
ANALISIS KUALITAS AIR SUNGAI UNTUK PERTANIAN MENGGUNAKAN CITRA SENTINEL 2 DI KECAMATAN LAWANG KABUPATEN MALANG

Nanang Subadar¹, Achmad Maulana Malik Jamil², Endang Surjati³

^{1,2,3}Universitas PGRI Kanjuruhan Malang

Email: nsubadar@gmail.com¹, maulana3188@unikama.ac.id², surjati@unikama.ac.id³

Abstrak: Penurunan kualitas dan kuantitas air sungai di Kecamatan Lawang menjadi isu penting dalam mendukung ketahanan pangan, khususnya pada sektor pertanian padi. Sungai-sungai kecil yang sebelumnya berfungsi sebagai sumber irigasi utama kini mengalami fluktuasi debit serta indikasi pencemaran yang mengancam keberlanjutan sistem pertanian. Aktivitas domestik, pertanian, serta perubahan tata guna lahan turut memperburuk kondisi air, yang berdampak langsung pada produktivitas hasil panen. Oleh karena itu, diperlukan metode pemantauan air yang efisien dan mampu menjangkau wilayah yang luas, sehingga informasi kondisi air dapat diperoleh secara cepat dan akurat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas air sungai di Kecamatan Lawang dengan memanfaatkan data citra satelit Sentinel-2 serta pengukuran langsung di lapangan. Metode yang digunakan meliputi analisis NDWI (Normalized Difference Water Index) berbasis citra Sentinel-2 yang diproses menggunakan Google Earth Engine, serta pengambilan data parameter fisik dan kimia air seperti pH, suhu, TDS, dan debit air di lima titik pengamatan. Pemilihan titik dilakukan secara purposive untuk merepresentasikan kondisi hulu, tengah, dan hilir dari aliran sungai yang dimanfaatkan untuk irigasi. Analisis dilakukan secara deskriptif dan dibandingkan dengan baku mutu air irigasi sesuai PP No. 22 Tahun 2021. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai NDWI bervariasi antara -0,05 hingga 0,48 yang mengindikasikan keberadaan dan distribusi air permukaan secara spasial. Parameter pH, suhu, dan TDS masih berada dalam ambang batas yang sesuai untuk pertanian, meskipun terdapat titik-titik yang mendekati batas atas. Debit air menunjukkan variasi antar lokasi, dengan nilai tertinggi berada di hulu dan terendah di hilir. Citra Sentinel-2 terbukti mampu mendeteksi perubahan distribusi air secara cepat dan efisien. Oleh karena itu, integrasi data satelit dan pengukuran lapangan dapat menjadi dasar pengambilan keputusan dalam pengelolaan irigasi pertanian yang berkelanjutan.

Kata Kunci: NDWI, Sentinel-2, Kualitas Air, Pertanian Padi, Irigasi.

Abstract: The decline in both quality and quantity of river water in Lawang District has become a significant concern in supporting food security, especially in the rice farming sector. Small rivers, which previously served as the primary irrigation sources, are now experiencing fluctuating discharges and signs of contamination that threaten the sustainability of agriculture. Domestic activities, agricultural runoff, and land-use changes have contributed to the worsening water

conditions, directly impacting crop productivity. Therefore, an efficient water monitoring method capable of covering wide areas is urgently needed to quickly and accurately assess water quality. This study aims to analyze the quality of river water in Lawang District using Sentinel-2 satellite imagery and field measurements. The methods used include NDWI (Normalized Difference Water Index) analysis based on Sentinel-2 imagery processed via Google Earth Engine, and measurement of physical and chemical water parameters such as pH, temperature, TDS, and discharge at five sampling points. Sampling locations were selected purposively to represent upstream, midstream, and downstream conditions of the irrigation channels. The results were analyzed descriptively and compared with the irrigation water quality standards outlined in Government Regulation No. 22 of 2021. The findings show that NDWI values ranged from -0.05 to 0.48, indicating the presence and spatial distribution of surface water. Parameters such as pH, temperature, and TDS remained within acceptable thresholds for agriculture, although some points approached the upper limits. Water discharge varied across locations, with the highest found upstream and the lowest downstream. Sentinel-2 imagery proved effective in detecting surface water distribution changes quickly and accurately. Therefore, integrating satellite data and field measurements can provide a strong basis for sustainable irrigation water management decisions.

