



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 5 Nomor 4 Tahun 2025 Page 11424-11434

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

## Pemberian Pupuk Organik Cair (POC) Ekoenzim Terhadap Kepadatan *Chlorella* sp. Pada Skala Laboratorium

Finansius Ferdi Warayaan<sup>1</sup>, Saraswati Rahayaan<sup>2</sup>, Rumiati Wusuk<sup>3</sup>, Irwan Ismail<sup>4</sup>✉

Mahasiswa program Studi Manajemen Rekayasa Budidaya Laut,

Politeknik Perikanan Negeri Tual

Email: [irwan@polikant.ac.id](mailto:irwan@polikant.ac.id)<sup>1</sup>✉

### Abstrak

Mikroalga *Chlorella* sp. Meskipun berpotensi sebagai pakan alami untuk akuakultur, namun media kultur sintesis seperti KW 21 memiliki harganya relatif mahal dan tidak ramah terhadap lingkungan. Penelitian ini menganalisis efektivitas pupuk organik cair (POC) dari ekoenzim berbasis limbah buah dan sayuran sebagai media kultur alternatif. Rancangan ACAK Lengkap (RAL) menggunakan empat perlakuan: Kontrol (KW 21 1 mL/L), POC 5, 10, dan 15 mL/L, masing-masing memiliki tiga pengulangan. Parameter utama adalah kepadatan sel harian selama 13 hari pengamatan. Hasil ANOVA menunjukkan bahwa perlakuan memiliki efek yang signifikan pada kepadatan sel ( $F = 9,321$ ;  $p < 0,001$ ;  $r^2 = 0,704$ ). Perlakuan POC ekoenzim 5 ml/L menghasilkan kepadatan tertinggi ( $7,227,77 \times 10^4$  sel/mL) pada hari ke- 8, yang sangat berbeda nyata dari perlakuan lain. Kualitas air optimal untuk semua perlakuan. Dosis ekoenzim 5 ml/L telah terbukti efektif dan dapat menjadi media budidaya alternatif dan ramah lingkungan.

Kata kunci: *Chlorella* sp., pupuk organik cair, ekoenzim limbah, media kultur alternatif

## Abstract

Mikroalga *Chlorella* sp. Although it has potential as a natural feed for aquaculture, synthetic culture media such as KW 21 are relatively expensive and environmentally unfriendly. This study analyzes the effectiveness of liquid organic fertilizer (LOF) from coenzymes based on fruit and vegetable waste as an alternative culture medium. A Completely Randomized Design (CRD) was employed using four treatments: Control (KW 21 1 mL/L), LOF at 5, 10, and 15 mL/L, each with three replications. The main parameter measured was daily cell density over a 13-day observation period. ANOVA results indicated that the treatments had a significant effect on cell density ( $F = 9.321$ ;  $p < 0.001$ ;  $r^2 = 0.704$ ). The treatment with coenzyme LOF at 5 mL/L resulted in the highest cell density ( $7.227.77 \times 10^4$  cells/mL) on day 8, which was significantly different from the other treatments. Water quality was optimal for all treatments. The dosage of coenzyme at 5 mL/L has proven to be effective and can serve as an alternative and environmentally friendly cultivation medium.

Keywords: *Chlorella* sp., liquid organic fertilizer, waste coenzymes, alternative culture media.

