

Efektivitas Bakteri Fotosintetik Rhobac dalam Meningkatkan Kualitas Air pada Budidaya Ikan Lele di Kolam Terpal

Anshar Haryasakti¹, Rudyanto², Kaharuddin³, Muhammad Hirwan Wahyudi⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Ilmu Kelautan, Sekolah Tinggi Pertanian Kutai Timur

email: haryasaktia@yahoo.com

Submit : 06-02-2025

Revisi : 25-05-2025

Diterima : 03-06-2025

ABSTRACT

Catfish farming in tarpaulin ponds faces significant challenges in maintaining water quality, primarily due to the accumulation of toxic compounds such as ammonia, nitrite, and organic waste. One environmentally friendly approach to mitigate this issue is the application of photosynthetic bacteria (PSB). This study aimed to evaluate the effectiveness of Rhobac PSB in improving water quality in catfish aquaculture systems. The experiment employed two treatments: pond A treated with PSB culture and pond B without bacterial supplementation. Key water quality parameters including ammonia, nitrate, nitrite, dissolved oxygen, and hydrogen sulfide were measured at the beginning and end of a 30-day cultivation period. The results indicated that ammonia levels in pond A decreased from 0.05 mg/L to 0.03 mg/L, while nitrate levels increased, suggesting active nitrification. Dissolved oxygen levels remained within optimal ranges for aquaculture, and hydrogen sulfide concentrations were consistently low (<0.01 mg/L) in both treatments. Overall, the application of PSB was effective in reducing toxic nitrogen compounds, enhancing water quality, and supporting fish health. The study concludes that PSB, particularly Rhobac, represents a promising bioremediation strategy for sustainable catfish farming in intensive aquaculture systems.

Key word : Bioremediation, Catfish, Photosynthetic bacteria, Tarpaulin ponds, Water quality

ABSTRAK

Budidaya ikan lele dalam kolam terpal menghadapi tantangan utama dalam pengelolaan kualitas air, terutama akibat akumulasi senyawa toksik seperti amonia, nitrit, dan limbah organik. Salah satu pendekatan ramah lingkungan yang potensial untuk mengatasi permasalahan ini adalah penggunaan bakteri fotosintetik (PSB). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas bakteri fotosintetik Rhobac dalam meningkatkan kualitas air pada sistem budidaya ikan lele di kolam terpal. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan dua perlakuan, yaitu kolam A yang diberi kultur bakteri PSB dan kolam B tanpa perlakuan bakteri. Parameter yang diamati mencakup amonia, nitrat, nitrit, oksigen terlarut, dan hidrogen sulfida, dengan pengukuran dilakukan di awal dan akhir masa budidaya selama 30 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kolam dengan perlakuan PSB mengalami penurunan kadar amonia dari 0,05 mg/L menjadi 0,03 mg/L, sementara kadar nitrat meningkat sebagai indikasi proses nitrifikasi aktif. Kualitas air di kolam PSB tetap berada dalam batas aman dan mendukung pertumbuhan ikan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan PSB efektif dalam memperbaiki kualitas air dan mendukung budidaya ikan lele secara lebih berkelanjutan.

Kata kunci: Bakteri fotosintetik, Bioremediasi, Ikan lele, Kolam terpal, Kualitas air

1 Pendahuluan

Akuakultur adalah praktik budidaya organisme perairan, termasuk ikan, udang, dan tanaman air, yang bertujuan untuk meningkatkan produksi dan memenuhi permintaan pasar produk perairan (Azhar, 2021; Rasidi, 2013). Dalam praktiknya, akuakultur

memanfaatkan teknologi modern untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan, seperti penerapan sistem bioflok yang memanfaatkan mikroorganisme sebagai sumber pakan (Almuqaramah et al., 2018; Ekasari, 2009). Produksi akuakultur juga dihadapkan pada tantangan seperti penyakit dan pencemaran yang mempengaruhi kesehatan dan pertumbuhan organisme yang dibudidayakan (Islamy, 2023; Pariakan and Rahim, 2021). Sistem akuakultur intensif dihadapkan pada berbagai tantangan, salah satunya adalah pencemaran air yang disebabkan oleh akumulasi senyawa polutan seperti amonia, nitrit, nitrat, fosfat, dan bahan organik lainnya. Pencemaran ini berdampak pada kualitas air serta dapat menurunkan keberlanjutan lingkungan dan kesehatan organisme akuatik. Akumulasi amonia dan nitrit dapat menyebabkan stres oksidatif dan kematian pada ikan dan organisme akuatik lainnya (Alvateha et al., 2021; Meriyani et al., 2024).

