

Komponen Utama Kesuburan Perairan Tambak Di Desa Pondong Baru Dengan Menggunakan Nilai Spektral Citra Drone

Ismail Fahmy Almadi¹, Muhammad Yusuf Ramadhan^{1*}, Andi Nikhlani¹

¹Program Studi Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Mulawarman

Email: yusufrmdhnn01@gmail.com

Submit : 29-05-2026

Revisi : 16-06-2026

Diterima : 21-06-2026

ABSTRACT

The productivity of brackish water aquaculture is often fluctuative due to suboptimal water quality and the difficulty of monitoring pond water fertility over large areas. This study aims to identify the main components of pond water fertility and to examine the relationship between RGB spectral values from drone imagery with nitrate and phosphate parameters. Image acquisition was carried out using a DJI Mavic 2 Pro drone at an altitude of 50 m, with 15 samples collected from three semi-intensive ponds in Pondong Baru Village, Kuaro District, Paser Regency. The measured parameters included brightness, temperature, salinity, pH, dissolved oxygen, turbidity, nitrate, and phosphate. Data analysis was performed using Principal Component Analysis (PCA) and linear regression. The results showed that two principal components (PCs) explain 87.1% of the data variation. PC1 is dominated by temperature (0.967), pH (0.912), brightness (0.882), and dissolved oxygen (0.851), while PC2 is dominated by phosphate (0.798) and nitrate (-0.637). Linear regression for phosphate showed $R^2 = 0.495$ (marginal significance), while nitrate was not significant ($R^2 = 0.033$). Drone imagery has the potential to be effective for monitoring pond water fertility, particularly for phosphate parameters.

Keywords: Drone imagery, Nitrate, PCA, Phosphate, Pond water fertility, RGB

ABSTRAK

Produktivitas budidaya air payau sering fluktuatif akibat kualitas air yang tidak optimal dan sulitnya pemantauan kesuburan perairan tambak pada lahan yang luas. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi komponen utama kesuburan perairan tambak dan menguji hubungan nilai spektral RGB citra drone dengan parameter nitrat dan fosfat. Pengambilan citra menggunakan drone DJI Mavic 2 Pro pada ketinggian 50 m dengan 15 sampel pada tiga tambak semi-intensif di Desa Pondong Baru, Kecamatan Kuaro, Kabupaten Paser. Parameter yang diukur meliputi kecerahan, suhu, salinitas, pH, oksigen terlarut, kekeruhan, nitrat, dan fosfat. Analisis data menggunakan Principal Component Analysis (PCA) dan regresi linier. Hasil penelitian menunjukkan terdapat dua komponen utama (PC) yang menjelaskan 87,1% variasi data. PC1 didominasi oleh suhu (0,967), pH (0,912), kecerahan (0,882), dan oksigen terlarut (0,851); PC2 didominasi oleh fosfat (0,798) dan nitrat (-0,637). Regresi linier fosfat menunjukkan $R^2 = 0,495$ (marginal signifikan), sedangkan nitrat tidak signifikan ($R^2 = 0,033$). Citra drone berpotensi efektif memantau kesuburan perairan tambak, terutama parameter fosfat.

Kata Kunci: Citra drone, Fosfat, Kesuburan perairan tambak, Nitrat, PCA, RGB

1 Pendahuluan

Permintaan pasar terhadap komoditas perikanan mendorong perkembangan budidaya air payau di Indonesia sangat pesat dalam tiga dekade terakhir (Chumaisaroh et al., 2021). Sektor budidaya perikanan Indonesia sendiri menunjukkan tren pertumbuhan yang konsisten, dengan produksi mencapai 16,87 juta ton pada tahun 2022, di mana kegiatan budidaya pembesaran air payau menjadi salah satu jenis usaha yang

mendominasi setelah budidaya rumput laut (Christiana et al., 2024). Lebih dari 50% kebutuhan produk perikanan dipenuhi melalui perikanan budidaya karena stok ikan di perairan dalam status tingkat pemanfaatan (penangkapan) sudah mendekati batas maksimum lestari fully exploited (Suhana, 2022). Produktivitas budidaya ikan bandeng, ikan kakap, dan udang di Kalimantan Timur mengalami fluktuasi signifikan dari tahun 2017 hingga 2024 (BPS, 2024).

