

Peran Mikroorganisme dalam Peningkatan Kesuburan Tanah dan Produktivitas Pertanian: Kajian Literatur

Wince Amsyah Natalia Zai ^{1*}, Natalia Kristiani Lase ²

¹⁻² Universitas Nias, Indonesia

Email: wincezay@gmail.com

Alamat: Jl. Yos Sudarso Ujung 118, Gunungsitoli, Sumatera Utara

Korespondensi penulis: wincezay@gmail.com ^{1*}, natalialase16@gmail.com ²

Abstract. *This research aims to explore the role of soil microorganisms in improving soil fertility and agricultural productivity to support sustainable agriculture. Using the literature review method, various scientific literatures were analyzed to identify the potential, challenges, and optimization strategies of microorganism technology. Microorganisms such as Nitrobacter, Streptomyces sp. and Trichoderma sp. play significant roles in nitrogen cycling, organic matter decomposition and plant pathogen control. In addition to naturally improving soil nutrition, these microorganisms also support agricultural efficiency by reducing dependence on synthetic chemical fertilizers and pesticides. However, the adoption of this technology faces obstacles, such as farmers' lack of knowledge and limited access to quality products. Therefore, strategic steps are needed in the form of training programs, extension, and policy development to support the implementation of microorganism-based technologies. In the context of climate change, microorganisms also contribute to greenhouse gas mitigation and increase crop tolerance to abiotic stress. The results of this study emphasize the importance of microorganisms as a sustainable solution to the challenges of modern agriculture, as well as the need for collaboration between various parties to increase the capacity of farmers in implementing this technology.*

Keywords: *soil microorganisms, soil fertility, sustainable agriculture, biological control, climate change.*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi peran mikroorganisme tanah dalam meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas pertanian guna mendukung pertanian berkelanjutan. Dengan metode tinjauan pustaka, berbagai literatur ilmiah dianalisis untuk mengidentifikasi potensi, tantangan, dan strategi optimalisasi teknologi mikroorganisme. Mikroorganisme seperti Nitrobacter, Streptomyces sp., dan Trichoderma sp. memainkan peran signifikan dalam siklus nitrogen, penguraian bahan organik, dan pengendalian patogen tanaman. Selain meningkatkan nutrisi tanah secara alami, mikroorganisme ini juga mendukung efisiensi pertanian dengan mengurangi ketergantungan terhadap pupuk dan pestisida kimia sintetis. Namun, adopsi teknologi ini menghadapi kendala, seperti kurangnya pengetahuan petani dan akses terbatas terhadap produk berkualitas. Oleh karena itu, diperlukan langkah strategis berupa program pelatihan, penyuluhan, dan pengembangan kebijakan untuk mendukung implementasi teknologi berbasis mikroorganisme. Dalam konteks perubahan iklim, mikroorganisme juga berkontribusi pada mitigasi gas rumah kaca dan meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman abiotik. Hasil kajian ini menegaskan pentingnya mikroorganisme sebagai solusi berkelanjutan bagi tantangan agrikultur modern, serta perlunya kolaborasi berbagai pihak untuk meningkatkan kapasitas petani dalam penerapan teknologi ini.

Kata Kunci: mikroorganisme tanah, kesuburan tanah, pertanian berkelanjutan, pengendalian hayati, perubahan iklim.

1. PENDAHULUAN

Peran mikroorganisme dalam mendukung kesuburan tanah dan meningkatkan produktivitas pertanian telah menjadi fokus perhatian dalam dekade terakhir. Kesadaran global akan dampak negatif dari penggunaan pupuk dan pestisida kimia sintetis yang berlebihan telah mendorong eksplorasi solusi alternatif yang lebih berkelanjutan (Saputro, 2023). Pendekatan berbasis biologi, khususnya pemanfaatan mikroorganisme tanah yang bermanfaat, kini

dianggap sebagai strategi yang menjanjikan untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan sistem pertanian modern (Prospect of Utilization of Microorganisms *Streptomyces* sp. and *Trichoderma* sp. in Supporting Sustainable Agriculture in the Age of Modern Agriculture, 2021).

