

ANALISIS KERENTANAN LINGKUNGAN MENGGUNAKAN OVERLAY DAN SKORING DAERAH TANI BHAKTI, KECAMATAN LOA JANAN, KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA

M Rafi Nur Ramadhan^{1)*}, Heriyanto¹⁾, Ayub Fredy¹⁾, Sulistiawati¹⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman
E-mail: 21ramadhan.rafi@gmail.com

ABSTRAK

Kerentanan lingkungan adalah tingkat kepekaan suatu wilayah terhadap perubahan atau gangguan eksternal, baik alami maupun akibat aktivitas manusia. Hal ini mencerminkan potensi kerusakan yang dapat memengaruhi keseimbangan ekosistem, kualitas hidup, dan keberlanjutan sumber daya alam. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kerentanan lingkungan di Tani Bhakti menggunakan pendekatan *overlay* dan skoring dengan data satelit dari tahun 2019 dan 2024. Latar belakang penelitian adalah adanya perubahan penggunaan lahan serta dampak lingkungan akibat aktivitas pertanian dan pemanfaatan lahan. Data satelit digunakan untuk memetakan parameter lingkungan seperti NDMI, NDVI, dan perubahan lahan terbuka. Parameter-parameter ini dianalisis dengan metode *overlay* untuk mengidentifikasi perubahan dalam lima tahun. Skoring kemudian diterapkan untuk menentukan tingkat kerentanan masing-masing parameter dan menghasilkan peta kerentanan lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan kerentanan di beberapa wilayah yang dipengaruhi oleh konversi lahan dan degradasi vegetasi. Penurunan kualitas vegetasi, kelembapan tanah, dan peningkatan suhu permukaan tanah menjadi indikasi utama. Berdasarkan analisis, kualitas lingkungan di Tani Bhakti telah menurun secara signifikan dalam lima tahun terakhir.

Kata Kunci: Kerentanan Lingkungan, Skoring, NDVI, NDMI.

ABSTRACT

Environmental vulnerability refers to the sensitivity of an area to external changes or disturbances, whether natural or human-induced. It reflects the potential for damage that can impact ecosystem balance, quality of life, and the sustainability of natural resources. This study aims to assess environmental vulnerability in Tani Bhakti using an overlay and scoring approach based on satellite data from 2019 and 2024. The study is motivated by land-use changes and environmental impacts resulting from agricultural activities and land utilization. Satellite data were employed to map environmental parameters such as NDMI, NDVI, and open land changes. These parameters were analyzed through the overlay method to identify changes over the five-year period. Scoring was then applied to determine the vulnerability level of each parameter, resulting in an environmental vulnerability map. The findings reveal increased vulnerability in several areas due to land conversion and vegetation degradation. Key indicators include a decline in vegetation density, reduced soil moisture, and higher surface temperatures. Based on the analysis, the environmental quality in Tani Bhakti has significantly deteriorated over the past five years.

Keyword: Environmental Vulnerability, Scoring, NDVI, NDMI.

1. Pendahuluan

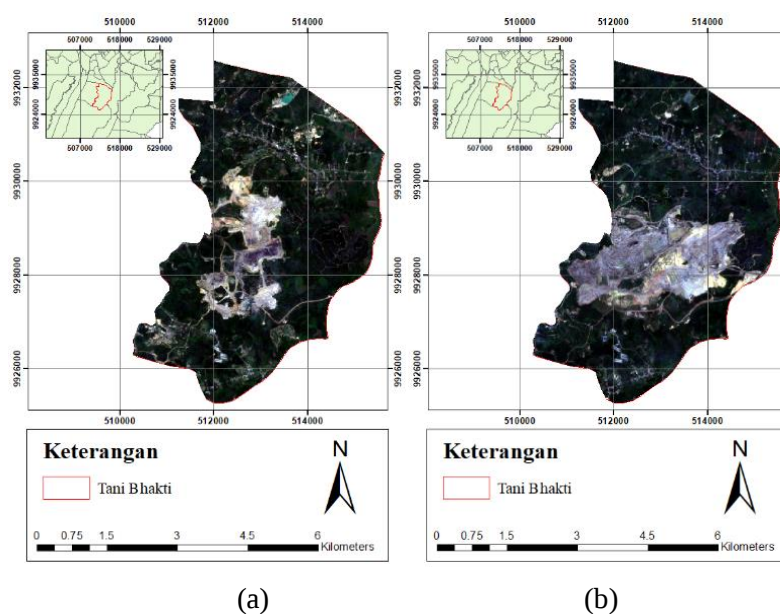
Daerah Tani Bhakti merupakan salah satu wilayah yang memiliki potensi pertambangan yang signifikan, namun juga rentan terhadap perubahan kondisi lingkungan. Untuk memahami tingkat kerentanannya, perlu dilakukan analisis berbasis data spasial. Salah satu pendekatan yang efektif untuk analisis kerentanan ini adalah dengan menggunakan metode *overlay* dan skoring data satelit. Metode *overlay* memungkinkan penggabungan berbagai data spasial untuk menghasilkan peta kerentanan. Skoring data satelit dapat memberikan informasi yang lebih rinci mengenai kondisi lingkungan, seperti perubahan tutupan vegetasi dan degradasi lahan. Kerentanan lingkungan didefinisikan sebagai parameter tingkat keterpaparan lingkungan. Dalam menganalisis

menggunakan metode *overlay* dan juga skoring dibutuhkan data-data yang mendukung analisis dari perbandingan perubahan kondisi lahan dan vegetasi yang ada pada daerah Tani Bhakti pada tahun 2019 dan tahun 2024.

Penginderaan jauh adalah salah satu teknologi yang dapat dimanfaatkan untuk menganalisis tingkat kerapatan vegetasi di suatu wilayah. Teknologi ini merupakan ilmu dan seni dalam mengumpulkan serta mendapatkan informasi tentang suatu objek, dan menganalisis data tersebut tanpa perlu kontak langsung dengan objek yang dimaksud. Perubahan kerapatan vegetasi dapat dipantau melalui citra satelit. Pemantauan ini menggunakan citra satelit multitemporal untuk melihat perkembangannya dari waktu ke waktu. Citra penginderaan jauh mampu menyajikan gambaran permukaan bumi, sehingga memudahkan pengukuran kualitas lingkungan permukiman. Melalui analisis citra, pemrosesan dan pengukuran dapat dilakukan menggunakan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk menghasilkan peta terkait kualitas lingkungan yang diteliti (Kurniawan dkk., 2024).