Perkembangan produksi perikanan budidaya menuntut dukungan teknologi agar menjamin terjaganya keberhasilan produksi, salah satu faktor penting keberhasilan produksi budidaya tambak adalah sistem monitoring kualitas air (Baena-Navarro et al., 2025). Sistem monitoring kualitas air untuk memantau tingkat kesuburan perairan perlu dilakukan secara cepat, tepat, relatif mudah dan murah, di tengah tantangan luasnya areal lahan tambak yang memproduksi, sehingga perubahan ekosistem perairan dapat terdeteksi (Dewi et al., 2025). Peningkatan kadar nitrat dan fosfat yang tidak terkendali juga berisiko memicu eutrofikasi pada perairan budidaya, sehingga pemantauan dini terhadap kedua parameter tersebut menjadi penting bagi keberlanjutan produksi (Yusal et al., 2025). Drone mampu menghasilkan citra resolusi tinggi yang dapat digunakan untuk pemantauan kualitas air secara spasial pada wilayah tambak yang luas (Sandu et al., 2023; Basyuni et al., 2021). Morgan (2024) melakukan kajian hubungan antara jumlah plankton dan citra drone untuk menentukan status kesuburan perairan secara cepat dan efisien.

Metode pemantauan kualitas air dengan menggunakan teknologi drone dibutuhkan petambak yang memiliki lahan luas untuk menjaga kualitas air tambak. Teknologi ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi dan efektivitas pemantauan kualitas air bagi petambak. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi komponen utama dari parameter kesuburan perairan tambak di Desa Pondong Baru menggunakan nilai spektral RGB citra drone, serta menguji sejauh mana nilai spektral tersebut dapat memprediksi konsentrasi nitrat dan fosfat.

2 Metode Penelitian

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari hingga April 2026, bertempat di tambak semi-intensif Desa Pondong Baru, Kecamatan Kuaro, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur. Analisis laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Mulawarman, Samarinda.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Desa Pondong Baru, Kec. Kuaro, Kab. Paser

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan Penelitian

No.	Alat/Bahan	Fungsi
1	Drone DJI Mavic 2 Pro	Pengambilan citra udara tambak
2	Handheld pH ORP Temperature Meter	Pengukuran suhu dan pH air
3	Refraktometer	Pengukuran salinitas air
4	Spektrofotometer	Pengukuran kadar fosfat dan nitrat
5	Turbidimeter LUTRON TU-2016	Pengukuran kekeruhan air
6	ArcGIS Software	Ekstraksi nilai spektral RGB citra drone
7	NO ₃ & PO ₄ Test Kit	Uji kandungan nitrat dan fosfat

Prosedur Penelitian

Pengambilan citra dilakukan menggunakan drone DJI Mavic 2 Pro pada ketinggian 50 m di atas permukaan tambak. Sebanyak 15 titik sampel ditetapkan pada tiga tambak semi-intensif (Tambak 1, Tambak 2, dan Tambak 3). Pada setiap titik sampel dilakukan pengukuran parameter kualitas air secara langsung di lapangan. Sampel air untuk analisis nitrat dan fosfat diambil menggunakan botol sampel dan dianalisis di laboratorium menggunakan spektrofotometer berdasarkan SNI 6989-31:2021. Nilai spektral RGB pada setiap titik sampel diekstrak dari orthofoto citra drone menggunakan perangkat lunak ArcGIS.



Gambar 2. Foto udara Tambak 1 dengan titik pengambilan sampel (sampel 1–5)



Gambar 3. Foto udara Tambak 2 dan Tambak 3 dengan titik pengambilan sampel (sampel 6–15)

Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan dua metode, yaitu *Principal Component Analysis* (PCA) dan regresi linier berganda. PCA digunakan untuk mengidentifikasi komponen utama yang menjelaskan kesuburan perairan tambak, dengan uji kelayakan data menggunakan nilai Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) dan uji Bartlett. Regresi linier berganda digunakan untuk menguji hubungan antara nilai spektral RGB citra drone dengan konsentrasi fosfat dan nitrat.

