

Pertumbuhan *Spirulina* pada Berbagai Perlakuan Media Kultivasi (Review)

Damai Diniariwisan^{1*}, Nuri Muahiddah¹

¹Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Indonesia

*Email :damaidiniari@unram.ac.id

ABSTRACT

Potential using of single cell proteins in life increasingly has great potential. *Spirulina* sp. as a microalgae which contains high levels of nutrients such as protein, fat and minerals has become superior for cultivation. Many benefits in various fields, including fisheries, health, cosmetics and industry, have resulted in a lot of research being carried out to increase cultivation production. Various research sources have been summarized to find out how various media treatments influence the growth and density of spirulina. Through various cultivation media treatments and also the addition of various fertilizers as nutrients, variations in spirulina growth density are produced. In general, *Spirulina* sp. prefers media with normal pH that tends to be alkaline, namely 7-10. As for the salinity range, they are able to grow in high salinity range of 15-30 ppt. Application of organic and inorganic fertilizers can produce higher density. On a semi-mass media scale of 100 liters, the addition of a combination of ± 100 g of inorganic fertilizer showed growth that continued to increase even until the 15th day. The use of organic fertilizer, especially from bird droppings, shows the highest density compared to chicken, cow and buffalo manure. Using organic fertilizer can be more recommended alternative, because it uses natural or organic ingredients that come from nature.

Keywords: *Cultivation, growth, spirulina*

ABSTRAK

Potensi penggunaan protein sel tunggal pada kehidupan semakin memiliki potensi yang besar. *Spirulina* sp selaku mikroalga yang mengandung nutrisi seperti protein, lemak dan mineral yang tinggi telah menjadi unggulan untuk dibudidayakan. Banyaknya manfaat pada berbagai bidang baik perikanan, kesehatan, kosmetik maupun industri, membuatnya banyak dilakukan penelitian guna meningkatkan produksi budidayanya. Berbagai sumber penelitian telah dirangkum untuk dapat diketahui bagaimana pengaruh perlakuan berbagai media terhadap pertumbuhan dan kepadatan spirulina. Melalui berbagai perlakuan media kultivasi dan juga penambahan berbagai pupuk sebagai nutrisi, dihasilkan variasi kepadatan pertumbuhan spirulina. Secara umum, *Spirulina* sp lebih menyukai media dengan pH normal hingga cenderung basa yaitu 7-10. Sedangkan untuk kisaran salinitas, mereka mampu tumbuh pada rentang salinitas tinggi 15-30 ppt. Aplikasi pupuk organik maupun anorganik mampu menghasilkan kepadatan yang lebih tinggi. Pada skala semi masal 100 liter media, penambahan kombinasi

pupuk anorganik sebanyak ± 100 g, menunjukkan pertumbuhan yang terus meningkat bahkan sampai hari ke-15. Penggunaan pupuk organik terutama dari kotoran burung menunjukkan kepadatan tertinggi dibanding pupuk kotoran ayam, sapi dan kerbau. Pemakaian pupuk organik sendiri bisa menjadi alternatif yang lebih dianjurkan, karena memanfaatkan bahan alami atau organik yang berasal dari alam.

Kata Kunci: Kultivasi, Pertumbuhan, Spirulina

PENDAHULUAN

Protein merupakan komponen penting dalam makanan, namun masalah global yang dihadapi dunia saat ini yaitu kekurangan protein. Sistem produksi yang ada pada sistem pertanian tidak dapat diandalkan untuk mencukupi kebutuhan populasi yang terus meningkat sehingga dibutuhkan sumber protein lain. Potensi terbaik yang saat ini terlihat adalah melalui protein sel tunggal (Usharani *et al.*, 2010). Protein sel tunggal didapatkan dari mikroorganisme seperti bakteri, jamur dan mikroalga. Mereka memiliki karakteristik kecepatan pertumbuhan yang cepat dan juga kandungan protein yang tinggi.