Keywords: NDWI, Sentinel-2, Water Quality, Rice Agriculture, Irrigation.

PENDAHULUAN

Kecamatan Lawang merupakan salah satu wilayah di Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur, yang terletak di kawasan dataran tinggi dengan ketinggian antara 800 hingga 1.200 meter di atas permukaan laut. Kondisi geografis ini menyebabkan Lawang memiliki iklim yang relatif sejuk dengan curah hujan tinggi, menjadikannya sebagai kawasan yang sangat potensial untuk pengembangan sektor pertanian, khususnya budidaya tanaman padi. Keunggulan iklim dan tanah yang subur telah menjadikan Kecamatan Lawang sebagai salah satu sentra agrikultur penting di wilayah Malang (*Badan Pusat Statistik Kabupaten Malang, 2024*).

Topografi wilayah Lawang yang dikelilingi oleh perbukitan dan pegunungan membentuk sistem aliran air permukaan yang alami melalui keberadaan anak-anak sungai. Sungai-sungai ini menjadi sumber utama irigasi yang menopang keberlanjutan sistem pertanian di kawasan tersebut. Keberadaan air permukaan sangat krusial bagi petani, terutama dalam menjaga kontinuitas tanam pada musim kemarau. Kualitas air irigasi berpengaruh langsung terhadap produktivitas pertanian,

sehingga pencemaran air sungai dapat berdampak signifikan terhadap hasil panen (Daramusseng & Syamsir, 2021).

Laporan dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Malang (2024) menunjukkan bahwa mayoritas penduduk Kecamatan Lawang menggantungkan mata pencahariannya pada sektor pertanian, dengan padi sebagai komoditas utama. Oleh karena itu, kualitas dan kuantitas air sungai menjadi faktor kunci dalam menjamin ketahanan pangan di tingkat lokal. Air irigasi yang tercemar oleh limbah rumah tangga, limbah pertanian, atau limbah industri dapat menyebabkan degradasi tanah dan penurunan hasil produksi. Kandungan zat berbahaya seperti logam berat, pestisida, dan senyawa kimia lainnya dalam air sungai dapat merusak kesuburan tanah dan mengganggu siklus pertumbuhan tanaman (Mahardika & Simanjuntak, 2022).

Salah satu permasalahan penting dalam pertanian padi adalah salinitas air yang tinggi. Menurut (Ramija & Manurung, 2022), tingginya konsentrasi garam, khususnya natrium, dapat menghambat kemampuan tanaman padi dalam menyerap air dan unsur hara, sehingga menurunkan hasil panen secara drastis hingga 60–70%. Selain itu, akumulasi logam berat dalam jaringan tanaman tidak hanya membahayakan lingkungan pertanian, tetapi juga menimbulkan risiko kesehatan bagi konsumen akhir.

Untuk menjamin keberlanjutan pertanian, sistem manajemen irigasi yang efektif perlu diterapkan. Irigasi teknis dan pompanisasi merupakan dua metode utama yang digunakan untuk mengatur distribusi air di lahan pertanian. Studi oleh (Aliudin & Saleh, 2020) menunjukkan bahwa penggunaan irigasi teknis lebih efisien dibandingkan pompanisasi, karena mampu mendistribusikan air secara merata dengan biaya operasional yang lebih rendah. Di sisi lain, sistem irigasi tradisional juga masih berperan penting selama dikelola dengan baik oleh masyarakat, sebagaimana dilaporkan dalam studi (Sari & M. Yazid, 2022).