Berbagai jenis mikroorganisme tanah, seperti *Nitrobacter*, *Streptomyces* sp., dan *Trichoderma* sp., diketahui memiliki peran signifikan dalam mendukung produktivitas tanaman dan keberlanjutan ekosistem tanah. *Nitrobacter*, misalnya, terlibat dalam proses nitrifikasi, di mana nitrogen diubah menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman, sehingga meningkatkan penyerapan nutrisi (Saputro, 2023). Sementara itu, *Streptomyces* sp. dan *Trichoderma* sp. telah diidentifikasi sebagai agen hayati yang efektif dalam menekan perkembangan patogen tanaman, sekaligus berkontribusi pada peningkatan kesehatan tanah dan ketahanan tanaman (Prospect of Utilization of Microorganisms *Streptomyces* sp. and *Trichoderma* sp. in Supporting Sustainable Agriculture in the Age of Modern Agriculture, 2021).

Selain perannya dalam mengendalikan patogen, mikroorganisme ini juga mampu menguraikan bahan organik dan mengkonversinya menjadi unsur hara yang esensial bagi pertumbuhan tanaman. Proses dekomposisi ini merupakan elemen kunci dalam mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia sintetis, sehingga mendukung implementasi pertanian berbasis organik yang lebih ramah lingkungan (Khasani, 2010; Ulfa et al., 2019).

Namun demikian, adopsi teknologi mikroorganisme dalam praktik pertanian belum optimal di tingkat petani. Salah satu kendala utama adalah minimnya pemahaman dan keterampilan petani dalam mengelola mikroorganisme tanah secara efektif (Kuncoro & Syah, 2021; Wisnubroto, 2023). Oleh karena itu, diperlukan langkah strategis berupa program pelatihan, penyuluhan, dan penyebaran informasi berbasis bukti ilmiah untuk meningkatkan kapasitas petani dalam memanfaatkan teknologi berbasis mikroorganisme ini (Kuncoro & Syah, 2021; Ulfa et al., 2019).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan dengan mengusung judul "Pemanfaatan Mikroorganisme dalam Meningkatkan Kesuburan Tanah dan Produktivitas Pertanian untuk Mendukung Sistem Pertanian Berkelanjutan". Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi mikroorganisme, mengidentifikasi kendala, serta menyusun strategi optimalisasi teknologi berbasis mikroorganisme dalam mendukung keberlanjutan pertanian.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode tinjauan pustaka yang bertujuan untuk mengkaji secara mendalam peran mikroorganisme dalam meningkatkan kesuburan tanah dan

produktivitas pertanian serta mengidentifikasi tantangan dan strategi pengoptimalannya. Metode ini melibatkan analisis literatur yang relevan dari jurnal-jurnal ilmiah terindeks dan sumber tepercaya lainnya yang membahas topik terkait mikroorganisme tanah, seperti *Nitrobacter*, *Streptomyces* sp., dan *Trichoderma* sp.. Proses pengumpulan data dilakukan dengan mengidentifikasi penelitian terdahulu yang berfokus pada peran mikroorganisme dalam siklus hara, pengendalian hayati, dan dampaknya terhadap efisiensi pertanian berkelanjutan (Khasani, 2010; Saputro, 2023).

Analisis literatur dilakukan secara sistematis, dimulai dengan pencarian data menggunakan kata kunci spesifik, seperti "mikroorganisme tanah", "kesuburan tanah", "pertanian berkelanjutan", dan "pengendalian hayati" melalui basis data ilmiah seperti Scopus, SpringerLink, dan Google Scholar. Artikel-artikel yang terpilih dievaluasi berdasarkan relevansi, metodologi yang digunakan, dan validitas hasil penelitian (Kuncoro & Syah, 2021; Ulfa et al., 2019). Selanjutnya, data yang diperoleh dikelompokkan ke dalam tema-tema tertentu, seperti peran mikroorganisme dalam siklus nitrogen, penguraian bahan organik, dan pengendalian patogen tanaman (Wisnubroto, 2023).

Untuk mendukung interpretasi hasil, penelitian ini juga mengintegrasikan data kuantitatif yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, yang diperoleh dari literatur yang dianalisis. Dengan demikian, metode tinjauan pustaka ini tidak hanya memungkinkan pemahaman yang komprehensif terhadap topik yang dikaji, tetapi juga memberikan dasar yang kuat untuk menyusun rekomendasi yang aplikatif dalam mendukung sistem pertanian berkelanjutan berbasis mikroorganisme ("Prospect of Utilization of Microorganisms *Streptomyces* sp. and *Trichoderma* sp. in Supporting Sustainable Agriculture in the Age of Modern Agriculture", 2021).

