

ANALISIS TREN JANGKA PANJANG SUHU PERMUKAAN BUMI TERHADAP RISIKO DEGRADASI LAHAN SUMATERA SELATAN

Marvell Nicolaus Owen, Chrisjuanito Clancy, Muhammad Iqbalul Khoiri, Fathoni

Program Studi Sistem Informasi, Universitas Sriwijaya

Jl. Srijaya Negara, Bukit Lama, Kec. Ilir Bar. I, Kota Palembang, Sumatera Selatan

muhammadiqbalulkhoiri2@gmail.com

ABSTRAK

Sumatera Selatan mengalami tekanan ekologis yang signifikan akibat perubahan tutupan lahan dan aktivitas antropogenik yang menyebabkan peningkatan suhu permukaan bumi (Land Surface Temperature/LST) serta memperburuk degradasi ekosistem. Permasalahan utama yang dihadapi adalah meningkatnya LST secara spasial-temporal yang berkorelasi erat dengan penurunan kerapatan vegetasi, namun belum dikaji secara komprehensif di wilayah ini. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi pola perubahan LST dan hubungannya dengan kondisi vegetasi berbasis indeks NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) secara spasial-temporal di Sumatera Selatan. Metode yang digunakan adalah analisis kuantitatif berbasis citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS periode 2014–2024 menggunakan platform Google Earth Engine (GEE), mencakup ekstraksi nilai LST dan NDVI per kelas tutupan lahan serta analisis korelasi antara kedua variabel tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelas permukiman memiliki LST tertinggi dengan puncak 40,96°C pada tahun 2019, sedangkan kelas hutan mempertahankan LST terendah berkisar 30,56–33,60°C. Terdapat korelasi negatif yang signifikan antara NDVI dan LST, di mana penurunan kerapatan vegetasi berbanding lurus dengan peningkatan suhu permukaan. Temuan ini menegaskan pentingnya pemantauan LST dan NDVI secara berkelanjutan sebagai instrumen deteksi dini degradasi lahan dan mitigasi dampak perubahan iklim.

Kata kunci : *Land Surface Temperature, NDVI, degradasi lahan, Google Earth Engine, Landsat 8, penginderaan jauh, Sumatera Selatan.*

1. PENDAHULUAN

Perubahan suhu permukaan bumi merupakan indikator penting dalam memahami dinamika lingkungan global, khususnya dalam konteks perubahan iklim dan aktivitas manusia. Land Surface Temperature (LST) menunjukkan tren peningkatan yang signifikan dalam periode 2014–2024, terutama pada wilayah permukiman akibat berkurangnya vegetasi dan meningkatnya pembangunan [1]. Peningkatan suhu ini berdampak pada kondisi atmosfer serta keberlanjutan sumber daya lahan, termasuk mempercepat proses degradasi lahan seperti penurunan kesuburan tanah, berkurangnya kelembaban, serta meningkatnya risiko kekeringan [2]. Perubahan tutupan lahan seperti urbanisasi, deforestasi, dan alih fungsi lahan turut berkontribusi terhadap peningkatan LST. Area dengan dominasi lahan terbangun terbukti memiliki suhu lebih tinggi dibandingkan wilayah bervegetasi yang berfungsi sebagai penyeimbang suhu lingkungan [3][4]. Kondisi ini memperburuk efek pulau panas perkotaan (urban heat island) dan mempercepat laju degradasi lingkungan secara menyeluruh [3]. Degradasi lahan sendiri merupakan permasalahan yang berdampak luas terhadap keberlanjutan ekosistem dan ketahanan pangan, yang dapat terjadi akibat perubahan iklim, eksploitasi sumber daya alam berlebihan, serta alih fungsi lahan yang tidak berkelanjutan [7].