Dalam konteks pengelolaan air irigasi yang berkelanjutan dan efisien, perkembangan teknologi penginderaan jauh seperti citra satelit Sentinel-2 menawarkan solusi inovatif. Teknologi ini memungkinkan pemantauan kualitas air secara spasial dan temporal dengan resolusi tinggi, serta mendeteksi perubahan lingkungan yang berpengaruh terhadap pertanian. Sentinel-2 dilengkapi dengan kanal-kanal spektral yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi parameter fisik dan kimia air seperti tingkat kekeruhan, suhu, dan keberadaan kontaminan (Daramusseng & Syamsir, 2021).

Kecamatan Lawang, dengan karakteristik geografisnya yang kaya akan sumber air permukaan, memiliki potensi besar dalam penerapan teknologi Sentinel-2 untuk analisis kualitas air sungai. Integrasi antara data penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG) akan memberikan gambaran menyeluruh mengenai kondisi dan dinamika air sungai, serta membantu pengambilan kebijakan berbasis data dalam rangka mendukung pertanian presisi. Dengan demikian, pemanfaatan data Sentinel-2 tidak hanya berperan dalam deteksi pencemaran, tetapi juga menjadi instrumen penting dalam perencanaan irigasi yang adaptif dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif spasial untuk menganalisis distribusi dan kualitas air sungai yang dimanfaatkan dalam sistem irigasi pertanian padi di Kecamatan Lawang, Kabupaten Malang. Pemilihan metode ini didasarkan pada kemampuan pendekatan spasial dalam menggambarkan fenomena geografis secara menyeluruh dan akurat, khususnya melalui pemanfaatan data penginderaan jauh. Citra satelit Sentinel-2 digunakan sebagai sumber utama dalam penelitian ini karena memiliki resolusi spasial yang tinggi serta spektrum kanal yang memungkinkan deteksi keberadaan air dengan lebih tepat. Kecamatan Lawang dipilih sebagai lokasi penelitian karena merupakan wilayah pertanian padi yang sangat bergantung pada pasokan air dari sistem daerah aliran sungai (DAS), sehingga wilayah ini menjadi representatif untuk mengkaji keterkaitan antara distribusi air sungai dan ketahanan pertanian padi.

Pengumpulan data dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer dikumpulkan melalui survei lapangan yang dilakukan di beberapa titik sungai yang mengalir lahan pertanian. Pengukuran lapangan mencakup parameter kualitas air seperti pH, suhu, Total Dissolved Solids (TDS), dan debit air. Pengumpulan data ini dilakukan dengan menggunakan instrumen digital seperti pH meter, thermometer digital, TDS meter, dan flow meter untuk memastikan akurasi pengukuran. Titik-titik pengambilan sampel ditentukan secara purposif berdasarkan observasi lapangan dan pertimbangan letak geografis yang mencakup bagian hulu, tengah, dan hilir sungai, guna memperoleh gambaran menyeluruh mengenai kondisi kualitas air yang mengalir ke lahan pertanian.

Sementara itu, data sekunder diperoleh dari citra satelit Sentinel-2 yang diakses melalui platform Google Earth Engine (GEE). Citra ini dipilih berdasarkan periode penelitian dan wilayah

kajian, kemudian diolah dengan menggunakan bahasa pemrograman JavaScript pada GEE. Proses pengolahan mencakup pemfilteran citra berdasarkan waktu dan batas administratif Kecamatan Lawang, serta perhitungan indeks vegetasi dan air, khususnya Normalized Difference Water Index (NDWI), yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan air permukaan. NDWI dihitung berdasarkan kanal hijau dan inframerah dekat (NIR) dari citra Sentinel-2. Nilai indeks ini memungkinkan pemetaan spasial wilayah yang memiliki kandungan air, termasuk badan sungai, irigasi, dan genangan.