## PENDAHULUAN

Mikroalga, khususnya *Chlorella* sp., merupakan organisme fotosintetik bersel tunggal yang memiliki potensi besar dalam berbagai bidang, seperti akuakultur, bioenergi, pangan fungsional, serta pengolahan limbah (Aly et al., 2024). Kemampuannya yang cepat dalam menyerap nutrisi dengan baik dan tumbuh dengan cepat, mikroalga ini menjadi pilihan utama untuk sistem produksi yang berkelanjutan (C. A. Wang et al., 2024). Dalam mendukung pertumbuhannya, mikroalga memerlukan sejumlah nutrisi makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), magnesium (Mg), belerang (S), dan kalsium (Ca), serta mikronutrien seperti besi (Fe), seng (Zn), tembaga (Cu), mangan (Mn), molibdenum (Mo), dan kobalt (Co) yang umumnya diberikan melalui media kultur (Andriani et al., 2023). Akan tetapi, salah satu tantangan dalam budidaya *Chlorella* sp. adalah tingginya biaya media kultur sintesis seperti KW 21 dan Walne, dan penggunaan jangka panjangnya dapat memberikan dampak buruk bagi lingkungan, serta bertentangan dengan prinsip pertanian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Oleh sebab itu, sangat penting untuk mengembangkan media alternatif yang lebih terjangkau, ramah lingkungan, serta mudah diakses dan tersedia di alam dengan menggunakan pupuk organik cair (Waroy et al., 2023).

Salah satu alternatif yang menjanjikan adalah pemakaian pupuk organik cair (POC). Pupuk organik cair mengandung nitrogen, fosfor, kalium, dan zat yang dapat meningkatkan pertumbuhan alami dan mendukung proses fotosintesis serta metabolisme (Ismail et al., 2025). Penggunaan pupuk organik cair yang di gunakan adalah berbasis ekoenzim. Ekoenzim adalah produk fermentasi dari sisa makanan rumah tangga seperti sayuran dan buah-buahan yang kaya akan berbagai senyawa bioaktif, enzim, dan nutrisi yang

dibutuhkan oleh mikroorganisme (Ashari et al., 2024). Penggunaan ekoenzim sebagai POC tidak hanya berfungsi untuk menyediakan nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroalga, tetapi juga merupakan cara baru dalam pengelolaan limbah organik, mengurangi polusi lingkungan, dan mendukung praktik daur ulang yang melibatkan komunitas.

Beberapa penelitian telah menyatakan bahwa POC mampu mempercepat pertumbuhan *Chlorella* sp. Sebagai contoh, penelitian oleh Nur et al., (2023) menunjukkan bahwa aplikasi POC pada dosis 5 ml/L menghasilkan kepadatan sel tertinggi mencapai 7.966.667 sel/mL pada hari ke-16. Di samping itu, penelitian oleh Lutur et al., (2023) yang memanfaatkan POC dari air cucian beras dan air kelapa yang difermentasi dengan EM4, mencatat kepadatan sel *Chlorella* sp. tertinggi sebesar  $12.466,25 \times 10^4$  sel/mL pada hari ke-6. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Ismail et al., (2024) menyatakan bahwa penggunaan pupuk organik cair dengan dosis 5 ml/L dapat meningkatkan kepadatan *Chlorella* sp. hingga  $6.996,67 \times 10^4$  sel/mL.

Meskipun ekoenzim telah diterapkan secara luas dalam pertanian dan pengolahan limbah, penelitian mengenai penggunaannya di bidang budidaya mikroalga, khususnya *Chlorella* sp., masih sangat terbatas. Oleh karena itu, sangat penting untuk menganalisis dampak penggunaan POC ekoenzim terhadap perkembangan *Chlorella* sp. pada skala laboratorium. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi ilmiah bagi pengembangan media kultur organik untuk mikroalga serta membuka kesempatan untuk memanfaatkan limbah organik sebagai sumber nutrisi yang bernilai tinggi.

Dengan demikian, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah pupuk organik cair yang berasal dari ekoenzim yang telah difermentasi dapat dimanfaatkan sebagai media kultur untuk *Chlorella* sp., bagaimana kombinasi bahan tersebut mempengaruhi kepadatan biomassa *Chlorella* sp., serta formula mana yang paling efektif dalam mendukung pertumbuhan *Chlorella* sp.

## METODE PENELITIAN

### 1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pakan Alami Politeknik Perikanan Negeri Tual selama 3 Bulan dari September hingga November 2024.