Salah satu yang dapat menjadi solusi untuk penyediaan protein sel tunggal dari mikroorganisme yaitu teknologi mikroalga. Kecepatan pertumbuhannya dapat menyediakan stok dalam waktu singkat, tanpa menggunakan lahan yang luas dan bahkan lahan non produktif. Mikroalga sendiri merupakan jenis uniseluler yang berukuran 1 μm sampai ratusan μm dan berklorofil. Habitatnya bisa di air tawar ataupun laut (Hadiyanto dan Azim, 2012). Mikroalga dengan nilai ekonomi tinggi yang telah dimanfaatkan secara komersial antara lain *Chlorella*, *Chaetoceros*, *Tetraselmis* dan *Spirulina* (Salim, 2022).

Spirulina termasuk mikroalga dari jenis Cyanophyta dengan bentuk silindris, spiral (*helix*) yang memutar ke kiri dan trikome multiseluler. Berasal dari filum Cyanobacteria, kelas Cyanophyceae, ordo Oscillatoriales, genus *Spirulina*, *Spirulina* sp. tergolong jenis autotrof dengan warna hijau kebiruan, dimana filamennya dapat hidup sendiri dan bergerak bebas (Astiani *et al.*, 2016). Rusyani *et al.* (2007) menyatakan pemanfaatannya di bidang perikanan yaitu sebagai salah satu jenis pakan alami pada budidaya khususnya pada fase larva. Selain dibidang perikanan, spirulina telah banyak dikembangkan untuk berbagai industri, seperti pengobatan dan kosmetik. Tingginya kandungan nutrisi yang ada pada spirulina (protein, vitamin, asam lemak omega-3 dan berbagai mineral) menjadikannya salah satu primadona dalam skala industri. Menurut Muahiddah & Affandi (2023), senyawa yang terdapat dalam spirulina termasuk senyawa bioaktif seperti polisakarida, lipopolisakarida, protein serta pigmen fotosintetik, dimana senyawa ini dapat meningkatkan produksi sel kekebalan tubuh untuk melawan patogen. Senyawa bioaktif yang terdapat dari bahan alami ini lebih efektif dan efisien

Besarnya manfaat dari spirulina membuatnya banyak dibudidayakan pada berbagai skala, mulai dari skala laboratorium, skala semi masal dan skala industri. Melalui berbagai media kultur dengan tambahan bermacam-macam pupuk telah dilakukan, untuk mengetahui pengaruh terbaik terhadap produksi ataupun pertumbuhan dari spirulina. Untuk itu diperlukan kajian mengenai berbagai

aplikasi media seperti perlakuan pH, salinitas, penambahan pupuk organik dan anorganik yang telah digunakan untuk produksi Spirulina, sehingga diharapkan bisa diketahui media terbaik yang efektif dan efisien.

METODE PENELITIAN

Artikel ini menerapkan metode studi literatur yang berasal dari berbagai sumber baik jurnal nasional maupun internasional. Melalui studi literatur yang meliputi proses penelusuran, pengumpulan informasi dan analisis dari berbagai sumber yang relevan dengan topik yang dituju (Muahiddah & Diniariwisan, 2024). Artikel yang disusun menyajikan data dan hasil analisis literatur dengan jelas. Studi literatur tentang kultivasi spirulina dengan berbagai perlakuan media dilakukan untuk dapat memberikan wawasan berharga bagi para peneliti dan praktisi guna pengembangan selanjutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kultivasi Spirulina dengan Perlakuan pH dan Salinitas

Pemanfaatan Spirulina sebagai pakan alami telah umum dilakukan. Kandungan nutrisi dalam Spirulina yang tinggi semakin meningkatkan potensinya untuk dikembangkan. Untuk menumbuhkan spirulina sendiri, tentunya membutuhkan berbagai nutrisi makronutrien (C, N, P, K, S, Mg, Ca dan H) dan mikronutrien (Fe, Mn, Cu, Zn, Bo dan Si). Secara umum, nitrogen dan fosfor merupakan faktor pembatas kepadatan spirulina. Diniariwisan *et al.* (2018), limbah antropogenik yang ada di lingkungan dapat mengandung nutrisi seperti nitrat dan fosfat dimana elemen tersebut dibutuhkan untuk pertumbuhan organisme akuatik sejenis fitoplankton.