Seiring perkembangan teknologi penginderaan jauh, analisis LST dapat dilakukan secara lebih akurat menggunakan citra satelit seperti Landsat dan MODIS. Platform Google Earth Engine (GEE) memungkinkan

analisis spasial-temporal dalam skala besar dan periode panjang secara efisien [5]. Dibandingkan metode konvensional berbasis lapangan, pendekatan remote sensing ini mampu mencakup wilayah lebih luas dengan biaya efisien serta menghasilkan data yang dapat direplikasi secara konsisten [5][11]. Khususnya pada periode 2014–2024, ketersediaan data Landsat 8 yang konsisten memberikan peluang analisis multi-temporal yang lebih andal dan dapat dibandingkan secara lintas tahun [1][9]. Meskipun hubungan antara LST dan degradasi lahan telah banyak dikaji secara global, kajian yang berfokus pada wilayah Sumatera Selatan secara spasial-temporal dalam jangka panjang masih terbatas. Tekanan ekologis akibat perubahan tutupan lahan di wilayah ini terus meningkat, namun belum tersedia pemetaan komprehensif mengenai pola perubahan LST dan korelasinya dengan kondisi vegetasi berbasis NDVI yang dapat dijadikan dasar pengambilan kebijakan pengelolaan lahan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tren jangka panjang LST di wilayah Sumatera Selatan pada periode 2014–2024 berdasarkan kelas tutupan lahan, mengkaji hubungan spasial-temporal antara LST dan indeks vegetasi NDVI, serta mengevaluasi keterkaitan antara dinamika LST dengan risiko degradasi lahan sebagai dasar rekomendasi pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan. Untuk mencapai tujuan tersebut, penelitian ini menggunakan pendekatan analisis kuantitatif berbasis citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS yang diolah melalui platform Google Earth Engine

(GEE). Data citra multi-temporal periode 2014–2024 digunakan untuk mengekstraksi nilai LST dan NDVI per kelas tutupan lahan, dilanjutkan dengan analisis korelasi antara kedua variabel tersebut guna mengidentifikasi hubungan antara kerapatan vegetasi dan dinamika suhu permukaan. Integrasi data satelit Landsat dan MODIS memungkinkan analisis yang lebih komprehensif [4][9], sehingga hasil penelitian dapat memberikan informasi spasial-temporal yang mendukung upaya mitigasi degradasi lahan dan pengambilan keputusan berbasis data dalam pengelolaan lingkungan secara berkelanjutan [1][5].

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian terkait menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan memiliki pengaruh yang kuat terhadap dinamika suhu permukaan bumi. Studi terdahulu meneliti perubahan temporal suhu permukaan tanah selama periode 2014–2024 menggunakan *Google Earth Engine* (GEE) dan membuktikan bahwa pendekatan penginderaan jauh berbasis satelit efektif untuk memantau perubahan suhu dalam jangka panjang secara spasial-temporal [1]. Meskipun penelitian tersebut berhasil mendemonstrasikan kemampuan *Google Earth Engine* (GEE) dalam analisis multi-temporal, fokusnya belum mencakup keterkaitan antara LST dan indikator degradasi lahan seperti NDVI.

Kajian lain menganalisis suhu permukaan tanah dan perubahan tutupan lahan dengan menekankan dampak urbanisasi dan dinamika vegetasi [3]. Hasil penelitiannya memperlihatkan bahwa area terbangun secara konsisten memiliki suhu permukaan lebih tinggi dibandingkan wilayah bervegetasi, sehingga perubahan penggunaan lahan menjadi faktor determinan dalam peningkatan LST. Namun, kajian tersebut dilakukan pada skala wilayah yang lebih terbatas dan belum menganalisis tren jangka panjang secara komprehensif.

Penelitian selanjutnya membuktikan bahwa alih fungsi lahan vegetasi menjadi lahan terbangun menyebabkan peningkatan nilai LST yang signifikan menggunakan citra Landsat dan metode klasifikasi terbimbing [4]. Studi ini memberikan dasar metodologis yang kuat terkait hubungan tutupan lahan dan LST, namun belum mengintegrasikan NDVI sebagai indikator untuk mengevaluasi risiko degradasi lahan secara kuantitatif.