3 Hasil Dan Pembahasan

Parameter Kualitas Air

Pengukuran parameter kualitas air dilakukan pada 15 titik sampel dari tiga tambak semi-intensif. Rangkuman statistik deskriptif hasil pengukuran disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran parameter kualitas air tambak

Parameter	Min	Max	Rata-rata	SD	Satuan	Baku Mutu
Kecerahan	21	47	32,5	8,2	Cm	>30
Suhu	28	31	29,5	0,9	°C	28-32
pH	6,9	8,5	7,9	0,5	-	7,5-8,5
Oksigen Terlarut	3,9	6,5	5,2	0,8	ppm	>4
Kekeruhan	12	48	28,4	11,3	NTU	<50
Fosfat	0,091	0,226	0,138	0,043	mg/L	0,1-0,3
Nitrat	0,102	0,146	0,121	0,012	mg/L	0,1-0,3

Nilai kecerahan berkisar antara 21–47 cm, sebagian besar berada pada kisaran optimal budidaya. Suhu perairan berkisar 28–31°C dan masih berada dalam rentang optimal pertumbuhan udang dan ikan bandeng. Nilai pH berkisar antara 6,9–8,5 sesuai dengan standar budidaya air payau. Oksigen terlarut berkisar 3,9–6,5 ppm, dan kekeruhan berkisar 12–48 NTU. Konsentrasi fosfat (0,091–0,226 mg/L) dan nitrat (0,102–0,146 mg/L) masih berada dalam kisaran yang mendukung produktivitas perairan tambak (Muhammad et al., 2023).

Nilai Spektral RGB Citra Drone

Nilai spektral RGB diekstrak dari *orthofoto citra drone DJI Mavic 2 Pro* menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Rata-rata nilai R, G, dan B pada semua sampel menunjukkan dominasi warna abu-abu kecokelatan, konsisten dengan kondisi perairan tambak yang keruh. Nilai R berkisar 119–167, nilai G berkisar 118–162, dan nilai B berkisar 100–169.

Principal Component Analysis (PCA)

Hasil pengukuran salinitas pada ketiga tambak menunjukkan nilai yang sama (*zero variance*), sehingga parameter ini dikeluarkan dari PCA. Parameter kekeruhan juga dikeluarkan karena nilai KMO awal hanya sebesar 0,351 (di bawah ambang batas 0,5). Rendahnya nilai KMO untuk kekeruhan konsisten dengan literatur yang menunjukkan bahwa nilai reflektansi RGB pada kondisi kekeruhan tinggi cenderung tidak stabil dan sulit dikorelasikan secara linear dengan parameter lain (Cui et al., 2022).

Setelah pemangkasan, analisis dilakukan dengan enam variabel: kecerahan, suhu, pH, oksigen terlarut, fosfat, dan nitrat. Nilai KMO akhir memenuhi syarat kelayakan. Hasil PCA disajikan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Eigenvalue dan proporsi variansi komponen utama

Komponen	Eigenvalue	Proporsi Variansi (%)	Kumulatif (%)
PC1	3,547	59,12	59,12
PC2	1,088	18,13	77,26
PC3	0,593	9,88	87,14

Tabel 4. *Loading factor* variabel pada komponen utama PC1 dan PC2

Variabel	PC1 (Loading)	PC2 (Loading)
Suhu	0,967	0,121
pH	0,912	0,213
Kecerahan	0,882	-0,109
Oksigen Terlarut	0,851	0,198
Fosfat	0,143	0,798
Nitrat	-0,212	-0,637

Uji kelayakan data menggunakan Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) dan Bartlett's Test of Sphericity untuk menentukan jumlah *principal component* (PC) yang dipertahankan. Analisis PCA dinyatakan layak apabila nilai KMO lebih dari 0,50 dan uji Bartlett menunjukkan nilai signifikansi $p < 0,05$. Nilai tersebut menunjukkan korelasi antarvariabel cukup kuat dan data dapat direduksi menjadi beberapa komponen utama (Adejuwon et al., 2025; Greenacre et al., 2022).

Hasil PCA diperoleh PC1 dengan nilai eigenvalue sebesar 3,547 yang mampu menjelaskan 59,12% variasi total data, sedangkan PC2 memiliki eigenvalue sebesar 1,088 dengan kontribusi 18,13%. Kedua komponen tersebut memiliki eigenvalue lebih besar dari 1, sehingga dipertahankan berdasarkan kriteria Kaiser, sedangkan PC3 memiliki eigenvalue sebesar 0,593 (<1) sehingga tidak dipilih karena kontribusinya relatif kecil terhadap variasi data. Komponen utama (PC1 dan PC2) telah mewakili sebagian besar informasi dari enam parameter kualitas air yang dianalisis (77,26%). Menurut Greenacre et al. (2022), proporsi variansi kumulatif di atas 70% umumnya telah memadai untuk menggambarkan struktur data multivariat.