Dalam penelitian ini menggunakan data citra sentinel-2 pada tahun 2019 dan 2024 dengan menggunakan metode indeks vegetasi NDVI, NDMI dan LST dengan menganalisis hasil dari perhitungan menggunakan metode tersebut untuk mengetahui perubahan kerapatan vegetasi di daerah Tani Bhakti, Kecamatan Loa Janan, Kabupaten Kutai Kartanegara. Indeks vegetasi merupakan parameter yang digunakan untuk menganalisis kondisi vegetasi di suatu wilayah. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) merupakan indeks yang mengukur kehijauan atau aktivitas fotosintesis vegetasi. NDVI dapat digunakan untuk menunjukkan parameter seperti biomassa daun hijau yang berguna dalam mengelompokkan jenis vegetasi (Lestari, 2021). Tinggi rendahnya suatu kerapatan vegetasi dapat diketahui dengan menggunakan metode NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), yang merupakan sebuah transformasi citra penajaman spektral untuk menganalisa hal-hal yang berkaitan dengan vegetasi Normalized Difference Moisture Index (NDMI) adalah indeks yang digunakan untuk menggambarkan kandungan kelembaban dalam vegetasi dan lahan, yang sangat berguna dalam pemantauan kesehatan tanaman serta kondisi lahan (Rendana dkk., 2023). Indeks berbasis spektrum ini berguna untuk mengukur serta memantau pertumbuhan tanaman (kekuatan), tutupan vegetasi, dan produksi biomassa dengan menggunakan data dari satelit multispektral (Hardianto dkk., 2021).

Lokasi penelitian ini dilakukan di area pertambangan Tani Bhakti, Loa Janan, yang terletak di Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. Area ini merupakan salah satu wilayah dengan aktivitas pertambangan yang intensif, sehingga berpotensi mengalami perubahan signifikan pada kondisi lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kerentanan lingkungan di area tersebut pada dua periode waktu, yaitu tahun 2019 dan 2024, untuk memahami dampak dari aktivitas pertambangan terhadap vegetasi, kelembaban tanah, dan suhu permukaan. Dapat dilihat pada peta citra satelit terdapat perubahan penggunaan lahan berupa area yang tadinya hutan atau kebun menjadi area lahan terbuka berupa tambang dan bukaan lahan perkebunan. Hal tersebut berbanding lurus dengan penurunan jumlah vegetasi pada wilayah penelitian.



Gambar 1. Lokasi Penelitian, a Citra Satelit Tahun 2019, b Citra Satelit Tahun 2024.

Dapat dilihat salah satu kondisi rill di lokasi penelitian saat ini, yaitu foto yang diambil pada tanggal 5 oktober 2024, pada elevasi 56.6 meter dan arah orientasi foto yaitu N 290° E, serta koordinatnya lintang bujurnya yaitu -0.666548, 117.130466



Gambar 2. Kondisi Lapangan Lokasi Penelitian

Pada gambar 2 adalah lokasi yang sekarang menjadi daerah tambang yang jika dilihat sebelumnya pada peta merupakan area vegetasi.

2. Metode Penelitian

A. Citra Sentinel-2A

Sentinel-2 adalah satelit pencitraan optik dari Eropa yang diluncurkan pada tahun 2015. Satelit ini merupakan yang pertama dari program Copernicus yang dikelola oleh European Space Agency (ESA). Sentinel-2 membawa perangkat multispektral beresolusi tinggi dengan 13 band spektral. Satelit ini dirancang untuk melakukan pengamatan daratan dan mendukung berbagai layanan, seperti pemantauan hutan, deteksi perubahan lahan tutupan, serta manajemen bencana alam. Citra satelit Sentinel-2 memiliki karakteristik seperti yang tercantum pada Tabel 1 (Putri, dkk, 2018).

Tabel 1. Daftar 13 Band Sentinal-2A (ESA,2015)

Band	Panjang Gelombang (µm)	Resolusi Spasial (m)
Band 1 – Coastal Aerosol	0,443	60
Band 2 – Blue	0,490	10
Band 3 – Green	0,560	10
Band 4 – Red	0,665	10
Band 5 – Vegetation Red Edge	0,705	20
Band 6 – Vegetation Red Edge	0,740	20
Band 7 – Vegetation Red Edge	0,783	20
Band 8 – NIR	0,842	10
Band 8A – Vegetation Red Edge	0,865	20
Band 9 – Water Vapour	0,945	60

Band 10 – SWIR – Cirrus	1,375	60
Band 11 – SWIR	1,610	20
Band 12 – SWIR	2,190	20

B. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) adalah indeks dari citra satelit yang digunakan untuk mengukur tingkat kehijauan, sehingga sangat berguna sebagai dasar dalam klasifikasi wilayah vegetasi. NDVI dapat menunjukkan berbagai parameter yang berkaitan dengan vegetasi, seperti biomassa daun hijau dan luas area daun hijau, yang dapat digunakan untuk memperkirakan pembagian vegetasi. Berikut ini adalah persamaan NDVI (Assyakur dan Adnyana, 2009).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad \dots (1)$$

dengan keterangan:

NIR = Nilai reflektan kanal Inframerah (Band 8)

RED = Nilai reflektan kanal Merah (Band 4)

Tabel 2. Klasifikasi NDVI (Sunaryo & Iqmi, 2015).

Klasifikasi	Rentang Nilai NDVI
Awan dan Air	-2.00 – 0.00
Non-vegetasi	0.00 – 0.20
Tidak Rapat	0.20 – 0.40
Cukup Rapat	0.40 – 0.60
Rapat	>0.60

C. Normalized Difference Moisture Index (NDMI)

Algoritma perhitungan NDMI mirip dengan indeks vegetasi lainnya yang dihitung menggunakan perangkat lunak ArcGIS melalui raster calculator. Peningkatan suhu permukaan biasanya terjadi akibat kekurangan air untuk proses evaporasi selama kondisi kekeringan. NDMI merupakan indeks khusus yang digunakan bersama LST dan NDVI untuk menganalisis kandungan kelembapan tanah. NDMI mengevaluasi kelembapan tanah pada semua fitur di permukaan bumi, sehingga menjadi acuan yang baik untuk memantau kondisi kekeringan. NDMI dihitung dengan rumus 2 berikut (Rendana, M. dkk, 2023)

$$NDVI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} \quad \dots (2)$$

Dengan keterangan:

NIR = Nilai reflektan kanal inframerah dekat (Band 8A atau Band 8 pada Sentinel-2)

SWIR = Nilai reflektan kanal inframerah gelombang pendek (Band 11 pada Sentinel-2)

Tabel 3. Klasifikasi NDMI (Rendana dkk., 2023)

Klasifikasi	Rentang Nilai NDMI
Sangat Kering	< 0.00
Kering	0.00 – 0.20
Lembab	0.20 – 0.40
Sangat Lembab	> 0.40

D. Suhu Permukaan

Kemajuan terbaru dalam teknologi penginderaan jauh memungkinkan pembuatan peta raster suhu permukaan tanah (LST) menggunakan band termal dari satelit. Meskipun LST dapat dianalisis menggunakan berbagai satelit, dalam penelitian ini digunakan band 10 dari citra Landsat 8 untuk menghitungnya. Persamaan LST ditunjukkan di bawah ini menggunakan formula umum yang dikembangkan oleh United States Geological Survey (USGS) (Rendana dkk, 2023).

