakan panjang gelombang tersebut merupakan panjang gelombang serapan maksimal klorofil -a, sehingga mempermudah mengidentifikasi fase pertumbuhan *Spirulina* sp. (Ballardo *et al.* 2015).

Rendemen Biomassa Basah *Spirulina* sp.

Pada hari ke -28 dilakukan pemanenan sebanyak 10 L kultur *Spirulina* sp. yang difilter menggunakan kain nilon 400 mesh dan dicuci bersih dengan cairan aquades. Biomassa basah yang telah dicuci kemudian ditimbang untuk mengetahui rendemen yang diperoleh. Perhitungan rendemen biomassa basah menggunakan rumus berikut :

$$\text{Rendemen biomassa basah (\%)} = \frac{\text{Berat biomassa basah (g)}}{\text{Jumlah kultur (L)}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

Kadar Protein

Analisis kadar protein yang dilakukan pada penelitian ini mengacu pada analisis kadar protein AOAC (2005). Sampel dalam jumlah kecil ditimbang dan diletakkan pada labu Kjeldhaal. Sebanyak 1,7 g katalis N dan 4 mL H₂SO₄ pekat ditambahkan pada labu Kjeldhaal yang telah diisi sampel. Campuran yang ada didestruksi sampai berubah warna menjadi jernih, lalu campuran didinginkan dan ditambahkan dengan 50 mL aquades dan 20 mL NaOH 40% lalu didestilasi. Hasil destilasi ditampung pada sebuah erlenmeyer 125 mL yang berisi 25 mL H₃BO₃ 2% yang mengandung indikator *bromcresol green* 0,1% dan *methyl red* 0,1% perbandingan 2:1 dan hasil destilasi yang berwarna hijau kebiruan. Proses

selanjutnya adalah titrasi menggunakan larutan HCl 0,02 N sampai titik titrasi yang ditandai perubahan warna dari biru menjadi merah muda. Perhitungan kadar protein menggunakan rumus berikut :

$$\text{Kadar N (\%)} = \frac{(\text{mL HCl sampel} - \text{mL HCl blanko}) \times \text{N HCl} \times 14.007 \times 100}{\text{mg sampel}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Kadar protein (\%)} = \%N \times \text{faktor konversi (6,25)} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

Rendemen dan Konsentrasi Fikosianin

Rendemen dan konsentrasi fikosianin dapat diukur dengan menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 620 nm dan 652 nm yang selanjutnya dihitung dengan menggunakan persamaan Bennett & Bogoard (1973) sebagai berikut :

$$\text{CPC (mg/mL)} = \frac{(\text{OD } 620) - 0,474 (\text{OD } 652)}{5,34} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{Rendemen fikosianin} = \frac{\text{CPC} \times \text{V}}{\text{DB}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan: CPC: konsentrasi C-fikosianin (mg/mL); OD: *optical density*; V: volume pelarut (mL); DB: biomassa basah (g)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan *Spirulina* sp.

Hasil laju pertumbuhan *Spirulina* sp. yang diamati selama 28 hari melalui *optical density* disajikan pada Gambar 1. hingga ke-7 semua perlakuan mengalami fase adaptasi, dilanjutkan pada fase eksponensial pada hari ke-7 hingga ke-21. Penurunan terjadi pada hari ke-21 hingga ke-28 pada perlakuan penambahan pupuk buatan (P1) dan penambahan pupuk campuran (P2) sedangkan perlakuan pupuk walne (K) belum mengalami penurunan. Kondisi lingkungan dan ketersediaan nutrisi yang cukup dalam media kultivasi *Spirulina* sp. dapat memaksimalkan proses fotosintesis sehingga dapat meningkatkan jumlah sel yang dihasilkan (Widawati *et al.* 2022).

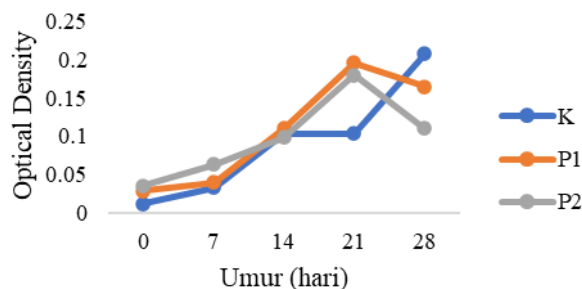


Figure 1. Grow Chart *Spirulina* sp.
Gambar 1. Grafik Pertumbuhan *Spirulina* sp.

