

Analisis Spasial Kesehatan Vegetasi dan Suhu Permukaan pada Musim Kemarau untuk Mendukung Ketahanan Pangan

Spatial Analysis of Vegetation Health and Land Surface Temperature During Dry Season to Support Food Security

Januar Wijaya

Universitas Negeri Semarang
Sekaran, Kecamatan Gn. Pati, Kota Semarang, Jawa Tengah 50229
Email: Januarw33@gmail.com

Naskah Masuk: 28 April 2025 Naskah Revisi: 10 Juni 2025 Naskah Diterima: 3 Juli 2025

ABSTRACT

The prolonged dry season caused by climate change significantly impacts the agricultural sector in tropical regions. This study aims to analyze vegetation health and land surface temperature during the dry season in Kebumen Regency from 2022 to 2024 to support food security. The analysis was conducted using the Google Earth Engine (GEE) platform through an integrated spatial approach, processing NDVI data from Sentinel-2 and LST from Landsat 8. Results show that the average NDVI remained relatively stable around 0.40–0.41, while land surface temperature increased from 32.1°C to 32.8°C. Correlation analysis indicated a consistent negative relationship between NDVI and LST. Priority mitigation zones were determined based on the combination of NDVI, LST, and agricultural land percentage, identifying seven subdistricts under the "Immediate Mitigation" category. This study highlights the importance of spatial data utilization in supporting local food security adaptation strategies.

Keywords: food security, land cover, LST, NDVI

ABSTRAK

Musim kemarau yang semakin panjang akibat perubahan iklim berdampak signifikan terhadap sektor pertanian di wilayah tropis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesehatan vegetasi dan suhu permukaan selama musim kemarau di Kabupaten Kebumen tahun 2022–2024 untuk mendukung ketahanan pangan. Analisis dilakukan menggunakan platform Google Earth Engine (GEE) dengan pendekatan integratif spasial, mengolah data NDVI dari citra Sentinel-2 dan LST dari Landsat 8. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata NDVI relatif stabil di kisaran 0,40–0,41, sementara suhu permukaan mengalami peningkatan dari 32,1°C menjadi 32,8°C. Analisis korelasi juga memperlihatkan adanya hubungan negatif yang konsisten antara NDVI dan LST. Melalui kombinasi data NDVI, LST, dan persentase lahan pertanian, berhasil diidentifikasi tujuh kecamatan yang masuk dalam kategori prioritas "Segera Mitigasi". Studi ini menegaskan pentingnya pemanfaatan data spasial dalam mendukung strategi adaptasi ketahanan pangan di tingkat daerah.

Kata kunci : ketahanan pangan, LST, NDVI, tutupan lahan

PENDAHULUAN

Perubahan iklim global yang ditandai dengan peningkatan frekuensi musim kemarau panjang telah memberikan dampak signifikan terhadap produktivitas sektor pertanian, terutama di kawasan tropis seperti Indonesia (Akhmalia, 2022). Tekanan iklim berupa fluktuasi suhu ekstrem, penurunan kelembapan tanah, serta keterbatasan sumber daya air menyebabkan stres fisiologis pada tanaman dan menurunkan hasil produksi pangan secara substansial (FAO, 2018; Nasrullah *et al*, 2022).

Dalam konteks ini, ketahanan pangan menjadi isu strategis yang membutuhkan pendekatan adaptif berbasis data, terutama dalam memetakan risiko spasial secara lebih akurat (Sulaiman, *et al*, 2018).

Penginderaan jauh (*remote sensing*) telah menjadi alat penting dalam memantau dinamika vegetasi dan perubahan lingkungan pada berbagai skala. Indeks Vegetasi Normalisasi (*Normalized Difference Vegetation Index/NDVI*) telah banyak digunakan sebagai indikator kesehatan vegetasi, sedangkan Suhu Permukaan Tanah (*Land Surface Temperature/LST*) berfungsi untuk mengidentifikasi tekanan panas pada permukaan bumi (Nugroho, *et al*, 2016).

Integrasi analisis antara NDVI dan LST memungkinkan pemetaan spasial wilayah yang mengalami stres vegetatif secara lebih komprehensif, terutama dalam konteks perubahan iklim (Rahimi *et al*, 2025).

Kabupaten Kebumen, sebagai salah satu wilayah agraris utama di Provinsi Jawa Tengah dengan luas ± 1.281 km² dan 26 kecamatan, memiliki karakteristik bentang alam yang beragam, mulai dari dataran rendah, perbukitan, hingga wilayah pesisir (BPS Kabupaten Kebumen, 2025). Keanekaragaman geografis ini berdampak pada heterogenitas ekosistem pertaniannya, yang sangat bergantung pada pola musim tahunan (T. Priyadarshana *et al.*, 2024). Ketergantungan ini membuat sektor pertanian di Kebumen rentan terhadap perubahan iklim, khususnya saat musim kemarau memperpanjang periode defisit air dan meningkatkan suhu permukaan tanah (BPS Kabupaten Kebumen, 2025).

Meskipun teknologi pemantauan vegetasi berbasis satelit telah tersedia, pemanfaatannya untuk analisis spasial integratif antara NDVI, LST, dan tutupan lahan di tingkat kabupaten masih relatif terbatas, khususnya untuk Kabupaten Kebumen, belum ditemukan monitoring secara berkala menggunakan analisis spasial integratif seperti itu. Padahal, pendekatan ini dapat menghasilkan informasi strategis untuk mendukung perencanaan ketahanan pangan berbasis risiko.

Salah satu pembaharuan penting dalam penelitian ini adalah memasukkan aspek tutupan lahan, khususnya persentase luas lahan pertanian ke dalam kerangka analisis. Penggunaan data tutupan lahan bertujuan untuk memperjelas relevansi wilayah yang terdampak, sehingga prioritas mitigasi tidak hanya

didasarkan pada kondisi vegetatif dan suhu saja, melainkan juga mempertimbangkan kontribusi aktual wilayah tersebut terhadap produksi pangan lokal (Arsyad *et al.*, 2022).

Integrasi ketiga komponen data NDVI, LST, dan Tutupan lahan akan diterapkan melalui platform *Google Earth Engine* (GEE), sebuah sistem komputasi awan berbasis satelit yang memungkinkan pengolahan data spasial secara cepat, akurat, dan luas (Gorelick *et al*, 2017). Dengan menggabungkan pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat mengidentifikasi zona prioritas mitigasi berbasis spasial yang lebih tepat sasaran dan berbasis bukti ilmiah. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan berkontribusi dalam memperkuat metodologi pemantauan ketahanan pangan di tingkat daerah di tengah tantangan perubahan iklim global. Berfokus pada analisis mengenai tutupan lahan yang berkorelasi langsung pada kepadatan vegetasi dari setiap kecamatan di Kabupaten Kebumen.