Hasil penelitian Tambunan *et al.* (2022), menunjukkan spirulina yang ditumbuhkan pada media asam dengan pH 5-6, media pH netral 7-8 dan pH basa 9-10, menunjukkan pola umum pertumbuhan pada *lag phase*, *exponential phase*, *stationer phase* dan *dead phase*. Kepadatan populasi tiap perlakuan sama-sama menampilkan kenaikan kepadatan pada hari ke-1 dan ke-2 dimana fase tersebut termasuk *lag phase*. Sedangkan pada hari ke-3 perlakuan pH asam dan basa menunjukkan penurunan. Hal tersebut dimungkinkan karena adanya perubahan pH yang menyebabkan pertumbuhan spirulina terhambat karena harus menyesuaikan diri terlebih dulu dengan pH lingkungan barunya.

Pada beberapa penelitian yang telah dilakukan pH 5-10 seharusnya masih bisa dikatakan baik untuk kultivasi *Spirulina* sp. Isnansetyo dan Kurniastuty (1995) menyatakan bahwa pH yang baik guna menghasilkan kepadatan *Spirulina* sp adalah 7,2 – 9,5, namun ada spesies yang mampu bertahan pada pH 11. Kepadatan spirulina tidak terlepas dari proses pertumbuhan yang terjadi, dimana hal ini berkaitan dengan *doubling time* atau waktu yang dibutuhkan untuk menggandakan diri menjadi 2 kalinya. Hasil laju kepadatan spesifik tertinggi pada akhir pengamatan yaitu hari ke-9 yang diperoleh terjadi pada perlakuan dengan pH 9-10.

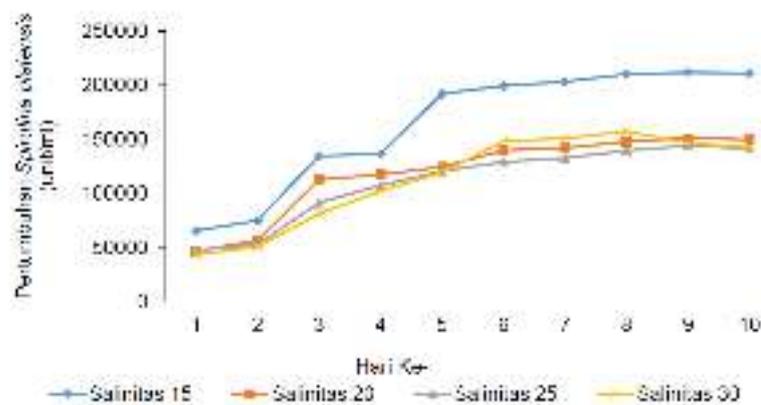
Tabel 1. Data Laju Pertumbuhan *Spirulina* sp. dengan Perlakuan Perbedaan pH

| Perlakuan pH | Kepadatan hari ke-9 (sel/ml) |
|--------------|------------------------------|
| 5-6 | 1,72 x10 ⁶ |
| 7-8 | 3,38 x 10 ⁶ |
| 9-10 | 4,48 x 10 ⁶ |

(Sumber: Tambunan *et al.*, 2022)

Semakin tinggi kepadatan maka semakin tinggi laju pertumbuhan dan semakin minim waktu untuk *doubling time*. Hal tersebut terbukti dengan perlakuan dengan penerapan pH 9-10 memiliki kepadatan tertinggi sehingga laju pertumbuhan spesifik juga tertinggi. Firdaus (2015) menyatakan kepadatan sel dipengaruhi oleh laju pertumbuhan spesifik dan juga *doubling time*. Berdasarkan hasil tersebut dengan menggunakan perlakuan pH yang berbeda, yaitu asam, netral dan basa menunjukkan bahwa kepadatan *Spirulina* sp tertinggi pada perlakuan pH cenderung basa yaitu 9-10. Hal tersebut juga dikuatkan dengan pendapat Amanatin (2013), bahwa alga jenis cyanophyta dapat tumbuh baik pada pH 7 dan lebih dapat mentoleransi kondisi basa dibanding asam karena dapat memanfaatkan CO₂ pada konsentrasi rendah.

Spirulina sp. mampu tumbuh pada rentang salinitas yang cukup tinggi. Widawati *et al.* (2022) melakukan uji coba kultivasi *Spirulina platensis* pada kisaran salinitas 15 hingga 30 ppt. Hasil pertumbuhannya disajikan pada Gambar 1, dimana pertumbuhan tertinggi didapatkan pada perlakuan 15 ppt.