Secara umum fase hidup *Spirulina* sp. dapat diketahui melalui pengamatan dari kerapatan sel yang ada di media kultivasi (Gambar 2). Siklus hidup *Spirulina* sp. terbagi menjadi 5 fase, yaitu meliputi fase lag (adaptasi), log (eksponensial), stasioner, deklinasi (penurunan), dan kematian. Berdasarkan pengamatan ditemukan bahwa fase lag berada pada hari ke-0 hingga hari ke-7, pada fase ini *Spirulina* sp. mulai beradaptasi dengan lingkungan. Fase selanjutnya adalah fase logaritmik atau fase eksponensial, seluruh perlakuan mengalami fase eksponensial pada hari ke-7 hingga hari ke-21. *Spirulina* sp. mulai memanfaatkan nutrisi yang ada di dalam lingkungan sebagai sumber untuk melakukan reproduksi sehingga pada fase ini terjadi peningkatan jumlah sel menjadi berkali kali lipat dari jumlah awal. Dilanjut pada fase deklinasi yaitu fase di mana pertumbuhan *Spirulina* sp. tidak sebanding dengan jumlah kematian sel *Spirulina* sp. Penurunan yang diamati pada perlakuan pemberian pupuk buatan dan campuran setelah hari ke-21 mengindikasikan bahwa *Spirulina* sp. pada perlakuan ini sudah memasuki fase deklinasi, dibanding perlakuan penambahan pupuk walne yang masih mengalami peningkatan yang mengindikasikan bahwa *Spirulina* sp. berada pada fase logaritmik.

Jumlah nutrisi yang terkandung pada media kultur *Spirulina* sp. menjadi faktor utama dalam aktivitas kultivasi *Spirulina* sp. Hal tersebut dikarenakan *Spirulina* sp. mengandalkan nutrisi pada pupuk untuk tumbuh dan berkembang. Pupuk yang mengandung fosfat dan urea dengan konsentrasi yang tepat diketahui dapat memperpanjang fase eksponensial dari *Spirulina* sp. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan Prasadi (2018), menyatakan bahwa pemberian pupuk ZA, urea dan *triple super phosphate* (TSP) mampu memperpanjang masa pertumbuhan eksponensial dan meningkatkan biomassa yang dihasilkan. *Spirulina* sp. yang dikultur menggunakan nutrisi berupa pupuk walne menghasilkan pertumbuhan yang lebih baik dibanding dengan *Spirulina* sp. yang dikultur dengan pupuk buatan dan pupuk campuran. Hal tersebut diduga diakibatkan oleh komposisi dari nutrisi itu sendiri, diketahui bahwa pupuk walne mengandung unsur hara yang lengkap untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. selain itu, penurunan pada perlakuan pemberian pupuk buatan dan pupuk campuran kemungkinan besar disebabkan oleh cepat habisnya nutrisi di media tersebut dibanding perlakuan pemberian pupuk walne.