Analisis data dilakukan secara bertahap, dimulai dengan pra-pemrosesan citra untuk koreksi atmosferik dan pemotongan wilayah agar sesuai dengan batas administratif kajian. Selanjutnya dilakukan perhitungan NDWI yang hasilnya kemudian divisualisasikan dalam bentuk peta distribusi air. Hasil dari citra ini divalidasi dengan data primer dari pengukuran lapangan guna memastikan akurasi deteksi air secara spasial. Proses validasi ini penting untuk mengukur kesesuaian antara data penginderaan jauh dan kondisi aktual di lapangan. Setelah itu dilakukan interpretasi spasial untuk memahami keterkaitan antara distribusi air sungai dan wilayah pertanian padi, serta mengidentifikasi area yang berpotensi mengalami kekurangan air atau penurunan kualitas. Hasil analisis ini kemudian digunakan sebagai dasar dalam merumuskan rekomendasi pengelolaan sumber daya air yang adaptif dan berkelanjutan, khususnya dalam mendukung produktivitas dan ketahanan pertanian padi di Kecamatan Lawang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

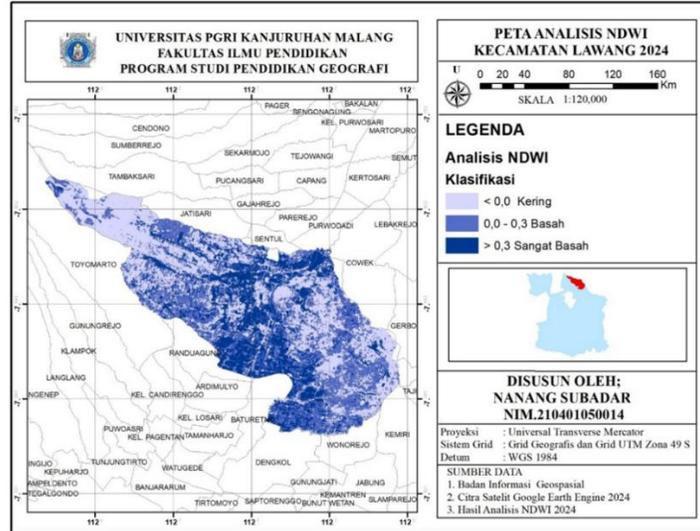
1. Analisis Data Citra Sentinel-2 untuk Identifikasi Kondisi Air Permukaan

Data citra Sentinel-2 dari Januari hingga Desember 2024 diolah menggunakan platform Google Earth Engine (GEE). Citra yang digunakan telah melalui proses koreksi atmosfer dan masking awan untuk memastikan hanya piksel yang bersih dari gangguan atmosfer yang dianalisis. Nilai NDWI dihitung menggunakan Band 3 (green) dan Band 8 (NIR) dengan rumus:

$$\text{NDWI} = (\text{Green} - \text{NIR}) / (\text{Green} + \text{NIR})$$

Hasil pemrosesan menunjukkan bahwa nilai NDWI di wilayah Kecamatan Lawang bervariasi. Sebagian besar area dengan nilai NDWI positif (> 0) terletak di wilayah Sumbergepoh,

Sumberporang, dan Mulyoarjo. Di wilayah lain seperti Srigading, Ketindan, dan Sidodadi, nilai NDWI cenderung lebih rendah atau negatif (< 0). Peta distribusi nilai NDWI menunjukkan bahwa kondisi air permukaan tidak merata di seluruh wilayah pengamatan.



2. Pengukuran Debit Air pada Lokasi Irigasi Pertanian

Pengukuran debit air dilakukan di 11 titik lokasi menggunakan metode pelampung. Debit dihitung menggunakan rumus:

$$Q = C \times V \times A$$

Q = debit (m³/s),

C = koefisien koreksi (dalam pengukuran ini digunakan nilai 1),

V = kecepatan aliran (m/s),

A = luas penampang aliran (m²).