3. HASIL PEMBAHASAN

Peran Mikroorganisme dalam Meningkatkan Kesuburan Tanah

Mikroorganisme tanah, seperti *Nitrobacter*, *Streptomyces* sp., dan *Trichoderma* sp., memainkan peran penting dalam meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas pertanian ("Prospect of Utilization of Microorganisms *Streptomyces* sp. and *Trichoderma* sp. in Supporting Sustainable Agriculture in the Age of Modern Agriculture", 2021). *Nitrobacter* berperan dalam proses nitrifikasi, yaitu konversi amonia menjadi nitrat, bentuk nitrogen yang dapat diserap oleh tanaman ("Prospect of Utilization of Microorganisms *Streptomyces* sp. and *Trichoderma* sp. in Supporting Sustainable Agriculture in the Age of Modern Agriculture", 2021). Nitrogen merupakan salah satu unsur makro esensial yang sangat dibutuhkan untuk

pertumbuhan tanaman, sehingga keberadaan *Nitrobacter* membantu meningkatkan ketersediaan nitrogen secara alami di dalam tanah ("Prospect of Utilization of Microorganisms *Streptomyces* sp. and *Trichoderma* sp. in Supporting Sustainable Agriculture in the Age of Modern Agriculture", 2021).

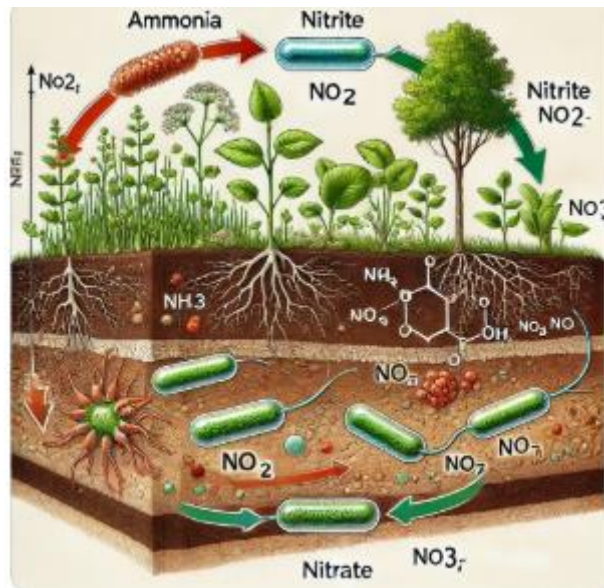
Di sisi lain, *Streptomyces* sp. dan *Trichoderma* sp. dikenal sebagai agen hayati yang efektif dalam mengendalikan patogen tanaman ("Prospect of Utilization of Microorganisms *Streptomyces* sp. and *Trichoderma* sp. in Supporting Sustainable Agriculture in the Age of Modern Agriculture", 2021). *Streptomyces* sp. menghasilkan metabolit sekunder yang bersifat antibiotik, sedangkan *Trichoderma* sp. berkompetisi dengan patogen untuk ruang dan nutrisi, sekaligus memproduksi enzim lisozim yang dapat mendegradasi dinding sel patogen ("Prospect of Utilization of Microorganisms *Streptomyces* sp. and *Trichoderma* sp. in Supporting Sustainable Agriculture in the Age of Modern Agriculture", 2021).

Selain itu, mikroorganisme tanah lainnya, seperti bakteri pelarut fosfat (BPF) dan bakteri penambat nitrogen, juga berpotensi untuk meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas pertanian (Saputri et al., 2021; Hefdiyah, 2023). BPF dapat melarutkan fosfat yang terikat di dalam tanah menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman (Hefdiyah, 2023), sedangkan bakteri penambat nitrogen dapat meningkatkan ketersediaan nitrogen di dalam tanah (Saputri et al., 2021).

Penggunaan mikroorganisme sebagai agen hayati dan pupuk hayati telah terbukti efektif dalam meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas pertanian (Hudha et al., 2022; Supartono et al., 2023; Dewi, 2024). Melalui kegiatan pelatihan dan pendampingan, petani dapat memanfaatkan potensi mikroorganisme lokal untuk membuat pupuk organik dan biopestisida yang ramah lingkungan (Hudha et al., 2022; Supartono et al., 2023; Dewi, 2024).