Untuk menghitung Land Surface Temperature (LST) menggunakan data Sentinel-2 di Google Earth Engine (GEE), kita perlu menerapkan metode tidak langsung, karena Sentinel-2 tidak memiliki kanal termal. Metode ini biasanya melibatkan indeks Vegetasi (seperti NDVI) dan memanfaatkan beberapa pendekatan empiris untuk mengonversi indeks menjadi estimasi suhu permukaan tanah. Script ini berfungsi untuk memprediksi suhu permukaan tanah (LST) dengan resolusi 10 meter menggunakan data Sentinel-2, SRTM, dan Landsat TIRS dalam Google Earth Engine (GEE). Data Sentinel-2 dan beberapa indeks turunan dari spektrum seperti NDMI, NBR, NDWI, dan MNDWI, serta informasi topografi seperti elevasi, indeks posisi topografi (TPI), dan lereng (slope) digunakan sebagai variabel prediktor. Data suhu dari kanal Landsat TIRS (ST_B10) dijadikan sebagai nilai target LST. Cloud mask juga diterapkan pada data Sentinel-2 dan Landsat untuk mengurangi efek awan pada hasil akhir. Setelah perhitungan, LST dapat diklasifikasikan untuk menggambarkan variasi suhu di suatu wilayah. Misalnya, klasifikasi suhu permukaan dapat meliputi:

Tabel 4. Klasifikasi LST

Klasifikasi	Rentang Suhu (°C)
Rendah	< 26
Agak Rendah	26 – 30
Normal	30 – 34
Tinggi	34 – 38
Sangat Tinggi	> 38

E. Skoring

Dalam menentukan kerentanan lingkungan, beberapa parameter penentu digunakan untuk mengevaluasi tingkat kerusakan atau risiko suatu wilayah. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah NDVI (Normalised Difference Vegetation Index), NDMI (Normalized Difference Moisture Index), dan LST (Land Surface Temperature). Skoring pembobotan yang digunakan untuk masing-masing parameter dapat dilihat dalam Tabel 5.

Untuk hasil penilaian kerentanan, dilakukan penggabungan antara skoring dan pembobotan yang telah dilakukan sebelumnya. Penilaian kerentanan lingkungan ini dihitung dengan menggunakan rumus matematis yang menggabungkan bobot dan skor dari setiap parameter. Persamaan penilaian kerentanan dapat dilihat pada Rumus 3 sebagai berikut (Modifikasi Merryana, L. dkk, 2018).

$$X = (Skor\ NDVI) + (Skor\ NDMI) + (Skor\ LST) \quad \dots (3)$$

Dengan keterangan:

X = Nilai Kerentanan
Skor NDVI = Skor Bobot Vegetasi
Skor NDMI = Skor Bobot Kelembaban
Skor LST = Skor Bobot Suhu Permukaan

Tabel 5. Skoring Pembobotan (Modifikasi Merryana, L. dkk, 2018)

No	Data	Parameter	Kelas	Nilai Kelas	Skor	Bobot
1	NDVI	Awan dan Air	< 0.00	0.2	8	40%

2	NDMI	Non-vegetasi	0.00 – 0.20	1	40	35%
		Tidak Rapat	0.20 – 0.40	0.8	32	
		Cukup Rapat	0.40 – 0.60	0.4	16	
		Rapat	> 0.60	0.2	8	
		Sangat Kering	< 0.00	1	35	
		Kering	0.00 – 0.20	0.8	28	
		Lembab	0.20 – 0.40	0.4	14	
		Sangat Lembab	> 0.40	0.2	7	
		Rendah	< 26°C	0.2	5	
		Agak Rendah	26°C – 30°C	0.4	10	
3	LST	Normal	30°C – 34°C	0.6	15	25%
		Tinggi	34°C – 38°C	0.8	20	
		Sangat Tinggi	> 38°C	1	25	

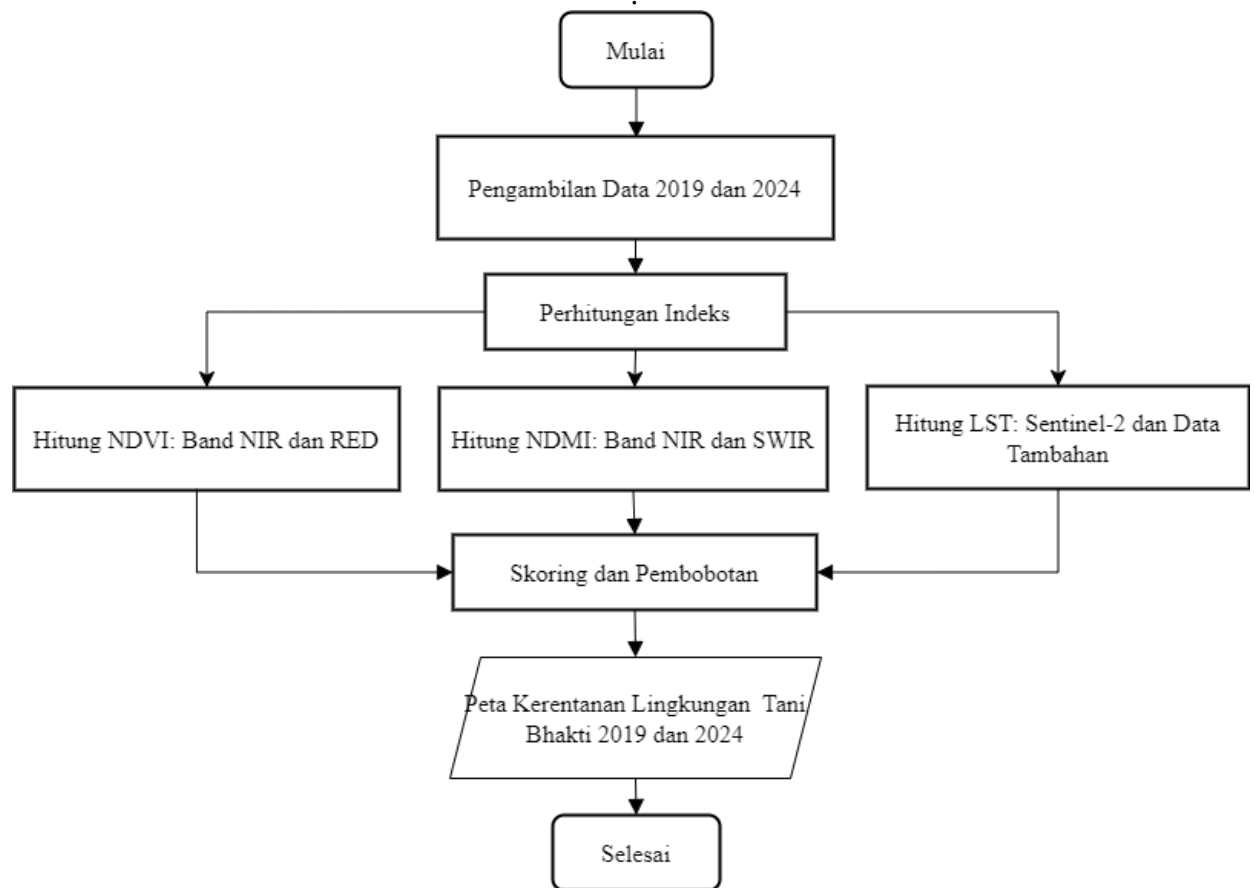
Setelah dilakukan skoring pembobotan, maka dapat diklasifikasikan kriteria tingkat kerentanan lingkungan pada daerah Tani Bhakti. Kriteria tingkat kerentanan lingkungan disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Tingkat Kerentanan Lingkungan