Hasil pengukuran debit menunjukkan nilai tertinggi di titik Sumbergepoh 1 sebesar 3,0848 m³/s dan nilai terendah di Srigading 2 sebesar 0,0440 m³/s. Nilai debit di lokasi lainnya bervariasi, antara lain:

No.	Lokasi	Debit (m ³ /s)
1.	Srigading 2	0.0440
2.	Srigading 1	0.0567
3.	Sumbergepoh 1	3.0848

4.	Mulyoarjo	0.4759
5.	Sumber porong	1.3725
6.	Sumbergepoh 2	1.9429
7.	Sidodadi 1	0.0730
8.	Sidodadi 2	0.0547
9.	Ketindan	0.0810
10.	Kalirejo	0.2330
11.	Lawang	0.2871

3. Pengukuran Kualitas Air Sungai

Pengukuran kualitas air dilakukan dengan menguji tiga parameter utama: pH, Total Dissolved Solids (TDS), dan suhu. Pengukuran dilakukan menggunakan digital water tester secara langsung di lokasi.

a. Nilai pH Air

Nilai pH yang diperoleh pada seluruh lokasi pengukuran berkisar antara 7,97 hingga 8,83. Nilai pH tertinggi tercatat di lokasi Mulyoarjo (8,83), sedangkan nilai terendah terdapat di Sidodadi 2 (7,97). Seluruh nilai pH menunjukkan kondisi air yang berada dalam kisaran netral hingga sedikit basa.

b. Nilai Total Dissolved Solids (TDS)

Nilai TDS bervariasi antara 24 ppm hingga 103 ppm. TDS tertinggi ditemukan di Mulyoarjo (103 ppm), yang merupakan lokasi dengan debit air cukup tinggi. Lokasi dengan nilai TDS terendah adalah Sidodadi 1 (24 ppm), menunjukkan sedikit kandungan zat terlarut dalam air.

c. Suhu Air

Suhu air di lokasi pengukuran berada dalam rentang 25,5°C hingga 27,0°C. Suhu tertinggi tercatat di Sumberporong 2 (27,0°C), sementara suhu terendah berada di Ketindan 2 (25,5°C). Suhu di seluruh lokasi relatif stabil tanpa perbedaan ekstrem.

No.	Lokasi	pH	TDS	Suhu
-----	--------	----	-----	------

1.	Srigading 2	8.59	27	25.5
2.	Srigading 1	8.35	24	25.9
3.	Sumberngepoh 1	8.52	97	26.8
4.	Mulyoarjo	8.83	87	26.6
5.	Sumber porong	8.70	85	27.0
6.	Sumberngepoh 2	8.72	103	26.4
7.	Sidodadi 1	8.21	53	26.8
8.	Sidodadi 2	7.97	52	26.2
9.	Ketindan	8.57	76	26.5
10.	Kalirejo	8.70	88	27.0
11.	Lawang	8.72	84	26.2

Pembahasan

Penelitian ini berhasil mengintegrasikan data penginderaan jauh Sentinel-2 dengan pengukuran lapangan untuk menganalisis distribusi dan kualitas air sungai di wilayah pertanian padi Kecamatan Lawang. Analisis menggunakan indeks NDWI dari citra Sentinel-2 terbukti efektif dalam memetakan keberadaan air permukaan dengan akurasi spasial tinggi, sesuai dengan pengukuran debit air lapangan. Lokasi seperti Sumberngepoh dan Sumberporong menunjukkan nilai NDWI tinggi yang sejalan dengan debit air sungai yang besar ($>1 \text{ m}^3/\text{s}$), sedangkan wilayah Srigading dengan NDWI rendah memiliki debit sangat kecil ($0,044 \text{ m}^3/\text{s}$). Hal ini menegaskan kemampuan NDWI Sentinel-2 sebagai alat pemantauan spasial yang akurat untuk mendukung pengelolaan sumber daya air pada skala wilayah pertanian.