Penerapan teknologi yang ramah lingkungan diharapkan mampu mengatasi masalah dalam budidaya ikan. Salah satunya dengan memanfaatkan Bakteri fotosintetik (BF) seperti *rhodopseudomonas palustris* dan *rhodobacter capsulatus* dan *rhodobacter*. Bakteri ini menggunakan energi cahaya untuk proses fotosintesis, menghasilkan senyawa organik dari bahan anorganik, serta mengeluarkan oksigen sebagai produk sampingan (Telaumbanua et al., 2023). Bakteri ini juga dapat mencerna limbah organik menjadi biomassa, yang dapat mengurangi kadar COD dan senyawa nitrogen, menciptakan ekosistem yang lebih seimbang, meningkatkan oksigen terlarut dan mendukung pertumbuhan ikan (Munaeni et al., 2022; Salamah and Zulpikar, 2020).

Menurut Adi Suriyadin et al., (2023), penggunaan bakteri fotosintetik (*Rhodobacter sp.* dan *Rhodococcus sp.*) pada kolam budidaya ikan patin optimalnya nilai kualitas air yaitu parameter suhu, pH, oksigen terlarut dan adanya penurunan nilai *Total Organic Matter* yang disebabkan oleh adanya proses bioremediasi. Pengembangan dan pemanfaatan bakteri fotosintetik dalam budidaya ikan lele dalam kolam terpal perlu dilakukan sebagai langkah strategis menuju sistem akuakultur yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.

2 Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Konsentrasi Budidaya Perairan, Sekolah Tinggi Pertanian Kutai Timur. Adapun alat yang digunakan adalah kolam terpal, timbangan, dan pompa venture. Bahan yang digunakan yaitu pakan ikan merek 781-1, kultur bakteri *Rhobac*, dan ikan lele. Penelitian dengan membandingkan dua teknik budidaya ikan lele dalam kolam terpal (2 x 4 x 1 m) yaitu budidaya dengan penambahan bakteri fotosintetik (kolam A) dan tanpa bakteri fotosistetik (kolam B).

Kolam A diberikan perlakuan dengan kultur bakteri yaitu dengan memasukkan bakteri fotosintetik (*Rhobac*) 100 ml/Ton air, dicampur dengan molase setiap 4 hari sekali selama 14 hari. Jika air sudah berwarna ungu atau merah maka kolam sudah siap digunakan. Selama pemeliharaan ikan lele diberikan kultur bakteri fotosintetik 50 ml setiap 3 hari sekali. Kolam B tanpa perlakuan penambahan kultur bakteri fotosintetik. Bibit ikan lele sebanyak 1000 ekor/kolam dengan panjang sekitar 5-7 cm/ekor. Pemberian pakan dilakukan 2 kali setiap hari yaitu pada jam 08.00, dan 17.00 WITA. Jumlah pakan yang diberikan adalah 3% dari berat total ikan.

Pengukuran kualitas air dilakukan 2 kali selama pengamatan yaitu pengambilan sampel diawal penelitian dan diakhir penelitian yang dilaksanakan selama 30 hari. Pengujian kualitas air meliputi nitrat, nitrit, ammonia dan hidrogen sulfida (parameter kimia). Parameter fisika meliputi oksigen terlarut, pH, dan suhu.

Analisis parameter kimia diuji, di laboratorium PT. Sucofindo (persero) Cabang Sangatta Kalimantan Timur menggunakan alat Spektrofotometer. Data hasil pengamatan dianalisis secara deskriptif untuk memberikan gambaran tentang kondisi kualitas air budidaya ikan selama penelitian.

