

**ANALISIS GEOSPASIAL PERSEBARAN PERKEBUNAN
KELAPA SAWIT DI KECAMATAN SAWIT SEBERANG
MENGUNAKAN ALGORITMA DBSCAN BERBASIS GIS**

SKRIPSI

DISUSUN OLEH

AMANDA ISNAINI PUTRI

NPM. 2209010150



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

MEDAN

2026

**ANALISIS GEOSPASIAL PERSEBARAN PERKEBUNAN
KELAPA SAWIT DI KECAMATAN SAWIT SEBERANG
MENGUNAKAN ALGORITMA DBSCAN BERBASIS GIS**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
(S.Kom) dalam Program Studi Sistem Informasi pada Fakultas Ilmu Komputer
dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara**

AMANDA ISNAINI PUTRI

NPM. 2209010150

**PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

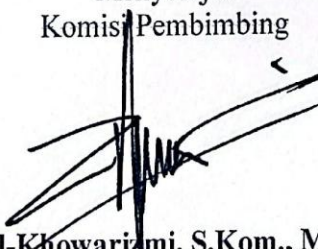
MEDAN

2026


LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : ANALISIS GEOSPASIAL PERSEBARAN
PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DI KECAMATAN
SAWIT SEBERANG MENGGUNAKAN ALGORITMA
DBSCAN BERBASIS GIS
Nama Mahasiswa : AMANDA ISNAINI PUTRI
NPM : 2209010150
Program Studi : SISTEM INFORMASI

Menyetujui
Komisi Pembimbing


(Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom.)
NIDN. 0217099201

Ketua Program Studi


(Mahardika Abdi Prawira Tanjung,
S.Kom., M.Kom.)
NIDN. 0117088902

Dekan



(Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom.)
NIDN. 0127099201

PERNYATAAN ORISINALITAS

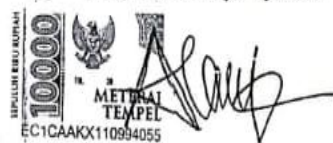
**ANALISIS GEOSPASIAL PERSEBARAN PERKEBUNAN KELAPA
SAWIT DI KECAMATAN SAWIT SEBERANG MENGGUNAKAN
ALGORITMA DBSCAN BERBASIS GIS**

SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, 03 April 2026

Yang membuat pernyataan

A 10000 Rupiah METRAL TEMPEL stamp with a signature over it. The stamp includes the text 'REPUBLIK INDONESIA', '10000', 'METRAL TEMPEL', and 'EC1CAAAX110994055'.

Amanda Isnaini Putri

NPM. 2209010150

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Amanda Isnaini Putri
NPM : 2209010150
Program Studi : Sistem Informasi
Karya Ilmiah : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bedas Royalti Non-Eksekutif (*Non-Exclusive Royalty free Right*) atas penelitian skripsi saya yang berjudul:

**ANALISIS GEOSPASIAL PERSEBARAN PERKEBUNAN KELAPA
SAWIT DI KECAMATAN SAWIT SEBERANG MENGGUNAKAN
ALGORITMA DBSCAN BERBASIS GIS**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif ini, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media, memformat, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan Skripsi saya ini tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemegang dan atau sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Medan, 03 April 2026

Yang membuat pernyataan



Amanda Isnaini Putri

NPM. 2209010150

RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Amanda Isnaini Putri
Tempat dan Tanggal Lahir : Sawit Seberang, 24 April 2004
Alamat Rumah : Dusun Pondok XIII KB
Telepon/Faks/HP : 085366352060
E-mail : amandaisnainiputri125@gmail.com
Instansi Tempat Kerja : -
Alamat Kantor : -

DATA PENDIDIKAN

SD : TAMAT: 2016
SMP : TAMAT: 2019
SMA : TAMAT: 2022

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Analisis Persebaran Perkebunan Kelapa Sawit Menggunakan Metode NDVI dan DBSCAN Berbasis WebGIS di Kecamatan Sawit Seberang”** dengan baik.

Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umat manusia dari masa kegelapan menuju masa yang penuh dengan ilmu pengetahuan seperti yang kita rasakan saat ini. Penyusunan skripsi ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Penulis menyadari bahwa proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi dalam penyelesaian skripsi ini.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Akrim, M.Pd., Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU).
2. Bapak Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom. Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU. Sekaligus Dosen

Pembimbing yang dengan penuh kesabaran telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat berharga kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini. Berbagai saran, koreksi, serta motivasi yang diberikan sangat membantu penulis dalam memahami setiap tahapan penelitian hingga akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala perhatian, dukungan, dan kesediaan beliau dalam membimbing penulis selama proses penyusunan skripsi ini.