Google Earth Engine (GEE) merupakan platform pengolahan data spasial berbasis *cloud* yang mendukung analisis citra satelit berskala besar. Melalui GEE, proses ekstraksi nilai NDVI, LST, serta klasifikasi tutupan lahan dapat dilakukan dengan lebih cepat dan efisien (Sari, Prasetyo, & Darmawan, 2022). Kemudahan akses data serta kemampuan pemrosesan yang tinggi menjadikan GEE sebagai alat yang sangat potensial dalam mendukung penelitian berbasis spasial di bidang ketahanan pangan.

Adapun proses analisis menggunakan GEE dalam penelitian ini meliputi beberapa tahapan utama. Pertama, dilakukan pemanggilan koleksi data citra satelit yang relevan yaitu Sentinel-2 untuk NDVI dan Landsat 8 untuk LST dari katalog GEE. Koleksi citra ini kemudian disaring



Gambar 2.
Lokasi Penelitian dengan Keterangan Ketinggian (Mdpl)

berdasarkan rentang waktu dan batas wilayah studi, serta diterapkan fungsi *masking* untuk menghilangkan tutupan awan.

Selanjutnya, perhitungan NDVI dan LST dilakukan menggunakan fungsi matematis yang tersedia. Untuk mendapatkan data agregat per kecamatan, fungsi *reduceRegions* diterapkan untuk menghitung nilai statistik dari seluruh piksel yang berada di dalam setiap poligon kecamatan, yang hasilnya diekspor dalam bentuk data tabular untuk analisis lebih lanjut.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Kebumen, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia, yang secara administratif terdiri atas 26 kecamatan. Penelitian ini difokuskan pada musim kemarau yang mencakup periode April hingga September. Penetapan periode ini mengacu pada prakiraan musim kemarau yang dirilis oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) untuk tahun 2024, yang merupakan acuan terkini yang relevan dengan rentang waktu penelitian.

Data dan Sumber Data

Data Citra Satelit

1. Sentinel-2 Level-2A untuk perhitungan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dengan resolusi 10 meter.
2. Landsat 8 Collection 2 Level-2 untuk perhitungan *Land Surface Temperature* (LST) dengan resolusi 30 meter.

Data Tutupan Lahan

1. Data awal diperoleh dari InaGeoportal sebagai penyedia data Rupa Bumi Indonesia (RBI) seluruh wilayah Indonesia.
2. Data tutupan lahan tahun 2022 tersebut kemudian disesuaikan dengan citra Google Satellite tahun 2024 melalui teknik digitasi manual menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.8.
3. Validasi dilakukan menggunakan 50 titik, menghasilkan nilai *Overall Accuracy* sebesar 100%.

Data Elevasi

Data elevasi diperoleh dari Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS), yang dirilis oleh Badan Informasi Geospasial (BIG).

Data Administratif dan Data Sekunder

1. Batas administrasi kecamatan diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG).
2. Data iklim dan produksi pertanian diperoleh dari BPS Kabupaten Kebumen (2023) dan BMKG.

Proses Pengolahan Data

Pra-Pemrosesan Citra

Masking awan dilakukan menggunakan *Scene Classification Layer* (SCL) pada Sentinel-2 dan *Quality Assessment Band* (QA_PIXEL) pada Landsat 8 untuk menghilangkan piksel citra yang terkontaminasi awan.

Perhitungan NDVI dan LST

NDVI merupakan salah satu indeks vegetasi yang paling umum digunakan untuk memantau kondisi kesehatan tanaman dengan memanfaatkan data reflektansi spektrum merah dan inframerah dekat (Yunus & Sukmono, 2020). Penggunaan NDVI dalam penelitian spasial sangat membantu dalam mendeteksi dinamika perubahan vegetasi akibat faktor iklim maupun antropogenik (Pamuji. et al., 2023). NDVI dihitung menggunakan persamaan:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

NIR adalah reflektansi pada kanal inframerah dekat (band B8 Sentinel-2) dan Red adalah reflektansi pada kanal merah (band B4 Sentinel-2). Lalu untuk LST dihitung melalui konversi nilai *Brightness Temperature* (band 10 Landsat 8) dengan mempertimbangkan koreksi emisivitas permukaan. LST merupakan suhu rata-rata permukaan bumi yang direkam oleh satelit (Fathoni & Prasetyo, 2019). Kenaikan LST dapat mempercepat laju evapotranspirasi dan menurunkan kelembaban tanah, yang berujung pada stres tanaman (Wibowo & Putri, 2020).

Klasifikasi NDVI

NDVI diklasifikasikan ke dalam empat kelas.

1. $NDVI \leq 0,2$: area tidak bervegetasi atau lahan terbuka.
2. $0,2 < NDVI \leq 0,4$: vegetasi jarang atau mengalami stres.
3. $0,4 < NDVI \leq 0,6$: vegetasi sedang.
4. $NDVI > 0,6$: vegetasi sangat sehat.

Pendekatan klasifikasi bertingkat ini sejalan dengan metodologi pemantauan kesehatan vegetasi dan stres kekeringan

menggunakan data satelit yang telah divalidasi secara luas, di mana nilai NDVI yang rendah berbanding lurus dengan tingkat stres pada tanaman (Kogan, 1997). Metode ini juga telah diterapkan secara spesifik untuk memetakan kesehatan vegetasi di berbagai wilayah Indonesia (Ahmad & Iskarni, 2022).

Kriteria Penentuan Prioritas Mitigasi

Dalam penelitian ini, prioritas mitigasi ditentukan berdasarkan kombinasi indikator biofisik sebagai berikut.

1. NDVI: Kondisi vegetasi sehat ($NDVI > 0,5$) atau stres ($NDVI \leq 0,5$).
2. LST: Kondisi suhu permukaan tinggi ($LST > 35^{\circ}C$) atau normal ($LST \leq 35^{\circ}C$).
3. Persentase Lahan Pertanian: Dominan ($>5\%$) atau tidak dominan ($\leq 5\%$).

Berdasarkan kombinasi ketiga indikator tersebut, kategori prioritas mitigasi ditetapkan pada Tabel 1.

Tabel 4.

Indikator Penentuan Prioritas Mitigasi

Kondisi	Kategori Prioritas
$NDVI \leq 0,5$ dan $LST > 35^{\circ}C$ dan % lahan pertanian $> 5\%$	Segera Mitigasi
$NDVI \leq 0,5$ dan $LST \leq 35^{\circ}C$ dan % lahan pertanian $> 5\%$	Prioritas Sedang
$NDVI > 0,5$ atau % lahan pertanian $\leq 5\%$	Aman

Sumber: Hasil Olahan Peneliti, 2025

Pendekatan *threshold* ini bertujuan untuk mempermudah identifikasi wilayah yang membutuhkan intervensi mendesak, dengan dasar teori hubungan vegetasi, suhu, dan ketahanan pangan (Waha et al, 2013; Forkel et al, 2013). Selanjutnya, analisis elevasi dari DEMNAS digunakan untuk memperkuat interpretasi hasil. Fokus untuk mempertimbangkan bahwa daerah bertopografi rendah atau tinggi dapat memiliki kerentanan spesifik terhadap stres iklim.