Keunggulan Sentinel-2 dalam hal resolusi spasial (10-20 m) dan cakupan spektral memungkinkan pemantauan distribusi air secara real-time dan dalam berbagai kondisi cuaca, sehingga sangat relevan untuk aplikasi irigasi pertanian. Studi terdahulu (Tran, 2022) (Widyaningsih & Naufal, 2023) juga menguatkan efektivitas NDWI untuk pemetaan badan air pada lahan pertanian, memberikan dasar ilmiah kuat untuk aplikasi teknologi ini di Kecamatan Lawang.

Variasi debit air sungai di lokasi penelitian dipengaruhi oleh faktor topografi, kondisi saluran, serta aktivitas manusia di sekitar aliran sungai. Debit yang sangat rendah di Srigading menandakan potensi risiko kekurangan air terutama saat musim kemarau, yang berimplikasi pada ketahanan produksi padi. Oleh karena itu, strategi pengelolaan air yang adaptif seperti pembangunan embung dan sistem irigasi alternatif sangat penting untuk menjamin ketersediaan air secara berkelanjutan. Selain itu, metode pengukuran debit berbasis pelampung yang digunakan cukup sederhana namun memiliki keterbatasan akurasi, sehingga pengembangan metode berbasis teknologi video non-kontak (Chen & Chen, 2024) dapat meningkatkan kualitas data debit di masa depan.

Analisis kualitas air yang meliputi pH, TDS, dan suhu air menunjukkan kondisi yang sangat mendukung pertanian padi. Nilai pH air yang berkisar antara 7,97 hingga 8,83 berada dalam batas aman dan cenderung sedikit basa, yang masih memungkinkan penyerapan nutrisi yang optimal oleh tanaman. Kadar TDS di semua lokasi juga jauh di bawah ambang batas FAO (450 ppm), dengan rata-rata sekitar 69 ppm, menunjukkan rendahnya risiko salinisasi dan kontaminasi kimia yang dapat mengganggu pertumbuhan tanaman padi. Hal ini mengindikasikan bahwa sumber air di Kecamatan Lawang relatif bebas dari pencemaran berat, meskipun perlu dilakukan monitoring berkala untuk mendeteksi perubahan kualitas akibat aktivitas antropogenik atau fluktuasi musim.

Suhu air yang berkisar antara 25,5°C hingga 27°C juga sangat ideal untuk pertumbuhan tanaman padi, mendukung aktivitas mikroorganisme tanah yang membantu dekomposisi bahan organik dan ketersediaan hara. Kondisi suhu yang stabil ini memberikan keuntungan ekologis yang signifikan, terutama pada lahan basah seperti sawah yang sangat bergantung pada parameter fisik air yang optimal.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menegaskan bahwa integrasi teknologi penginderaan jauh Sentinel-2 dengan data lapangan memberikan pendekatan yang komprehensif dan andal dalam pengelolaan sumber daya air di wilayah pertanian. Pendekatan ini dapat membantu petani dan pengelola sumber daya air dalam perencanaan irigasi yang efisien serta menjaga kualitas air yang mendukung produktivitas padi. Rekomendasi ke depan adalah penerapan sistem monitoring yang terus-menerus dengan teknologi tinggi serta strategi adaptif pengelolaan air untuk mengantisipasi perubahan iklim dan kebutuhan air yang dinamis.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi antara data penginderaan jauh dari citra Sentinel-2 dan pengukuran kualitas air secara langsung di lapangan merupakan pendekatan yang efektif dalam memantau distribusi dan kualitas air sungai di Kecamatan Lawang. Melalui analisis Normalized Difference Water Index (NDWI), area dengan ketersediaan air permukaan yang tinggi maupun rendah berhasil diidentifikasi secara spasial. Hasil pengukuran lapangan menunjukkan bahwa debit air sungai bervariasi secara signifikan antar lokasi, di mana debit tertinggi tercatat di wilayah Sumbergepoh sebesar 3,08 m³/s, sedangkan debit terendah ditemukan di Srigading sebesar 0,044 m³/s. Perbedaan ini berpengaruh langsung terhadap potensi irigasi di masing-masing wilayah.