3. Ibu Dr. Firahmi Rizky, S.Kom., M.Kom sebagai Wakil Dekan I Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi (FIKTI) Sistem Informasi.
4. Bapak Mhd. Basri, M.Kom sebagai Wakil Dekan III Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
5. Bapak Mahardika Abdi Prawira Tanjung, M.Kom sebagai Ketua Program Studi Sistem Informasi Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
6. Bapak Mulkan Azhari, S.Kom, M.Kom sebagai Sekretaris Program Studi Sistem Informasi Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
7. Teristimewa kepada Ibunda tercinta Yulliany, S.Pd, yang selalu menjadi sumber kekuatan dan semangat bagi penulis. Terima kasih atas segala doa yang tidak pernah putus, kasih sayang yang begitu tulus, serta pengorbanan yang begitu besar dalam mendukung penulis hingga dapat menyelesaikan pendidikan ini. Setiap usaha dan langkah yang penulis jalani tidak terlepas

dari dukungan, nasihat, dan perhatian ibu yang selalu mengiringi. Penulis menyadari bahwa segala pencapaian ini tidak akan terwujud tanpa doa dan restu ibu. Semoga segala pengorbanan, kasih sayang, dan kebaikan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang terbaik dari Allah SWT.

8. Kepada almarhum bapak tercinta Muhammad Taufik, yang semasa hidupnya selalu memberikan kasih sayang, perhatian, serta nasihat yang sangat berarti bagi penulis. Walaupun saat ini beliau tidak lagi berada di sisi penulis, namun setiap doa, perjuangan, dan nilai-nilai kehidupan yang telah beliau tanamkan akan selalu menjadi kekuatan serta motivasi bagi penulis dalam menjalani kehidupan. Penulis menyadari bahwa setiap langkah yang ditempuh hingga sampai pada tahap ini tidak terlepas dari didikan, pengorbanan, dan harapan besar yang pernah beliau berikan.

Kepergian beliau menjadi kehilangan yang sangat mendalam, namun kenangan, nasihat, serta kasih sayang yang pernah diberikan akan selalu hidup di dalam hati penulis. Penulis berharap semoga pencapaian ini dapat menjadi salah satu bentuk kebanggaan yang dipersembahkan untuk almarhum bapak. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat, ampunan, serta menempatkan almarhum bapak di tempat terbaik di sisi-Nya. Penulis akan selalu mengenang dan mendoakan beliau dengan penuh rasa cinta dan hormat.

9. Kepada abang tercinta Agung Praja Handika, S.Agr, yang selalu memberikan dukungan, perhatian, serta semangat kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas segala bantuan, nasihat,

dan kepedulian yang selalu diberikan kepada penulis dalam berbagai keadaan. Kehadiran abang menjadi salah satu sumber kekuatan bagi penulis untuk tetap berusaha dan tidak menyerah dalam menyelesaikan pendidikan ini. Penulis sangat bersyukur memiliki abang yang selalu peduli dan mendukung setiap langkah yang penulis jalani.

10. Kepada sepupu tersayang Autia Astika Putri, yang sudah penulis anggap seperti sahabat sendiri. Terima kasih atas segala dukungan, perhatian, serta kebersamaan yang selalu diberikan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini. Kehadiranmu yang selalu memberikan semangat, mendengarkan cerita, serta menemani penulis dalam berbagai keadaan menjadi salah satu kekuatan bagi penulis untuk terus berjuang hingga akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan. Penulis sangat bersyukur memiliki sepupu sekaligus sahabat seperti dirimu yang selalu ada dalam setiap proses perjalanan ini.

11. Kepada sepupu tersayang Albana Febriani Akbar, terima kasih atas dukungan, perhatian, serta semangat yang selalu diberikan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini. Kehadiran dan perhatian yang diberikan sangat berarti bagi penulis dalam menjalani setiap proses hingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

12. Kepada sahabat tersayang Selasih Sayufi dan Helena Rayani Saragih, terima kasih atas segala dukungan, perhatian, serta kebersamaan yang selalu kalian berikan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini. Kehadiran kalian yang selalu mendengarkan cerita, memberikan semangat, serta

menemani penulis di saat-saat sulit menjadi salah satu kekuatan bagi penulis untuk tetap bertahan dan menyelesaikan skripsi ini. Penulis sangat bersyukur memiliki sahabat seperti kalian yang selalu ada dalam setiap proses perjalanan ini. Semoga persahabatan yang telah terjalin ini akan selalu terjaga dan menjadi kenangan indah yang tidak akan pernah terlupakan.