Selain itu, peran penyuluh pertanian juga penting dalam memperkenalkan dan mendorong adopsi teknologi berbasis mikroorganisme di kalangan petani ("Eksistensi Penyuluh Pertanian Dan Tingkat Adopsi Teknologi Dalam Peningkatan Produktivitas Padi Sawah di Kabupaten Deli Serdang", 2023; Nurida, 2024; Descartes et al., 2021). Penyuluh dapat berperan sebagai fasilitator, mediator, komunikator, dan konsultan dalam membantu petani mengakses dan menerapkan teknologi pertanian yang berkelanjutan (Nurida, 2024; Descartes et al., 2021).

Dengan demikian, pemanfaatan mikroorganisme tanah yang efektif, didukung oleh peran penyuluh pertanian, dapat menjadi solusi dalam meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas pertanian yang berkelanjutan.



Gambar 1. Proses nitrifikasi oleh Nitrobacter yang mendukung siklus nitrogen alami di tanah.

Selain itu, penguraian bahan organik oleh mikroorganisme tanah berperan penting dalam siklus karbon. Mikroorganisme menguraikan residu tanaman dan bahan organik lainnya menjadi humus, yang tidak hanya menyediakan nutrisi bagi tanaman tetapi juga meningkatkan struktur tanah. Hal ini ditunjukkan dalam Tabel 1, yang merangkum kontribusi mikroorganisme terhadap peningkatan kandungan bahan organik tanah.

Mikroorganisme	Peran Utama	Efek pada Tanah
<i>Nitrobacter</i>	Nitrifikasi	Meningkatkan ketersediaan nitrogen
<i>Streptomyces sp.</i>	Produksi antibiotik dan pengendalian hayati	Mengurangi populasi patogen tanaman
<i>Trichoderma sp.</i>	Kompetisi dan degradasi enzimatis	Meningkatkan ketahanan tanaman

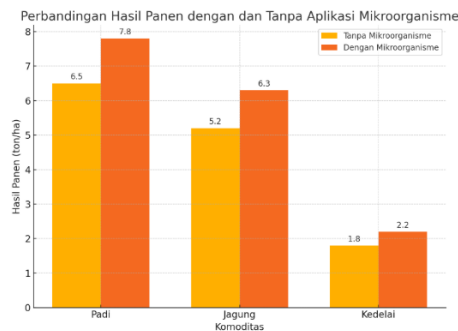
Mikroorganisme dan Efisiensi Pertanian Berkelanjutan

Implementasi mikroorganisme dalam pertanian berkelanjutan memegang peranan penting untuk mengurangi penggunaan input kimia sintetis yang berlebihan. Pupuk hayati berbasis mikroorganisme, seperti inokulan *Streptomyces sp.* dan *Trichoderma sp.*, terbukti mampu menggantikan sebagian fungsi pestisida dan pupuk kimia tanpa mengurangi produktivitas tanaman. Hal ini diungkapkan dalam studi oleh Ulfa et al. (2019), yang menunjukkan bahwa aplikasi inokulan berbasis mikroorganisme mampu meningkatkan hasil panen hingga 20% dibandingkan perlakuan tanpa inokulan.

Tabel 2, ditunjukkan perbandingan hasil panen beberapa komoditas pertanian dengan dan tanpa aplikasi mikroorganisme.

Komoditas	Tanpa Mikroorganisme (ton/ha)	Dengan Mikroorganisme (ton/ha)	Peningkatan (%)
Padi	6,5	7,8	20
Jagung	5,2	6,3	21
Kedelai	1,8	2,2	22

Berikut adalah grafik yang menunjukkan perbandingan hasil panen beberapa komoditas (Padi, Jagung, dan Kedelai) dengan dan tanpa aplikasi mikroorganisme berdasarkan data dari Tabel 2.



Gambar 2 .Grafik perbandingan hasil panen dengan dan tanpa aplikasi mikroorganisme.

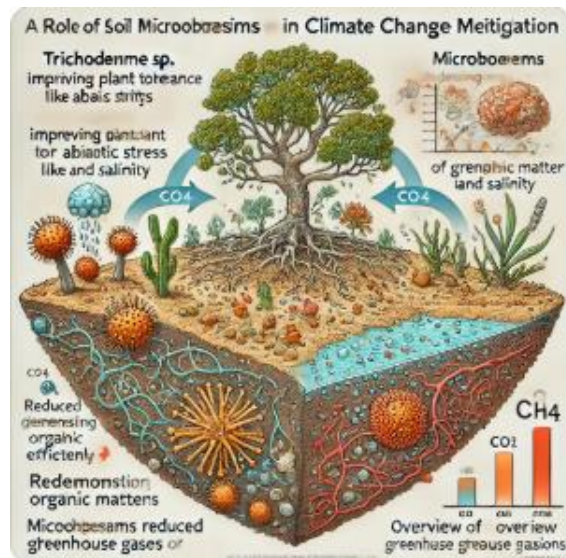
Kendala dan Strategi Implementasi Teknologi Mikroorganisme