Studi berikutnya meneliti perubahan tutupan lahan dan hubungannya dengan suhu permukaan menggunakan *Google Earth Engine*, dan menemukan bahwa berkurangnya kerapatan vegetasi berkorelasi positif dengan meningkatnya suhu permukaan [5]. Penelitian tersebut juga menunjukkan keunggulan GEE dalam analisis spasial-temporal skala luas. Akan tetapi, wilayah kajiannya berbeda dengan konteks ekologis Sumatera Selatan yang memiliki karakteristik tutupan lahan dan tekanan antropogenik yang khas.

Berdasarkan tinjauan terhadap keempat penelitian tersebut, terdapat celah penelitian yang belum terjawab, yakni kajian yang secara spesifik mengintegrasikan analisis tren LST jangka panjang dengan NDVI sebagai indikator degradasi lahan di wilayah Sumatera Selatan. Penelitian ini hadir untuk mengisi celah tersebut dengan menganalisis dinamika LST periode 2014–2024 berbasis Landsat 8 melalui platform GEE, serta mengkaji korelasinya dengan NDVI guna memberikan dasar ilmiah bagi pengelolaan lahan dan mitigasi degradasi ekosistem di wilayah tersebut.

2.2. Dinamika Suhu Permukaan Bumi (*Land Surface Temperature*)

Para ahli mendefinisikan Suhu Permukaan Daratan (LST) sebagai salah satu indikator termal paling signifikan dalam pemantauan dinamika bumi dan perubahan iklim global [2][10]. Secara teoretis, LST merupakan parameter biofisik utama yang menggambarkan kondisi keseimbangan energi pada permukaan bumi dalam interaksinya dengan atmosfer [10][11]. Para ahli berpendapat bahwa LST memiliki peran krusial sebagai signifikator yang mendefinisikan keadaan termal umum suatu wilayah, baik di kawasan alami maupun perkotaan [11]. Pemantauan tren suhu permukaan jangka panjang dipandang sangat penting oleh para peneliti untuk memahami pola pemanasan global dan dampaknya terhadap stabilitas lingkungan daratan [2][10].

2.3. Penginderaan Jauh dan *Google Earth Engine* (GEE)

Penginderaan jauh dipahami sebagai disiplin ilmu dan teknologi untuk memperoleh informasi mengenai suatu objek atau fenomena di permukaan bumi melalui sensor tanpa adanya kontak fisik langsung [5][12]. Platform *Google Earth Engine* (GEE) didefinisikan sebagai sistem komputasi awan yang merevolusi cara para ahli mengakses dan mengolah *library* data satelit dalam jumlah masif secara efisien [5][12]. Para ahli menyoroti bahwa platform ini memfasilitasi analisis tren lingkungan jangka panjang melalui standarisasi data beresolusi tinggi, yang menjadi dasar utama dalam pengembangan sistem informasi geospasial yang akurat [12][11]. Penggunaan teknologi berbasis awan ini dianggap sangat efektif untuk mengatasi hambatan komputasi dalam pemrosesan data termal yang kompleks [5][12].

2.4. Degradasi Lahan

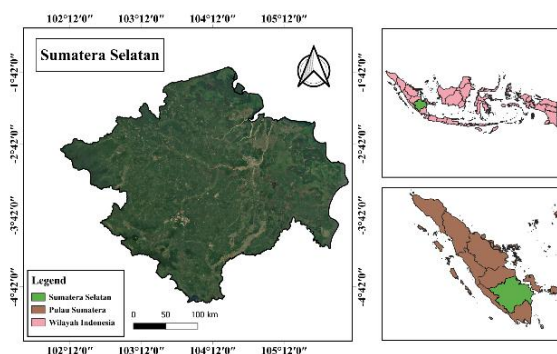
Degradasi lingkungan secara teoretis didefinisikan sebagai proses penurunan kualitas lingkungan hidup yang mengakibatkan berkurangnya kapasitas ekosistem untuk menyediakan jasa dan fungsinya [7][8]. Secara lebih spesifik, para ahli menjelaskan degradasi lahan sebagai kondisi penurunan kesehatan tanah yang berujung pada hilangnya produktivitas hayati serta nilai ekonomi dari

daratan secara permanen [7][8]. Penurunan kualitas ini dianggap sebagai hasil dari berbagai faktor tekanan ekologis yang melemahkan daya dukung lingkungan [7].