13. Kepada teman-teman seperjuangan, terima kasih atas kebersamaan, dukungan, serta semangat yang telah diberikan selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.
14. Terakhir, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada diri sendiri, kepada wanita yang terus berusaha kuat hingga sampai pada titik ini, yaitu Amanda Isnaini Putri. Terima kasih atas perjalanan panjang yang telah dilalui sejauh ini, atas setiap proses yang tidak selalu mudah, atas air mata yang sering kali harus dihapus dengan tangan sendiri, serta lelah dan keluh kesah yang terkadang hanya dipendam dalam diam. Terima kasih karena telah bertahan melewati berbagai tantangan kehidupan, tidak menyerah ketika jalan terasa gelap, ketika keraguan datang silih berganti, dan ketika langkah terasa berat untuk dilanjutkan. Terima kasih karena tetap memilih untuk melangkah meskipun sering kali tidak mengetahui dengan pasti ke mana arah perjalanan ini akan membawa. Terima kasih karena telah menjadi teman paling setia bagi diri sendiri, hadir dalam sunyi, dalam lelah, dan dalam diam yang penuh dengan pertanyaan. Terima kasih karena tetap mempercayai setiap proses yang dijalani, meskipun hasil yang diperoleh

tidak selalu sesuai dengan harapan, serta karena tetap jujur pada rasa takut tanpa membiarkan rasa takut tersebut menghentikan langkah. Bangga atas setiap langkah kecil yang telah dilewati, meskipun terkadang mudah merasa lelah dan menangis, namun tetap tidak berhenti mencoba dan tidak memilih untuk menyerah. Tidak ada yang lebih indah daripada menyaksikan proses, perjuangan, dan pertumbuhan diri sendiri hingga mampu berdiri dan sampai pada titik ini.

ANALISIS GEOSPASIAL PERSEBARAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT
DI KECAMATAN SAWIT SEBERANG MENGGUNAKAN ALGORITMA
DBSCAN BERBASIS GIS

ABSTRAK

Perkebunan kelapa sawit merupakan salah satu sektor penting dalam perekonomian daerah, khususnya di Kabupaten Langkat. Kecamatan Sawit Seberang memiliki potensi perkebunan kelapa sawit yang cukup luas sehingga diperlukan analisis untuk mengetahui pola persebarannya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis persebaran perkebunan kelapa sawit menggunakan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan *algoritma Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise* (DBSCAN) yang divisualisasikan melalui sistem WebGIS. Data yang digunakan berupa citra satelit Sentinel-2 dan data batas administrasi wilayah dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak QGIS untuk memperoleh nilai NDVI yang digunakan dalam mengidentifikasi tingkat kerapatan vegetasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa wilayah Kecamatan Sawit Seberang didominasi oleh vegetasi dengan kerapatan sedang hingga tinggi serta membentuk beberapa kelompok persebaran pada wilayah tertentu. Informasi tersebut kemudian disajikan dalam bentuk peta interaktif berbasis WebGIS.

Kata Kunci: Persebaran Kelapa Sawit; DBSCAN; Sentinel-2; NDVI; WebGIS

GEOSPATIAL ANALYSIS OF OIL PALM PLANTATION DISTRIBUTION IN SAWIT SEBERANG DISTRICT USING THE DBSCAN ALGORITHM BASED ON GIS

ABSTRACT

Oil palm plantations are one of the important sectors in regional economic development, especially in Langkat Regency. Sawit Seberang District has a fairly large potential for oil palm plantations, therefore an analysis is needed to determine their distribution patterns. This study aims to analyze the distribution of oil palm plantations using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) method and the Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN) algorithm which are visualized through a WebGIS system. The data used in this study include Sentinel-2 satellite imagery and administrative boundary data obtained from the Geospatial Information Agency (BIG). Data processing was carried out using QGIS software to obtain NDVI values that are used to identify vegetation density levels. The results show that the Sawit Seberang District area is dominated by vegetation with moderate to high density and forms several distribution clusters in certain areas. The results of the analysis are then presented in the form of an interactive WebGIS-based map.