3 Hasil dan Pembahasan

Dalam budidaya ikan kualitas air sangat penting untuk memastikan kesehatan ikan dan keberlangsungan ekosistem. Parameter utama yang harus diperhatikan meliputi suhu (25–30°C), pH (6,5-8,5), oksigen terlarut (5 mg/L), amonia(NH₃) (Goddek et al., 2015; Saparudin et al., 2019). Kualitas air memiliki pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan ikan lele, terutama dalam sistem budidaya kolam terpal. Kusuma et al., (2024) dalam penelitiannya menunjukkan adanya hubungan langsung antara kualitas air (meliputi parameter seperti suhu, pH, dan oksigen terlarut) dengan tingkat pertumbuhan ikan lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus*) pada kepadatan tebar yang berbeda. Penggunaan bakteri fotosintetik dapat mendukung kesehatan ikan dan meningkatkan parameter kualitas air (Adi Suriyadin et al., 2023). Parameter kimia kualitas air pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1 dan pengukuran harian pH dan suhu disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil pengujian kualitas air

Parameter	Satuan	Kolam A		Kolam B	
		0 hari	30 hari	0 hari	30 hari
Amonia	mg/L	0,05	0,03	0,05	0,05
Nitrat	mg/L	0,95	7,14	0,95	3,03
Nitrit	mg/L	0,01	<0,01	0,01	<0,01
Oksigen terlarut	mg/L	6,42	5,05	6,42	6,01
Hidrogen sulfida	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Tabel 2. Hasil pengukuran harian air kolam

Hari	Kolam A				Kolam B			
	pH		Suhu (°C)		pH		Suhu (°C)	
	pagi	sore	pagi	sore	pagi	sore	pagi	sore
1	7	7	28,0	30,0	7	7	29,9	30,3
2	7	7	31,5	31,0	7	7	28,0	30,0
3	7	7	28,1	31,7	7	7	28,2	31,3
4	7	7	30,1	30,5	7	7	28,1	31,3
5	7	7	28,0	30,4	7	7	31,0	30,3
6	7	7	30,3	30,5	7	7	28,1	30,0
7	7	7	28,1	30,2	7	7	28,5	31,1
8	7	7	28,4	30,8	7	7	30,3	30,1
9	7	7	30,1	31,2	7	7	28,1	30,4
10	7	7	28,1	30,4	7	7	29,0	30,0
11	7	7	28,4	30,5	7	7	28,0	31,0
12	7	7	29,2	30,2	7	8	31,0	31,0
13	7	7	31,0	30,0	7	7	30,0	30,0
14	7	7	28,5	30,9	7	7	28,3	30,1
15	7	7	28,8	31,3	7	7	28,9	31,4

Aspek penting yang menentukan kelangsungan hidup ikan adalah kualitas air. Parameter kualitas air seperti suhu, pH, amoniak, dan kadar oksigen terlarut sangat mempengaruhi kesehatan dan daya tahan ikan. Kualitas air yang optimal dapat meningkatkan laju kelangsungan hidup ikan, sedangkan kondisi air yang buruk dapat menyebabkan stres dan kematian (Agustina and Mukti, 2022). Berikut data bobot dan kelangsungan hidup ikan lele pada kolam terpal (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil pengukuran akhir penelitian terhadap ikan lele (30 hari)

Parameter	Satuan	Kolam A	Kolam B
Bobot total	gr	22.900	2.600
Bobot per individu	gr	27,33	19,70
Kelangsungan Hidup	%	84,10	13,20

Keterangan : berat awal total ikan : 3 kg, jumlah : 1000 ekor

Persentase kelangsungan hidup yang dianggap baik untuk ikan dalam budidaya berkisar antara 80% hingga 100%. Angka ini mencerminkan kemampuan ikan untuk bertahan hidup dari fase awal hingga saat panen, dan bergantung pada berbagai faktor seperti kualitas pakan, kualitas air, serta manajemen kesehatan ikan (Nurkadaria et al., 2023; Prihatini & Febrianto, 2021). Pada penelitian ini perlakuan dengan penambahan bakteri fotosintetik mempunyai tingkat kelangsungan hidup 84,10% sedangkan tanpa bakteri hanya 13,2 %. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan bakteri fotosintetik pada kolam terpal sangat membantu menjaga kualitas air untuk budidaya ikan lele.