Suhu permukaan daratan diidentifikasi oleh para ahli sebagai salah satu faktor pendorong utama risiko degradasi lahan melalui mekanisme biofisik. Peningkatan LST secara teoretis memicu percepatan laju penguapan (evapotranspirasi) yang mengakibatkan berkurangnya kelembaban tanah dan potensi kekeringan ekstrem [4][12]. Selain itu, paparan suhu permukaan yang tinggi secara terus-menerus dapat mempercepat proses penguraian bahan organik dalam tanah dan mengganggu aktivitas mikroorganisme tanah yang esensial bagi kesuburan [7]. Para ahli menekankan bahwa tekanan panas yang berlebihan pada permukaan bumi menciptakan gangguan pada struktur fisik tanah, sehingga meningkatkan kerentanan lahan terhadap risiko kerusakan jangka panjang [6][7].

3. METODELOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis spasial-temporal untuk mengkaji tren jangka panjang suhu permukaan bumi serta keterkaitannya dengan risiko degradasi lahan [11]. Data yang digunakan merupakan data sekunder berupa citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS Collection 2 periode 2014–2024 yang diperoleh dari *United States Geological Survey* (USGS) dan diolah menggunakan platform *Google Earth Engine* (GEE). Data tersebut dimanfaatkan untuk menghasilkan parameter *Land Surface Temperature* (LST) sebagai indikator suhu permukaan bumi serta *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) sebagai indikator kondisi vegetasi dan tingkat degradasi lahan.



Gambar 1. Peta Sumatera Selatan

Tahapan pengolahan data dilakukan melalui proses *pre-processing* yang meliputi *cloud masking* untuk menghilangkan gangguan awan serta penerapan *scaling factor* guna mengembalikan nilai piksel ke bentuk aslinya. Selanjutnya dilakukan perhitungan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) merupakan indeks vegetasi yang digunakan untuk mengukur tingkat kehijauan dan kerapatan vegetasi

berdasarkan nilai reflektansi spektral. NDVI dihitung menggunakan:

$$NDVI = \frac{Float(Band\ 5 - Band\ 4)}{Float(Band\ 5 + Band\ 4)} \quad (1)$$

Perbandingan antara kanal *Near Infrared* (NIR) dan kanal Red, di mana vegetasi sehat akan memantulkan lebih banyak energi pada spektrum NIR dan menyerap lebih banyak pada spektrum merah [1]. Nilai NDVI berada pada rentang -1 hingga +1, di mana nilai mendekati +1 menunjukkan vegetasi yang rapat dan sehat, sedangkan nilai mendekati 0 atau negatif menunjukkan area non-vegetasi seperti lahan terbuka, permukiman, atau badan air. Dengan demikian, NDVI digunakan dalam penelitian ini sebagai indikator untuk mengidentifikasi kondisi vegetasi serta potensi degradasi lahan.

Land Surface Temperature (LST) merupakan parameter yang digunakan untuk menggambarkan suhu permukaan bumi yang diperoleh dari data citra satelit pada kanal inframerah termal. Perhitungan LST menggunakan rumus

$$LST = \frac{BT}{1 + \left(\lambda \times \frac{BT}{\rho} \right) \times \ln(\epsilon)} \quad (2)$$