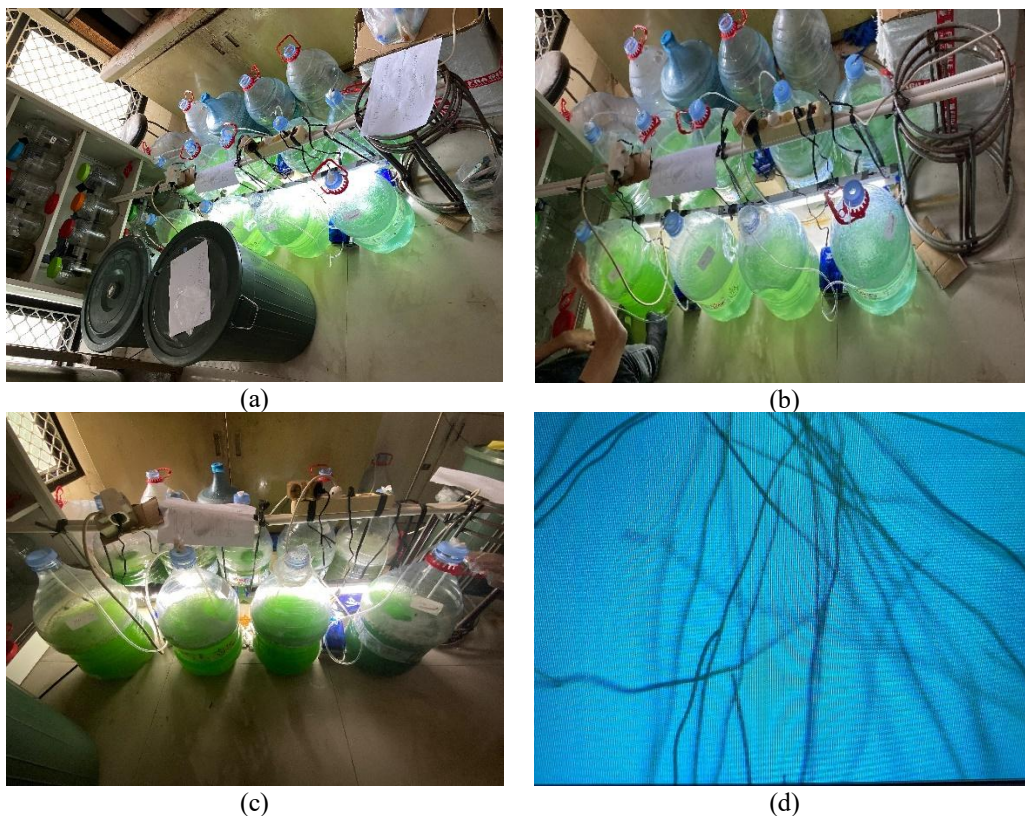


Figure 2. (a) Culture Day 1; (b) Culture Day 15; (c) Culture Day 28; (d) *Spirulina* sp. Cell
Gambar 2. (a) Kultur Hari Ke-1; (b) Kultur Hari Ke-5; (c) Kultur Hari Ke-28; (d) Sel *Spirulina* sp.

Rendemen Biomassa Basah *Spirulina* sp.

Berdasarkan data yang ditampilkan pada Gambar 3 diperoleh hasil bahwa tidak terdapat perbedaan nyata ($P>0,05$) antara tiap perlakuan perbedaan pupuk terhadap rendemen biomassa basah *Spirulina* sp., diketahui bahwa rendemen biomassa rata-rata pada tiap perlakuan berkisar 0,07 – 0,09%. Nilai tertinggi secara numerik beradapa pada perlakuan penambahan pupuk walne (K) dengan nilai sebesar 0,09%.

Rendemen biomassa basah pada *Spirulina* sp. sangat dipengaruhi oleh kandungan nutrisi media dan faktor

lingkungan. Semakin optimal kedua hal tersebut maka akan semakin besar rendemen biomassa *Spirulina* yang dihasilkan. Kandungan nutrisi pada media kultur sangat menentukan produktivitas biomassa *Spirulina* yang dihasilkan. Penyebab tidak terdapat perbedaan nyata terhadap rendemen biomassa basah *Spirulina* sp. diduga disebabkan oleh kandungan nutrisi pupuk buatan yang sudah sangat memadai dan cukup lengkap dalam menyediakan nutrisi makro esensial seperti nitrogen (urea), fosfor (SP-36 dan NPK) serta unsur mikro lainnya

(magnesium dan molase), sehingga efeknya terhadap biomassa basah *Spirulina* sp. secara keseluruhan tidak berbeda nyata.

Penggunaan pupuk urea, fosfat, magnesium, molase dan NPK memberikan pengaruh baik secara langsung atau pun tidak langsung. Pupuk urea mengandung sejumlah nitrogen yang sangat diperlukan *Spirulina* sp. dalam melakukan sintesis protein dan pembelahan sel, sehingga semakin optimal jumlah nitrit yang terkandung maka akan semakin tinggi pula jumlah biomassa yang dihasilkan (Kurniawati *et al.* 2020). Dilengkapi dengan pupuk NPK dan molase yang mampu membantu peningkatan biomassa *Spirulina* sp. dengan cara ikut membantu dalam meningkatkan proses biosintesis dan mempengaruhi metabolisme anabolik pada *Spirulina* sp.