Amonia (NH_3)

Amoniak adalah senyawa kimia yang terdiri dari satu atom nitrogen dan tiga atom hidrogen (NH_3). Dalam budidaya ikan lele amoniak sering kali muncul sebagai produk sampingan dari penguraian sisa pakan dan limbah metabolik ikan. Batasan amoniak yang aman dalam sistem kolam terpal umumnya kurang dari 0,02 mg/L untuk menjaga kesehatan ikan. Kadar amoniak yang tinggi dapat menyebabkan stres pada ikan, mengganggu pertumbuhan, dan berisiko terhadap kematian, karena amoniak bersifat toksik (Wahyuningsih and Gitarama, 2020). Nilai kandungan amonia kolam A dan kolam B pada awal pengamatan yaitu, 0,05 mg/L (Tabel 1). Pada pengamatan pertama ke dua kolam tersebut memiliki kandungan amonia baik kolam A dan B sebesar 0,05 mg/L. Pada pengamatan hari ke 30 pada kolam A yang menggunakan perlakuan kultur bakteri photosynthetic nilai amonia mengalami penurunan yaitu dari 0,05 mg/L menjadi 0,03 mg/L. Sejalan dengan penelitian Hamzah et al., (2024), bahwa penambahan bakteri fotosintetik dapat menurunkan konsentrasi amoniak dalam air melalui proses bioremediasi yang efisien serta meningkatkan kualitas air secara keseluruhan.

Pada kolam B tanpa perlakuan tidak mengalami perubahan yaitu 0,05. Ikan mengeluarkan 80-90% amonia (N Anorganik) melalui proses osmoregulasi, sedangkan dari feses dan urin sekitar 10-20% dari total nitrogen. Akumulasi amonia pada media budidaya merupakan salah satu penyebab penurunan kualitas perairan yang dapat berakibat pada kegagalan produksi budidaya ikan (Rahardja et al., 2014).

Nitrat (NO_3)

Nitrat (NO_3^-) adalah bentuk senyawa nitrogen yang umum ditemukan dalam sistem perairan dan kaitannya dengan budidaya ikan sangat penting. Nitrat dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk pembuangan limbah pertanian, limbah domestik, serta proses dekomposisi bahan organik di lingkungan perairan. Dalam konteks akuakultur, nitrat berperan sebagai salah satu indikator kualitas air dan kesehatan ekosistem budidaya (Ardhaneswari & Wispriyono, 2022).

Pengamatan pertama baik kolam A dan B memiliki nilai kandungan yang sama yaitu 0,95 mg/L. pada kolam A yang menggunakan rhobac nilai nitrat lebih tinggi dari kolam B dengan tanpa perlakuan yaitu 7,14 dan kolam B 3,03. Kandungan nitrat yang tinggi pada kolam A menunjukkan adanya proses nitrifikasi dari amoniak. Nitrat dapat menumpuk dalam sistem akuakultur sebagai hasil dari proses nitrifikasi yang mengubah amoniak menjadi nitrat. Akumulasi nitrat dalam jumlah tinggi dapat menurunkan kualitas air yang dapat menyebabkan stres pada ikan serta memperlambat pertumbuhan. Penggunaan bakteri fotosintetik dapat mengurangi kadar nitrat dalam air, sehingga meningkatkan kualitas keseluruhan lingkungan bagi ikan (Hamzah et al., 2024).

Rhobac dapat digunakan sebagai sumber energi untuk pertumbuhan bakteri. *Rhobac* mengandung nutrisi yang cukup tinggi untuk kebutuhan bakteri dan telah dijadikan bahan alternatif untuk pengganti glukosa sebagai sumber karbon dalam media fermentasi. Oleh sebab itu, pada pemberian perlakuan *rhobac*, konsentrasi kimia awal pada limbah organik menjadi sangat tinggi. Konsentrasi amonia, nitrit, dan nitrat pada keseluruhan perlakuan mengalami penurunan, hal ini disebabkan adanya aktivitas bakteri dalam mendekomposisi bahan organik (Pratiwi et al., 2019).

Nitrit (NO₂)

Nitrit (NO₂⁻) adalah senyawa nitrogen yang merupakan hasil peralihan dalam siklus nitrogen dan dapat memiliki dampak signifikan dalam budidaya ikan, baik sebagai bagian dari kualitas air maupun sebagai indikator dari kesehatan ekosistem akuakultur. Nitrit biasanya terbentuk ketika amonia (NH₃) yang dihasilkan dari sisa-sisa pakan dan ekskresi ikan diubah oleh bakteri nitrifikasi dalam proses yang disebut nitrifikasi. Dalam konteks budidaya ikan, penting untuk memahami dampak nitrit dan bagaimana mengelolanya dengan baik (Dewantoro et al., 2022).