Analisis Spasial dan Statistik

1. Median bulanan nilai NDVI dan LST dihitung untuk setiap kecamatan selama musim kemarau 2024 menggunakan fungsi *reduceRegions* di Google Earth Engine (GEE).

2. Hubungan antara NDVI dan LST dianalisis menggunakan analisis korelasi Pearson.
3. Hasil divisualisasikan dalam bentuk:
 4. Peta sebaran spasial NDVI dan LST.
 5. Grafik tren dua sumbu (*double axis chart*) per kecamatan.
 6. Tabel ringkasan statistik.

Perangkat Lunak dan Platform Analisis

Google Earth Engine (GEE) digunakan untuk pengolahan data citra satelit, komputasi NDVI dan LST, serta analisis spasial skala besar, sedangkan ArcGIS 10.8 digunakan untuk.

1. Digitasi manual tutupan lahan berdasarkan citra Google Satellite.
2. Penyusunan dan pengelolaan atribut spasial.
3. Pembuatan layout peta tematik.
4. Interpretasi spasial tambahan. Penggunaan ArcGIS terbukti efektif dalam menghasilkan peta tematik yang akurat untuk analisis di bidang pertanian dan lingkungan (Rahmayani & Suprayogi, 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Distribusi Spasial dan Temporal NDVI

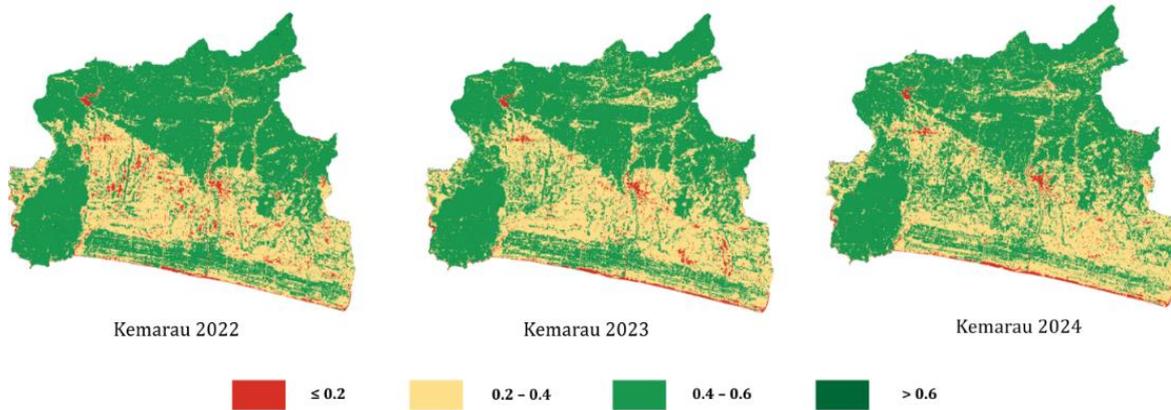
Analisis spasial terhadap nilai rata-rata *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) pada musim kemarau tahun 2022 hingga 2024 di Kabupaten Kebumen menunjukkan pola distribusi yang relatif stabil. Rata-rata NDVI kabupaten tercatat sebesar 0,40 pada tahun 2022 dan 2023, kemudian meningkat sedikit menjadi 0,41 pada tahun 2024. Perubahan minor pada skala kabupaten ini mengindikasikan adanya kestabilan kondisi kesehatan vegetasi secara umum, meskipun analisis lebih dalam pada Gambar 2 dan Tabel 2 memperlihatkan adanya variasi spasial yang signifikan antar kecamatan.

Secara spasial, nilai NDVI tertinggi secara konsisten ditemukan di wilayah utara Kabupaten Kebumen. Kecamatan Sadang, Karanggayam, Karangsembung, Rowokele, dan Sempor merupakan wilayah dengan tingkat kehijauan vegetasi paling tinggi, di mana pada tahun 2024 nilai NDVI di kawasan ini berkisar antara 0,45 hingga 0,49. Pola ini dapat diamati secara visual pada Gambar 2 dan terkonfirmasi secara kuantitatif melalui data pada Tabel 2.

Tingginya indeks vegetasi di wilayah utara ini berkorelasi erat dengan dominasi

tutupan lahan berupa hutan rakyat, perkebunan campuran, dan sawah irigasi. Secara ekologis, tutupan lahan tersebut memiliki kerapatan tajuk yang tinggi serta daya tahan vegetatif yang lebih stabil terhadap fluktuasi musim kemarau (Hidayati et al., 2019; Rahmayani & Suprayogi,

2019). Hal ini sejalan dengan prinsip dasar NDVI, di mana vegetasi yang sehat dan rapat akan meningkatkan pantulan spektrum inframerah dekat (NIR) dan menurunkan pantulan spektrum merah (Yunus & Sukmono, 2020).



Gambar 3.
 Distribusi NDVI Tahun 2022–2024

Tabel 2.
 Nilai Rata-Rata NDVI

Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2022	0.31	0.46	0.35	0.47	0.36	0.45	0.35	0.29	0.41	0.48	0.48	0.34	0.35
2023	0.36	0.44	0.33	0.46	0.36	0.46	0.35	0.34	0.43	0.45	0.45	0.31	0.35
2024	0.4	0.44	0.32	0.46	0.37	0.45	0.34	0.34	0.42	0.45	0.46	0.34	0.37
Tahun	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
2022	0.39	0.31	0.34	0.48	0.43	0.34	0.45	0.36	0.36	0.45	0.49	0.45	0.41
2023	0.37	0.39	0.34	0.46	0.42	0.35	0.43	0.38	0.37	0.46	0.47	0.44	0.41
2024	0.37	0.39	0.34	0.45	0.42	0.37	0.43	0.37	0.37	0.45	0.47	0.43	0.43

Sumber: Olahan Peneliti, 2025

Keterangan 1. Adimulyo 2. Alian 3. Ambal 4. Ayah 5. Bonorowo 6. Buayan 7. Bulupesantren 8. Gombong 9. Karanganyar 10. Karanggayam 11. Karangsambung 12. Kebumen 13. Klirong 14. Kutowinangun 15. Kuwarasan 16. Mirit 17. Padureso 18. Pejagoan 19. Petanahan 20. Poncowarno 21. Prembun 22. Puring 23. Rowokele 24. Sadang 25. Sempor 26. Sruweng

Sebaliknya, wilayah tengah hingga selatan, seperti Kecamatan Ambal, Petanahan, Gombong, dan Kebumen, menunjukkan nilai NDVI yang lebih rendah ($\leq 0,35$). Rendahnya nilai ini sejalan dengan karakteristik penggunaan lahan di daerah tersebut yang didominasi oleh permukiman dan lahan terbangun. Khususnya untuk kawasan pesisir, temuan ini diperkuat oleh studi Ridwan (2023) yang menunjukkan bahwa intensifikasi konversi lahan menyebabkan penurunan signifikan dalam kerapatan vegetasi alami, sehingga lebih rentan

terhadap degradasi ekologis (Basyiruddin & Santosa, 2020).

