

Influence of Light Wavelength on the Growth Performance and Protein Content of *Arthrospira platensis*

Gabriela Sabatin Siama¹, Marvel Reuben Suwitono^{2*}, Doli Situmeang³

¹Program Studi Biologi, Universitas Advent Indonesia, Bandung, Indonesia;

²Program Studi Farmasi, Universitas Advent Indonesia, Bandung, Indonesia;

Article History

Received : April 23th, 2026

Revised : April 27th, 2026

Accepted : April 28th, 2026

*Corresponding Author:

Marvel Reuben Suwitono,
Program Studi Farmasi,
Universitas Advent Indonesia
Bandung, Indonesia;
Email: rsuwitono@unai.edu

Abstract: Microalgae play an important role in aquatic ecosystems as primary producers and have significant potential as a sustainable source of protein. One of the microalgae with high economic value is *Arthrospira platensis*, which is rich in bioactive compounds and protein content. Light is a key factor influencing microalgae growth, particularly its wavelength and spectrum, which can affect biomass production and biochemical composition. This study aimed to analyze the effect of different LED light wavelengths (red, blue, and a combination of red–blue) on the growth performance and protein content of *Arthrospira platensis*. The experiment was conducted in January 2026 using a completely randomized design with three treatments and three replications. The microalgae were cultivated in Walne medium under controlled conditions with continuous aeration for 14 days. Growth was monitored daily, and protein content was analyzed using a UV-Vis spectrophotometer at wavelengths of 280 nm and 260 nm. The results indicated that different light wavelengths significantly influenced the growth and protein content of *Arthrospira platensis*. The combination of red–blue light showed better performance compared to single wavelengths in enhancing biomass production and protein content. In conclusion, the use of combined LED light spectra can optimize the cultivation of *Arthrospira platensis* and improve its potential as an alternative protein source

Keywords: *Arthrospira platensis*, growth performance, light spectrum, protein content.

Pendahuluan

Mikroalga merupakan komponen penting dalam ekosistem perairan yang berperan sebagai produsen primer dalam rantai makanan (Thoré *et al.*, 2023). Organisme ini mampu menghasilkan nutrisi yang dibutuhkan oleh berbagai organisme akuatik sehingga banyak dimanfaatkan sebagai pakan alami, khususnya dalam budidaya ikan dan udang. Selain itu, mikroalga juga diketahui memiliki potensi dalam meningkatkan biomassa serta memperbaiki kualitas jaringan pada organisme budidaya (Trevi *et al.*, 2023).

Salah satu jenis mikroalga yang memiliki nilai ekonomi tinggi adalah *Arthrospira platensis* atau yang lebih dikenal sebagai *Spirulina platensis* (Lestari *et al.*, 2025).

Mikroalga ini termasuk dalam kelompok *Cyanophyta* yang kaya akan senyawa bioaktif seperti fikosianin, karotenoid, polisakarida, serta memiliki kandungan protein yang tinggi (Spínola dkk., 2024). Kandungan tersebut menjadikan *Arthrospira platensis* berpotensi sebagai sumber protein alternatif yang berkelanjutan.

Proses pertumbuhannya, cahaya merupakan faktor utama yang mempengaruhi aktivitas fotosintesis mikroalga. Kualitas cahaya, khususnya panjang gelombang dan spektrum warna, sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan, produksi biomassa, serta sintesis senyawa biokimia seperti protein (Zhu dkk., 2023). Penggunaan cahaya buatan, seperti lampu LED dengan berbagai spektrum warna, menjadi salah satu metode yang dapat

dikontrol untuk mengoptimalkan pertumbuhan mikroalga.