Meskipun memiliki potensi besar, adopsi teknologi berbasis mikroorganisme oleh petani masih menghadapi beberapa kendala. Salah satu kendala utama adalah rendahnya tingkat pengetahuan dan keterampilan petani dalam mengelola inokulan mikroorganisme secara tepat (Kuncoro & Syah, 2021). Selain itu, kurangnya akses terhadap produk mikroorganisme yang berkualitas di pasaran juga menjadi hambatan signifikan.

Untuk mengatasi kendala tersebut, strategi peningkatan kapasitas petani perlu dilakukan melalui program pelatihan dan penyuluhan. Program ini harus mencakup informasi tentang manfaat mikroorganisme, cara aplikasi yang tepat, dan teknik pengelolaan lahan yang mendukung aktivitas mikroorganisme tanah. Studi kasus yang dilakukan di Jawa Tengah oleh Wisnubroto (2023) menunjukkan bahwa pelatihan intensif selama satu musim tanam mampu meningkatkan adopsi teknologi mikroorganisme hingga 35%.

Mikroorganisme dalam Konteks Perubahan Iklim

Dalam menghadapi tantangan perubahan iklim, mikroorganisme tanah juga memiliki peran penting. *Trichoderma* sp. misalnya, diketahui mampu meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman abiotik seperti kekeringan dan salinitas. Selain itu, mikroorganisme juga berkontribusi pada mitigasi emisi gas rumah kaca melalui dekomposisi bahan organik yang lebih efisien, sebagaimana dilaporkan oleh Saputro (2023).



Gambar 3, ditunjukkan mekanisme kontribusi mikroorganisme terhadap mitigasi perubahan iklim.

4. KESIMPULAN

Hasil pembahasan ini menunjukkan bahwa mikroorganisme tanah memiliki peran multifungsi dalam mendukung keberlanjutan pertanian, mulai dari peningkatan kesuburan tanah hingga pengendalian hayati dan mitigasi perubahan iklim. Namun, implementasi teknologi berbasis mikroorganisme membutuhkan dukungan kebijakan yang kuat, program edukasi berkelanjutan, dan akses terhadap produk yang berkualitas untuk memastikan adopsi yang lebih luas di kalangan petani.

DAFTAR PUSTAKA

- Descartes, D., Harianto, H., & Falatehan, F. (2021). Penyuluhan pertanian dan pengaruhnya terhadap pendapatan usahatani di gapoktan rotoran jaya, rotoran, cilincing, provinsi dki jakarta. *Jurnal Ekonomi Pertanian Dan Agribisnis*, 5(2), 390-403. <https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2021.005.02.10>
- Dewi, M. (2024). Aplikasi teknologi pembuatan pupuk organik dan pupuk hayati (biofertilizer) sebagai upaya pemanfaatan limbah dan produksi pertanian yang berkelanjutan. *Jurnal Abdimas Indonesia*, 4(2), 186-193. <https://doi.org/10.53769/jai.v4i2.636>
- Hefdiyah, H. (2023). Isolasi, enumerasi, dan karakterisasi bakteri pelarut fosfat (bpf) indigenus tanah desa kebun sumenep sebagai agen pupuk hayati organik. *Jurnal Biosilampari Jurnal Biologi*, 5(2), 133-142. <https://doi.org/10.31540/biosilampari.v5i2.1972>
- Hudha, M., Pandji, R., & H.R., Z. (2022). Pembuatan dekomposer alami dengan variasi perbandingan limbah sumber bakteri dan waktu fermentasi. *Prosiding Seniati*, 6(2), 438-443. <https://doi.org/10.36040/seniati.v6i2.5039>