Dari sisi dinamika temporal, data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa sebagian besar dari 26 kecamatan yang dianalisis mempertahankan tren NDVI yang relatif stabil selama tiga tahun pengamatan. Fluktuasi nilai yang terjadi pada mayoritas kecamatan bersifat minor dan tidak menunjukkan adanya tren penurunan ataupun peningkatan yang drastis. Stabilitas ini menegaskan bahwa secara umum, tekanan musim kemarau selama periode penelitian

belum menyebabkan degradasi vegetasi yang masif.

Meskipun demikian, beberapa dinamika temporal yang spesifik dan signifikan berhasil diidentifikasi. Kecamatan Adimulyo, misalnya, mengalami tren peningkatan nilai NDVI secara konsisten, dari 0,31 pada tahun 2022 menjadi 0,40 pada tahun 2024, yang mencerminkan adanya potensi perbaikan kondisi vegetasi. Sebaliknya, Kecamatan Ambal menunjukkan stagnasi pada kisaran NDVI yang rendah (antara 0,32–0,35), mengindikasikan adanya tantangan berkelanjutan dalam upaya pemulihan vegetasi di kawasan tersebut.

Secara keseluruhan, distribusi spasial dan temporal NDVI di Kabupaten Kebumen konsisten dengan faktor-faktor biofisik dan penggunaan lahan setempat. Faktor ketinggian, jenis tutupan lahan, dan dinamika penggunaan ruang merupakan determinan utama yang menjelaskan kondisi vegetasi musiman di wilayah studi (Fardilla et al, 2023). Hasil ini menegaskan pentingnya pendekatan spasial dalam mengidentifikasi zona rawan terhadap degradasi vegetasi, serta dalam mendukung perencanaan ketahanan pangan berbasis risiko di tingkat daerah.

Distribusi Spasial dan Temporal LST

Distribusi spasial dan dinamika temporal Suhu Permukaan (LST) di Kabupaten Kebumen selama musim kemarau tahun 2022 hingga 2024 divisualisasikan pada Gambar 3 dan dirinci secara kuantitatif pada Tabel 3. Hasil analisis menunjukkan adanya tren pemanasan permukaan yang konsisten, di mana rata-rata LST kabupaten meningkat dari 32,1 °C pada tahun 2022 menjadi 32,8 °C pada tahun 2024. Peningkatan ini disertai dengan pola spasial yang sangat kontras antara wilayah utara yang lebih sejuk dan wilayah tengah hingga pesisir selatan yang secara signifikan lebih panas.

Secara spasial, nilai LST yang relatif tinggi secara konsisten teridentifikasi di wilayah

tengah dan pesisir selatan. Kecamatan seperti Kebumen, Buluspesantren, Puring, dan Prembun merupakan contoh wilayah yang menunjukkan suhu permukaan terpanas, dengan nilai yang seringkali mencapai lebih dari 34°C pada pengukuran tahun 2024. Peta pada Gambar 3 secara visual mengkonfirmasi konsentrasi panas di area-area tersebut.

Tingginya suhu permukaan di kawasan ini berkaitan erat dengan dominasi penggunaan lahan berupa permukiman, lahan terbangun, dan pesisir yang cenderung minim tutupan vegetasi. Penurunan tutupan vegetasi alami diketahui dapat meningkatkan absorpsi panas dari matahari dan mempercepat proses *urban heat island* di tingkat lokal, di mana permukaan seperti aspal dan beton menyimpan dan memancarkan kembali panas secara lebih efektif dibandingkan permukaan alami (Arifin et al, 2020; Suryani & Fadillah, 2021).

Sebagai kontras, kecamatan-kecamatan di wilayah utara Kabupaten Kebumen secara konsisten memperlihatkan nilai LST yang jauh lebih rendah. Wilayah seperti Rowokele, Sadang, Karanggayam, dan Sempor mencatatkan suhu permukaan yang lebih sejuk, yang pada tahun 2024 berkisar antara 29–31 °C. Perbedaan suhu yang mencolok antara wilayah utara dan selatan ini menegaskan adanya pengaruh kuat faktor geografis dan biofisik lokal.

Rendahnya suhu di kawasan utara ini sejalan dengan keberadaan tutupan lahan vegetasi rapat seperti hutan rakyat, sawah irigasi, dan perkebunan. Vegetasi tersebut secara efektif mampu menurunkan suhu permukaan melalui dua mekanisme utama: proses evapotranspirasi yang melepaskan uap air ke atmosfer serta efek *shading* alami yang mengurangi paparan sinar matahari langsung ke permukaan tanah (Mulyani et al, 2019).

Dari sisi dinamika temporal, data menunjukkan adanya peningkatan LST hampir di seluruh kecamatan selama tiga tahun pengamatan. Kecamatan Gombong, misalnya,

Tabel 3.
 Nilai Rata-Rata Suhu Permukaan/LST (C°)

Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2022	31.6	30.1	34.0	27.6	34.4	28.1	32.7	32.3	31.1	29.7	29.1	34.6	32.0
2022	33.0	30.9	33.7	28.9	33.4	29.9	33.7	33.7	31.2	31.3	30.5	33.6	32.5
2023	32.4	33.9	35.8	29.6	32.3	31.4	35.5	35.6	33.1	32.5	32.9	35.0	34.0
Tahun	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26

2022	31.8	31.7	34.6	30.1	30.9	32.1	31.4	35.3	31.5	27.0	27.9	28.3	31.0
2022	32.4	32.0	34.1	31.1	31.7	32.7	31.8	33.4	32.7	29.0	29.7	29.7	32.4
2023	34.1	33.3	35.6	32.2	33.0	33.8	33.4	35.1	34.5	30.2	29.8	31.4	32.5

Sumber: Hasil Olahan Peneliti, 2025

Keterangan 1.Adimulyo 2.Alian 3.Ambal 4.Ayah 5.Bonorowo 6.Buayan 7.Bulupesantren 8.Gombong 9.Karanganyar 10.Karanggayam 11.Karangsambung 12.Kebumen 13.Klirong 14.Kutowinangun 15.Kuwarasan 16.Mirit 17.Padureso 18.Pejagoan 19.Petanahan 20.Poncowarno 21.Prembun 22.Puring 23.Rowokele 24.Sadang 25.Sempor 26.Sruweng

mengalami kenaikan paling signifikan dari 32,27 °C pada tahun 2022 menjadi 35,63 °C pada tahun 2024, yang mencerminkan percepatan tekanan termal. Namun demikian, Kecamatan Rowokele, meskipun juga menunjukkan tren kenaikan, tetap mampu mempertahankan suhu permukaan yang relatif lebih rendah dibandingkan kecamatan lain mengindikasikan adanya resiliensi spasial berbasis biofisik.