Tingkat Kerentanan	Skor
Rendah	0 – 33
Sedang	33 – 66
Tinggi	66 – 100

F. Tahap Penelitian

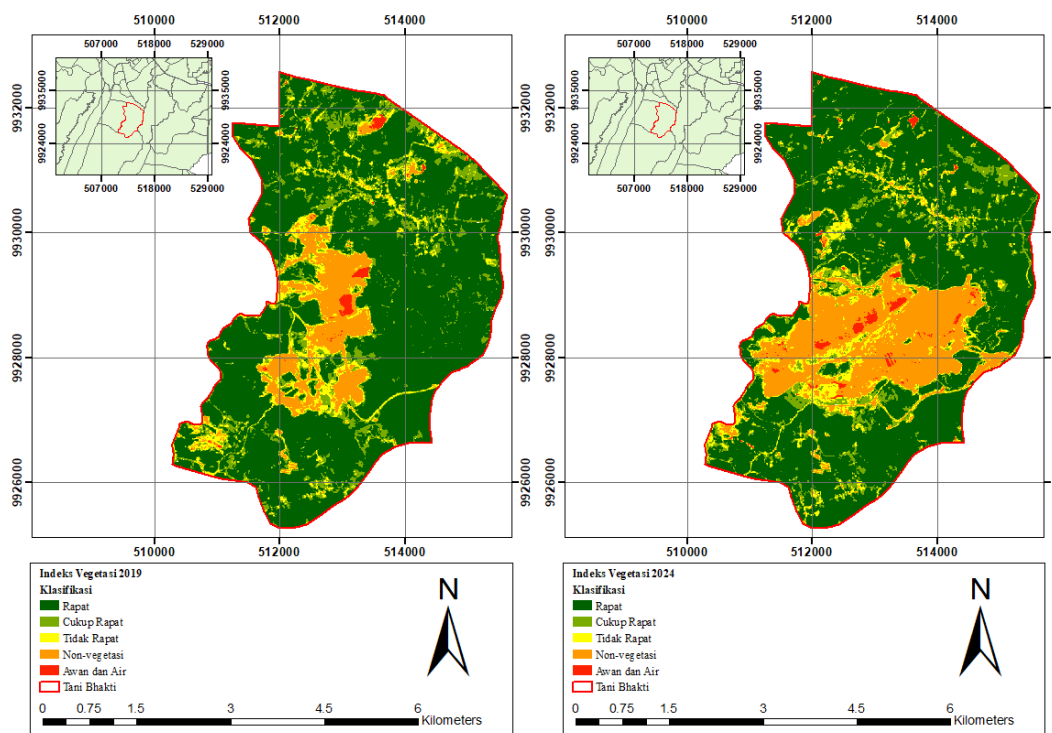
Penelitian ini menggunakan metode analisis Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Moisture Index (NDMI), dan Land Surface Temperature (LST) untuk mengklasifikasikan tingkat kerentanan lingkungan pada area studi. Data yang diperoleh berasal dari Sentinel-2A melalui skrip di Google Earth Engine (GEE) untuk tahun 2019 dan 2024. Setiap citra kemudian dipotong sesuai batas wilayah studi di area Tani Bhakti, Kutai Kartanegara. Pada tahapan analisis, data NDVI digunakan untuk klasifikasi vegetasi, NDMI untuk klasifikasi tingkat kelembaban, dan LST untuk mengidentifikasi suhu permukaan. Ketiga data ini kemudian di-*overlay* dan dilakukan proses skoring pada ArcGIS untuk menghasilkan peta kerentanan lingkungan sesuai dengan indikator yang telah ditentukan. Selanjutnya, hasil peta kerentanan lingkungan dari tahun 2019 dan 2024 dianalisis dan dibandingkan untuk melihat perubahan tingkat kerentanan lingkungan di area studi.



Gambar 3. Tahapan Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

A. Analisis NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)



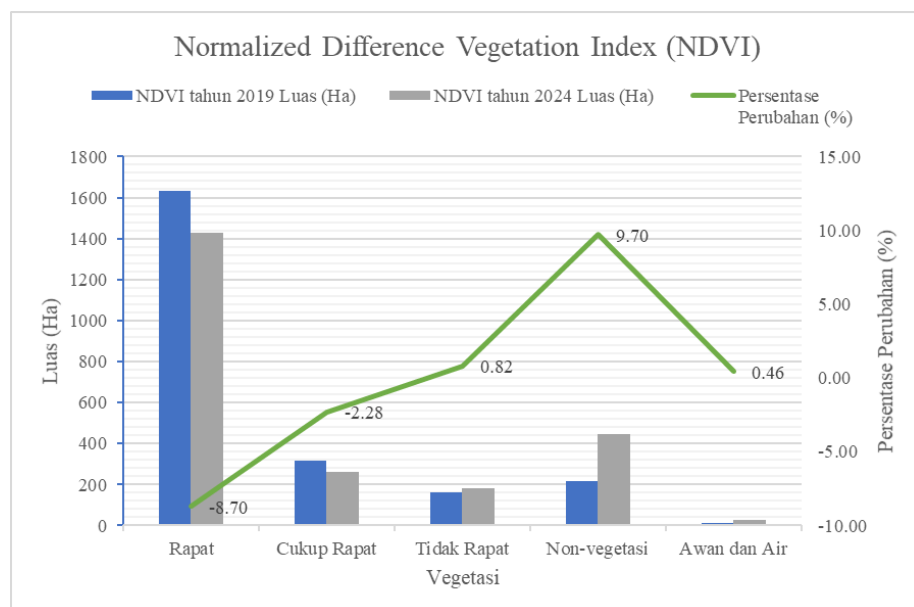
Gambar 4. NDVI 2019 dan 2024

Pada gambar 3 NDVI tahun 2019, menunjukkan dominasi vegetasi rapat di banyak wilayah, ditandai dengan warna hijau tua yang menunjukkan tutupan vegetasi yang cukup baik. Namun, pada 2024, area ini berkurang drastis dan digantikan oleh area dengan tutupan vegetasi yang kurang rapat atau non-vegetasi. Secara kualitatif, perubahan ini menunjukkan degradasi vegetasi, yang mungkin disebabkan oleh aktivitas seperti konversi lahan atau penambangan, dan berdampak negatif pada kualitas lingkungan.

Tabel 7. Perbandingan NDVI 2019 dan 2024

No	Kelas	NDVI tahun 2019		NDVI tahun 2024		Selisih Luas (Ha)	Persentase Perubahan (%)
		Luas (Ha)	Persentase (%)	Luas (Ha)	Persentase (%)		
1	Rapat	1631.09	69.69	1427.53	60.99	203.56	-8.70
2	Cukup Rapat	316.82	13.54	263.35	11.25	53.47	-2.28
3	Tidak Rapat	160.71	6.87	179.98	7.69	19.26	0.82
4	Non-vegetasi	217.28	9.28	444.40	18.99	227.12	9.70
5	Awan dan Air	14.73	0.63	25.41	1.09	10.68	0.46

Data pada tabel 7 menunjukkan bahwa luas vegetasi rapat menurun sebesar 203,56 hektar (8,7%), sementara area non-vegetasi meningkat sebesar 227,12 hektar (9,7%) dari 2019 ke 2024. Perubahan ini cukup signifikan dan menunjukkan penurunan vegetasi yang konsisten dengan peta. Pengurangan vegetasi yang rapat yaitu hutan dan perkebunan serta peningkatan area non-vegetasi berupa lahan terbuka untuk perkebunan dan area tambang ini mengindikasikan adanya penurunan kondisi ekologis yang substansial di wilayah studi.