Data hasil pengamatan nilai kandungan nitrit pada kolam A dan B kandungan kolam A dan B yaitu kisaran 0,01. Kandungan nitrit dari kedua kolam tersebut analisis menunjukkan hasil yaitu kurang dari angka <0,01 mg/L. Dalam budidaya ikan lele, nitrit adalah senyawa yang sangat penting untuk dikelola karena dapat berpotensi toksik bagi ikan. Kadar nitrit kurang dari 0,1 mg/L adalah batasan aman dalam lingkungan akuakultur. Kadar nitrit yang melebihi batas ini dapat menyebabkan gangguan pada sistem pernapasan ikan, mengakibatkan stres dan bahkan kematian (Wahyuningsih & Gitarama, 2020). Penerapan bakteri fotosintetik terbukti mampu menurunkan konsentrasi nitrit (Hamzah et al., 2024).

Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen/DO*)

Oksigen terlarut adalah salah satu parameter kunci dalam budidaya ikan yang mencerminkan kadar oksigen yang terlarut dalam air, yang esensial bagi kelangsungan hidup dan kesehatan ikan. Kadar oksigen terlarut yang cukup diperlukan untuk proses respirasi ikan dan juga untuk mendukung aktivitas mikroorganisme dan flora akuatik lainnya dalam ekosistem perairan. Pada umumnya, kadar oksigen terlarut yang ideal untuk budidaya ikan berkisar antara 4-9 mg/L, tergantung pada spesies ikan dan metode budidaya yang digunakan (Mugisidi et al., 2023; Riadhi et al., 2017).

Hasil pengamatan pertama pada analisa tanpa perlakuan kandungan oksigen terlarut kolam A dan B memiliki nilai yang sama. Terlihat Tabel 3, terdapat kandungan kolam A dengan B yaitu kisaran 06,42. kolam A menggunakan perlakuan menunjukkan hasil 05,05, sedangkan kolam B tanpa perlakuan yaitu 06,01. Kadar oksigen terlarut yang rendah di

bawah 3 mg/L, ikan dapat mengalami hipoksia, yang dapat menyebabkan mereka sulit bernapas atau bahkan mati (Pratama et al., 2022; Suratno and Putra, 2022).

Bakteri fotosintetik dapat mempengaruhi kadar oksigen terlarut dalam lingkungan budidaya ikan. Melalui proses fotosintesis, PSB mengubah cahaya menjadi energi kimia dan melepaskan oksigen ke dalam air. Penambahan PSB dalam sistem akuakultur dapat meningkatkan kadar oksigen terlarut, yang sangat bermanfaat bagi ikan serta mikroorganisme lainnya dalam ekosistem air tersebut (Eridani et al., 2020; Mugisidi et al., 2023).

Hidrogen Sulfida (H_2S)

Hidrogen sulfida (H_2S) adalah gas beracun yang memiliki bau seperti telur busuk dan terbentuk sebagai hasil dari proses dekomposisi bahan organik di lingkungan anaerob. H_2S dapat terbentuk dalam kolam yang memiliki akumulasi limbah organik serta dalam kondisi rendah oksigen terlarut. Kadar hidrogen sulfida yang tinggi dalam air dapat berakibat fatal bagi ikan, bahkan pada konsentrasi rendah (di atas 0,01 mg/L) (Hidayatullah et al., 2021).

Pada pengamatan pertama dan kedua hidrogen sulfida yang teramati sebesar $<0,01$ mg/L pada kedua kolam. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas air memenuhi untuk budidaya ikan lele. Hidrogen sulfida biasanya muncul di dasar kolam yaitu pada kondisi anaerob. Konsentrasi H_2S yang tinggi dapat diatasi dengan aerasi dan sirkulasi untuk menghindari daerah yang stagnan dan anaerobik di dasar kolam. Pengapuran dapat diaplikasikan untuk meningkatkan pH dan mengubah H_2S menjadi bentuk yang tidak beracun, karena penurunan pH dapat meningkatkan daya racun sulfur (Supono, 2015).