Secara keseluruhan, distribusi spasial dan temporal LST di Kabupaten Kebumen mengindikasikan bahwa faktor tutupan lahan dan penggunaan ruang menjadi determinan kunci dalam pola suhu permukaan. Kenaikan suhu yang terus berlanjut dapat memperbesar risiko kekeringan, menurunkan produktivitas lahan pertanian, dan memperburuk kerentanan ketahanan pangan lokal, khususnya dalam menghadapi perubahan iklim yang semakin intensif (Savitri & Lestari, 2022).

Perbandingan NDVI dan LST selama Musim Kemarau 2022–202

Gambar 4 memperlihatkan dinamika Land Surface Temperature (LST) dan Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) pada 26 kecamatan di Kabupaten Kebumen selama musim kemarau tahun 2022, 2023, dan 2024. Secara umum, pola hubungan negatif antara LST dan NDVI tampak konsisten di seluruh periode pengamatan. Peningkatan suhu permukaan cenderung diikuti oleh penurunan nilai NDVI, mengindikasikan adanya tekanan termal terhadap kesehatan vegetasi. Fenomena ini mendukung asumsi teoretis bahwa vegetasi di wilayah tropis sangat rentan terhadap fluktuasi suhu permukaan.

Gambar 4 memperlihatkan dinamika Land Surface Temperature (LST) dan Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) pada 26 kecamatan di Kabupaten Kebumen selama musim kemarau tahun 2022, 2023, dan 2024. Secara umum, pola hubungan negatif antara LST dan NDVI tampak konsisten di seluruh periode

pengamatan. Peningkatan suhu permukaan cenderung diikuti oleh penurunan nilai NDVI, mengindikasikan adanya tekanan termal terhadap kesehatan vegetasi. Fenomena ini mendukung asumsi teoretis bahwa vegetasi di wilayah tropis sangat rentan terhadap fluktuasi suhu permukaan.

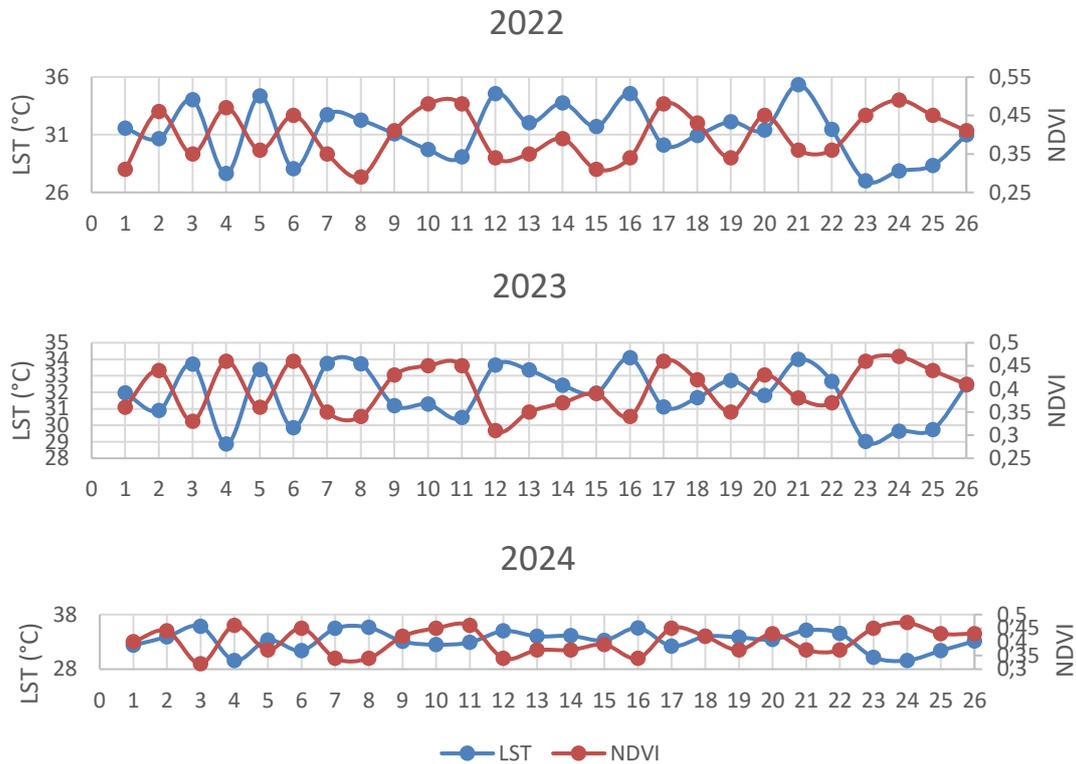
Berbagai bukti ilmiah mengkonfirmasi asumsi teoritis tersebut, menunjukkan bahwa ekosistem tropis memang memiliki kerentanan yang tinggi terhadap perubahan suhu. Banyak spesies flora tropis diketahui beroperasi sangat dekat dengan batas toleransi termal maksimalnya, sehingga sedikit saja kenaikan suhu dapat memicu stres fisiologis dan mengganggu proses metabolisme fundamental (Corlett, 2011). Secara lebih spesifik, penelitian berskala besar menemukan bahwa kemampuan hutan tropis untuk menyerap karbon menurun secara drastis ketika suhu rata-rata harian melampaui 32,2°C, menandakan adanya ambang batas kritis bagi fungsi ekosistem (Sullivan et al, 2020). Temuan ini diperkuat oleh berbagai analisis data satelit di Indonesia yang secara konsisten menunjukkan bahwa kenaikan suhu permukaan berkorelasi negatif dengan tingkat kerapatan vegetasi (Wibowo & Putri, 2020).