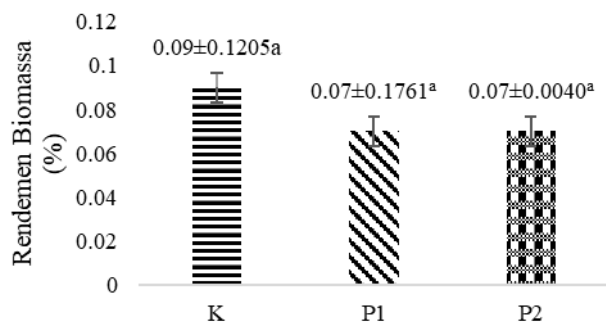


Figure 3. Yield of Wet Biomass of *Spirulina* sp.

Gambar 3. Rendemen Biomassa Basah *Spirulina* sp.

Kadar Protein

Hasil kadar protein dengan perlakuan perbedaan pupuk pada kultur *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan sampel biomassa basah *Spirulina* sp. yang diperoleh dari hasil kultur dengan media yang berbeda diperoleh hasil kadar protein dengan hasil tertinggi secara numerik walaupun tidak berbeda nyata berada pada perlakuan penambahan pupuk buatan (P1) sebesar 6,03% dan terendah berada pada perlakuan penambahan pupuk campuran (P2) sebesar 4,96%.

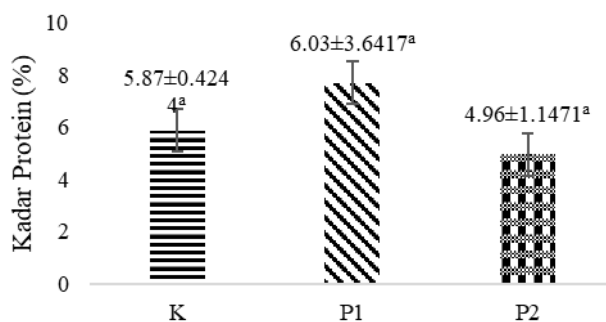


Figure 4. Protein Content of Wet Biomass Culture of *Spirulina* sp.

Gambar 4. Kadar Protein pada Biomassa Basah *Spirulina* sp.

Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan uji ANOVA diperoleh hasil bahwa tidak terdapat pengaruh nyata ($P>0,05$) pada kadar protein dengan perlakuan perbedaan pupuk pada kultur *Spirulina* sp. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan Ulya *et al.* (2018), melaporkan bahwa tidak terdapat perbedaan nyata terhadap penambahan nitrat pada kadar protein *Spirulina platensis*. Hal tersebut disebabkan karena pemanenan terjadi pada fase eksponensial sehingga menghasilkan protein dengan jumlah yang hampir sama, hal

terebut diduga karena *Spirulina* sp pada semua perlakuan masih memiliki kandungan nutrisi yang cukup sehingga belum terjadi perbedaan nyata terhadap produksi protein yang dihasilkan. Selain itu, kemungkinan besar disebabkan oleh pengaruh kombinasi pupuk buatan yang meliputi urea, fosfat, magnesium, dan molase yang memberikan sinergi baik terhadap kadar protein *Spirulina* sp.

Berbagai unsur hara yang terkandung di dalam media kultur *Spirulina* sp. mampu secara langsung dan tidak langsung mempengaruhi pembentukan protein. Kombinasi dari penggunaan pupuk urea, fosfat, magnesium dan molase menghasilkan sinergi yang sangat baik terhadap kadar protein *Spirulina* sp. Unsur seperti nitrogen, fosfat, magnesium merupakan zat hara utama dalam pembentukan protein, hal tersebut disebabkan karena unsur-unsur tersebut ikut bekerja dalam sintesis asam amino dan sintesis protein (Wibowo *et al.* 2024). Didukung dengan unsur minor lainnya yang terkandung di dalam molase seperti glukosa dan mineral-mineral lainnya mampu meningkatkan kandungan protein dan meningkatkan laju pertumbuhan pada *Spirulina* sp. Mekanisme yang terjadi akibat penambahan molase pada media kultur adalah glukosa ikut membantu dalam pelaksanaan sintesis protein dengan cara membantu dalam menyediakan energi dalam bentuk ATP dan NADPH guna sintesis protein akan tetapi jika jumlah molase yang ditambahkan terlalu banyak maka akan menyebabkan penghambatan proses biosintesis protein (Wimas, 2015).