### 2. Alat dan Bahan

Untuk melakukan kultur mikroalga, diperlukan berbagai peralatan dan bahan yang mendukung pertumbuhan optimal mikroalga. Peralatan yang digunakan antara lain adalah wadah erlenmeyer, toples kaca berkapasitas 1 liter, aerator lengkap dengan selang serta batu aerasi untuk menyediakan oksigen, autoklaf, lampu LED sebagai

sumber cahaya bagi proses fotosintesis, refraktometer, pH meter, termometer, hemositometer, counter tangan, kertas label, mikroskop, dan pipet tetes. Bahan yang dibutuhkan antara lain adalah *Chlorella sp.*, ekoenzim dari limbah buah dan sayur, air laut yang sudah steril, akuades, dan gula merah.

### 3. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan tiga pengulangan untuk mendalami efek dari penggunaan pupuk organik cair (POC) yang berbasis ekoenzim terhadap kepadatan *Chlorella sp.* Perlakuan tersebut meliputi: P0 sebagai kontrol yang menggunakan media sintesis KW 21 sebanyak 1 mL/L, yang merupakan media standar untuk budidaya mikroalga; P1 dengan penambahan POC ekoenzim sebanyak 5 mL/L, P2 menggunakan POC ekoenzim 10 mL/L, dan P3 dengan konsentrasi tertinggi, yaitu 15 mL/L.

### 4. Sterilisasi Alat dan Bahan

Sterilisasi peralatan dalam budidaya mikroalga bertujuan untuk menghindari kontaminasi yang bisa mengganggu pertumbuhan mikroalga. Semua alat, termasuk erlenmeyer, botol kultur, pipet, gelas ukur, dan selang aerasi, disterilkan dengan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15-20 menit. Untuk alat yang tidak tahan panas, seperti selang plastik, proses sterilisasi dilakukan dengan merendamnya dalam alkohol 70%. Selain itu, media kultur dan air laut juga perlu disterilkan guna menjaga kebersihan kultur. Melakukan sterilisasi yang tepat sangat penting agar hasil penelitian bisa terpercaya dan terhindar dari kontaminasi.

### 5. Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) Ekoenzim

Bahan utama pembuatan ekoenzim terri dari sisa buah dan sayur (kulit nanas, pepaya, dan sisa sayuran segar), gula merah (molase), serta air dengan rasio 3:1:10. Proses fermentasi dibuat selama 3 bulan di dalam wadah yang tertutup rapat pada suhu ruang, kemudian disaring dan disimpan dalam botol yang sudah disterilkan.

### 6. Pemberian Perlakuan

Pemberian pupuk organik cair berbasis ekoenzim dilakukan pada awal proses kultur hanya sekali dengan cara mencampurkan POC ke dalam media yang sudah diinokulasi dengan *Chlorella sp.* sesuai dosis yang ditentukan untuk masing-masing perlakuan. Setiap perlakuan mendapatkan konsentrasi POC yang berbeda, yaitu 5 mL/L untuk P1, 10 mL/L untuk P2, dan 15 mL/L untuk P3, sedangkan perlakuan kontrol (P0) menggunakan KW 21 sebanyak 1 mL/L sebagai pembanding. Kultur diinkubasi pada suhu ruang yang berkisar antara 25–28°C, yang merupakan suhu terbaik untuk pertumbuhan *Chlorella sp.*

## 7. Parameter yang Diamati

Parameter utama yang diamati adalah kepadatan sel yang diukur setiap hari selama 14 hari dengan menggunakan hemocytometer dengan rumus. (Mukhlis et al., 2017).

$$P = N \times 10^4$$

Dimana:

P = Kepadatan plankton

N = Jumlah total sel pada bidang hemositometer seluas 1 mm<sup>2</sup>

Parameter Pendukung dapat mencakup pH, suhu, dan salinitas yang diukur selama kultur berlangsung dengan menggunakan pupuk organik cair ekoenzim

## 8. Analisis Data

Kepadatan sel dianalisis dengan menggunakan metode ANOVA (Analisis Varians) pada tingkat signifikansi 5%. Apabila ditemukan terdapat perbedaan nyata, akan dilakukan uji lanjutan menggunakan Duncan Multiple Range Test (DMRT) atau Tukey.