Namun demikian, hasil penelitian sebelumnya terkait pengaruh variasi warna cahaya terhadap pertumbuhan dan kandungan biokimia *Arthrospira platensis* masih menunjukkan hasil yang belum konsisten (Zittelli *et al.*, 2022). Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh kombinasi spektrum cahaya terhadap pertumbuhan dan kandungan protein mikroalga ini.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kombinasi warna cahaya LED (merah, biru, dan kombinasi merah–biru) terhadap pertumbuhan dan kandungan protein *Arthrospira platensis*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan teknik kultivasi mikroalga yang lebih efisien serta mendukung pemanfaatannya sebagai sumber protein alternatif yang berkelanjutan

Bahan dan Metode

Bahan dan Alat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2026 di Laboratorium Biologi-Farnakognosi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah inokulan *Arthrospira Platensis*, Pupuk Walne yang mengandung Natrium Klorida (NaCl), Natrium Bikarbonat (NaHCO_3), Sea Sand (Ilhamdy dkk., 2020).

Peralatan yang digunakan adalah Botol kultur bervolume 15 Liter dengan jumlah 3 Botol, Gelas beaker (Pyrex), Gelas ukur (Pyrex), Erlenmeyer (Pyrex), Kaca arloji, Pipet tetes, Kertas Saring, Timbangan analitik digital, pH meter (Mettler Toledo), Lampu sorot 50 W berjumlah 3 buah, Mikroskop cahaya, Spektrofotometer UV-Vis (Rigol Ultra 3660), Cuvet, Centrifuge, Oven (Memmert), Lux meter, serta aerator dan selang aerasi.

Metode penelitian

Persiapan pupuk

Pupuk dibuat menggunakan Media Walne dengan dosis 1 mL/L yang dilarutkan dalam akuades. Kemudian ditambahkan NaCl sebanyak 10 g/L untuk menjaga keseimbangan osmotik dan NaHCO_3 sebanyak 15 g/L sebagai sumber karbon (Hasim dkk., 2022). Media yang sudah tercampur

dimasukkan ke dalam botol kultur sebanyak 10 L dan dihomogenkan. Selama proses kultur, suhu dijaga sekitar 24°C dan wadah kultur diletakkan pada ruang tertutup (Nghinaunye *et al.*, 2024). Kultivasinya dalam pencahayaan diberikan berupa tiga jenis spektrum cahaya, yaitu cahaya merah, biru, dan kombinasi merah–biru, masing-masing dengan tiga kali pengulangan. Penelitian dilakukan dalam kondisi terkontrol menggunakan sistem kultur statis dengan aerasi kontinu.

Persiapan Inokulan

Inokulan *Arthrospira platensis* yang digunakan berasal dari kultur yang masih aktif. Inokulan dimasukkan ke dalam media yang sudah disiapkan, kemudian diberi aerasi agar tercampur merata. Tahap ini dilakukan supaya mikroalga dapat beradaptasi dengan media sebelum diberi perlakuan cahaya (Leca *et al.*, 2025).

Kultivasi dan Pemanenan

Kultivasi dilakukan selama 14 hari dengan disinari oleh lampu sorot dan cahaya matahari serta aerasi selama 24 jam. Selama masa kultivasi dilakukan pengecekan pertumbuhan *A. Platensis* berdasarkan intensitas cahaya menggunakan lux meter (Amrulloh & Dewi, 2026). Pada pukul 08.00 AM dan 17.00 PM. Data kepadatan sel serta parameter kualitas air yang meliputi pH, salinitas, dan suhu diamati setiap hari pada pukul 08.00.

Prosedur Pengujian Kadar Protein *Spirulina*

Pembuatan Larutan NaCl Fisiologis

- Larutan ini digunakan sebagai pelarut protein agar tetap stabil dan sebagai larutan blanko (Iswati dkk., 2021).
- Timbang 1,8 gram NaCl (garam murni) menggunakan timbangan analitik
- Masukkan ke dalam gelas ukur atau labu takar, tambahkan akuades hingga volume mencapai 200 ml
- Aduk hingga benar benar larut dan homogen