PC1 berdasarkan nilai loading didominasi oleh suhu (0,967), pH (0,912), kecerahan (0,882), dan oksigen terlarut (0,851), sehingga komponen ini merepresentasikan kondisi fisikokimia perairan. PC2 memiliki loading tertinggi pada fosfat (0,798) dan nitrat (-0,637), yang menunjukkan bahwa komponen ini menggambarkan dimensi tingkat kesuburan perairan. Onibara (2025) mengungkapkan bahwa berdasarkan PCA Nitrat, Amonium dan TSS merupakan parameter yang memberikan kontribusi terbesar terhadap kualitas air.

Regresi Linier: Hubungan RGB dengan Nitrat dan Fosfat

Analisis regresi linier berganda dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan nilai spektral merah (R), hijau (G), dan biru (B) yang diperoleh dari citra drone sebagai prediktor

konsentrasi fosfat dan nitrat pada perairan tambak. Hasil analisis menunjukkan bahwa model regresi untuk fosfat memiliki nilai R^2 sebesar 0,495, F-statistic sebesar 3,594, dan p-value sebesar 0,050, sehingga model berada pada batas signifikansi pada taraf kepercayaan 95% (Tabel 5). Nilai tersebut menunjukkan bahwa 49,5% variasi konsentrasi fosfat dapat dijelaskan oleh kombinasi nilai RGB, sedangkan 50,5% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain (padatan tersuspensi, bahan organik terlarut, kondisi dasar perairan, maupun kondisi pencahayaan saat akuisisi citra).

Tabel 5. Ringkasan Hasil Regresi Linier Berganda

Parameter	R^2	F-stat	p-value	Keterangan
Fosfat	0,495	3,594	0,050	Signifikan*
Nitrat	0,033	0,124	0,944	Tidak Signifikan

Persamaan regresi fosfat yang terbentuk adalah: $\text{Fosfat} = -0,461 + 0,00428 \cdot R - 0,00549 \cdot G + 0,00271 \cdot B$. Koefisien regresi menunjukkan bahwa peningkatan nilai kanal merah (R) dan biru (B) cenderung meningkatkan prediksi konsentrasi fosfat, sedangkan peningkatan nilai kanal hijau (G) menurunkan prediksi konsentrasi fosfat. Variasi konsentrasi fosfat tidak terdeteksi secara langsung oleh sensor RGB, tetapi melalui perubahan karakteristik optik perairan. Perubahan tersebut dipengaruhi adanya fitoplankton, bahan organik, dan partikel tersuspensi yang mengubah pola reflektansi pada spektrum cahaya tampak. Sensor RGB pada wahana nirawak mampu menangkap perubahan warna permukaan air yang berkaitan dengan kualitas air, meskipun akurasinya masih dipengaruhi oleh kondisi atmosfer, pencahayaan, dan sifat optik masing-masing parameter kualitas air (Bai et al., 2024).

Menurut Wasehun et al., (2024) nilai RGB memiliki kemampuan yang cukup baik dalam memprediksi konsentrasi fosfat. Fosfor, klorofil-a, padatan tersuspensi, dan bahan organik merupakan parameter kualitas air yang memengaruhi warna permukaan. Warna tersebut lebih mudah dimodelkan menggunakan informasi spektral dibandingkan parameter yang tidak memiliki karakteristik optik secara langsung. Integrasi data spektral dengan model statistik maupun pembelajaran mesin terbukti mampu meningkatkan kemampuan prediksi berbagai parameter kualitas air pada perairan darat dan tambak.

Model regresi untuk nitrat menghasilkan $R^2 = 0,033$ dengan p-value = 0,944 yang menunjukkan tidak terdapat hubungan linier yang signifikan antara nilai RGB dengan konsentrasi nitrat. Nilai R^2 yang sangat rendah menunjukkan bahwa hanya 3,3% variasi konsentrasi nitrat yang dapat dijelaskan oleh model regresi, sedangkan 96,7% variasi lainnya dipengaruhi oleh faktor di luar model. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai RGB belum mampu merepresentasikan perubahan konsentrasi nitrat pada lokasi penelitian.