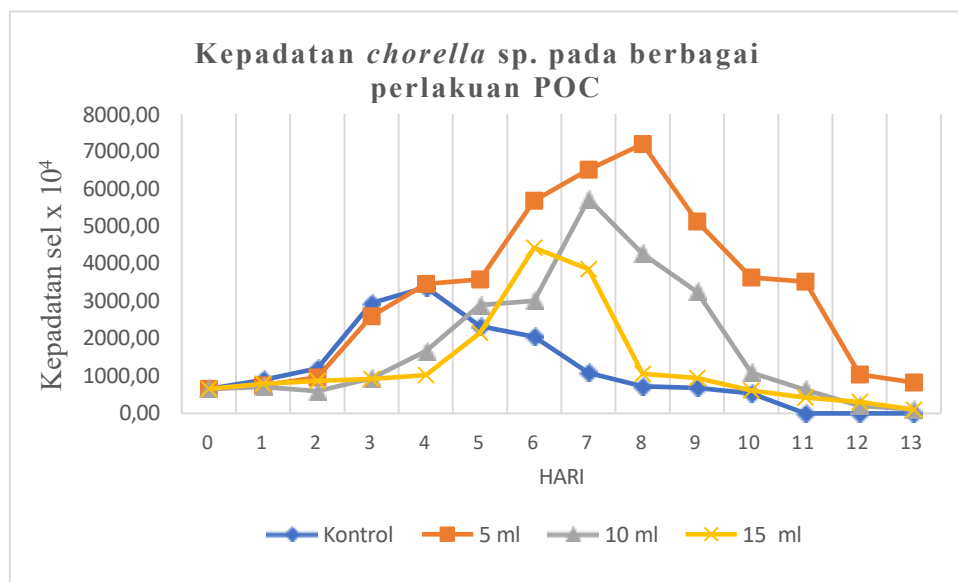
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Uji Anova

Hasil analisis varians (ANOVA) menunjukkan bahwa faktor perlakuan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap variabel diameter ( $F = 9,321$ ;  $p < 0,001$ ). Nilai signifikansi yang lebih kecil dari 0,05 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata antar perlakuan yang diberikan. Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa P1 dengan dosis 5 mL berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan kontrol (P0), 15 mL (P3), dan 10 mL (P2). Perlakuan 10 mL tidak berbeda nyata terhadap perlakuan 15 mL dan kontrol, namun berbeda nyata terhadap perlakuan 5 mL. Perlakuan terbaik diperoleh pada perlakuan 5 mL, yang menghasilkan diameter tertinggi sebesar 3252,22, sehingga dapat disimpulkan bahwa pemberian dosis 5 mL paling efektif dalam meningkatkan kepadatan dalam penelitian ini.

### 2. Kepadatan *Chlorella* sp. pada Berbagai Dosis Pupuk Organik Cair (POC)

Kepadatan dari *Chlorella* sp. (Gambar 1) sangat dipengaruhi oleh jumlah nutrisi yang tersedia dalam media kultur. Dalam penelitian ini, dilakukan perlakuan dengan menambahkan pupuk organik cair (POC) ekoenzim dengan tiga dosis yang berbeda, yaitu 5 mL, 10 mL, dan 15 mL untuk setiap volume media kultur, serta dibandingkan dengan kontrol yang menggunakan pupuk KW 21 pada dosis 1 ml/L. Hasil pengamatan yang dilakukan selama 14 hari menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan dalam perubahan kepadatan sel *Chlorella* sp. di setiap perlakuan.