Keywords: Oil Palm Distribution; DBSCAN; Sentinel-2; NDVI; WebGIS

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iii
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN	iii
AKADEMIS	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II LANDASAN TEORI	8
2.1 Perkebunan Kelapa Sawit	8
2.2 Sistem Informasi Geografis (GIS)	9
2.3 Penginderaan Jauh dan Citra Sentinel-2	9
2.4 Analisis Spasial	10
2.5 Algoritma DBSCAN	11
2.6 Peta Tematik	11
2.7 Visualisasi Spasial Berbasis Web	12
2.8 Perangkat Lunak GIS (QGIS)	13
2.9 Penelitian Terdahulu	13
BAB III	16
3.1 Analisis Permasalahan	16
3.1.1 Alur Tahap Penelitian	16
3.2 Lokasi Dan Waktu Penelitian	17
3.3 Data Dan Sumber Data	18

3.4 Perangkat Keras dan Perangkat Lunak	19
3.5 Tahapan Penelitian.....	22
3.6 Pengolahan dan Analisis Data Spasial	22
3.7 Metode Clustering DBSCAN	23
3.7.1 Konsep dan Alasan Pemilihan Metode	23
3.7.2 Penentuan Parameter.....	23
3.8 Penyusunan Peta Tematik.....	24
3.9 Perancangan UML (Unified Modeling Language)	24
3.9.1 Use Case Diagram.....	24
3.9.2 Activity Diagram.....	25
3.9.3 Sequence Diagram	26
3.9.4 Class Diagram.....	27
3.10 Rancangan Basis Data.....	28
3.10.1 Tabel Desa	29
3.10.2 Tabel PerkebunanSawit.....	29
3.10.3 Tabel HasilClustering	30
3.10.4 Tabel Peta.....	30
3.11 Visualisasi Hasil Analisis Berbasis Web	30
3.11.1 Arsitektur Sistem WebGIS.....	32
BAB IV	35
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian	35
4.2 Persiapan Data Spasial	37
4.3 Pra-Pengolahan Data Citra.....	39
4.4 Analisis Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	41
4.5 Analisis Clustering Menggunakan DBSCAN.....	44
4.6 Implementasi WebGIS.....	49
4.6.1 Tampilan Layer Hasil Clustering DBSCAN.....	51
4.6.2 Tampilan Kontrol Layer Peta.....	52
4.6.3 Tampilan popup informasi	53
4.7 Hasil Pengujian Sistem	54
4.8 Pembahasan.....	55
BAB V	57
5.1 KESIMPULAN.....	57
5.2 SARAN.....	58
DAFTAR PUSTAKA	60

LAMPIRAN.....	64
A.1 Source code index.html.....	64
A.2 Source code script.js	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	14
Tabel 3. 1 Desa.....	29
Tabel 3. 2 PerkebunanSawit.....	29
Tabel 3. 3 HasilClustering.....	30
Tabel 3. 4 Peta.....	30
Tabel 4. 1 Luas Daerah Menurut Desa/Kelurahan di Kecamatan Sawit Seberang, 2024.....	36
Tabel 4. 2 Letak Koordinat Desa/Kelurahan di Kecamatan Sawit Seberang, 2024	36
Tabel 4. 3 Klasifikasi Nilai NDVI	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Flowchart Tahapan Penelitian	17
Gambar 3. 2 Use Case Diagram	25
Gambar 3. 3 Activity Diagram	26
Gambar 3. 4 Sequence Diagram	27
Gambar 3. 5 Class Diagram	28
Gambar 3. 6 Tampilan User Interface	32
Gambar 4. 1 Peta Penelitian Kecamatan Sawit Seberang	35
Gambar 4. 2 Proses Penyaringan Data Batas Wilayah Kecamatan di QGIS	38
Gambar 4. 3 Peta Batas Wilayah Kecamatan Sawit Seberang	38
Gambar 4. 4 Pengunduhan Citra Sentinel-2 Wilayah Kecamatan Sawit Seberang	39
Gambar 4. 5 Hasil Clipping Citra Sentinel-2 Berdasarkan Batas Administrasi Kecamatan Sawit Seberang	40
Gambar 4. 6 Band Citra Sentinel-2 yang Digunakan dalam Analisis NDVI	41
Gambar 4. 7 Proses Perhitungan NDVI Menggunakan Raster Calculator pada QGIS	42
Gambar 4. 8 Peta Hasil Perhitungan NDVI di Kecamatan Sawit Seberang	44
Gambar 4. 9 Sebaran Titik Vegetasi Hasil Ekstraksi NDVI	45
Gambar 4. 10 Proses Clustering Menggunakan Metode DBSCAN pada QGIS	47
Gambar 4. 11 Hasil Clustering Sebaran Vegetasi Menggunakan DBSCAN di Kecamatan Sawit Seberang	48
Gambar 4. 12 Tampilan Halaman Utama WebGIS	51
Gambar 4. 13 Tampilan Layer Hasil Clustering DBSCAN	52
Gambar 4. 14 Tampilan Kontrol Layer Peta	53
Gambar 4. 15 Tampilan Popup Informasi pada WebGIS	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkebunan kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*), yang menyediakan lapangan kerja dan berkontribusi terhadap Produk Domestik Bruto (PDB), merupakan salah satu komoditas perkebunan strategis bagi Indonesia, dan memainkan peran penting dalam perekonomian negara. Permintaan yang terus meningkat untuk minyak kelapa sawit di seluruh dunia mendorong pengembangan perkebunan secara signifikan di berbagai wilayah, termasuk di tingkat kecamatan di Indonesia. Untuk mendukung perencanaan dan manajemen wilayah yang berkelanjutan, pemantauan dan analisis spasial yang tepat diperlukan sebagai akibat dari ekspansi ini, yang berdampak langsung pada perubahan penggunaan lahan (Asia et al., 2022).