Konsentrasi dan Rendemen Fikosianin

Hasil yang diketahui bahwa tidak terdapat perbedaan nyata ($P>0,05$) pada konsentrasi fikosianin dengan perlakuan perbedaan pupuk pada kultur *Spirulina* sp. (Gambar 5). Nilai konsentrasi fikosianin memiliki kecenderungan lebih besar secara numerik dengan hasil yang serupa terdapat pada perlakuan penambahan pupuk walne (K) dan buatan (P1) dengan nilai sebesar 2,79 mg/ml. Konsentrasi fikosianin dapat dipengaruhi oleh berbagai macam faktor, baik faktor internal ataupun eksternal. Beberapa hal seperti nutrisi dan lingkungan kultivasi menjadi salah satu faktor utama dalam penentuan konsentrasi fikosianin.

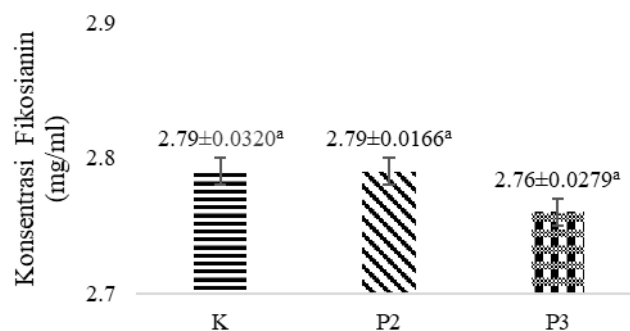


Figure 5. Phycocyanin Concentration *Spirulina* sp.

Gambar 5. Konsentrasi Fikosianin pada *Spirulina* sp.

Fikosianin merupakan salah satu pigmen utama yang ada pada *Spirulina* sp. Pigmen ini merupakan pigmen utama yang banyak ditargetkan karena memiliki berbagai khasiat serta kegunaan lain pada berbagai bidang seperti tekstil, farmasi dan kedokteran. Pigmen fikosianin merupakan pigmen yang mudah diekstraksi karena pigmen ini bersifat polar serta larut air (Wulandari *et al.* 2016). Komposisi nutrisi pada media yang

mengandung sejumlah kecil nitrogen cenderung mempengaruhi kultur *Spirulina* sp. dalam membentuk pigmen (Kurniawati *et al.* 2020). Semakin banyak jumlah protein yang terkandung pada *Spirulina* sp. maka akan semakin banyak pula kandungan fikosianin yang dapat diekstrak.