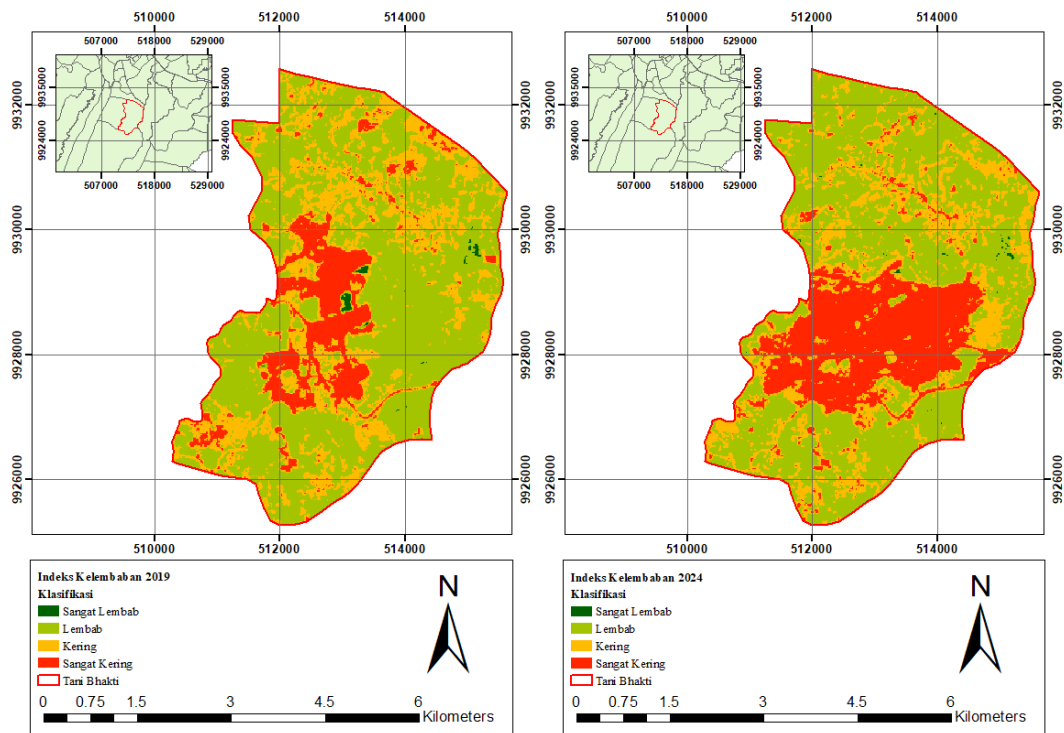


Gambar 5. Grafik NDVI 2019 dan 2024

Pada grafik 4 menunjukkan pola di mana area vegetasi rapat cenderung menurun secara bertahap dan area non-vegetasi meningkat secara konsisten. Secara kuantitatif, tren penurunan pada kelas vegetasi rapat serta peningkatan pada kelas non-vegetasi mengindikasikan degradasi tutupan vegetasi yang cukup parah, yang berpotensi mempengaruhi stabilitas ekosistem secara keseluruhan.

vegetasi yang sehat (NDVI tinggi) cenderung memiliki kelembapan yang cukup (NDMI tinggi). Sebaliknya, jika NDVI menurun, sering kali NDMI juga ikut turun karena vegetasi yang stres cenderung kehilangan kandungan air.

B. Analisis NDMI (Normalized Difference Moisture Index)



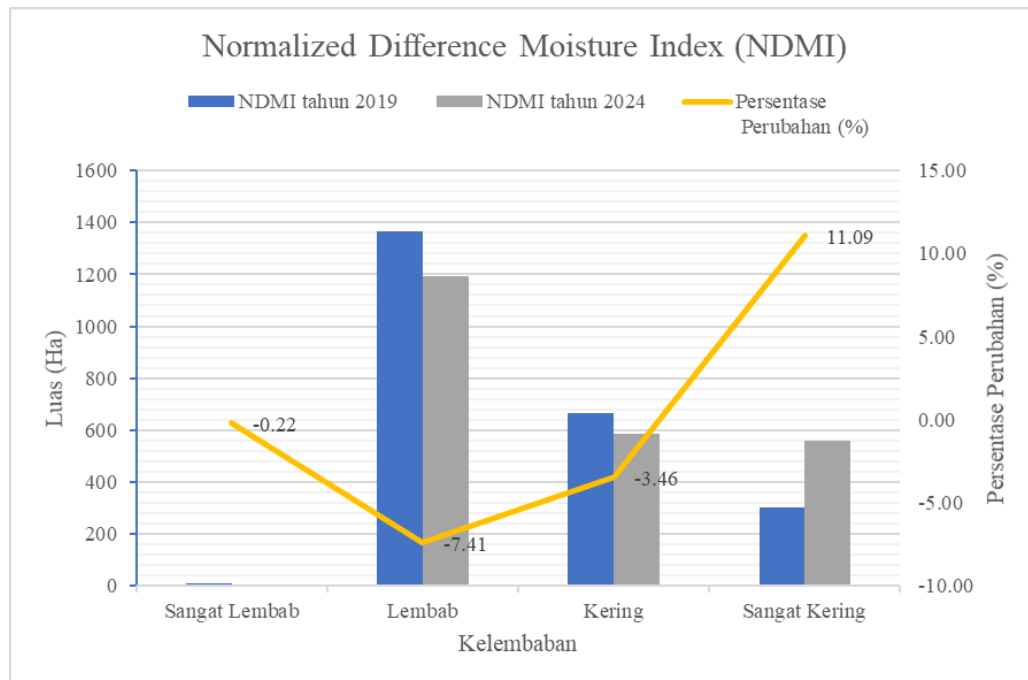
Gambar 6. NDMI 2019 dan 2024

Terlihat pada gambar 5, peta NDMI tahun 2019, area dengan kelembapan tinggi terlihat dominan, terutama di wilayah dengan tutupan vegetasi rapat. Namun, pada tahun 2024, area ini mengalami penurunan, digantikan oleh area dengan kelembapan rendah hingga sangat kering. Peta ini menunjukkan penurunan kapasitas tanah dalam mempertahankan kelembapan, yang disebabkan oleh pengurangan vegetasi.