Bakteri fotosintetik mampu memproduksi oksigen dan dapat mengubah kondisi anaerob menjadi aerob melalui proses fotosintesis, yang membantu menurunkan kadar hidrogen sulfida (Sulaiman et al., 2020). Meskipun H_2S tidak dapat sepenuhnya dihilangkan, meningkatkan kadar oksigen terlarut di dalam air, bakteri fotosintetik membantu memfasilitasi proses oksidasi senyawa sulfida, mengubahnya menjadi sulfat (SO_4^{2-}) yang jauh lebih tidak berbahaya. bakteri fotosintetik diterapkan dalam sistem budidaya, kadar H_2S dapat menurun secara signifikan, sehingga meningkatkan kualitas air dan kesehatan ikan (Nugraha et al., 2022).

4 Kesimpulan

Penerapan bakteri fotosintetik (PSB) seperti Rhobac terbukti efektif meningkatkan kualitas air dalam budidaya ikan lele di kolam terpal. PSB menurunkan kadar amonia dan nitrit, meningkatkan oksigen terlarut, serta menjaga kestabilan ekosistem perairan melalui proses bioremediasi. Hasil menunjukkan penurunan signifikan pada parameter toksik dan

lingkungan yang tetap kondusif bagi pertumbuhan ikan. PSB juga mengurangi ketergantungan terhadap bahan kimia, mendukung budidaya yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Kelangsungan hidup ikan lele mencapai 84,10%. Penelitian ini menegaskan potensi PSB dalam pengelolaan air secara ekologis, meski diperlukan studi lanjutan untuk optimalisasi aplikasi dan efisiensi biaya.

Daftar Pustaka

- Adi Suriyadin, Muhammad haikal Abdurachman, Muh. Fahrudin, Heri Murtawan, and Muhammad Aidil Huda. (2023). Performa Hematologi Dan Kualitas Air Budidaya Ikan Patin (*Pangasius sp.*) Yang Diberi Bakteri Fotosintetik (*Rhodobacter sp.* dan *Rhodococcus sp.*). *Jurnal Ilmu-Ilmu Perikanan Dan Budidaya Perairan*, 18(1), 25–33. <https://doi.org/10.31851/jipbp.v18i1.11206>
- Agustina, V., and Mukti, R. C. (2022). Growth and Survival of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) with Starved Periodically in Munir Village, South Pagar Alam. *AQUASAINS*, 10(2), 1125. <https://doi.org/10.23960/aqs.v10i2.p1125-1130>
- Almuqaramah, T. M. H., Setiawati, M., Priyoutomo, N. B., and Effendi, I. (2018). Pendederan udang vaname *Litopenaeus vannamei* dengan teknologi bioflok untuk meningkatkan pertumbuhan dan efisiensi pakan. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(1), 143–152. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v10i1.21671>
- Alvateha, D., Arfiati, D., and Lailiyah, S. (2021). Penambahan bakteri konsorsium dan aerasi pada upaya penurunan bahan organik air sisa budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Indonesian Journal of Fisheries Community Empowerment*, 1(3), 225–230. <https://doi.org/10.29303/jppi.v1i3.346>
- Ardhaneswari, M., and Wispriyono, B. (2022). Analisis Risiko Kesehatan Akibat Paparan Senyawa Nitrat dan Nitrit Pada Air Tanah di Desa Cihambulu Subang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 21(1), 65–72. <https://doi.org/10.14710/jkli.21.1.65-72>
- Azhar. (2021, November 21). *DASAR-DASAR AKUAKULTUR*. SAMSIA UMASUGI. <https://doi.org/10.31219/osf.io/5m72q>
- Dewantoro, E., Alfian, R., . R., and Septian, R. P. (2022). PENGARUH PENAMBAHAN BAKTERI NITRIFIKASI KE DALAM MEDIA BUDIDAYA TERHADAP KUALITAS AIR DAN PERFORMA HEMATOLOGI BENIH IKAN TENGADAK (*Barbonymus schwanenfeldii*). *Jurnal Ruaya : Jurnal Penelitian Dan Kajian Ilmu Perikanan Dan Kelautan*, 10(1). <https://doi.org/10.29406/jr.v10i1.3560>
- Ekasari, J. (2009). Bioflocs Technology: Theory and Application in Intensive Aquaculture System. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 8(2), 117. <https://doi.org/10.19027/jai.8.117-126>
- Eridani, D., Widiyanto, E. D., and Kholid, N. (2020). Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Controlling Tambak Udang Windu Dengan Konsep Internet Of Things Menggunakan Protokol Message Queuing Telemetry Transport. *CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)*, 5(1), 137. <https://doi.org/10.24114/cess.v5i1.14718>
- Goddek, S., Delaide, B., Mankasingh, U., Ragnarsdottir, K., Jijakli, H., and Thorarinsdottir, R. (2015). Challenges of Sustainable and Commercial Aquaponics. *Sustainability*, 7(4), 4199–4224. <https://doi.org/10.3390/su7044199>
- Hamzah, D. N., Talib, S. H. A., Abustan, M. S., and Hashim, S. I. N. S. (2024). The Optimization of Photosynthetic Bacteria (PSB) for Water Quality Improvement. *IOP*

Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 1347.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1347/1/012015>

- Hidayatullah, F., Asti Mulasari, S., and Handayani, L. (2021). ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN PAPARAN HIDROGEN SULFIDA (H₂S) DAN AMONIA (NH₃) PADA MASYARAKAT DI TPA PIYUNGAN. *JURNAL KESEHATAN LINGKUNGAN: Jurnal Dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan*, 18(2), 155–162. <https://doi.org/10.31964/jkl.v18i2.338>
- Islamy, R. A. (2023). Peluang dan Tantangan Pengembangan Bioteknologi Melalui Pemanfaatan Makroalga Laut sebagai Immunostimulan dalam Mendukung Akuakultur Berkelanjutan. In *Pengelolaan Sumber Daya Perikanan Laut Berkelanjutan*. Penerbit BRIN. <https://doi.org/10.55981/brin.908.c761>
- Kusuma, N. P. D., Tangguda, S., and Lau, J. R. (2024). Analisis Kualitas Air dan Hubungannya dengan Pertumbuhan Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus*) pada Padat Tebar Berbeda. *Journal Galung Tropika*, 13(2), 256–267. <https://doi.org/10.31850/jgt.v13i2.1219>
- Meriyani, H., Sanjaya, D. A., Juanita, R. A., and Siada, N. B. (2024). Kualitas Penggunaan Antibiotik pada Pasien Community-Acquired Pneumonia di Salah Satu Rumah Sakit di Bali. *Jurnal Ilmiah Medicamento*, 10(1), 35–42. <https://doi.org/10.36733/medicamento.v10i1.7592>
- Mugisidi, D., Roza, E., Arief Hamzah, Rahmi Imanda, Adi Tri Siswanto, Qolibu Rozak, Fadhlurrahman Zaki, and Yulikastomo. (2023). Pendampingan pengembangan kincir air kolam ikan panti asuhan yatim muhammadiyah lenteng agung. *BEMAS: Jurnal Bermasyarakat*, 4(1), 141–147. <https://doi.org/10.37373/bemas.v4i1.671>
- Munaeni, W., Aris, M., Musdalifah Darsan, I., Labenua, R., and Disnawati, D. (2022). Sosialisasi Dan Pelatihan Teknologi Budidaya Ikan Nila Sistem Bioflok Pada Kelompok Usaha Bersama. *Jurnal Abdi Insani*, 9(4), 1830–1838. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v9i4.797>
- Nugraha, S., Huriyah, S. B., and Mulyani, R. (2022). Pengaruh Sistem Bioflok dan Penambahan Chlorella sp. terhadap Kualitas Air pada Pemeliharaan Larva Ikan Lele. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perikanan Dan Budidaya Perairan*, 17(1), 39–47. <https://doi.org/10.31851/jipbp.v17i2.8334>
- Nurkadaria, S., Umngelo, S. R., Loji, S. S., Payung, D., Sasole, U., and Puspitasari, A. W. (2023). Ketahanan Lapar Benih Ikan Lele (*Clarias* sp.). *Jurnal Salamata*, 5(1), 37. <https://doi.org/10.15578/salamata.v5i1.12809>
- Pariakan, A., and Rahim. (2021). Karakteristik kualitas air dan keberadaan bakteri Vibrio sp. pada wilayah tambak udang tradisional di Pesisir Wundulako dan Pomalaa Kolaka. *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research*, 5(3), 547–556. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2021.005.03.5>
- Pratama, I., Talaha, R., Rijal, M. A., and SusyLOWATI, D. (2022). Respon Pertumbuhan Dan Daya Tahan Tubuh Benih Ikan Mas Rajadanu (*Cyprinus Carpio* L) Yang Diberi Probiotik Terhadap Infeksi Aeromonas Hydrophila. *Sainteks*. <https://doi.org/10.30595/sainteks.v19i1.13288>
- Pratiwi, N. T. M., Hariyadi, S., Ayu, I. P., Apriadi, T., Iswantari, A., and Wulandari, D. Y. (2019). Pengelolaan Kandungan Bahan Organik pada Limbah Cair Laboratorium ProtingMSP-IPB dengan Berbagai Kombinasi Agen Bioremediasi. *Jurnal Biologi Indonesia*, 15(1), 89–95. <https://doi.org/10.47349/jbi/15012019/89>
- Prihatini, E. S., and Febrianto, Y. (2021). PEMBERIAN PERSENTASE PROTEIN YANG BERBEDA DALAM PAKAN UNTUK KELANGSUNGAN HIDUP DAN