Pada musim kemarau tahun 2022, LST menunjukkan kisaran antara 28°C hingga 34°C. Nilai NDVI pada periode ini berkisar dari 0,32 hingga 0,50, dengan kecenderungan mengalami penurunan saat LST meningkat. Fluktuasi nilai antar kecamatan menunjukkan adanya variasi adaptasi vegetasi terhadap stres termal. Beberapa kecamatan mempertahankan nilai NDVI yang relatif stabil, sementara yang lain mengalami fluktuasi lebih tajam, mengindikasikan ketahanan vegetasi yang berbeda-beda di antara wilayah. karakteristik fluktuasi yang lebih moderat. LST pada tahun ini

Tahun 2023 menunjukkan pola serupa, tetapi dengan bergerak dalam rentang 29°C hingga 34°C, dan NDVI berkisar antara 0,34 hingga 0,48. Stabilitas nilai NDVI yang lebih

tinggi dibandingkan tahun sebelumnya dapat mengindikasikan adaptasi vegetasi terhadap tekanan termal yang sedang, atau kemungkinan dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti

distribusi curah hujan sisa musim penghujan. Resiliensi ini penting untuk dicermati dalam pengelolaan sumber daya lahan, khususnya di wilayah dengan kerentanan iklim yang tinggi.



Gambar 4.
 Grafik Perbandingan Nilai NDVI dan LST

Keterangan: 1. Adimulyo 2. Alian 3. Ambal 4. Ayah 5. Bonorowo 6. Buayan 7. Bulupesantren 8. Gombang 9. Karanganyar 10. Karanggayam 11. Karangsambung 12. Kebumen 13. Klirong 14. Kutowinangun 15. Kuwarasan 16. Mirit 17. Padureso 18. Pejagoan 19. Petanahan 20. Poncowarno 21. Prembun 22. Puring 23. Rowokele 24. Sadang 25. Sempor 26. Sruweng

Sementara itu, tahun 2024 menunjukkan dinamika yang lebih ekstrem dibandingkan dua tahun sebelumnya. Nilai maksimum LST mencapai 37°C, dengan rentang NDVI menurun menjadi 0,30 hingga 0,45. Fluktuasi suhu yang lebih tajam dan penurunan NDVI yang lebih dalam mengindikasikan tekanan lingkungan yang jauh lebih berat. Puncak suhu permukaan tanah yang tinggi bertepatan dengan depresiasi NDVI di sebagian besar kecamatan, menandakan meningkatnya tingkat stres fisiologis pada vegetasi. Kondisi ini memperkuat indikasi bahwa perubahan iklim telah berdampak nyata terhadap kestabilan ekosistem vegetasi lokal.

Berdasarkan keseluruhan pola, tahun 2024 menjadi sorotan utama karena menunjukkan kombinasi suhu ekstrem dan degradasi vegetasi yang paling signifikan.

Temuan ini menjadi landasan penting dalam menentukan prioritas wilayah untuk program mitigasi kekeringan, khususnya di area dengan suhu permukaan tinggi dan penurunan indeks vegetasi yang konsisten. Analisis ini mempertimbangkan data dari 26 kecamatan, sebagaimana tercantum dalam keterangan Gambar 4, sehingga memberikan cakupan spasial yang representatif terhadap dinamika vegetasi dan suhu di Kabupaten Kebumen.

Tutupan Lahan Kabupaten Kebumen

Analisis tutupan lahan di wilayah studi menunjukkan adanya keragaman karakteristik penggunaan lahan di tiap kecamatan. Berdasarkan data yang dikompilasi, lahan pertanian merupakan salah satu tipe tutupan lahan yang dominan, diikuti oleh hutan, badan

air, lahan terbangun, dan lahan terbuka. Variasi ini mencerminkan perbedaan fungsi ruang dan potensi pemanfaatan sumber daya alam di masing-masing kecamatan, yang secara tidak

langsung juga mempengaruhi tingkat kerentanan wilayah terhadap perubahan iklim dan tekanan lingkungan lainnya.

Tabel 4.
Distribusi Persentase Luas (Ha) Tutupan Lahan

Kecamatan	1	2	3	4	5
Adimulyo	0.00%	0.00%	4.97%	4.00%	0.00%
Alian	3.64%	5.30%	4.70%	3.17%	0.00%
Ambal	0.82%	0.03%	7.41%	5.35%	1.27%
Ayah	7.04%	12.10%	1.77%	6.49%	7.41%
Bonorowo	1.23%	0.01%	2.25%	2.23%	2.53%
Buayan	4.75%	8.19%	2.95%	5.17%	1.45%
Buluspesantren	2.64%	0.09%	5.75%	4.81%	0.36%
Gombang	0.70%	0.21%	1.83%	2.43%	0.18%
Karanganyar	0.47%	2.95%	0.05%	2.76%	1.45%
Karanggayam	6.69%	15.06%	8.34%	2.93%	1.99%
Karangsambung	5.81%	7.60%	5.99%	2.14%	0.18%
Kebumen	2.70%	1.36%	4.12%	4.88%	0.36%
Klirong	10.38%	0.12%	4.11%	4.96%	1.45%
Kutowinangun	1.52%	1.54%	3.02%	3.88%	0.90%
Kuwarasan	1.06%	0.01%	3.64%	3.82%	0.00%
Mirit	6.57%	0.03%	6.07%	4.95%	11.21%
Padureso	2.17%	3.74%	1.38%	1.96%	23.69%
Pejagoan	2.87%	3.30%	1.94%	3.77%	0.18%
Petanahan	3.87%	0.00%	4.88%	4.76%	8.32%
Poncowarno	1.41%	2.69%	2.58%	1.86%	0.00%
Prembun	1.94%	0.41%	2.37%	2.63%	0.00%
Puring	9.85%	0.14%	6.72%	6.30%	7.23%
Rowokele	0.47%	6.73%	2.23%	4.51%	1.08%
Sadang	4.05%	10.05%	3.09%	0.83%	28.75%
Sempor	17.30%	15.11%	5.32%	4.05%	0.00%
Sruweng	0.06%	3.23%	2.53%	5.35%	0.00%
Total	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Sumber: Hasil Olahan Peneliti, 2025

Keterangan: 1. Badan Air 2. Hutan 3. Lahan Pertanian 4. Lahan Terbangun 5. Lahan Terbuka

Secara umum, hampir seluruh kecamatan memiliki persentase lahan pertanian yang signifikan, dengan nilai berkisar antara 2% hingga lebih dari 20%. Kecamatan-kecamatan seperti Karanggayam (15%), Karanggede (15%), dan Sempor (15%) tercatat memiliki proporsi lahan pertanian tertinggi, mencerminkan ketergantungan ekonomi dan sosial masyarakat setempat terhadap sektor pertanian. Sebaliknya, kecamatan seperti Karanganyar menunjukkan persentase lahan pertanian yang lebih rendah, di bawah 5%, yang mengindikasikan pergeseran dominasi penggunaan lahan ke sektor lain atau kondisi geografis yang kurang mendukung pertanian. Kehadiran lahan pertanian dalam jumlah besar menjadi indikator penting dalam mengidentifikasi wilayah yang lebih rentan terhadap perubahan.