Preparasi Sampel *Spirulina*

- Penyaringan : Saring kultur menggunakan saringan mesh 400
- Pencucian : Bilas biomassa yang tertahan dengan sedikit akuades untuk menghilangkan sisa garam media
- Pengeringan : Keringkan biomassa dalam oven pada suhu 60°C hingga beratnya konstan (kering rapuh) (Costa dkk., 2015).
- Penimbangan: biomassa yang sudah kering

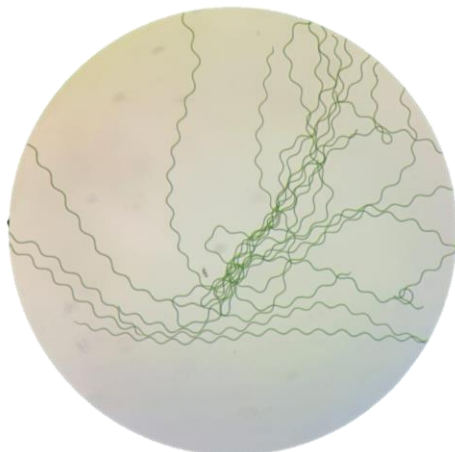
dan menjadi bubuk *Spirulina* di timbang 0,1 gram untuk menjadi sampel uji (De Rijdt dkk., 2025).

Ekstraksi Protein (Lisis Sel)

- Lisis Mekanik : masukkan 0,1gram sampel ke dalam mortar porselen, tambahkan *Sea Sand* (pasir laut) dengan perbandingan 1:1 (Sampaio dkk., 2024).
- Penggerusan Gerus dengan kuat menggunakan alu (*pestle*) selama 5–10 menit hingga dinding sel hancur dan warna menjadi hijau/biru pekat merata.
- Pelarutan: Tambahkan 10 mL NaCl Fisiologis 0,9% secara bertahap ke dalam mortar sambil terus diaduk hingga menjadi suspensi homogen.
- Pemindahan: Pindahkan seluruh suspensi ke dalam *beaker glass* kecil. Gunakan sisa cairan NaCl untuk membilas sisa sampel yang menempel di mortar.

Stabilisasi dan Pemurnian

- Stabilisasi: Tutup beaker dengan aluminium foil, simpan di dalam kulkas (suhu 4°) selama 15–30 menit agar protein terlarut maksimal (Li *et al.*, 2024).
- Sentrifugasi: Pindahkan suspensi ke tabung sentrifuge. Putar pada kecepatan 10.000 rpm selama 15 menit.
- Pengambilan Cairan: Ambil bagian jernih (supernatan) menggunakan mikropipet. Pastikan cairan benar-benar bening dan tidak tercampur endapan pasir atau sel



Gambar 1. *Spirulina*

Pengukuran Spektrofotometer

- Persiapan: Gunakan Kuvet Kuarsa (*Quartz*). Atur alat pada panjang gelombang 280 nm dan 260 nm.
- Blanko: Isi kuvet dengan NaCl Fisiologis 0,9% murni, masukkan ke alat, lalu tekan tombol Zero/Blank.
- Pembacaan: Masukkan supernatan *Spirulina* ke kuvet, lalu catat nilai absorbansinya:
 - o A280 (Serapan Protein)
 - o A260 (Serapan Asam Nukleat)

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Cahaya LED

Pengaruh cahaya terhadap *Spirulina* (khususnya *Arthrospira platensis*) sangat krusial karena mikroorganismenya ini adalah organisme *fotoτροφ* yang mengubah energi cahaya menjadi energi kimia (Sathinathan *et al.*, 2025). Perbedaan spektrum (warna) cahaya yang diamati (biru, merah, dan merah biru / MB) memberikan dampak spesifik pada sintesis protein dan struktur selnya.