Gambar 1. Kepadatan sel *Chlorella* sp. selama proses kultur

Pada perlakuan kontrol, pertumbuhan di awal cukup baik, ditandai dengan peningkatan kepadatan sel dari  $651,67 \times 10^4$  sel/mL pada hari ke-1 hingga mencapai  $3.367 \times 10^4$  sel/mL pada hari ke-4 (Gambar 1). Namun, setelah mencapai puncak tersebut, terjadi penurunan secara bertahap hingga sel-selnya mati pada hari ke-13. Pola ini mengindikasikan adanya keterbatasan dalam pasokan nutrisi dalam media yang tidak diberi pupuk organik cair ekoenzim, yang menyebabkan fase eksponensial yang singkat dan cepat berlanjut ke fase penurunan (decline phase). Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Aulia et al., (2025) menyatakan bahwa penggunaan pupuk organik cair dapat meningkatkan hasil produksi alga, hal ini disebabkan oleh keberadaan unsur hara penting seperti kalium, nitrogen, dan fosfor yang dibutuhkan untuk mendukung pertumbuhan yang berkelanjutan. Temuan ini sejalan dengan penelitian terbaru yang menunjukkan bahwa mikroalga memerlukan nutrisi penting seperti N dan P agar fase pertumbuhannya tetap dalam keadaan eksponensial lebih lama (Cao et al, 2023).

Perlakuan menggunakan dosis 5 mL POC menghasilkan jumlah sel tertinggi jika dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Setelah periode adaptasi awal, yang berlangsung dari hari ke-1 hingga ke-2, *Chlorella* sp. menunjukkan pertumbuhan yang pesat dan mencapai jumlah maksimum sebesar  $7.227,77 \times 10^4$  sel/mL pada hari ke-8. Fase stasioner berlangsung lebih lama, dengan jumlah sel berkurang secara perlahan hingga hari ke-13, menunjukkan bahwa rasio nutrisi (C:N:P) seimbang dan ideal untuk sintesis sel serta pembelahan yang tidak tertekan secara osmotik. Hal ini sejalan dengan pendapat bahwa biofertilizer mikroalga dapat memberikan nutrisi makro dan mikro dengan cara yang efisien serta mendukung pertumbuhan yang berkelanjutan (Gonçalves et al., 2023). Menurut

Borowitzka & Moheimani, (2013) mengungkapkan bahwa keseimbangan antara nitrogen, fosfor, dan unsur hara mikro sangat penting dalam mendukung proses sintesis protein dan pembelahan sel pada mikroalga, yang tampaknya telah terpenuhi pada dosis ini.

Pada dosis 10 mL, terjadi peningkatan pertumbuhan yang signifikan hingga hari ke-7 dengan puncak kepadatan sebesar  $5.726,11 \times 10^4$  sel/mL. Namun, setelah mencapai puncak kepadatan tertinggi, terjadi penurunan sel yang cukup drastis. Fenomena ini menunjukkan bahwa meskipun asupan nutrisi meningkat, kemungkinan ada efek samping akibat akumulasi senyawa organik yang belum sepenuhnya terurai, atau peningkatan aktivitas mikroorganisme lain yang bersifat kompetitif. Menurut penelitian oleh Wang et al., (2010) dosis bahan organik yang sangat tinggi dapat merangsang pertumbuhan bakteri heterotrof, yang bersaing dengan mikroalga dalam hal oksigen dan nutrisi, sehingga menghambat pertumbuhan mikroalga itu sendiri.