Gambar 1. Grafik Pertumbuhan *Spirulina platensis*
(Sumber: Widawati *et al.*, 2022)

Perhitungan kepadatan kultivasi spirulina adalah untuk mengetahui laju pertumbuhannya. Laju pertumbuhan dapat menggambarkan kecepatan pertambahan sel mikroalga per satuan waktu yang bisa digunakan sebagai tolak ukur daya dukung media ataupun nutrisi pertumbuhan. Pesatnya laju pertumbuhan akan berdampak pada peningkatan kepadatan populasinya (Astiani *et al.*, 2016). Salinitas dapat menjadi faktor penting dalam proses pigmentasi, produksi

biomassa dan terutama sebagai penunjang pertumbuhan (Adenan *et al.*, 2013; Widawati *et al.*, 2022).

Kultivasi *Spirulina* dengan Perlakuan Pupuk Organik

Pupuk kandang termasuk dalam pupuk organik. Penggunaan pupuk kandang dalam meningkatkan kesuburan juga dapat diaplikasikan pada perairan. Dalam hal ini untuk menunjang pertumbuhan *Spirulina* sp, Astiani *et al.*, (2016) menyatakan bahwa penggunaan pupuk kandang yang berasal dari 4 jenis kotoran hewan berbeda pada media kultivasi mampu meningkatkan kepadatan populasi dan berat biomassa *Spirulina* sp. Pupuk kotoran yang digunakan berupa pupuk kotoran ayam, burung, kerbau dan sapi.

Tabel 2. Pertumbuhan *Spirulina* sp. dengan Pemberian Pupuk Kandang

| Perlakuan Jenis Pupuk | Kepadatan (sel/ml) |
|-----------------------|------------------------|
| Kotoran Ayam | 5,83 x 10 ⁶ |
| Kotoran Burung | 7,47 x 10 ⁶ |
| Kotoran Kerbau | 6,30 x 10 ⁶ |
| Kotoran Sapi | 7,35 x 10 ⁶ |

(Sumber: Astiani *et al.*, 2016)

Padat tebar awal kultivasi sebanyak 100 sel/ml, dalam sehari mampu tumbuh menjadi 2 kali lipat. Sampai pada hari kedua, masih termasuk pada fase lag dimana merupakan fase adaptasi. Fase eksponensial menunjukkan meningkatnya kepadatan populasi yang signifikan pada waktu tertentu. Pada fase ini terjadi peningkatan yang signifikan karena terjadi proses pembelahan sel. Fase ini umumnya terjadi mulai hari ke-2. Penggunaan pupuk kandang dalam kultivasi *Spirulina* sp. menunjukkan fase puncak atau stasioner pada hari ke-4 dimana hasilnya ditampilkan pada tabel 2. Peningkatan kepadatan populasi *Spirulina* sp. akan sejalan dengan peningkatan biomassa yang dihasilkan (Hariyati 2008). Tingginya kepadatan pada perlakuan pupuk kotoran burung menunjukkan bahwa nutrisi nitrat dan fosfat pada kotoran burung lebih besar dibanding yang lainnya. Hal tersebut dikarenakan nitrat dan fosfat merupakan sumber nutrisi utama pertumbuhan mikroalga (Diniariwisani & Rahmadani, 2023).

Pembuatan pupuk organik cair sebagai bahan tambahan pada media kultivasi *Spirulina* sp. juga telah banyak dilakukan. Pupuk cair dianggap lebih efektif karena bentuknya yang cair sehingga akan mudah menyebar di media. Pupuk organik cair yang bisa dipakai untuk pertumbuhan mikroalga adalah pupuk yang mempunyai warna coklat dan berbau khas hasil fermentasi (Wijihastuti *et al.*, 2020). Pupuk organik cair hasil fermentasi *Azolla pinata*, dapat meningkatkan kepadatan pertumbuhan *Spirulina* sp (Leksono *et al.*, 2017). Berbagai unsur hara yang terkandung dalam *Azolla pinnata* seperti N, P, Si, Ca, Fe, dan Mn yang berperan dalam pertumbuhan dan proses fotosintesis. Bahan organik umumnya akan mengandung nutrisi alami yang dapat dimanfaatkan oleh makhluk hidup seperti mikroalga. Nutrien perairan yang dapat mendukung pertumbuhan

fitoplankton seperti spirulina dalam bentuk nitrat dan fosfat (Diniariwisan & Rahmadani, 2024). Nutrien hara yang berasal dari bahan organik mengandung unsur mikro dan makro yang tidak berbahaya bagi lingkungan.