Pengaruh Cahaya Biru (400–500 nm)

Cahaya biru memiliki energi foton yang tinggi. Cahaya biru menstimulasi ekspresi gen yang bertanggung jawab atas sintesis protein dan enzim metabolik *Spirulina*, cahaya biru sering kali meningkatkan kadar protein total dibandingkan cahaya merah (Jung dkk., 2022). Cahaya biru cenderung menghasilkan sel yang lebih padat namun terkadang lebih pendek. Cahaya ini juga memicu produksi pigmen pelindung (*karotenoid*) untuk mencegah kerusakan oksidatif akibat energi yang tinggi.

Pengaruh Cahaya Merah (600–700 nm)

Cahaya merah sangat efisien diserap oleh klorofil-a. Namun, jika beratnya rendah, kemungkinan terjadi fenomena "kejenuhan cahaya" atau kurangnya energi untuk memicu jalur biosintesis protein yang lebih kompleks (Xu & Harvey, 2019). Cahaya merah memacu perpanjangan filamen (*trikoma*) *Spirulina*. Sel mungkin terlihat lebih panjang tetapi "ringan" (massa jenis rendah) karena akumulasi karbohidrat lebih dominan daripada protein.

Pengaruh Cahaya Kombinasi (Merah-Biru)

Secara teoretis, MB memberikan hasil terbaik karena meniru spektrum matahari (merah

untuk fotosintesis, biru untuk regulasi protein) (Li et al., 2020). Kombinasi ini biasanya menghasilkan keseimbangan antara laju pembelahan sel dan akumulasi biomassa.

Analisis Hubungan Pigmen dan Protein

Spirulina unik karena memiliki *Fikosianin* (pigmen biru), yang merupakan protein pemanen cahaya sekaligus cadangan nitrogen bagi sel (Bryant & Gisriel, 2024). Dalam bioteknologi mikroalga, cahaya biru dikenal sebagai "*stressor positif*". Energi yang dibawa spektrum biru memicu sel untuk bekerja lebih keras dalam memproduksi protein fungsional dan memperbaiki struktur sel, yang pada akhirnya menambah bobot kering (*dry weight*) yang signifikan dibandingkan hanya menggunakan cahaya merah (Georgieva et al., 2024).

Tabel 1. Hubungan Pigmen dan Protein

Komponen	Pengaruh Cahaya Biru	Pengaruh Cahaya Merah
Fikosianin	Meningkat (sebagai respon adaptasi)	Cenderung stabil/rendah
Kadar Protein	Sangat Tinggi	Sedang - Rendah
Laju Pembelahan	Cepat	Lambat
Morfologi	Filamen spiral rapat	Filamen cenderung meregang

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan tabel 2, rata-rata cahaya biru menghasilkan absorbansi (protein) tertinggi. Sedangkan cahaya merah saja menghasilkan nilai paling rendah. Standar deviasi Cahaya merah paling stabil dibanding dengan cahaya biru yang tidak konsisten.

Tabel 2. Perhitungan Deskriptif

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
Absorbansi Cahaya	Merah	3	2.2067	.01155	.00667	2.1780	2.2354	2.20	2.22
	Biru	3	1.4333	.43879	.25333	.3433	2.5233	1.18	1.94
	Merah-Biru	3	2.5633	.28361	.16374	1.8588	3.2679	2.38	2.89
Berat Kering	Total	9	2.0678	.56440	.18813	1.6339	2.5016	1.18	2.89
	Merah	3	.1423	.01436	.00829	.1067	.1780	.13	.15
	Biru	3	.5190	.06869	.03966	.3484	.6896	.44	.57
	Merah-Biru	3	.2227	.03406	.01967	.1380	.3073	.20	.26
	Total	9	.2947	.17618	.05873	.1592	.4301	.13	.57

Analisis Varians (ANOVA: Single Factor)

Menguji hipotesis:

- **H0:** Tidak ada perbedaan signifikan antara pengaruh cahaya B, M, dan MB.

- **H1:** Setidaknya ada satu jenis cahaya yang memberikan hasil berbeda secara signifikan.