Nitrat merupakan senyawa terlarut yang tidak memiliki sifat optik pada spektrum cahaya tampak, sehingga perubahan konsentrasinya tidak secara langsung memengaruhi reflektansi permukaan air yang direkam oleh kamera RGB. Konsentrasi nitrat umumnya hanya dapat diperkirakan secara tidak langsung menggunakan sensor multispektral dan hiperspektral yang memiliki resolusi spektral lebih tinggi. Zhang et al. (2023), merekomendasikan penggunaan sensor multispektral atau hiperspektral serta pendekatan pembelajaran mesin untuk meningkatkan akurasi estimasi parameter nutrisi, termasuk nitrat, pada perairan budidaya.

Sensor RGB berbasis drone lebih efektif untuk memprediksi parameter kualitas air yang berkaitan dengan perubahan sifat optik permukaan perairan dibandingkan parameter yang bersifat optik pasif seperti nitrat. Kamera RGB dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pemantauan kualitas air yang cepat, murah, dan non-destruktif, khususnya untuk parameter yang memengaruhi karakteristik warna air (Kwon et al., 2023). Pengembangan model yang menggabungkan data spektral dengan sensor multispektral atau hiperspektral serta pendekatan analisis yang lebih kompleks diperlukan untuk memperoleh estimasi parameter nutrisi di perairan dengan akurasi yang lebih tinggi.

4 Kesimpulan

Penggunaan citra drone menunjukkan potensi sebagai metode monitoring kualitas air tambak yang cepat, efisien, dan berbasis penginderaan jauh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa data RGB mampu memprediksi fosfat dengan kemampuan sedang ($R^2=0,495$). Fosfat dapat memengaruhi karakteristik optik perairan melalui perubahan produktivitas dan partikel tersuspensi. Prediksi nitrat masih rendah ($R^2=0,033$) karena nitrat tidak memiliki respons langsung terhadap cahaya tampak. Penggunaan drone berbasis sensor RGB sebagai alat pemantauan awal kualitas air tambak dan estimasi nutrisi terlarut memerlukan dukungan sensor multispektral atau metode analisis lanjutan.

Daftar Pustaka

- Adejuwon, E. O., Ogwueleka, T. C., Ogungbemi, E. O., Prabhu, R., Rendon-Nava, A., & Yates, K. (2025). Assessment of Surface Water Quality Using Chemometric Tools: A Case Study of Jabi Lake, Abuja, Nigeria. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 49(1), 829–852. <https://doi.org/10.1007/s40996-024-01712-2>
- Baena-Navarro, R., Carriazo-Regino, Y., Torres-Hoyos, F., & Pinedo-López, J. (2025). Intelligent Prediction and Continuous Monitoring of Water Quality in Aquaculture: Integration of Machine Learning and Internet of Things for Sustainable Management. *Water*, 17(1), 82. <https://doi.org/10.3390/w17010082>
- Bai, X., Wang, J., Chen, R., Kang, Y., Ding, Y., Lv, Z., Ding, D., & Feng, H. (2024). Research progress of inland river water quality monitoring technology based on unmanned aerial vehicle hyperspectral imaging technology. *Environmental Research*, 257,