Kultivasi Spirulina sp dengan Perlakuan Pupuk Anorganik

Pemanfaatan spirulina sebagai pakan alami misalnya ikan hias, dapat meningkatkan nilai jual hasil budidaya ikan hias. Hal tersebut dikarenakan pakan alami berupa spirulina dapat menambah pewarnaan karena pigmen yang terkandung. Selain untuk meningkatkan pewarnaan, spirulina juga berfungsi sebagai imunostimulan bagi ikan (Muahiddah & Affandi, 2023). Tingginya manfaat spirulina membuat kegiatan kultivasi spirulina banyak dilakukan dan untuk mencapai kelimpahan tertinggi dengan kandungan nutrisi yang optimal (Herawati dan Hutabarat, 2014).

Kultivasi spirulina umum dilakukan memakai pupuk komersil seperti Urea, ZA, TSP, dll. Tujuannya yaitu untuk penambahan nutrien pada media. Nutrien yang langsung bisa ditentukan komposisinya dapat diperoleh dari pupuk anorganik. Seperti pada pupuk ZA dan Urea yang mengandung nitrogen tinggi, sedangkan TSP mengandung fosfat (Leksono *et al.*, 2017). Penambahan pupuk anorganik KCL 20 g, NPK 10 g, ZA 80 g dan Urea 1 g, pada 100 liter media budidaya *Spirulina* sp. skala semi massal dengan kepadatan inokulan 10 liter menunjukkan kelimpahan yang terus meningkat bahkan belum terlihat puncak kepadatan tertinggi hingga hari ke-15 (Buwono & Nurhasanah, 2018). Hal tersebut dapat diartikan bahwa, pupuk yang telah ditambahkan masih menyediakan nutrisi yang mendukung keberlangsungan pertumbuhan spirulina. Penambahan pupuk anorganik sendiri dapat meningkatkan kandungan nutrien dalam media. Dengan tingginya kandungan nutrien yang ada di air menunjukkan karakter kesuburan perairan (Arizuna *et al.*, 2014).

Mikroalga fotosintetik seperti spirulina umumnya memanfaatkan nitrogen dalam bentuk nitrat, nitrit dan amonium sebagai sumber nutrien untuk pertumbuhan (Sankaran dan Permalatha, 2018). Selain itu, pengaplikasian pupuk pada kultivasi spirulina banyak yang menggunakan pupuk walne, zarrouk dan guillard, karena sudah memiliki standar nutrisi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan. Nuryadin *et al.* (2023), menggunakan pupuk kombinasi pupuk anorganik yaitu urea, *plant catalyst*, *gibberilic acid* yang dicampur dengan air cucian beras. Pupuk urea berfungsi sebagai sumber nitrogen yaitu bahan pembentukan protein dan fikobiliprotein (Alfadhly *et al.*, 2022). *Gibberilic acid* dapat mempercepat masa adaptasi mikroalga terhadap lingkungan baru atau mempercepat saat *lag phase*, menstimulasi pembelahan sel untuk pertumbuhan pada *log phase* serta membantu penyerapan dan pemanfaatan nutrisi yang ada pada media. *Plant catalyst* juga juga berfungsi untuk mengoptimalkan penyerapan nutrisi hara (Guntoro *et al.*, 2017).

Hasil penelitian Nuryadin *et al.* (2023) pengaruh pemberian pupuk anorganik yang dikombinasikan dengan air cucian beras memberikan pengaruh pada kandungan fikobiliprotein pada spirulina. Perlakuan terbaik pada kombinasi 1% pupuk organik (urea, *plant catalyst* dan *gibberilic acid*) yang dikombinasikan dengan 9 ml/l air cucian beras, dibandingkan dengan perlakuan dosis dibawahnya. Fikobiliprotein adalah pigmen pelengkap pada proses fotosintesis. Fikobiliprotein yang tercatat yaitu 1,149 mg/ml dimana nilai tersebut lebih tinggi dibanding dengan aplikasi pupuk walne yaitu 1,022 mg/ml. Aplikasi pupuk anorganik sendiri dipastikan lebih mudah dilakukan dan memicu pertumbuhan yang cepat. Namun, Leksono *et al.* (2017) menyatakan jika penggunaan pupuk anorganik berlebih dapat menghasilkan limbah yang mencemari dan berbahaya bagi organisme lainnya, apalagi jika penggunaannya pada skala masal.