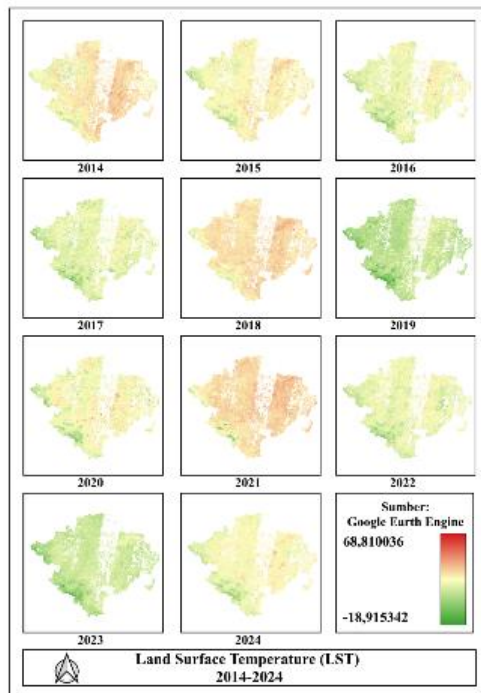
dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu konversi nilai *digital number* (DN) menjadi *brightness temperature*, kemudian dikoreksi menggunakan nilai emisivitas permukaan yang dipengaruhi oleh kondisi tutupan lahan [1]. Emisivitas sendiri diperoleh dari nilai proporsi vegetasi yang dihitung berdasarkan NDVI. Hasil akhir perhitungan LST menunjukkan suhu permukaan rata-rata pada suatu piksel dalam satuan derajat Celsius. Nilai LST yang tinggi umumnya berkaitan dengan area terbangun atau lahan terbuka, sedangkan nilai yang lebih rendah menunjukkan area dengan vegetasi atau badan air. Oleh karena itu, LST digunakan sebagai indikator utama dalam menganalisis distribusi suhu serta hubungannya dengan degradasi lahan.

Analisis spasial dilakukan dengan memetakan distribusi nilai LST dan NDVI pada wilayah penelitian guna menggambarkan sebaran suhu permukaan dan kondisi vegetasi secara geografis. Hasil pemetaan tersebut kemudian digunakan untuk mengidentifikasi pola hubungan antara wilayah dengan suhu tinggi dan tingkat kerapatan vegetasi yang rendah. Melalui analisis perbandingan antara peta LST dan NDVI untuk mengkaji hubungan antara peningkatan suhu permukaan bumi dengan risiko degradasi lahan. Wilayah dengan nilai LST yang tinggi dan NDVI yang rendah diinterpretasikan sebagai area yang berpotensi mengalami degradasi lahan. Hasil analisis ini kemudian digunakan untuk memahami pola keterkaitan antara perubahan suhu dan kondisi lahan, serta memberikan dasar ilmiah dalam mendukung upaya pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan.

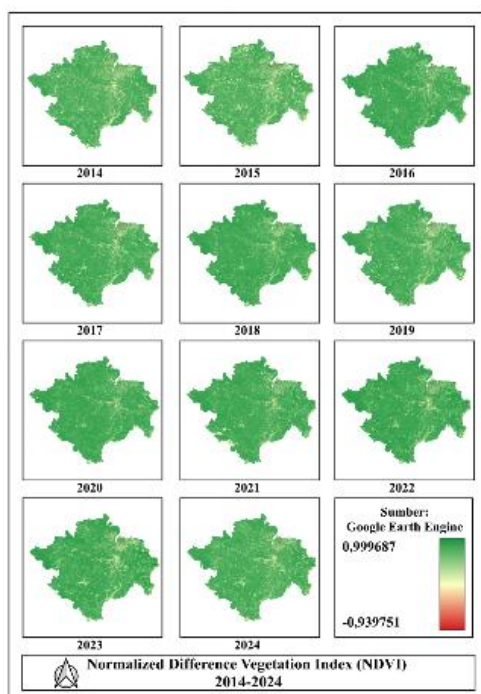
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengolahan data citra satelit menggunakan platform *Google Earth Engine*, diperoleh nilai rata-rata tahunan *Land Surface Temperature* (LST) dan *Normalized Difference*

Vegetation Index (NDVI) di wilayah Sumatera Selatan selama periode 2014–2024. Data menunjukkan adanya fluktuasi suhu permukaan yang cukup signifikan serta perubahan kondisi vegetasi dari tahun ke tahun.