Konsentrasi fikosianin yang dihasilkan termasuk ke dalam klasifikasi kelas sedang dengan nilai sekitar 0,7-3,9 yang sangat cocok digunakan pada industri suplemen kesehatan, makanan dan bahkan kosmetik (Hudz *et al.* 2021). Hal yang paling mendasar dan utama yang mampu mempengaruhi konsentrasi fikosianin adalah kandungan nutrisi pada media kultur. Selain faktor utama yaitu nutrisi pada media kultur, faktor lain seperti metode ekstraksi dan kondisi lingkungan baik seperti suhu, cahaya dan kualitas air ikut berpengaruh terhadap konsentrasi fikosianin yang dihasilkan (Hudz *et al.* 2021). Konsentrasi fikosianin sangat dipengaruhi oleh kandungan nutrisi pada media kultur, sehingga semakin optimal nutrisi yang terkandung pada media kultur maka akan semakin murni fikosianin dan rendemen yang dihasilkan akan semakin besar. Peningkatan konsentrasi fikosianin dipengaruhi oleh kandungan nitrogen pada media, di mana penambahan nitrogen yang berasal dari urea dan pupuk NPK mampu meningkatkan kemurnian fikosianin (Arrosyd *et al.* 2024). Semakin tinggi nitrogen yang terkandung pada media maka akan menyebabkan peningkatan sintesis asam amino, yang merupakan penyusun utama protein sehingga jumlah fikosianin yang dihasilkan akan semakin banyak (Wibowo *et al.* 2024). Tidak terdapat perbedaan nyata pada konsentrasi fikosianin kemungkinan besar disebabkan oleh penambahan sumber nitrogen dari pupuk urea dan NPK pada perlakuan penambahan pupuk buatan, walaupun pupuk walne mengandung nutrisi yang lebih lengkap tetapi dengan penambahan sumber nitrogen pada perlakuan pupuk buatan menjadikan kandungan nitrogen yang terdapat pada perlakuan pupuk buatan memadai, sehingga efeknya terhadap konsentrasi fikosianin tidak berbeda nyata. Berdasarkan hasil pengujian biomassa basah *Spirulina* sp. diperoleh hasil rendemen dan konsentrasi fikosianin yang dapat dilihat pada Gambar 6.

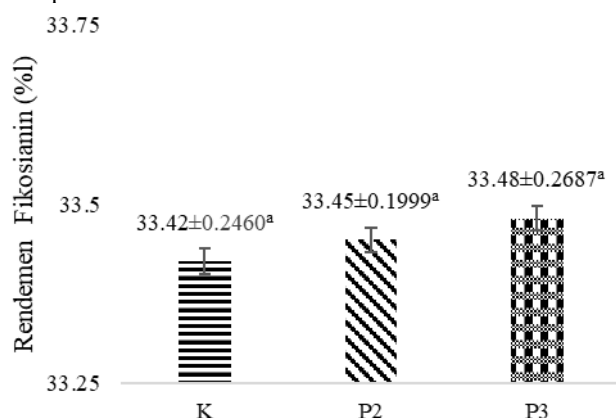


Figure 6. Yield of Phycocyanin of *Spirulina* sp.
Gambar 6. Rendemen Fikosianin *Spirulina* sp.

Berdasarkan data yang diperoleh diketahui bahwa tidak terdapat perbedaan nyata ($P > 0,05$) terhadap rendemen fikosianin *Spirulina* sp. yang diekstrak menggunakan metode *freeze and thaw* dengan pelarut aquades. Secara numerik nilai tertinggi berada pada perlakuan penambahan pupuk campuran (P2) dengan nilai sebesar 33,48%. Tidak terdapat perbedaan nyata pada rendemen fikosianin *Spirulina* sp kemungkinan besar disebabkan oleh metode dan pelarut yang digunakan