PENUTUP

Kesimpulan

Berbagai aplikasi seperti perlakuan pH, salinitas, penambahan pupuk organik dan anorganik pada media pada kultivasi *Spirulina* sp. memberikan hasil yang beragam. Hasil tersebut menunjukkan adanya pengaruh pertumbuhan yang cukup signifikan terutama pada pemberian pupuk baik organik maupun anorganik. Pemberian kombinasi pupuk anorganik 100 g pada 100 liter skala semi masal media memberikan hasil laju produksi biomassa yang cukup cepat dan tinggi. Namun pemanfaatan bahan-bahan organik untuk dijadikan pupuk berpotensi tinggi menjadi alternatif terbaik bahan tambahan nutrisi pada media pertumbuhan *Spirulina* sp, karena unsur hara makro dan mikro di dalamnya lebih ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adenan, N.S., Yusoff, F.M., & Shariff, M. 2013. Effect of Salinity and Temperature on the Growth of Diatoms and Green Algae. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 8(2):397-404.
- Alfadhly, N. K. Z., Alhelfi, N., Altemimi, A. B., Verma, D. K., Cacciola, F. dan Narayanankutty, A. 2022. Trends and Technological Advancements in the Possible Food Applications of *Spirulina* and Their Health Benefits: a Review. *Molecules*, 27(17): 2-40. DOI: 10.3390/molecules27175584
- Amanatin, D. R. 2013. Pengaruh Kombinasi Konsentrasi Media Ekstrak Tauge (MET) dengan Pupuk Urea Terhadap Kadar Protein *Spirulina* sp. pada Media Dasar Air Laut. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Surabaya.
- Astiani, F., Dewiyanti, I., & Mellisa, S. (2016). PENGARUH MEDIA KULTUR YANG BERBEDA TERHADAP LAJU PERTUMBUHAN DAN BIOMASSA SPIRULINA sp. EFFECT OF DIFFERENT CULTURE