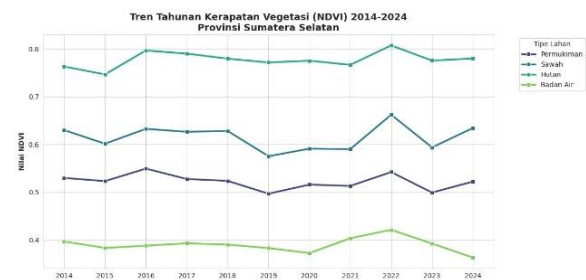
Gambar 2. *Land Surface Temperature* (LST) 2014–2024



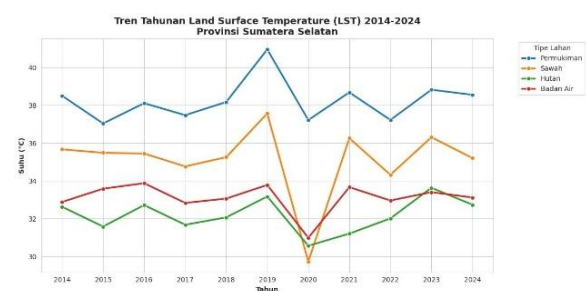
Gambar 3. *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) 2014–2024

Secara kuantitatif, nilai LST tertinggi selama periode tersebut terjadi di kelas Permukiman pada tahun 2019 mencapai 40,96°C, diikuti oleh kelas Sawah (37,57°C pada tahun yang sama). Sebaliknya, nilai LST terendah terjadi di kelas Hutan pada tahun 2020 sebesar 30,56°C dan kelas Badan Air sekitar 30,98–33,88°C. Pola ini konsisten di seluruh tahun: hutan selalu menjadi area terdingin, sementara permukiman menjadi area terpanas. Dominasi area panas (merah/oranye) terlihat jelas pada tahun-tahun seperti 2016, 2018, dan 2019, yang mengindikasikan peningkatan risiko degradasi lahan akibat aktivitas antropogenik.

Sementara itu, peta NDVI menunjukkan pola yang berlawanan. Kelas Hutan memiliki nilai NDVI tertinggi dan paling stabil, berkisar antara 0,746–0,807, dengan puncak di tahun 2022 (0,807). Kelas Sawah berada di tingkat menengah (0,575–0,662), kelas Permukiman lebih rendah (0,496–0,549), dan Badan Air terendah (0,363–0,421). Warna hijau tua pada peta NDVI mendominasi area hutan, sedangkan warna kuning/merah mendominasi permukiman dan badan air. Dengan demikian, secara spasial terlihat bahwa wilayah dengan NDVI rendah cenderung memiliki LST tinggi, yang merupakan indikator awal terjadinya degradasi lahan.



Gambar 4. Grafik *Land Surface Temperature* (LST) 2014–2024



Gambar 5. Grafik *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) 2014–2024

tren perubahan suhu permukaan dan vegetasi juga dapat diamati melalui grafik *time series*. Gambar 4 menyajikan grafik NDVI per kelas dari tahun 2014 hingga 2024. Pada grafik tersebut, terlihat bahwa:

- Hutan menunjukkan nilai NDVI yang selalu tertinggi dan relatif stabil, dengan fluktuasi kecil antara 0,74–0,81. Puncak terjadi pada tahun 2022 (0,807) dan sedikit menurun di tahun 2024 (0,780).

- b. Sawah memiliki pola fluktuatif: meningkat dari 0,629 (2014) ke 0,632 (2016), kemudian menurun tajam hingga 0,575 (2019), lalu naik kembali mencapai puncak 0,662 (2022), dan sedikit turun di 2024 (0,634).
- c. Permukiman cenderung stabil di kisaran 0,50–0,55, dengan nilai terendah 0,497 (2019) dan tertinggi 0,549 (2016).
- d. Badan Air paling rendah dan stabil (0,37–0,42).