Selain lahan pertanian, tutupan hutan juga berperan penting di beberapa kecamatan, khususnya di Ayah (12%) dan Sempor (10%). Tutupan hutan tidak hanya menyediakan fungsi ekologi vital, seperti konservasi air dan keanekaragaman hayati, tetapi juga berfungsi sebagai buffer alami terhadap perubahan iklim mikro. Oleh karena itu, kecamatan dengan persentase hutan yang lebih tinggi cenderung memiliki resiliensi lebih baik terhadap suhu ekstrem, kekeringan, dan degradasi vegetasi, sehingga berbeda pula tingkat kerentanannya dibandingkan wilayah yang dominan pertanian atau lahan terbuka.

Lahan terbangun dan lahan terbuka umumnya memiliki proporsi yang lebih kecil dibandingkan lahan pertanian dan hutan, namun tetap memberikan karakteristik khas di

beberapa lokasi. Di Kecamatan Sadang, misalnya, lahan terbuka mencapai 29%, mengindikasikan adanya area yang belum termanfaatkan optimal atau kemungkinan tekanan perubahan penggunaan lahan di masa depan. Sementara itu, lahan terbangun yang secara umum masih rendah menunjukkan bahwa wilayah studi secara keseluruhan masih didominasi oleh aktivitas berbasis lahan alami, pertanian, dan kehutanan, dengan urbanisasi yang relatif terbatas.

Distribusi tutupan lahan ini menjadi fondasi penting dalam menentukan prioritas mitigasi berbasis spasial (Mareta, 2024). Kecamatan yang didominasi lahan pertanian dengan nilai NDVI rendah akan lebih rentan terhadap dampak suhu ekstrem, kekeringan, dan kerusakan vegetasi, sehingga perlu mendapatkan perhatian lebih dalam perencanaan adaptasi dan mitigasi. Dengan memahami karakteristik dasar tutupan lahan, analisis lanjutan seperti klasifikasi prioritas mitigasi berbasis kombinasi NDVI, LST, dan proporsi lahan pertanian dapat dilakukan secara lebih kontekstual dan akurat.

Penentuan Wilayah Prioritas Mitigasi

Penentuan wilayah prioritas mitigasi di Kabupaten Kebumen dilakukan berdasarkan integrasi indikator biofisik, yakni nilai *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Land Surface Temperature* (LST), serta data persentase lahan pertanian. Untuk memperkuat hasil analisis, indikator sosial-ekonomi dan kejadian bencana yang diperoleh dari data Statistik Kabupaten Kebumen (BPS, 2025) turut diintegrasikan.

Pendekatan mitigasi dalam penelitian ini menggunakan sistem klasifikasi berbasis *threshold* yang dirinci pada Tabel 1. Suatu wilayah dikategorikan sebagai prioritas "Segera Mitigasi" apabila secara kumulatif memenuhi tiga kondisi: kesehatan vegetasi rendah (NDVI \leq 0,5), tekanan suhu permukaan tinggi (LST $>$ 35°C), dan memiliki proporsi lahan pertanian yang signifikan ($>$ 5%). Wilayah dengan NDVI rendah namun suhu normal dikategorikan sebagai "Prioritas Sedang", sementara wilayah dengan vegetasi sehat (NDVI $>$ 0,5) atau proporsi lahan pertanian kecil (\leq 5%) dianggap berada dalam kondisi "Aman". Berdasarkan penerapan kriteria ini, hasil analisis berhasil mengidentifikasi tujuh kecamatan yang masuk

dalam kategori "Segera Mitigasi", di antaranya adalah Ambal, Buluspesantren, Petanahan, dan Klirong.

Hasil *overlay* ketiga parameter tersebut menunjukkan bahwa kecamatan-kecamatan seperti Ambal, Buluspesantren, Petanahan, dan Klirong masuk dalam kategori prioritas mitigasi segera. Wilayah-wilayah ini tidak hanya memenuhi kriteria NDVI rendah dan suhu permukaan tinggi, tetapi juga memiliki luas lahan pertanian yang signifikan ($>$ 5%), sebagaimana ditunjukkan dalam Statistik Kebumen (BPS, 2025).

Analisis lebih lanjut memperlihatkan bahwa kecamatan-kecamatan ini juga memiliki kepadatan penduduk yang relatif tinggi ($>$ 1.000 jiwa/km²), serta riwayat kejadian bencana banjir dan tanah longsor yang cukup sering dilaporkan. Kondisi ini memperbesar risiko ketahanan pangan lokal, serta meningkatkan potensi kerugian ekonomi dan sosial apabila tidak segera diintervensi melalui upaya adaptasi perubahan iklim dan pengelolaan risiko bencana.

Sebaliknya, kecamatan di bagian utara seperti Sadang, Karanggayam, dan Sempor cenderung menunjukkan kombinasi NDVI tinggi ($>$ 0,5), suhu permukaan lebih rendah ($<$ 33°C), serta kepadatan penduduk yang moderat. Hal ini mengindikasikan ketahanan vegetasi dan sosial yang lebih baik, sehingga wilayah tersebut dapat dikategorikan sebagai relatif aman dalam konteks prioritas mitigasi.

Penting untuk dicatat bahwa perubahan penggunaan lahan dan tekanan terhadap ekosistem pesisir juga berpotensi menggeser kategori prioritas wilayah di masa mendatang. Oleh karena itu, diperlukan pemantauan spasial-temporal secara berkelanjutan untuk mengantisipasi dinamika perubahan iklim lokal dan mengarahkan strategi ketahanan pangan yang lebih adaptif.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi vegetasi di Kabupaten Kebumen selama musim kemarau tahun 2022–2024 relatif stabil berdasarkan nilai NDVI, meskipun suhu permukaan mengalami tren kenaikan. Hubungan negatif antara NDVI dan LST mempertegas bahwa peningkatan suhu berkontribusi pada penurunan kesehatan

vegetasi. Integrasi data NDVI, LST, dan Tutupan lahan berhasil mengidentifikasi tujuh kecamatan yang masuk dalam kategori "Segera Mitigasi", menunjukkan wilayah yang paling rentan terhadap tekanan iklim terhadap ketahanan pangan. Temuan ini menggarisbawahi pentingnya pendekatan spasial berbasis data dalam mendukung adaptasi ketahanan pangan daerah, terutama menghadapi dampak perubahan iklim yang semakin intensif.