sudah sangat optimal untuk semua perlakuan, sehingga faktor pupuk tidak lagi menjadi variabel penentu. Fikosianin merupakan salah satu bahan aktif yang dapat larut dalam air dan dapat diekstraksi menggunakan metode tertentu. Salah satu metode yang dapat membantu perusakan sel adalah dengan prinsip *freeze and thaw*, pada saat *freeze* sampel biomassa basah *Spirulina* akan terjadi perusakan sel yang dilanjutkan dengan dilakukan *thawing* pada suhu ruang hingga ekstrak fikosianin terpisah dari biomassa *Spirulina* (Rahmawati *et al.* 2017). Diperoleh hasil ekstrak fikosianin berwarna biru pekat. Hasil biru pekat disebabkan karena penggunaan metode ekstraksi. Saat dilakukan *freezing* maka tidak akan banyak merusak struktur protein, sehingga warna dan kenampakan serta fikosianin yang dihasilkan sangat bagus akibat dari minimnya penggunaan suhu tinggi. Selain metode ekstraksi, pemilihan dan penggunaan bahan pelarut mampu menentukan hasil ekstraksi. Semakin sesuai bahan pelarut yang digunakan dengan karakteristik bahan yang akan diekstrak maka akan semakin banyak hasil ekstraksi yang diperoleh, dikarenakan fikosianin merupakan bahan yang larut dalam air dan bersifat polar maka penggunaan larutan aquades sebagai pelarut sangat membantu meningkatkan hasil ekstraksi yang diperoleh (Astuti *et al.* 2019).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa protein, rendemen biomassa basah *Spirulina* sp., rendemen fikosianin, dan konsentrasi fikosianin yang dihasilkan tidak berbeda nyata, dengan nilai rata-rata protein paling besar pada perlakuan penambahan pupuk buatan senilai 6,03%. Rata-rata rendemen biomassa basah terbesar berada pada perlakuan penambahan pupuk walne dengan nilai 0,09%. Rendemen fikosianin yang paling besar berada pada perlakuan penambahan pupuk campuran dengan nilai 33,48%. Konsentrasi fikosianin dengan nilai rata-rata paling besar secara numerik berada pada perlakuan kontrol dan penambahan pupuk buatan dengan nilai 2,79%. Namun, laju pertumbuhan *Spirulina* sp. mengalami penurunan nilai *optical density* pada perlakuan penambahan pupuk buatan dan penambahan pupuk campuran di hari ke-21, sedangkan perlakuan penambahan pupuk walne masih mengalami peningkatan. Dapat disimpulkan bahwa pupuk buatan memiliki efek yang serupa dengan pupuk walne dalam aspek kadar protein, rendemen biomassa dan konsentrasi fikosianin. Sedangkan pupuk walne lebih optimal dibanding pupuk buatan pada aspek laju pertumbuhan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Laboratorium Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, atas fasilitas dan dukungan yang berperan dalam kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arrosyd, M. A., Santosa, G. W., Endrawatim H. (2024). Laju pertumbuhan dan kandungan fikosianin *Spirulina* sp. pada konsentrasi urea yang berbeda. *Buletin Oseanografi Marina*, 13(1), 100-106. <https://doi.org/10.14710/buloma.v13i1.47667>