Secara keseluruhan, NDVI mengalami penurunan signifikan pada tahun 2019 (terutama pada sawah dan permukiman), kemudian meningkat kembali setelah tahun 2020 hingga mencapai puncak di tahun 2022, sebelum sedikit menurun di tahun 2024. Pola ini menunjukkan adanya pemulihan vegetasi pasca-2020.

Sementara itu, Gambar 5 menyajikan grafik LST per kelas. Pola yang terlihat hampir berlawanan dengan NDVI:

- a. Permukiman selalu memiliki suhu tertinggi, dengan puncak di tahun 2019 (40,96°C) dan nilai terendah di tahun 2020 (37,22°C). Setelah 2020, suhu permukiman cenderung stabil di kisaran 38,5–38,8°C.
- b. Sawah juga menunjukkan puncak suhu di tahun 2019 (37,57°C) dan terendah di tahun 2020 (29,73°C – yang merupakan anomali cukup ekstrem). Perlu dicatat bahwa suhu sawah sangat bervariasi antar tahun.
- c. Hutan memiliki suhu terendah dan paling stabil, berkisar 31,2–33,6°C, dengan sedikit peningkatan di tahun 2019 dan 2023.
- d. Badan Air berada di antara hutan dan sawah, dengan suhu sekitar 30,98–33,88°C.

Jika kedua grafik dianalisis secara bersamaan, terlihat bahwa ketika NDVI menurun (misal pada sawah dan permukiman tahun 2019), LST cenderung meningkat. Sebaliknya, ketika NDVI meningkat (misal sawah dan hutan pada 2022), LST cenderung menurun atau stabil. Hal ini semakin memperkuat adanya korelasi negatif antara vegetasi dan suhu permukaan.

Dengan demikian, analisis peta dan grafik secara bersamaan menunjukkan bahwa wilayah dengan vegetasi rendah (permukiman dan lahan terbuka) cenderung memiliki suhu yang lebih tinggi, yang merupakan indikator awal terjadinya degradasi lahan. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa perubahan tutupan vegetasi memiliki peran yang sangat signifikan dalam memengaruhi dinamika suhu permukaan di Sumatera Selatan. Interaksi antara peningkatan suhu dan penurunan vegetasi menjadi indikator penting dalam mengidentifikasi risiko degradasi lahan, sehingga pemantauan LST dan NDVI secara berkelanjutan sangat diperlukan sebagai dasar dalam pengelolaan lingkungan dan mitigasi dampak perubahan iklim.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil menganalisis tren jangka panjang suhu permukaan bumi (*Land Surface Temperature/LST*) dan keterkaitannya dengan risiko degradasi lahan di wilayah Sumatera Selatan selama periode 2014–2024 menggunakan data citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS yang diolah melalui platform *Google Earth Engine*. Hasil analisis spasial-temporal menunjukkan bahwa kelas permukiman secara konsisten mencatat nilai LST tertinggi dengan puncak mencapai 40,96°C pada tahun 2019, sementara kelas hutan mempertahankan nilai LST terendah yang berkisar antara 30,56–33,60°C, mengindikasikan peran signifikan tutupan vegetasi dalam meregulasi suhu permukaan. Analisis NDVI menunjukkan korelasi negatif yang kuat dengan LST, di mana penurunan kerapatan vegetasi—khususnya pada tahun 2019—bersamaan dengan peningkatan suhu permukaan yang signifikan, sementara pemulihan vegetasi pasca-2020 diikuti oleh stabilisasi nilai LST. Pola spasial yang diperoleh menegaskan bahwa wilayah dengan nilai NDVI rendah dan LST tinggi, terutama pada kawasan permukiman dan lahan terbuka, merupakan area dengan risiko degradasi lahan yang lebih tinggi akibat intensifikasi tekanan antropogenik dan berkurangnya kapasitas ekosistem. Temuan ini memperkuat pentingnya pemantauan LST dan NDVI secara berkelanjutan sebagai instrumen deteksi dini dalam sistem pengelolaan lingkungan dan mitigasi dampak perubahan iklim. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar analisis diperluas dengan mengintegrasikan variabel tambahan seperti data curah hujan, tutupan lahan *multi-temporal* yang lebih terperinci, serta indeks degradasi lahan lainnya guna meningkatkan akurasi prediksi dan kedalaman interpretasi dalam konteks perencanaan tata ruang yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. A. Pratama, S. Latifah, dan A. R. Prasetyo, “Perubahan Temporal Suhu Permukaan Tanah dari Tahun 2014 2024 Menggunakan Google Earth Engine,” 2024.
- [2] L. Lin, L. Di, C. Zhang, dan L. Guo, “The Global Land Surface Temperature Change in the 21st Century-A Satellite Remote Sensing Based Assessment,” *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.*, vol. 17, hlm. 1756–1764, 2024, doi: 10.1109/JSTARS.2023.3338980.
- [3] M. A. Fathoni, “Spatiotemporal analysis of land surface temperature and land cover change: Assessing the impact of urbanization and vegetation dynamics,” *Spatial Review for Sustainable Development*, vol. 2, no. 1, Feb 2025, doi: 10.61511/srsd.v2i1.2025.1752.
- [4] A. Damayanti, F. I. Khairunisa, dan K. Maulidina, “Impacts of Land Cover Changes on Land Surface Temperature using Landsat Imagery with the Supervised Classification Method,” *Aceh International Journal of Science*