Tabel 3. ANOVA: Single Factor

		ANOVA				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Absorbansi Cahaya	Between Groups	2.002	2	1.001	10.997	.010
	Within Groups	.546	6	.091		
	Total	2.548	8			
Berat Kering	Between Groups	.236	2	0.118	58.205	0.000
	Within Groups	.012	6	0.002		
	Total	.248	8			

Nilai *P value* (0.0001) < 0.05, maka H0 ditolak dan H1 diterima, sehingga ada perbedaan

yang signifikan antara ketiga perlakuan cahaya (B, M, MB). Biru berbeda signifikan dengan

Merah dan MB. Merah dan MB tidak berbeda signifikan.

Tabel 4. Absorbansi cahaya

Sinar LED	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Biru	3	1.4333	
Merah	3		2.2067
Merah-Biru	3		2.5633
Sig.		1.000	.198

Data absorbansi cahaya yang diperoleh menunjukkan adanya perbedaan nilai rata-rata antar perlakuan sinar LED yang digunakan, yaitu sinar biru, merah, dan kombinasi merah-biru. Berdasarkan hasil uji lanjut (post hoc) dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$, perlakuan sinar biru memiliki nilai rata-rata absorbansi sebesar 1,4333 dan tergolong dalam subset tersendiri (subset 1). Sementara itu, perlakuan sinar merah (2,2067) dan kombinasi merah-biru (2,5633) tergolong dalam subset yang sama.

Pengelompokan ini menunjukkan bahwa perlakuan sinar biru berbeda secara signifikan dibandingkan dengan perlakuan sinar merah maupun kombinasi merah-biru. Hal ini ditunjukkan oleh pemisahan sinar biru ke dalam subset yang berbeda. Sebaliknya, tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara perlakuan sinar merah dan kombinasi merah-biru, karena keduanya berada dalam subset yang sama. Nilai signifikansi pada masing-masing subset juga mendukung hasil tersebut. Pada subset 1, nilai signifikansi sebesar 1,000 menunjukkan homogenitas yang sangat tinggi, sedangkan pada subset 2 nilai signifikansi sebesar 0,198 (lebih besar dari 0,05) menandakan bahwa perbedaan antara sinar merah dan kombinasi merah-biru tidak signifikan secara statistik.

Tabel 5. Berat Kering

Sinar LED	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Merah	3	0.1423	
Merah-Biru	3	0.2227	
Biru	3		0.5190
Sig.		0.072	1.000

Berdasarkan data pada Tabel 5 mengenai berat kering, terlihat adanya variasi nilai rata-rata pada masing-masing perlakuan sinar LED, yaitu sinar merah, kombinasi merah-biru, dan sinar biru. Hasil uji lanjut (post hoc) pada taraf

signifikansi $\alpha = 0,05$ menunjukkan adanya pengelompokan perlakuan ke dalam dua subset. Perlakuan sinar merah (0,1423) dan kombinasi merah-biru (0,2227) tergolong dalam subset 1, sedangkan perlakuan sinar biru (0,5190) berada pada subset 2. Pengelompokan ini mengindikasikan bahwa sinar biru berbeda secara nyata dibandingkan dengan sinar merah dan kombinasi merah-biru, karena berada pada subset yang berbeda.