Selain itu, parameter pH air sungai menunjukkan nilai antara 7,97 hingga 8,83, yang masih berada dalam batas normal dan aman untuk keperluan irigasi pertanian. Nilai Total Dissolved Solids (TDS) yang terukur berkisar antara 24 hingga 103 ppm, jauh di bawah ambang batas maksimum yang diperbolehkan untuk pertanian, yaitu 450 ppm. Hal ini mengindikasikan bahwa kualitas air sungai di wilayah penelitian tergolong baik dan tidak mengalami pencemaran signifikan. Suhu air yang tercatat berkisar antara 25,5°C hingga 27,0°C, dan berada dalam kisaran optimal untuk mendukung pertumbuhan tanaman padi. Secara umum, temuan ini menunjukkan bahwa kualitas air sungai di Kecamatan Lawang layak dan mendukung keberlanjutan pertanian padi. Namun demikian, variasi debit antar wilayah menuntut adanya strategi pengelolaan air yang adaptif dan berbasis data, agar distribusi air irigasi dapat berjalan secara adil dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Aliudin, A., & Saleh, K. (2020). Efisiensi Penggunaan Input Produksi Usahatani Padi Sawah Antara Sistem Irigasi Teknis Dan Sistem Pompanisasi. *Jurnal Agribisnis Terpadu*, 13(1), 68. <https://doi.org/10.33512/Jat.V13i1.6898>
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Malang. (2024). 10/31/2024, 6:53:55 Am. <https://malangkab.bps.go.id/id/publication/2024/09/26/4fc4e339f22a3d8fed3555eb/Kecamatan-Lawang-Dalam-Angka-2024.html>
- Chen, M., & Chen, H. (2024). A Review On The Video-Based River Discharge Measurement Technique. *Sensors*, 24(14), 4655. <https://doi.org/10.3390/S24144655>

- Daramusseng, A., & Syamsir, S. (2021). Studi Kualitas Air Sungai Karang Mumus Ditinjau Dari Parameter *Escherichia Coli* Untuk Keperluan Higiene Sanitasi. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 20(1), 1–6. <https://doi.org/10.14710/jkli.20.1.1-6>
- Mahardika, Y. H., & Simanjuntak, B. H. (2022). Pemberian Berbagai Level Air Dan Pengaruhnya Pada Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine Max* (L) Merr) Varietas Grobogan. *Vegetalika*, 11(4), 266. <https://doi.org/10.22146/veg.76102>
- Ramija, K. E., & Manurung, E. D. (2022). *Evaluasi Kualitas Air Irigasi Pada Budidaya Padi Ip 400 Di Kabupaten Simalungun*.
- Sari, M. & M. Yazid. (2022). Pengelolaan Irigasi Tradisional Serta Pengaruhnya Terhadap Pendapatan Petani Padi Sawah Irigasi Di Sumatera Selatan. *Jurnal Agribisnis Indonesia*, 10(2), 299–311. <https://doi.org/10.29244/jai.2022.10.2.299-311>
- Tran, K. H. (2022). Surface Water Mapping And Flood Monitoring In The Mekong Delta Using Sentinel-1 Sar Time Series And Otsu Threshold. *Remote Sensing*, 14(22), 5721. <https://doi.org/10.3390/rs14225721>
- Widyaningsih, D. R., & Naufal, D. A. (2023). Pemetaan Jenis Tanaman (Crop Types Mapping) Di Wilayah Panji Dan Kapongan: Aplikasi Citra Sentinel-2. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 27(2), 229. <https://doi.org/10.25077/jtpa.27.2.229-238.2023>