Tabel 8. Perbandingan NDMI 2019 dan 2024

No	Kelas	NDMI tahun 2019		NDMI tahun 2024		Selisih Luas (Ha)	Persentase Perubahan (%)
		Luas (Ha)	Persentase (%)	Luas (Ha)	Persentase (%)		
1	Sangat Lembab	7.85	0.34	2.69	0.11	5.16	-0.22
2	Lembab	1365.05	58.32	1191.52	50.91	173.53	-7.41
3	Kering	666.72	28.48	585.71	25.02	81.01	-3.46
4	Sangat Kering	301.03	12.86	560.72	23.96	259.69	11.09

Pada tabel 8 area tanah yang lembab mengalami penurunan sebesar 7,41% dan area sangat kering naik sebesar 11,09%. Data ini mengonfirmasi adanya pengeringan tanah dalam skala besar dari 2019 ke 2024, dan terkait dengan hilangnya tutupan vegetasi. Secara kuantitatif, tren ini menunjukkan degradasi lingkungan yang dapat meningkatkan risiko erosi dan penurunan kualitas tanah.

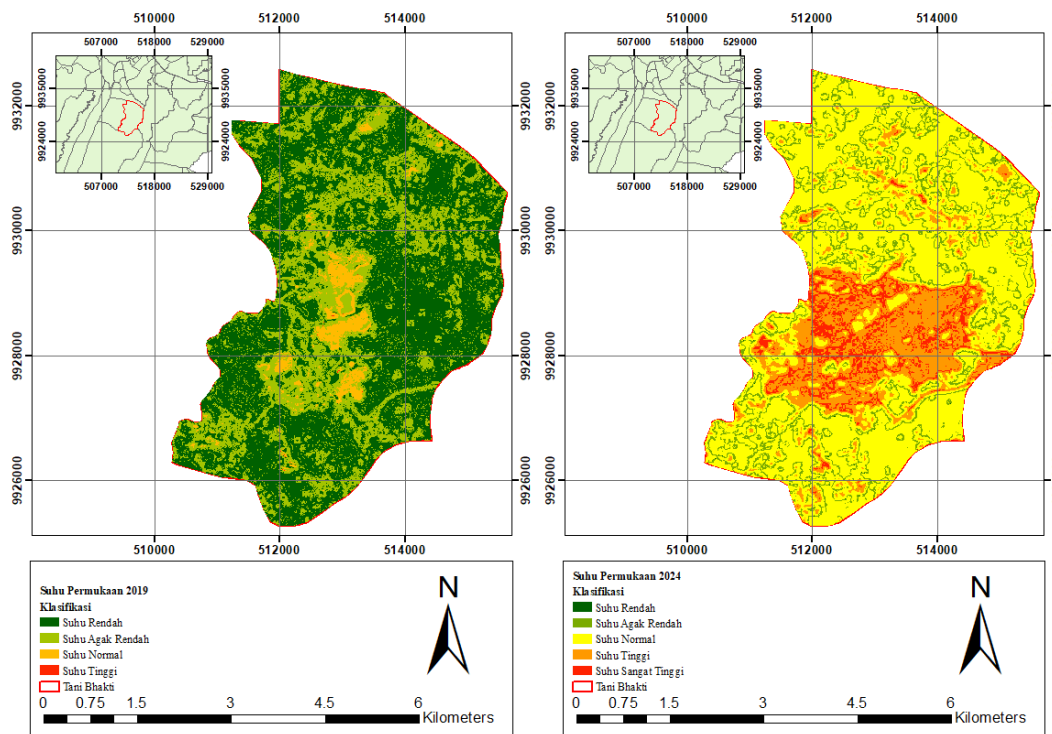


Gambar 7. Grafik NDMI 2019 dan 2024

Terlihat pada grafik 6 menunjukkan penurunan area lembab dan peningkatan area sangat kering. Perubahan ini menunjukkan risiko lebih tinggi terhadap kekeringan dan degradasi tanah, yang memengaruhi produktivitas lingkungan secara keseluruhan. Dapat dilihat juga pada persentase perubahan area lembab mengalami penurunan terbesar dan area sangat kering mengalami peningkatan terbesar, yang mengindikasikan potensi kerusakan lingkungan.

Kelembapan tanah yang diukur oleh NDMI juga memengaruhi suhu permukaan tanah. Ketika kelembapan rendah (NDMI rendah), tanah menyerap lebih banyak panas, yang kemudian meningkatkan nilai LST. Sebaliknya, kandungan kelembapan yang tinggi mampu menurunkan suhu permukaan.

C. Analisis LST (Land Surface Temperature)



Gambar 8. LST 2019 dan 2024

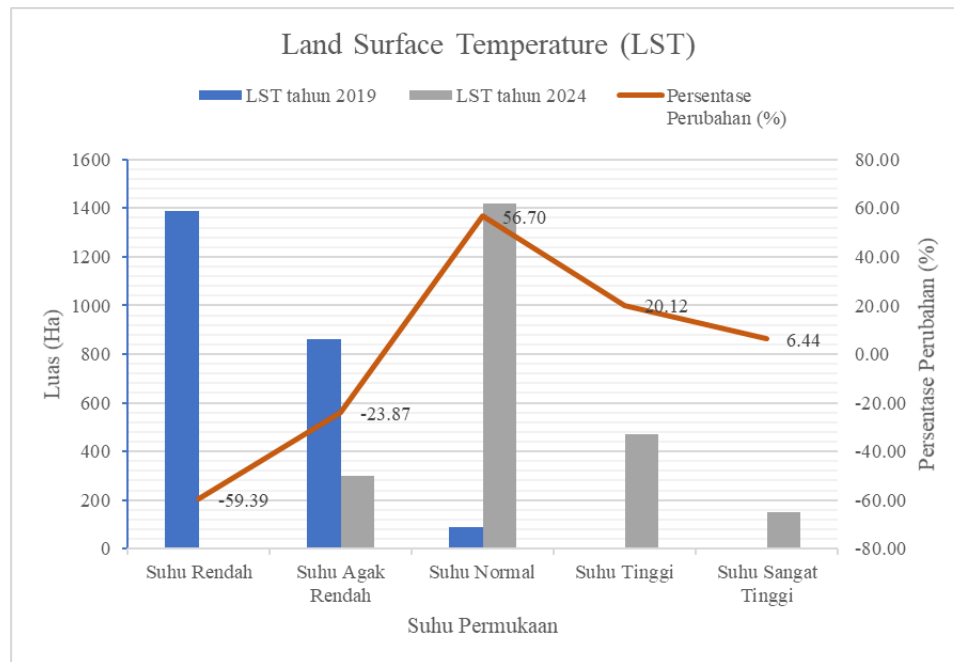
Pada gambar 7 peta LST tahun 2019 dan 2024 menunjukkan distribusi suhu permukaan yang berubah drastis. Pada 2019, area bersuhu rendah masih mendominasi daerah penelitian, yang menunjukkan kondisi termal stabil yang mungkin dipengaruhi oleh tutupan vegetasi rapat. Pada tahun 2024, area bersuhu rendah hampir seluruhnya hilang, digantikan oleh area bersuhu normal hingga sangat tinggi. Peta ini menunjukkan adanya pemanasan permukaan yang signifikan, akibat hilangnya vegetasi yang berfungsi sebagai penyejuk alami.