- and Technology, vol. 12, no. 1, hlm. 116–125, Apr 2023, doi: 10.13170/aijst.12.1.30834.
- [5] L. Muhamad Irsan, M. Isra, R. Rahman, N. Hasanah, dan W. D. Syawal, “Analisis Perubahan Tutupan Lahan dan Hubungannya dengan Suhu Permukaan Menggunakan Google Earth Engine,” *JURNAL MEDIA INFORMATIKA*, vol. 7, hlm. 488–495, Feb 2026, doi: 10.55338/jumin.v7i1.7360.
- [6] Q. M. Ajaj, “Remote Sensing-based Land Surface Temperature Retrieval in Kirkuk City, Iraq Using GIS and TES Algorithm: A Climatic Concern,” *International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation*, vol. 6, hlm. 475–481, Jul 2025, doi: 10.54660/IJMRGE.2025.4.070.
- [7] F. Tri Wulandari dan W. Astiko, “Kajian Degradasi Lahan dan Pengelolaan Lahan Berkelanjutan,” *Journal of Authentic Research*, vol. 4, hlm. 1067–1080, Jul 2025, doi: 10.36312/jar.v4iSpecialIssue.2953.
- [8] F. D’Acunto, F. Marinello, dan A. Pezzuolo, “Rural Land Degradation Assessment through Remote Sensing: Current Technologies, Models, and Applications,” 1 Agustus 2024, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/rs16163059.
- [9] A. M. Waring, D. Ghent, M. Perry, J. S. Anand, K. L. Veal, dan J. Remedios, “Regional climate trend analyses for Aqua MODIS land surface temperatures,” *Int. J. Remote Sens.*, vol. 44, no. 16, hlm. 4989–5032, 2023, doi: 10.1080/01431161.2023.2240522.
- [10] P. Reiners, J. Sobrino, dan C. Kuenzer, “Satellite-Derived Land Surface Temperature Dynamics in the Context of Global Change—A Review,” 1 April 2023, *MDPI*. doi: 10.3390/rs15071857.
- [11] S. Liwan dan P. C. Latue, “Analisis Spasial Perubahan Suhu Permukaan Daratan Kota Kupang Menggunakan Pendekatan Geospatial Artificial Intelligence (GeoAI),” *Buana Jurnal Geografi, Ekologi dan Kebencanaan*, vol. 1, no. 1, hlm. 14–20, Agu 2023, doi: 10.56211/buana.v1i1.343.
- [12] P. He, Z. Chen, L. Zhang, C. Ma, dan C. Luo, “Machine learning prediction of future land surface temperature from SAR optical fusion under urban expansion in Changsha, China,” *Sci. Rep.*, vol. 16, no. 1, Des 2026, doi: 10.1038/s41598-025-30976-5