- Astuti, W. M., Dewi, E. N., Kurniasih, R. A. (2019). Pengaruh perbedaan jenis pelarut dan suhu pemanasan selama ekstraksi terhadap stabilitas mikrokapsul fikosianin dari *Spirulina platensis*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*,1(1), 7-14. <https://doi.org/10.14710/jitpi.2019.5239>
- Ayuzara, E., Mahdalianaa, Khaidirb, Fitria, A . (2022). Kultivasi mikroalga *Nannochloropsis* sp. dalam pupuk kotoran ayam untuk meningkatkan biomassa dan lipid sebagai preliminari produksi biodiesel. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*,9(2), 125-130. <https://doi.org/10.29103/aa.v9i2.8138>
- Ballardo, D. U. S., Rossi, S., Hernandes, V., Gomez, R. V., Unceta, M. C. R., Corrales, J. C., Ortiz, A. V. (2015). A simple spectrophotometric method for biomass measurement of important microalgae species in aquaculture. *Aquaculture* ,448, 87-92 <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.05.044>
- Bennett, A., & Bogorad, L. (1973). Complementary chromatic adaptation in a filamentous blue-green alga. *Journal of Cell Biology*,58, 419-435. <https://doi.org/10.1083/jcb.58.2.419>
- Cahya, N., Waspodo, S., Setyono, B. D. H. (2020). Growth analysis of *Spirulina* Sp. with different combination of fertilizer. *Jurnal Perikanan*,10(2), 123-133. <https://doi.org/10.29303/jp.v10i2.185>
- Diniarwisn, D. & Muahiddah, N. (2024). Pertumbuhan *Spirulina* pada berbagai perlakuan media kultivasi. *Jurnal Perikanan Pantura*,7(2), 541-549. <https://doi.org/10.30587/jpp.v7i2.8493>
- Hudz, I. N., Turkina, V. A., Filipiska, A. M., Kuzminov, O. B., Korytniuk, R. S., Lubenets, V. I., Wiczorek, P. P., Savickiene P. (2021). Protein C-phycoerythrin, structure, physicochemical and biological properties, methods of extraction. *Biopolymers and Cell*,37(6), 407-418. <https://doi.org/10.7124/bc.000A66>
- Ilhamdy, A. F., Jumsurizal, Darwin, Tambunan, Y. F. S. (2020). Kultivasi *Spirulina platensis* menggunakan media walne dalam skala laboratorium. *Marinade*,3(2), 114-120. <https://doi.org/10.31629/marinade.v3i02.2731>
- Kurniawati, R., Praharyawan, S., Panji, T. (2020). Optimasi nisbah natrium nitrat: urea dan konsentrasi nitrogen pada kultivasi *Spirulina Platensis* untuk produksi protein dan pigmen fikosianin. *Menara Perkebunan*,88(2)8, 130-140. <https://doi.org/10.22302/iribb.jur.mp.v88i2.395>
- Mardiah, E., Pulungan, N.F., Salim, M. 2019. Penambahan Pupuk Komersial Pada Medium Bbm untuk Pertumbuhan *Spirulina Plantensis* dan Uji Aktivitas Antioksidan. Prosiding Seminar Nasional Pakar. Universitas Andalas. Vol(2): 1-16.
- Nuryadin, D. F. E., Meata, B. A., Hasanah, A. N., Radityani, F. A., Suryono, J. P., Dharmayanti, W., Basyair, B., Udin, A. (2023). Effect of combination inorganic fertilizer with rice washing water on the nutritional content of *Spirulina* sp. *Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*,19(3), 143-151. <https://doi.org/10.14710/ijfst.19.3.143-151>
- Praharyawan, S. (2021). Peningkatan Produksi Biomassa sebagai Strategi Jitu dalam Mempercepat Produksi Biodiesel Berbasis Mikroalga di Indonesia. *Bioteknologi Biosains Indonesia*, 8(2), 294-320. ISSN 2548 – 611X
- Prasadi O. (2018). Pertumbuhan dan biomassa *Spirulina* sp. dalam media pupuk sebagai bahan pangan fungsional. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*,10(2), 119-123. <https://doi.org/10.20473/jipk.v10i2.10497>
- Rahmawati, S. I., Hidayatulloh, S., Suprayatmi, M. (2017). Ekstraksi fikosianin dari *Spirulina Platensis* sebagai biopigmen dan antioksidan. *Jurnal Pertanian*,8(1), 36-45. <https://doi.org/10.30997/jp.v8i1.639>
- Ridlo, A. S., Sri, S., Supriyanti, E. (2015). Aktivitas antioksidan fikosianin dari *Spirulina* Sp. menggunakan metode transfer elektron dengan DPPH (1,1- difenil-2- pikrilhidrazil). *Jurnal Kelautan Tropis*.18(2), 58-63. <https://doi.org/10.14710/jkt.v18i2.515>
- Ulya, S., Sedjati, S., Yudiati, E. (2018). Kandungan protein *Spirulina platensis* pada media kultur dengan konsentrasi nitrat (KNO₃) yang berbeda. *Buletin Oseanografi Marina*,7(2), 98-102. <https://doi.org/10.14710/buloma.v7i2.20109>
- Wibowo, D. S., Nurtaati, M., Alisa, Y., Abadi, I. A., Ramadhani, I. S. (2024). Perbandingan efektivitas pupuk walne dan npk dalam kultur *Spirulina* sp. untuk peningkatan biomassa pada skala laboratorium. *Jurnal Maiyah*,3(4), 227-237. <https://doi.org/10.20884/1.maiyah.2024.3.4.14051>
- Widawati, D., Santosa, G. W., Yudiati E. (2022). Pengaruh pertumbuhan *Spirulina platensis* terhadap kandungan pigmen beda salinitas. *Journal of Marine Research*,11 (1), 61-70. <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i1.30096>
- Wimas, D. L. (2013). Uji efektifitas pertumbuhan *Spirulina* Sp. pada limbah cair tahu yang diperkaya urea dan sp 36. Skripsi Universitas Jember. Jember. 35 hlm
- Wulandari, D. A., I. Setyaningsih, D., Syafrudin, P. B. S. Asih, P. (2016). Ekstraksi fikosianin dari *Spirulina platensis* dan aktivitas antimalaria secara invitro. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*,19(1), 17-25. <https://doi.org/10.17844/jphpi.2016.19.1.17>