- Khasani, I. (2010). Pemanfaatan bioteknologi berbasis mikroorganisme guna mendukung peningkatan produktivitas perikanan nasional. *Media Akuakultur*, 5(1), 22. <https://doi.org/10.15578/ma.5.1.2010.22-31>
- Kuncoro, S. and Syah, A. (2021). Pelatihan pembuatan mikro organisme lokal (mol) upaya pengembangan sdm desa tanjung agung. *Buguh Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(3). <https://doi.org/10.23960/buguh.v1n3.209>
- Laoli, D., Susanti, N. M., Tillah, R., Telaumbanua, B. V., Zebua, R. D., Dawolo, J., ... & Zega, A. (2024). Efektivitas Bahan Alami Sebagai Agen Antimikroba Dalam Pengobatan Penyakit Ikan Air Tawar: Tinjauan Literatur. *Zoologi: Jurnal Ilmu Peternakan, Ilmu Perikanan, Ilmu Kedokteran Hewan*, 2(2), 84-97.
- Laoli, D., Zebua, O., & Zega, A. (2024). Budidaya Maggot Bsf (Black Soldier Fly) Sebagai Pakan Alternatif Ikan Lele. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Multi Disiplin*, 1(2), 27-31.
- Laoli, D., Zebua, R. D., Telaumbanua, B. V., Dawolo, J., Zebua, O., & Zega, A. (2024). Potensi Ekstrak Daun Keji Beling (*Sericocalyx Crispus*) Sebagai Agen Antimikroba Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Edwardsiella Tarda* Pada Ikan. *Jurnal Sumber Daya Akuatik*, 1(1), 1-6.
- Ndraha, A. B., Waruwu, E., & Zega, A. (2024). Dinamika Pelayanan Publik Di Bkpsdm Kota Gunungsitoli: Analisis Terhadap Prosedur Kendala Dan Rapat Evaluatif. *Jurnal Ilmu Ekonomi, Pendidikan Dan Teknik*, 1(2), 32-29.
- Neneng, I. S., & Zega, A. (2024). Analisis Kepuasan Pelanggan Dalam Memilih Minimarket Di Kecamatan Sipora Utara. *Jurnal Ilmu Ekonomi Dan Bisnis*, 1(1), 1-7.
- Nurida, N. (2024). Peran penyuluh pertanian dalam pendampingan petani milenial. *Jurnal Penyuluhan*, 20(01), 84-95. <https://doi.org/10.25015/20202444448>
- Saputri, K., Idiawati, N., & Sofiana, M. (2021). Isolasi dan karakterisasi bakteri penambat nitrogen dari rizosfer mangrove di kuala singkawang. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 4(2), 80. <https://doi.org/10.26418/lkuntan.v4i2.45316>
- Saputro, A. (2023). Pembuatan nitrobacter untuk pertanian berkelanjutan. *Jatimas Jurnal Pertanian Dan Pengabdian Masyarakat*, 3(2), 84-98. <https://doi.org/10.30737/jatimas.v3i2.5098>
- Sarumaha, H., Laoli, D., Zebua, R. D., Telaumbanua, B. V., Dawolo, J., & Zega, A. (2024). Pentingnya Domestikasi Ikan Untuk Mengatasi Kepunahan Spesies Ikan Lokal Di Kepulauan Nias. *Jurnal Sumber Daya Akuatik*, 1(1), 13-20.
- Supartono, T., Adhya, I., Hendrayana, Y., Pasha, L., Julianti, G., & Alimah, E. (2023). Penggunaan mikroorganisme lokal untuk peningkatan kualitas tanah. *Kumawula Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(1), 161. <https://doi.org/10.24198/kumawula.v6i1.42771>
- Susanti, N. M., Laoli, D., Zebua, O., Zega, A., Telaumbanua, B. V., & Sarumaha, H. (2024). Rumput Laut Yang Tumbuh Alami Di Pantai Barat Pulau Simeulue, Aceh, Indonesia: Faktor Zonasi Dan Jenis Rumput Laut. *Jurnal Sumber Daya Akuatik*, 1(1), 7-12.