PERTUMBUHAN IKAN LELE SANGKURIANG. *TECHNO-FISH*, 5(1).
<https://doi.org/10.25139/tf.v5i1.3217>

- Rahardja, B. S., Wijaya, O., and Prayogo, P. (2014). Pengaruh Padat Tebar Ikan Lele Terhadap Laju Pertumbuhan dan Survival Rate Pada Sistem Akuaponik [The Effect Of Stocking Density On Survival Rate and Grow Rate Of Aquaponic System]. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 6(1), 55–58. <https://doi.org/10.20473/jipk.v6i1.11382>
- Rasidi, R. (2013). MENGENAL JENIS-JENIS CACING LAUT DAN PELUANG BUDIDAYANYA UNTUK PENYEDIAAN PAKAN ALAMI DI PEMBENIHAN UDANG. *Media Akuakultur*, 8(1), 57. <https://doi.org/10.15578/ma.8.1.2013.57-62>
- Riadhi, L., Rivai, M., and Budiman, F. (2017). Sistem Pengaturan Oksigen Terlarut Menggunakan Metode Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroler Teensy Board. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.26014>
- Salamah, S., and Zulpikar, Z. (2020). Pemberian probiotik pada pakan komersil dengan protein yang berbeda terhadap kinerja ikan lele (*Clarias sp.*) menggunakan sistem bioflok. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 7(1), 21. <https://doi.org/10.29103/aa.v7i1.2388>
- Saparudin, F. A., Chee, T. C., Ghafar, A. S. A., Majid, H. A., and Katiran, N. (2019). Wireless water quality monitoring system for high density aquaculture application. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 13(2), 507. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v13.i2.pp507-513>
- Sulaiman, P. S., Rachmawati, P. F., Puspasari, R., and Wiadnyana, N. N. (2020). Upaya Pencegahan Dan Penanggulangan Kematian Massal Ikan Di Danau Dan Waduk. *Jurnal Kebijakan Perikanan Indonesia*, 12(2), 59. <https://doi.org/10.15578/jkpi.12.2.2020.59-73>
- Supono. (2015). *Manajemen Lingkungan untuk Akuakultur*. Yogyakarta: Plantaxia.
- Suratno, S., and Putra, D. F. (2022). Pengendalian Ektoparasit Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias sp*) Dengan Konsentrasi Oksigen Terlarut Sebagai Faktor Pembatas. *Jurnal Vokasi Ilmu-Ilmu Perikanan (Jvip)*, 2(2), 32. <https://doi.org/10.35726/jvip.v2i2.597>
- Telaumbanua, B. V., Telaumbanua, P. H., Lase, N. K., and Dawolo, J. (2023). Penggunaan Probiotik Em4 Pada Media Budidaya Ikan: Review. *TRITON: Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan*, 19(1), 36–42. <https://doi.org/10.30598/tritonvol19issue1page36-42>
- Wahyuningsih, S., and Gitarama, A. M. (2020). Amonia Pada Sistem Budidaya Ikan. *Syntax Literate; Jurnal Ilmiah Indonesia*, 5(2), 112. <https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v5i2.929>