Saran

Diperlukan tindakan adaptasi berbasis lokasi seperti konservasi air, diversifikasi varietas tanaman tahan panas, dan peningkatan tutupan vegetasi di wilayah-wilayah prioritas. Pemerintah daerah diharapkan mengintegrasikan hasil analisis spasial ini ke dalam program perencanaan ketahanan pangan dan mitigasi kekeringan. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggabungkan analisis spasial ini dengan data sosial-ekonomi petani guna memperkaya dimensi adaptasi berbasis komunitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, R. R., & Iskarni, P. (2022). Pemetaan Indeks Kesehatan Vegetasi di Kawasan Hutan Das Terusan Batang. *Jurnal Buana*, 6(3), 619-627.
- Akmalia, H. (2022). The impact of climate change on agriculture in Indonesia and its strategies: A systematic review. *AGRITEPA: Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian*.
- Alamsyah, B., Nuraini, C., & Suwarno, B. (2022). Strategi manajemen mitigasi bencana pesisir Pantai Timur Sumatera Utara. *Publish Buku UNPRI Press*.
- Arifin, M., Wibowo, A., & Fathurrahman, F. (2020). Pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap pola suhu permukaan di kawasan perkotaan. *Jurnal Geografi*.
- Arsyad, M., Zulkarnain, M., Yusuf, M., & Yuliana, M. (2022). Penggunaan citra satelit dalam pemantauan lahan pertanian untuk mendukung ketahanan pangan. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 46(1), 15-26.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Kebumen. (2025). *Kabupaten Kebumen dalam angka 2025*. BPS Kabupaten Kebumen.
- Basyiruddin, R., & Santosa, S. (2020). Pengaruh konversi lahan terhadap perubahan indeks vegetasi di kawasan pesisir. *Jurnal Planologi*.
- Corlett, R. T. (2011). Impact of warming on tropical lowland forests. *Trends in Ecology & Evolution*, 26(11), 606-613.
- FAO. (2018). *The state of food security and nutrition in the world 2018: Building climate resilience for food security and nutrition*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fardilla, S., Ahmad, R., & Junaidi, M. (2023). Dinamika perubahan tutupan lahan di Kota Padang: Implikasi terhadap lingkungan dan tata ruang. *Jurnal Geografi dan Lingkungan*.
- Fathoni, M. I., & Prasetyo, Y. (2019). Analisis hubungan suhu permukaan lahan (LST) dengan indeks vegetasi (NDVI) di Kota Surakarta. *Jurnal Geografi*, 16(1), 59-67.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18-27.
- Henry, W. A., III. (1990, April 9). Making the grade in today's schools. *Time*, 135, 28-31.
- Hidayati, N., Sari, D. K., & Firmansyah, R. (2021). Pengaruh perubahan iklim terhadap ketahanan pangan di Indonesia. *Jurnal Ketahanan Pangan*.
- Kogan, F. N. (1997). Global Drought Watch from Space. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78(4), 621-636.
- Li, Z. L., Tang, R., Wan, Z., Bi, Y., Zhou, C., Tang, B., Yan, G., & Zhang, X. (2019). A review of current methodologies for regional evapotranspiration estimation from remotely sensed data. *Sensors*, 19(3), 587.
- Mareta, N. (2024). Geopark Kebumen dan pembangunan berkelanjutan: Suatu studi terhadap keberadaan Geopark Kebumen. *Jurnal Semarak Kabumian*, 2(2), 1-10.
- Marzban, F., Sodoudi, S., & Preusker, R. (2018). The influence of land-cover type on the relationship between NDVI-LST and LST-

- T air. *International Journal of Remote Sensing*, 39(5), 1377–1398.
- Mulyani, A., Sari, R. M., & Pradana, G. (2019). Dampak perubahan vegetasi terhadap perubahan suhu permukaan di wilayah agraris. *Jurnal Sains Geospasial*.
- Nasrullah, A., Nurjannah, S., & Rachmawati, R. (2022). Ketahanan pangan di era perubahan iklim: Pendekatan sistem pertanian berkelanjutan. *Jurnal Ketahanan Pangan*, 10(2), 101–115.
- Nugroho, S. A., Wijaya, A. P., & Sukmono, A. (2016). Analisis pengaruh perubahan vegetasi terhadap suhu permukaan di wilayah Kabupaten Semarang menggunakan metode penginderaan jauh. *Jurnal Geodesi Undip*, 5(1), 253–263.
- Pamuji, R., Mahardika, A. I., Wiranda, N., Saputra, N. A. B., Adini, M. H., & Pramatasari, D. (2023). Utilizing electromagnetic radiation in remote sensing for vegetation health analysis using NDVI approach with Sentinel-2 imagery. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 6(2), 127–135.
- Permatasari, R., Arwin, A., & Natakusumah, D. K. (2017). Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap rezim hidrologi DAS (studi kasus: DAS Komerang). *Jurnal Teknik Sipil*, 24(1), 91–98.
- Rahimi, E., Dong, P., & Jung, C. (2025). Global NDVI-LST correlation: Temporal and spatial patterns from 2000 to 2024. *Environments*.
- Rahmayani, I., & Suprayogi, A. (2019). Dinamika NDVI untuk analisis kondisi vegetasi lahan pertanian. *Jurnal Geografi Lingkungan*.
- Ridwan, A. (2023). Perubahan tutupan lahan dan dampaknya terhadap NDVI di wilayah pesisir. *Jurnal Penelitian Lahan dan Pembangunan*.
- Savitri, D., & Lestari, W. D. (2022). Perubahan suhu permukaan dan implikasinya terhadap ketahanan pangan lokal. *Jurnal Ketahanan Lingkungan*.
- Sulaiman, A. A., et al. (2018). *Jurus jitu: Menyikapi iklim ekstrem El-Nino dan La Nina untuk pemantapan ketahanan pangan*. IAARD Press, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Sullivan, M. J., et al. (2020). Long-term thermal sensitivity of Earth's tropical forests. *Science*, 368(6493), 869–874.
- Suryani, N., & Fadillah, D. (2021). Analisis distribusi suhu permukaan dan tutupan lahan di wilayah pesisir. *Jurnal Lingkungan Tropis*.
- T. Priyadarshana, et al. (2024). Crop and landscape heterogeneity increase biodiversity in agricultural landscapes: A global review and meta-analysis. *Ecology Letters*, 27(3), e14412.
- Waha, K., et al. (2013). Adaptation to climate change through cropping system and sowing date choice in sub-Saharan Africa. *Global Environmental Change*.
- Wibowo, A., & Putri, R. A. (2020). Analisis hubungan kerapatan vegetasi dan suhu permukaan menggunakan citra satelit landsat 8 di Kota Semarang. *Jurnal Geodesi Undip*, 9(1), 433–442.
- Yunus, A., & Sukmono, A. (2020). Penginderaan jauh untuk pemantauan vegetasi berbasis NDVI di Indonesia. *Jurnal Sains Informasi Geospasial*.

BIODATA PENULIS

Januar Wijaya, lahir pada tanggal 1 Januari 2002 di Kabupaten Sidoarjo. Lulusan Program Studi Geografi dari Universitas Negeri Semarang.