Sementara itu, pada dosis maksimum (15 mL), pertumbuhan *Chlorella* sp. menunjukkan reaksi positif di fase awal kultur, dengan jumlah sel mencapai  $4.425 \times 10^4$  sel/mL pada hari ke-6. Kemudian terjadi penurunan yang signifikan disebabkan oleh pemberian dosis yang terlalu tinggi, yang dapat mengakibatkan kerugian dalam ekosistem dan menurunkan produktivitas kultur. Kelebihan nutrisi dari pupuk organik cair dapat menyebabkan penumpukan bahan organik terlarut, peningkatan kekeruhan, dan ketidakseimbangan antara nitrogen dan fosfor yang mengganggu proses fotosintesis (Martens et al., 2024). Selain itu, bahan organik berlebih akan meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme heterotrof yang mengkonsumsi oksigen secara masif, menyebabkan kondisi hipoksia bahkan anaerob (Carvalho et al., 2024). Situasi ini menyebabkan terhabatnya penyerapan nutrisi dan pertumbuhan *Chlorella* sp., serta meningkatkan risiko pembentukan senyawa berbahaya dalam sistem perairan (Lin & Sidik, 2024).

### 3. Parameter Kualitas Air pada Kultur Mikroalga dengan Penambahan Pupuk Organik Cair Ekoenzim

Kualitas air merupakan faktor penting dalam budidaya mikroalga, karena mempengaruhi efisiensi pertumbuhan dan produktivitas biomassa. Parameter utama seperti suhu, salinitas, dan pH sangat menentukan kelangsungan hidup dan metabolisme mikroalga. Penelitian ini mengevaluasi perubahan kualitas air akibat penambahan pupuk organik cair (POC) dalam berbagai dosis, yaitu 5 mL, 10 mL, dan 15 mL, dibandingkan dengan kontrol tanpa penambahan POC (Tabel 1).

Tabel 1. Parameter kualitas air selama pengukuran

No	perlakuan		
	Suhu	Salinitas	pH
kontrol	25-30	25-29	7,3-8,3
5 ml	25-29	25-28	7,5-8,0
10 ml	25-28	27-28	7,5-8,2
15 ml	25-29	25-30	7,2-8,4

Suhu pada semua perlakuan berkisar antara 25–30°C. Suhu ini masih berada dalam kisaran optimal untuk pertumbuhan sebagian besar mikroalga, yaitu antara 20–30°C tergantung pada spesiesnya (Tabel 1). Suhu berperan penting dalam mengatur aktivitas enzimatik dan proses metabolisme mikroalga seperti fotosintesis dan respirasi (Hu et al., 2008). Penambahan POC tidak menyebabkan fluktuasi suhu yang signifikan, menunjukkan bahwa perlakuan tidak memengaruhi stabilitas termal media kultur.

Rentang salinitas yang terukur adalah 25–30 ppt, dengan nilai terendah tercatat pada perlakuan 5 mL (25–28 ppt) dan tertinggi pada perlakuan 15 mL (25–30 ppt). Salinitas yang stabil penting untuk menjaga tekanan osmotik sel dan keseimbangan ion dalam media. Menurut (Mastropetros et al., 2023) bahwa pertumbuhan sel alga dan aktivitas metabolisme didukung tumbuh optimal pada salinitas 15–30 ppt. Oleh karena itu, fluktuasi kecil yang terjadi akibat penambahan POC masih dalam batas toleransi dan tidak mengganggu kelangsungan hidup mikroalga.

Nilai pH berkisar antara 7,2–8,4 pada seluruh perlakuan. pH ideal untuk mikroalga umumnya berada pada kisaran 7,0–8,5, di mana aktivitas fotosintesis berjalan optimal. Perlakuan 10 mL menunjukkan pH tertinggi (7,5–8,2), yang mungkin mencerminkan peningkatan fotosintesis akibat ketersediaan nutrisi yang lebih tinggi dari POC. Nilai pH yang sedikit meningkat atau menurun tetap berada dalam rentang yang mendukung pertumbuhan mikroalga. (Becker, 1994) menyatakan bahwa fluktuasi pH yang masih dalam batas fisiologis dapat ditoleransi oleh sebagian besar spesies mikroalga.

## SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa pupuk organik cair (POC) berbasis ekoenzim dari limbah buah dan sayur dapat digunakan sebagai media alternatif dalam kultur *Chlorella* sp. Dosis POC 5 mL/L memberikan hasil terbaik dengan kepadatan sel tertinggi dan fase pertumbuhan yang lebih stabil dibandingkan perlakuan lainnya. Dosis yang lebih tinggi (10 mL/L dan 15 mL/L) cenderung menyebabkan penurunan kepadatan sel lebih cepat, kemungkinan akibat stres lingkungan atau kompetisi mikroba lain. Kualitas air selama kultur

berada dalam rentang optimal dan mendukung kelangsungan hidup mikroalga. Dengan demikian, penggunaan POC ekoenzim tidak hanya mendukung pertumbuhan *Chlorella* sp. secara efektif, tetapi juga menawarkan solusi berkelanjutan dalam pengelolaan limbah organik dan pengembangan media kultur mikroalga yang ekonomis dan ramah lingkungan

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aly, S. M., ElBanna, N. I., & Fathi, M. (2024). *Chlorella* in aquaculture: challenges, opportunities, and disease prevention for sustainable development. In *Aquaculture International* (Vol. 32, Issue 2, pp. 1559–1586). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s10499-023-01229-x>
- Andriani, Y., Farhatu Shiyam, D., Hasan, Z., & Mellyanawatie Pratiwy, F. (2023). Penggunaan Berbagai Pupuk Alami Dalam Budidaya *Chlorella* sp. (The Use of Various Natural Fertilizers in the Cultivation of *Chlorella* sp.). <https://doi.org/10.32663/ja.v%vi%i.3238>
- Ashari, A. M., Apindiati, R. K., Amir, A., Dirhana, D., & Amran, A. (2024). Production and Characterization of Nutrients from Ecoenzymes Based on Fruit Waste and Green Vegetable Waste. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(2), 456–460. <https://doi.org/10.29303/jbt.v24i2.6988>
- Aulia Rahmawati, S. P., Fadjar, I. M., Maimunah, Y., P. S., Andayani, I. S., Arifki, A. A., & Seleky, P. S. F. (2025). *Pemupukan Perikanan Secara Berkelanjutan*. Media Nusa Creative (MNC Publishing).
- Becker, E. W. (1994). *Microalgae: Biotechnology and Microbiology*. Cambridge University Press.
- Borowitzka, M. A., & Moheimani, N. R. (Eds.). (2013). *Algae for biofuels and energy* (Vol. 5). Dordrecht: Springer.
- Cao, T. N. D., Mukhtar, H., L. L. T., Tran, D. P. H, Ngo, M. T. T., Pham, M. D. T., & Bui, X. T. (2023). Roles of microalgae-based biofertilizer in sustainability of green agriculture and food-water-energy security nexus. *Science of The Total Environment*. 870, 161927.
- Carvalho, A., Brandão, H., Zemor, J. C., Cardozo, A. P., Vieira, F. N., Okamoto, M. H., Turan, G., & Poersch, L. H. (2024). Effect of Organic or Inorganic Fertilization on Microbial Flocs Production in Integrated Cultivation of *Ulva lactuca* with *Oreochromis niloticus* and *Penaeus vannamei*. *Fishes*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/fishes9060191>
- Gonçalves, J., Freitas, J., Fernandes, I., & Silva, P. (2023). Microalgae as Biofertilizers: A Sustainable Way to Improve Soil Fertility and Plant Growth. In *Sustainability* (Switzerland) (Vol. 15, Issue 16). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/su151612413>