- Syafrianti, D., & Zega, A. (2024). Dampak Pemanasan Global Terhadap Kesejahteraan Ternak Dan Produktifitas Di Kawasan Perdesaan. *Jurnal Ilmu Peternakan Indonesia*, 1(1), 1-7.
- Telaumbanua, B. V., Laoli, D., Zebua, R. D., Sarumaha, H., & Zega, A. (2024). Penerapan Pemanfaatan Sampah Cangkang Kepiting Demen Menjadi Alat Tangkap Gurita Dapat Meningkatkan Pengetahuan Inovasi Mahasiswa Dalam Berwira Usaha Melalui Pembelajaran Pada Mata Kuliah Biologi Perikanan Di Prodi Perikanan Tangkap Politeknik Kepulauan Simeulue. *Jurnal Sumber Daya Akuatik*, 1(1), 30-37.
- Telaumbanua, B. V., Laoli, D., Zebua, R. D., Zebua, O., Dawolo, J., & Zega, A. (2024). Implementasi Teknologi Genetika Untuk Konservasi Spesies Laut Terancam: Tinjauan Literatur Tentang Metode Dan Keberhasilan. *Manfish: Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Peternakan*, 2(2), 58-68.
- Tillah, R., Zega, A., Laoli, D., Telaumbanua, B. V., Zebua, R. D., & Sarumaha, H. (2024). Pengaruh Padat Tebar Yang Berbeda Terhadap Laju Pertumbuhan Dan Tingkat Kelulusan Hidup Pada Larva Ikan Kakap Putih Yang Dipelihara Di Keramba Jaring Apung Di Kecamatan Salang Kabupaten Simeulue. *Jurnal Sumber Daya Akuatik*, 1(1), 21-29.
- Ulfa, A., Akbar, M., Ali, M., & Akbar, J. (2019). Difusi produk bioteknologi “probiotik” untuk meningkatkan produksi ternak ruminansia di desa lelede kecamatan kediri, lombok barat. *Jurnal Gema Ngabdi*, 1(2), 56-64. <https://doi.org/10.29303/jgn.v1i2.17>
- Wisnubroto, M. (2023). Pemanfaatan mikroorganisme lokal berbasis bonggol pisang dalam upaya refungsionalisasi digester biogas di padukuhan grogol ix, parangtritis, kretek, bantul, yogyakarta. *Dinamisia Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 7(4), 949-954. <https://doi.org/10.31849/dinamisia.v7i4.15283>
- Zebua, O., Zega, A., Zebua, R. D., Laoli, D., Dawolo, J., & Telaumbanua, B. V. (2024). Krisis Biodiversitas Perairan: Investigasi Solusi Berbasis Komunitas Untuk Pemulihan Ekosistem Aquatik. *Manfish: Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Peternakan*, 2(2), 69-79.
- ZEGA, A., & Gea, A. S. A. . (2024). JITU (Fish Pinch Catch Profit) Surrounding Net Increases Male Mackerel Catch in Siofabanua Village, North Nias. *AQUACOASTMARINE: Journal of Aquatic and Fisheries Sciences* , 3(2), 64-71. <https://doi.org/10.32734/jafs.v3i2.16949>
- Zega, A., Gea, Y. V., Zebua, M. S., Ndraha, A. B., & Ferida, Y. (2024). Strategi Peningkatan Kesadaran Pajak Di Kalangan Generasi Muda Dalam Era Digital: Analisis Peran Teknologi Dan Pendidikan Menuju Indonesia Emas 2045. *Jurnal Ilmu Ekonomi, Pendidikan Dan Teknik*, 1(2), 11-22.
- Zega, A., Ndraha, A. B., Laoli, D., Zebua, R. D., & Telaumbanua, B. V. (2025). Designing and Managing Deep Sea Biodiversity. In *Technological Advancements for Deep Sea Ecosystem Conservation and Exploration* (pp. 99-128). IGI Global Scientific Publishing.
- Zega, A., Susanti, N. M., Tillah, R., Laoli, D., Telaumbanua, B. V., Zebua, R. D., ... & Gea, A. S. A. (2024). Strategi Inovatif Dalam Menghadapi Degradasi Ekosistem: Kajian Terbaru Tentang Peran Vital Hutan Mangrove Dalam Konservasi Lingkungan. *Zoologi: Jurnal Ilmu Peternakan, Ilmu Perikanan, Ilmu Kedokteran Hewan*, 2(2), 71-83.

- Zega, A., Telaumbanua, B. V., Laoli, D., & Zebua, R. D. (2023). Physical Water Quality Parameters In Boyo River Onowaembo Village, Gunungsitoli Subdistrict, Gunungsitoli City. *Jurnal Perikanan Tropis*, 10(2), 43-52.
- Zega, A., Zebua, R. D., Gea, A. S. A., Telaumbanua, B. V., Mendrofa, J. S., Laoli, D., ... & Zebua, O. (2024). Anatomi Ikan Kerapu (*Epinephelus* Sp.): Memahami Organ Dalam Tubuh Ikan Dan Posisinya. *Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan*, 15(1), 105-111.