- MEDIA ON GROWTH RATE AND BIOMASS OF *Spirulina* sp. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Dan Perikanan Unsyiah*, 1(November), 441–447. <https://jim.usk.ac.id/fkp/article/view/1703/pdf>
- Buwono, N. R., & Nurhasanah, R. Q. (2018). Studi Pertumbuhan Populasi *Spirulina* sp. pada Skala Kultur yang Berbeda. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 10(1), 26–33. <https://doi.org/DOI=10.20473/jipk.v10i1.8202>
- Diniariwisan, D., Herawati, E. Y., & Mahmudi, M. (2018). THE PREDICTION OF WATERS TROPHIC STATUS BASED ON THE CONTENTS OF NUTRIENT AND CHLOROPHYLL-A THROUGH THE TROPHIC INDEX AT THE ESTUARY OF KETINGAN RIVER, SIDOARJO. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 78(6), 514–518. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2018-06.60>
- Diniariwisan, D., & Rahmadani, T. B. C. (2023). LOMBOK BARAT The Abundance and Community Structure of Phytoplankton in Senggigi. 13(October 2022), 387–395. <https://doi.org/http://doi.org/10.29303/jp.v13i2.504>
- DINIARIWISAN, D., & RAHMADANI, T. B. C. (2024). Komposisi Kelimpahan Dan Struktur Komunitas Fitoplankton Di Kawasan Pantai Sekotong, Nusa Tenggara Barat. *Ganec Swara*, 18(1), 342. <https://doi.org/10.35327/gara.v18i1.766>
- Firdaus, M. dan Fauzan, A. 2015. Produksi dan Kandungan Nutrisi *Spirulina fusiformis* yang Dikultur dengan Pencahayaan Monokromatis *Light Emitting Diodes* (Leds). *Jurnal Riset Akuakultur*, 10: 211-219.
- Guntoro, W., Yessy, A. R., dan Didik, U. P. 2017. Peranan Plant Catalyst dan Pupuk Kompos Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi (*Brassica juncea*). *Agritrop*, 1(1): 59-65. DOI: 10.32528/agr.v14i1.411
- Hadiyanto dan Azim, M. 2012. Mikroalga Sumber Pangan dan Energi Masa Depan. UPT UNDIP Press, Semarang.
- Hariyati, R. 2008. Pertumbuhan dan Biomassa *Spirulina* sp. dalam Skala Laboratorium. *Jurnal Biologi*, 10(1): 19-22.
- Herawati, V. E., dan Hutabarat, J. 2014. Pengaruh Pertumbuhan, Lemak dan Profil Asam Amino Essensial *Skeletonema cotatum* Dalam Kultur Massal Menggunakan Media Kultur Teknis yang Berbeda. *Jurnal Aquasains*, 2(3): 221-226.
- Isnansetyo, A. Dan Kurniastuty. 1995. Teknik Kultur Phytoplankton dan Zooplankton Pakan Alami untuk Pembenihan Organisme Laut. Kanisius. Yogyakarta.
- Leksono, A. W., Mutiara, D. dan Yusanti, I. A. 2017. Penggunaan Pupuk Organik Cair Hasil Fermentasi Dari *Azolla pinnata* Terhadap Kepadatan Sel *Spirulina* sp. *Jurnal Ilmu-ilmu Perikanan dan Budidaya Perairan*, 12 (1): 56-65.
- Muahiddah, N., & Affandi, R. I. (2023). Potensi Ekstrak *Spirulina* sp. Sebagai Immunostimulan Pada Bidang Akuakultur. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 9(4), 754–763. <https://doi.org/10.29303/jstl.v9i4.525>
- Muahiddah, N., & Diniariwisan, D. (2024). The Potential of Black Cumin (*Nigella sativa*) as an Immunostimulant in Aquaculture (Review). *Jurnal Biologi*

- Tropis*, 24(2), 301–308. <https://doi.org/10.29303/jbt.v24i2.6762>
- Nuryadin, D. F. E., Arisandi, D., Putri, A. M., Pratama, G., Meata, B. ayi, Haryati, S., Munandar, A., Surilayani, D., & Udin, A. (2023). Pengaruh Kombinasi Pupuk Anorganik dan Air Cucian Beras Terhadap Fikobiliprotein pada *Spirulina* sp. *Jurnal Fish Ptotech*, 6(2), 166–174.
- Rusyani, E., Sapta, A. I. M. dan Lydia, E. 2007. Budidaya Fitoplankton Skala Laboratorium dalam Budidaya Fitoplankton dan Zooplankton. Balai Budidaya Laut Lampung, Departemen Kelautan dan Perikanan. Lampung. 48-59.
- Salim, M. A. 2022. Mikroalga dalam Riset Biologi. Yayasan Lembaga Pendidikan dan Pelatihan Multiliterasi. Bandung. 100 hlm.
- Sankaran K dan Permalatha M. 2018. Nutrients uptake from anaerobically digested distillery wastewater by *Spirulina* sp. under xenon lamp illumination. *Journal of Water Process Engineering*. 25: 295-300. DOI: 10.1016/j.jwpe.2018.08.014
- Tambunan, A. L., Yuniar, I., & Trisyani, N. (2022). KULTUR PERTUMBUHAN MIKROALGA *Spirulina* sp. PADA MEDIA ASAM, NETRAL DAN ALKALINE SKALA LABORATORIUM. *Fisheries : Jurnal Perikanan Dan Ilmu Kelautan*, 4(1), 28–37. <https://doi.org/10.30649/fisheries.v4i1.62>
- Usharani, G., Saranraj, P., & Kanchana, D. (2010). *Spirulina* Cultivation: A Review Related papers. *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives*, 3(6), 1327–1341. www.ijpba.info
- 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>
- Wijihastuti, R. S., Lutfiah, A., & Noriko, N. (2020). Pengaruh Pertumbuhan *Spirulina* sp. terhadap Penggunaan Pupuk Organik Cair sebagai Media Tumbuh. *JURNAL Al-AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI*, 5(4), 202. <https://doi.org/10.36722/sst.v5i4.445>