Tabel 9. Perbandingan LST 2019 dan 2024

No	Kelas	LST tahun 2019		LST tahun 2024		Selisih Luas (Ha)	Persentase Perubahan (%)
		Luas (Ha)	Persentase (%)	Luas (Ha)	Persentase (%)		
1	Suhu Rendah	1390.16	59.39	0.03	0.00	1390.13	-59.39
2	Suhu Agak Rendah	859.55	36.72	300.89	12.86	558.65	-23.87
3	Suhu Normal	90.67	3.87	1417.70	60.57	1327.03	56.70
4	Suhu Tinggi	0.19	0.01	471.20	20.13	471.01	20.12
5	Suhu Sangat Tinggi	0.00	0.00	150.82	6.44	150.82	6.44

Pada tabel 9 memperlihatkan penurunan drastis area bersuhu rendah dari 1.390,16 hektar (59,39%) pada 2019 menjadi hanya 0,03 hektar pada 2024. Sebaliknya, area bersuhu tinggi dan sangat tinggi meningkat signifikan, dengan luas area bersuhu sangat tinggi mencapai 150,82 hektar pada tahun 2024. Peningkatan suhu ini berpotensi memperburuk kualitas lingkungan dan mengancam keberlanjutan ekosistem di daerah penelitian. Peningkatan suhu sendiri dipengaruhi oleh perubahan suhu udara di Indonesia yang mengalami peningkatan berdasarkan data BMKG serta pengurangan vegetasi dan aktivitas pembersihan lahan dapat menyebabkan perubahan pada ekosistem, habitat, serta keanekaragaman hayati, yang menjadi isu lingkungan utama akibat kegiatan pertambangan (Balkau dan Parsons, 1999). Selain itu, penurunan area yang ditutupi vegetasi juga berdampak pada peningkatan suhu permukaan (Rhee dkk., 2014). Hal ini terjadi

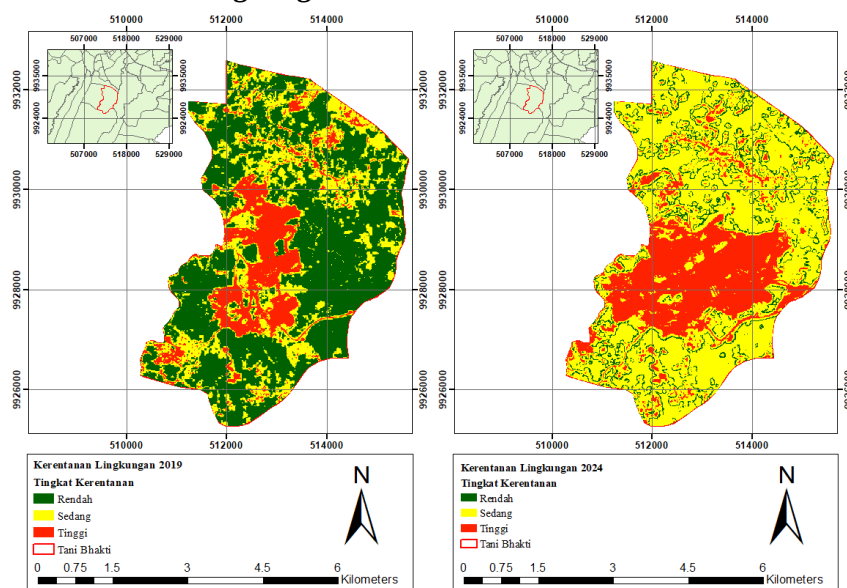
karena vegetasi memiliki kemampuan menyerap panas dari sinar matahari, yang membantu menurunkan suhu dan mempengaruhi iklim mikro (Susanto, 2013).



Gambar 9. Grafik LST 2019 dan 2024

Pada gambar 8 grafik memperlihatkan tren peningkatan suhu secara konsisten dari 2019 ke 2024 dan menunjukkan pergeseran kondisi termal dari suhu rendah ke suhu tinggi, yang menandakan adanya pemanasan permukaan yang signifikan. Grafik ini mengonfirmasi hilangnya area bersuhu rendah yang digantikan oleh area bersuhu tinggi dan sangat tinggi, menunjukkan bahwa wilayah penelitian semakin rentan terhadap dampak perubahan iklim dan degradasi lingkungan yang dapat mengurangi kualitas tanah dan habitat lokal.

D. Analisis Peta Kerentanan Lingkungan



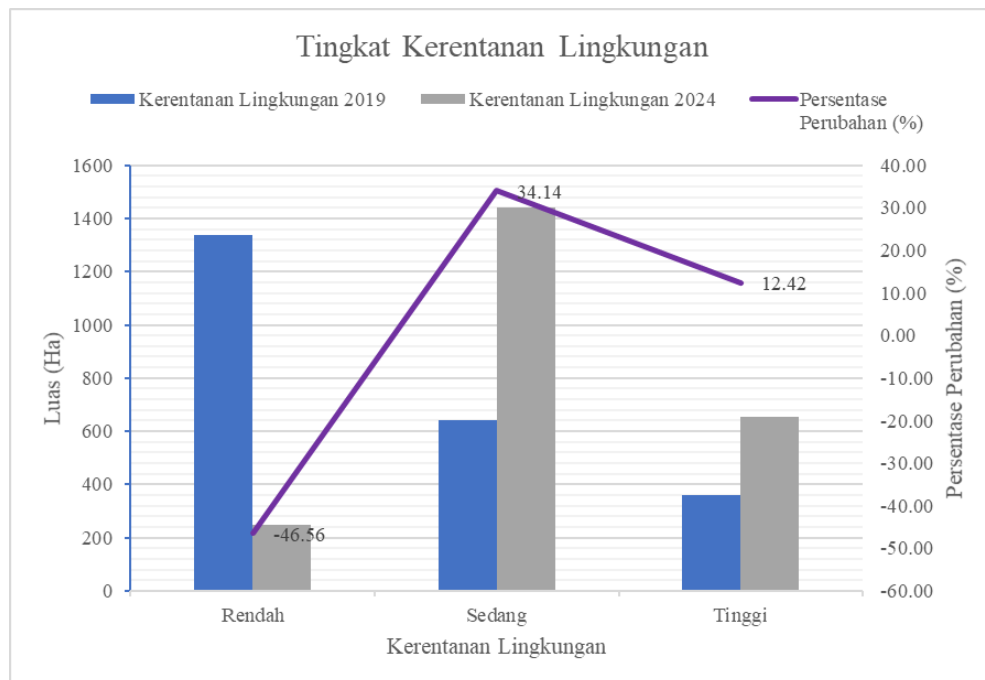
Gambar 10. Peta Kerentanan Lingkungan 2019 dan 2024

Peta kerentanan lingkungan tahun 2019 dan 2024 pada gambar 9 menunjukkan perubahan dalam distribusi tingkat kerentanan di wilayah Tani Bhakti. Pada peta tahun 2019, sebagian besar wilayah masuk dalam kelas kerentanan rendah, terutama di area dengan vegetasi rapat dan kelembaban tinggi. Namun, pada tahun 2024, area dengan kerentanan rendah semakin berkurang, digantikan oleh area dengan kerentanan sedang dan tinggi yang semakin luas, perubahan ini mengindikasikan peningkatan kerentanan lingkungan yang menunjukkan degradasi ekosistem, yang disebabkan oleh hilangnya vegetasi dan kondisi termal yang lebih panas.