- Hu, Q., Sommerfeld, M., Jarvis, E., Ghirardi, M., Posewitz, M., Seibert, M., & Darzins, A. (2008). Microalgal triacylglycerols as feedstocks for biofuel production: Perspectives and advances. In *Plant Journal* (Vol. 54, Issue 4, pp. 621–639). <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2008.03492.x>
- Ismail, I., Lutur, E. M., & Irsan, I. (2025). Use (POC) Of Rice Washing Water, Coconut Water, And Fermented Chicken Egg Shells On The Density Of *Chlorella* Sp. Semi-Mass Scale. *Barakuda* 45: *Jurnal Ilmu Perikanan Dan Kelautan*, 7(1), 1–9. <https://doi.org/10.47685/barakuda45.v7i1.604>
- Ismail, I., Tjoanda, M., Madubun, U., & Elen Marta Lutur, dan. (2024). Using Liquid Organic Fertilizer (POC), Rice Washing Water, Coconut Water, and Fermented Ecoenzymes to Enhance The Growth of *Chlorella* sp. *Lab. Scale*. 17(1), 306–311. <https://doi.org/10.52046/agrikan.v17i1.306-311>
- Lin, J. L., & Sidik, F. (2024). Effect of extracellular organic matter (EOM) accumulation on algal proliferation and disinfection by-product precursors during cyclic cultivation. *Environmental Science: Water Research and Technology*. <https://doi.org/10.1039/d4ew00207e>
- Lutur, E. M., Ismail, I., Irsan, I., & Rumakabis, M. U. (2023). The Effect Of Liquid Organic Fertilizer (Lof) From Rice Washing Water and Coconut Water Using Em4 On The Growth Of *Chlorella* sp. At Laboratory Scale. *Barakuda'45: Jurnal Ilmu Perikanan Dan Kelautan*, 5(2), 225–233. <https://doi.org/10.47685/barakuda45.v5i2.465>
- Martens, N., Ehlert, E., Putri, W., Sibbertsen, M., & Schaum, C. E. (2024). Organic compounds drive growth in phytoplankton taxa from different functional groups. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 291(2016). <https://doi.org/10.1098/rspb.2023.2713>
- Mastropetros, S. G., Tsigkou, K., Cladas, Y., Priya, A. K., & Kornaros, M. (2023). Effect of Nitrogen, Salinity, and Light Intensity on the Biomass Composition of *Nannochloropsis* sp.: Optimization of Lipids Accumulation (Including EPA). *Marine Drugs*, 21(6). <https://doi.org/10.3390/md21060331>
- Mukhlis A, Abidin Z, & Ibadur R. (2017). Pengaruh Konsentrasi Pupuk Ammonium Sulfat Terhadap Pertumbuhan Populasi Sel *Nannochloropsis* sp. *Jurnal Ilmiah Ilmu Biologi*, 3(3), 149–155.
- Nur, M., Jabbar, F. M., Hadi Program Studi Budidaya Perairan, K., Pertanian, F., & Islam Riau, U. (2023). Liquid Organic Fertilizer (POC) Application with Different Doses on the Abundance of *Chlorella* sp. In *Jurnal Dinamika Pertanian Edisi XXXIX Nomor* (Vol. 1).

- Wang, C. A., Onyeaka, H., Miri, T., & Soltani, F. (2024). *Chlorella vulgaris* as a food substitute: Applications and benefits in the food industry. In *Journal of Food Science*. John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.17529>
- Wang, L., Min, M., Li, Y., Chen, P., Chen, Y., Liu, Y., Wang, Y., & Ruan, R. (2010). Cultivation of green algae *Chlorella* sp. in different wastewaters from municipal wastewater treatment plant. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 162(4), 1174–1186. <https://doi.org/10.1007/s12010-009-8866-7>
- Waroy, D., Leisubun S, C., Tamher, S., & Ismail, I. (2023). Pemberian Pupuk Organik Cair (Poc) Air Cucian Beras Menggunakan Em4 Terhadap Pertumbuhan *Nannochloropsis* Sp. Pada Skala Laboratorium. *INNOVATIF*, 3, 11411–11420.