Sebaliknya, sinar merah dan kombinasi merah-biru tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, karena masih berada dalam subset yang sama. Nilai signifikansi pada subset 1 sebesar 0,072 yang lebih besar dari 0,05 menunjukkan bahwa perbedaan antara perlakuan sinar merah dan kombinasi merah-biru tidak signifikan secara statistik, meskipun terdapat kecenderungan peningkatan nilai pada kombinasi merah-biru. Sementara itu, nilai signifikansi pada subset 2 sebesar 1,000 menunjukkan homogenitas yang tinggi pada kelompok tersebut.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan sinar LED memberikan pengaruh terhadap berat kering. Perlakuan sinar biru menghasilkan berat kering tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya, sehingga dapat diindikasikan bahwa sinar biru lebih efektif dalam meningkatkan akumulasi biomassa kering pada kondisi penelitian ini. Adapun kombinasi merah-biru menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan sinar merah, namun peningkatan tersebut belum signifikan secara statistik.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa variasi spektrum cahaya LED memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan biomassa *Arthrospira platensis*. Hal ini ditunjukkan oleh hasil analisis varians (ANOVA) dengan nilai signifikansi ($p < 0,05$), yang mengindikasikan adanya perbedaan nyata antar perlakuan. Secara keseluruhan, cahaya biru merupakan perlakuan yang paling optimal dalam meningkatkan berat kering *Arthrospira platensis*, sehingga berpotensi digunakan dalam pengembangan teknik kultivasi mikroalga yang lebih efisien, khususnya dalam produksi biomassa dan sumber protein alternatif.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah mendukung pelaksanaan penelitian ini, khususnya kepada pembimbing dan laboratorium atas bantuan serta fasilitas yang diberikan.

Referensi

- Amrulloh, M., & Dewi, R. (2026). Respon Pertumbuhan dan Pigmen Fotosintetik Klorofil-a *Spirulina platensis* pada Intensitas Cahaya Berbeda. *Buletin Oseanografi Marina*, 15(1), 168–180. <https://doi.org/10.14710/buloma.v15i1.73449>
- Bryant, D. A., & Gisriel, C. J. (2024). The structural basis for light harvesting in organisms producing phycobiliproteins. *The Plant Cell*, 36(10), 4036–4064. <https://doi.org/10.1093/plcell/koae126>
- Chini Zittelli, G., Mugnai, G., Milia, M., Cicchi, B., Silva Benavides, A. M., Angioni, A., Addis, P., & Torzillo, G. (2022). Effects of blue, orange and white lights on growth, chlorophyll fluorescence, and phycocyanin production of *Arthrospira platensis* cultures. *Algal Research*, 61, 102583. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102583>
- Costa, B. R., Rocha, S. F., Rodrigues, M. C. K., Pohndorf, R. S., Larrosa, A. P. Q., & Pinto, L. A. A. (2015). Physicochemical characteristics of the *Spirulina* sp. Dried in heat pump and conventional tray dryers. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(12), 2614–2620. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12930>
- De Rijdt, M., Verhaegen, J., Dohogne, D., Brostaux, Y., Haubruge, E., & Goffin, D. (2025). Impact of spirulina biomass physical form on texture, cooking properties, and sensory profile of enriched pasta and meat analogues. *Applied Food Research*, 5(2), 101328. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.101328>
- Georgieva, Z., Karcheva, Z., Toshkova-Yotova, T., Georgieva, A., Toshkova, R., Petrova, D., Zhiponova, M., & Chaneva, G. (2024). Blue Light Enhances the Antioxidant, Antimicrobial, and Antitumor Potential of the Green Microalgae *Coelastrella* sp. BGV. *Plants*, 13(23), 3295. <https://doi.org/10.3390/plants13233295>
- Hasim, H., Akram, M., & Koniyo, Y. (2022). Kinerja Kepadatan *Spirulina* Sp. Yang diberi Salinitas Berbeda pada Media Kultur Walne. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 6(2), 141–152. <https://doi.org/10.46252/jsai-fpik-unipa.2022.Vol.6.No.2.234>
- Ilhamdy, A. F., Jumsurizal, & Darwin. (2020). Kultivasi *Spirulina* Plantesis menggunakan media Walne dalam Skala Laboratorium. *Marinade*, 3(02), 114–120. <https://doi.org/10.31629/marinade.v3i02.2731>
- Iswati, I., Natsir, M. H., Ciptadi, G., & Susilawati, T. (2021). Pengaruh NaCl Fisiologis dan Ringer Laktat terhadap Kualitas Spermatozoa pada Suhu Ruang dan Fertilitas Telur Ayam Buras. *Jurnal Peternakan Indonesia (Indonesian Journal of Animal Science)*, 23(1), 33–42. <https://doi.org/10.25077/jpi.23.1.33-42.2021>
- Jung, C. H. G., Waldeck, P., Sykora, S., Braune, S., Petrick, I., Küpper, J.-H., & Jung, F. (2022). Influence of Different Light-Emitting Diode Colors on Growth and Phycobiliprotein Generation of *Arthrospira platensis*. *Life*, 12(6), 895. <https://doi.org/10.3390/life12060895>
- Leca, M.-A., Regnault, L., Sambusiti, C., Monlau, F., Le Guer, Y., & Beigbeder, J.-B. (2025). Pilot-scale cultivation of *Arthrospira platensis* using pretreated anaerobic digestate and geothermal water: A comparative study. *Journal of Environmental Management*, 393, 126984. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.126984>
- Lestari, M. D., Sajidan, & Pangastuti, A. (2025). Laju Pertumbuhan, Biomassa, dan Produksi Fikosianin *Arthrospira platensis* Perairan Pulau Jawa Pada Variasi Salinitas. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 13(4), 2848–2857. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i4.18387>
- Li, B., Shi, X., Yang, S., Yang, L., Wang, X., Fan, C., Xie, Q., Jiang, Y., & Jiang, S.