Tabel 10. Perbandingan Kerentanan Lingkungan 2019 dan 2024

No	Kelas	Kerentanan Lingkungan 2019		Kerentanan Lingkungan 2024		Selisih Luas (Ha)	Persentase Perubahan (%)
		Luas (Ha)	Persentase (%)	Luas (Ha)	Persentase (%)		
1	Rendah	1339.48	57.20	249.20	10.64	1090.28	-46.56
2	Sedang	640.63	27.36	1439.97	61.50	799.35	34.14
3	Tinggi	361.52	15.44	652.38	27.86	290.85	12.42

Tabel 10 memberikan perbandingan kuantitatif antara tahun 2019 dan 2024. Data menunjukkan bahwa area dengan kerentanan rendah mengalami penurunan sebesar 46,56%, dari 1.339,48 hektar menjadi hanya 249,20 hektar. Sebaliknya, area dengan kerentanan sedang meningkat hingga 34,14%, dan area dengan kerentanan tinggi meningkat sebesar 12,42%. Secara kuantitatif, tabel ini menunjukkan peningkatan signifikan dalam kerentanan lingkungan, yang berimplikasi pada tingginya risiko degradasi lingkungan yang berkelanjutan. Perubahan ini mengindikasikan kebutuhan akan intervensi dalam bentuk manajemen lingkungan yang lebih baik.



Gambar 11. Grafik Kerentanan Lingkungan 2019 dan 2024

Pada gambar 10 memperlihatkan tren peningkatan kerentanan secara visual, grafik ini menunjukkan bahwa semakin banyak area yang berpindah dari kategori kerentanan rendah menjadi sedang dan tinggi, mengonfirmasi bahwa wilayah tersebut semakin rentan terhadap perubahan lingkungan yang merugikan. Secara kuantitatif, grafik memperlihatkan peningkatan yang signifikan pada area kerentanan tinggi dan sedang, menegaskan adanya penurunan stabilitas ekosistem yang cukup besar di wilayah Tani Bhakti.

Peningkatan kerentanan lingkungan ini merupakan peringatan akan pentingnya langkah-langkah pengelolaan lingkungan untuk melindungi kualitas ekosistem lokal dari dampak buruk lebih lanjut.

Wilayah dengan NDVI rendah, NDMI rendah, dan LST tinggi diidentifikasi sebagai area yang terdegradasi, seperti area tambang atau kawasan deforestasi. Sebaliknya, wilayah dengan NDVI tinggi, NDMI tinggi, dan LST rendah mencerminkan ekosistem yang sehat, dengan vegetasi yang subur dan kelembapan yang cukup untuk menjaga keseimbangan suhu permukaan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan temuan dari analisis kualitatif dan kuantitatif, dapat disimpulkan bahwa kualitas lingkungan di wilayah Tani Bhakti telah menurun secara signifikan, terlihat dari berkurangnya vegetasi rapat, penurunan kelembaban tanah, dan meningkatnya suhu permukaan tanah. Penurunan tutupan vegetasi menunjukkan hilangnya fungsi penting, seperti penyerapan air dan karbon. Perubahan kelembaban tanah yang lebih kering dan suhu permukaan yang lebih tinggi mencerminkan dampak dari konversi lahan dan aktivitas manusia, terutama penambangan, yang meningkatkan kerentanan ekosistem. Peningkatan kerentanan lingkungan ini menunjukkan bahwa sistem alam di wilayah tersebut semakin rusak, yang dapat berdampak buruk pada kualitas hidup dan keberlanjutan pada daerah penelitian. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan perlunya pendekatan yang lebih terintegrasi dalam pengelolaan sumber daya alam, yang melibatkan perencanaan kota dan penggunaan teknologi penginderaan jauh untuk memantau perubahan lingkungan secara terus-menerus.

Penurunan kualitas lingkungan di Tani Bhakti juga memiliki kaitan dengan kondisi geologi Formasi Kampung Baru di Palaran. Formasi ini tersusun atas batupasir, batulempung, dan batulanau yang sangat bergantung pada keberadaan vegetasi untuk menjaga stabilitasnya. Hilangnya vegetasi di wilayah tersebut memicu erosi dan menurunkan kemampuan tanah menyerap air, sehingga mempercepat degradasi lahan. Aktivitas penambangan semakin memperburuk kondisi dengan mengganggu keseimbangan hidrologi dan meningkatkan suhu permukaan akibat berkurangnya tutupan lahan. Kombinasi suhu tinggi dan tanah yang semakin kering menunjukkan tekanan besar pada ekosistem, memperlihatkan peningkatan risiko kerusakan lingkungan.

5. Daftar Pustaka

- Hardianto, A., Dewi, P. U., Feriansyah, T., Sari, N. F. S., & Rifiana, N. S. (2021). Pemanfaatan citra Landsat 8 dalam mengidentifikasi nilai indeks kerapatan vegetasi (NDVI) tahun 2013 dan 2019 (Area studi: Kota Bandar Lampung). *Jurnal Geosains dan Remote Sensing (JGRS)*, 2(1), 8–15.
- Kurniawan, M., Kurniadin, N., Hasanudin, & Suryalfihra, S. I. (2024). Pemanfaatan citra Sentinel-2 untuk analisis perubahan kerapatan vegetasi di Kecamatan Palaran tahun 2019–2021. *Journal of Geomatica Technology and Science (GETS)*, 2(2), 60–64.
- Lestari, M., Mira, Y., & Prasetyo, S. Y. J., & Fibriani, C. (2021). Analisis daerah rawan banjir pada daerah aliran Sungai Tuntang menggunakan skoring dan inverse distance weighted. *Indonesian Journal of Modeling and Computing*, 4(1). <https://doi.org/ISSN: 2598-9421>
- Permataa, F. D., Putraa, Y. S., & Adriata, R. (2022). Distribusi spasial tingkat kebasahan lahan di Kota Pontianak menggunakan normalized difference water index (NDWI). *PRISMA FISIKA*, 10(3), 425–429.
- Putri, D. R., Sukmono, A., & Sudarsono, B. (2018). Analisis kombinasi citra Sentinel-1A dan citra Sentinel-2A untuk klasifikasi tutupan lahan (Studi kasus: Kabupaten Demak, Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi Undip*, 7(2), 85–96.
- Rendana, M., Idris, W. M. R., Rahim, S. A., Abdo, H. G., Almohamad, H., Al Dughairi, A. A., & Albanai, J. A. (2023). Current and future land fire risk mapping in the southern region of Sumatra, Indonesia, using CMIP6 data and GIS analysis. *SN Applied Sciences*, 5, 210.
- Rhee, J., Park, S., & Lee, Z. (2014). Relationship between land cover patterns and surface temperature in urban areas. *GIScience and Remote Sensing*, 51(5), 521–536.
- Susanto, A. (2013). Pengaruh modifikasi iklim mikro dengan vegetasi ruang terbuka hijau (RTH) dalam pengendalian penyakit malaria. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 5(1), 1–11.