119254. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119254>

- Basyuni, M., Bimantara, Y., & Amelia, R. (2021). *Mengenal Drone dalam Sistem Informasi Geografis dan Aplikasinya dalam Penelitian Kehutanan*. USU Press.
- BPS. (2024). *Produksi Perikanan Budidaya Menurut Komoditas Utama (Ton)*. Badan Pusat Staistik. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTUxMyMy/produksi-perikanan-budidaya-menurut-komoditas-utama.html>
- Chen, Y., Yao, K., Zhu, B., Gao, Z., Xu, J., Li, Y., Hu, Y., Lin, F., & Zhang, X. (2024). Water Quality Inversion of a Typical Rural Small River in Southeastern China Based on UAV Multispectral Imagery: A Comparison of Multiple Machine Learning Algorithms. *Water*, 16(4), 553. <https://doi.org/10.3390/w16040553>
- Christiana, D. W., Pairunan, R., & Ibrahim, L. K. J. (2024). *Menuju Hilirisasi Sektor Perikanan Indonesia yang Kuat dan Berkelanjutan*. World Resources Institute (WRI) Indonesia. World Resources Institute (WRI) Indonesia. <https://wri-indonesia.org/id/wawasan/menuju-hilirisasi-sektor-perikanan-indonesia-yang-kuat-dan-berkelanjutan>
- CHUMAISAROH, D. A., Widiastuti, N. A., & Kusumodestoni, R. H. (2021). *Monitoring Produktivitas Nauplius Vanammei Dengan Fuzzy C-Means Pada BBPBAP Jepara*. UNIVERSITAS ISLAM NAHDLATUL ULAMA JEPARA.
- Cui, M., Sun, Y., Huang, C., & Li, M. (2022). Water Turbidity Retrieval Based on UAV Hyperspectral Remote Sensing. *Water*, 14(1), 128. <https://doi.org/10.3390/w14010128>
- Dewi, N. N. (2025). Analisis Kualitas Perairan Berdasarkan Tingkat Kesuburan dan Status Pencemaran Air Pesisir Bomo, Banyuwangi, Indonesia. *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research*, 9(3). <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2025.009.03.4>
- Greenacre, M., Groenen, P. J. F., Hastie, T., D'Enza, A. I., Markos, A., & Tuzhilina, E. (2022). Principal component analysis. *Nature Reviews Methods Primers*, 2(1), 100. <https://doi.org/10.1038/s43586-022-00184-w>
- Kwon, D. Y., Kim, J., Park, S., & Hong, S. (2023). Advancements of remote data acquisition and processing in unmanned vehicle technologies for water quality monitoring: An extensive review. *Chemosphere*, 343, 140198. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.140198>
- Manurung Morgan, Ismail Fahmy Almadi, & Asfie Maidie. (2024). Hubungan Nilai Spektral Citra Drone dengan Kesuburan Plankton pada Tambak di Muara Badak Kabupaten Kutai Kartanegara. *Jurnal Aquawarman*, 10(1), 101–112.
- Muhammad, M., Musafira, F., & Khairunnisa, K. (2023). Analisis Kesuburan Perairan Di Krueg Geukuh, Aceh Utara Berdasarkan Sebaran Nitrat Dan Fosfat Terhadap Kelimpahan Fitoplankton. *Jurnal Kelautan dan Perikanan Indonesia*, 3(2), 66–78. <https://doi.org/10.24815/jkpi.v3i2.32738>
- Onibala, M., Thambas, A. H., & Riogilang, H. (2025). Analisis Kualitas Air Di Danau Tondano Menggunakan Evaluasi Temporal, WQI, CCME-WQI, DAN PCA. *Jurnal Sosial Teknologi*, 5(5). <https://doi.org/10.59188/jurnalsostech.v5i5.32095>
- Sandu, M. A., Virsta, A., Vasilescu, G., Iliescu, A. I., Ivan, I., Nicolae, C. G., Stoian, M., & Madjar, R. M. (2023). Water Quality Monitoring Of Moara Domnească Pond, Ilfov County, Using UAV-Based RGB Imaging. *AgroLife Scientific Journal*, 12(1), 191–201. <https://doi.org/10.17930/AGL2023122>
- Song, H., Mehdi, S. R., Li, Z., Wang, M., Wu, C., Venediktov, V. Y., & Huang, H. (2023). Investigating the rate of turbidity impact on underwater spectral reflectance detection. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1031869.

<https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1031869>

- Suhana. (2022). *Tingkat Pemanfaatan Ikan di WPPNRI Dominan Fully dan Over Exploited*. Literasi Ekonomi Kelautan. <https://suhana.web.id/2022/04/08/tingkat-pemanfaatan-ikan-di-wppnri-dominan-fully-dan-over-exploited/>
- Wasehun, E. T., Hashemi Beni, L., & Di Vittorio, C. A. (2024). UAV and satellite remote sensing for inland water quality assessments: A literature review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(3), 277. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-12342-6>
- Yusal, Muh. S., Hasyim, A., Hastuti, H., Arif, A., & Pratomo, R. H. S. (2025). Review Eutrofikasi: Risiko dalam Kesuburan Lingkungan Perairan dan Upaya Penanggulangannya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 24(1), 123–134. <https://doi.org/10.14710/jkli.67125>
- Zhang, Y., Jing, W., Deng, Y., Zhou, W., Yang, J., Li, Y., Cai, Y., Hu, Y., Peng, X., Lan, W., Peng, M., & Tang, Y. (2023). Water quality parameters retrieval of coastal mariculture ponds based on UAV multispectral remote sensing. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1079397. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1079397>