- (2024). Impact of storage temperature on physical stability and protein-lipid Co-oxidation in whey protein functional emulsions. *Food Bioscience*, 62, 105433. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.105433>
- Li, K., Ye, Q., Li, Q., Xia, R., Guo, W., & Cheng, J. (2020). Effects of the spatial and spectral distribution of red and blue light on *Haematococcus pluvialis* growth. *Algal Research*, 51, 102045. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2020.102045>
- Nghinaunye, T., Waldeck, P., Jung, C. G. H., Küpper, J.-H., Jung, F., & Braune, S. (2024). Response of *Arthrospira platensis* to different temperatures regarding growth and biochemical composition. *Clinical Hemorheology and Microcirculation*, 86(1–2), 205–211. <https://doi.org/10.3233/CH-238104>
- Sampaio, I. C. F., Maestrello, C. C., de Moura, I. V. L., Estevam, R., de Morais, E. G., Ferrer, I., de Oliveira, J. P., & Cassini, S. T. A. (2024). Microalgae cell wall hydrolysis using snailase and mechanical sand milling. *Algal Research*, 78, 103425. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2024.103425>
- Sathinathan, P., Parab, H. M., Yusoff, R., & Ngoh, G. C. (2025). Optimizing microalgae growth under different illumination spectra preceding tubular photobioreactor fabrication. *Biomass and Bioenergy*, 201, 108088. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2025.108088>
- Spínola, M. P., Mendes, A. R., & Prates, J. A. M. (2024). Chemical Composition, Bioactivities, and Applications of *Spirulina* (*Limnospira platensis*) in Food, Feed, and Medicine. *Foods*, 13(22), 3656. <https://doi.org/10.3390/foods13223656>
- Thoré, E. S. J., Muylaert, K., Bertram, M. G., & Brodin, T. (2023). Microalgae. *Current Biology*, 33(3), R91–R95. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2022.12.032>
- Trevi, S., Uren Webster, T., Consuegra, S., & Garcia de Leaniz, C. (2023). Benefits of the microalgae *Spirulina* and *Schizochytrium* in fish nutrition: A meta-analysis. *Scientific Reports*, 13(1), 2208. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29183-x>
- Xu, Y., & Harvey, P. J. (2019). Carotenoid Production by *Dunaliella salina* under Red Light. *Antioxidants*, 8(5), 123. <https://doi.org/10.3390/antiox8050123>
- Zhu, L., Kong, Y., Chang, X., Feng, J., Wang, X., Hou, L., Zhao, X., Pei, C., & Kong, X. (2023). Effects of two fish-derived probiotics on growth performance, innate immune response, intestinal health, and disease resistance of *Procambarus clarkii*. *Aquaculture*, 562, 738765. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738765>