Sistem Informasi Geografis (SIG) atau *Geographic Information System (GIS)* telah dikenal sejak awal 1980-an seiring dengan kemajuan teknologi komputer, baik perangkat keras maupun perangkat lunak. SIG mengalami perkembangan yang pesat, terutama pada tahun 1990-an, dan terus mengalami perkembangan hingga saat ini. Untuk mengelola, menyimpan, dan menganalisis data geografis, SIG adalah sebuah sistem berbasis komputer. Data spasial dari dunia nyata dapat dikumpulkan, disusun, diakses kembali, dan ditampilkan dengan bantuan teknologi ini (Gunawan et al., 2025).

Kecamatan Sawit Seberang, yang terletak di Kabupaten Langkat, telah menjadi salah satu wilayah penting dalam pengembangan perkebunan kelapa sawit. Perkebunan ini dikelola baik oleh petani kecil maupun perusahaan besar. Namun,

penyebaran kebun sawit di daerah ini tidak merata. Faktor-faktor seperti kondisi geografis, kemudahan transportasi, dan sejarah lahan memainkan peran besar dalam pola tersebut. Oleh karena itu, untuk memahami distribusi kebun sawit dengan baik, tidak cukup hanya mengandalkan data angka, tetapi diperlukan analisis berbasis lokasi yang dapat menggambarkan situasi lapangan secara nyata.

Data perkebunan kelapa sawit biasanya dipresentasikan dalam tabel atau dikelompokkan berdasarkan batas administratif. Namun, metode ini tidak mampu menampilkan variasi spasial, kepadatan, atau pola kelompok kebun dengan jelas pada tingkat kecamatan. Ini membuat sulit untuk mengidentifikasi area dengan konsentrasi tinggi, rendah, atau terisolasi. Peta tematik yang ada pun umumnya sederhana dan hanya bersifat deskriptif, tanpa analisis lokasi yang mendalam. Karena itu, penting untuk membuat peta tematik baru yang dikembangkan secara independen melalui pemrosesan data spasial dengan Sistem Informasi Geografis (SIG), sehingga informasi penyebaran perkebunan kelapa sawit dapat disampaikan lebih akurat, bermanfaat, dan mudah dicerna.

Untuk memahami kondisi tersebut, Penggunaan teknologi penginderaan jauh seperti citra satelit Sentinel-2 sangat penting karena dapat merekam informasi tutupan lahan secara spasial dan temporal dengan resolusi medium yang tinggi. Studi serupa telah menunjukkan bahwa gambar Sentinel-2 dapat mendeteksi dan mengidentifikasi area kebun sawit dengan parameter vegetasi seperti NDVI, sehingga dapat digunakan untuk memantau dan memproyeksikan tutupan lahan sawit di wilayah penelitian (Pertanian & Stiper, 2022).

Dalam studi geospasial, masalah ini dapat diselesaikan dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (GIS) dan metode analisis *clustering*. DBSCAN

(*Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise*) adalah salah satu algoritma yang relevan. Algoritma DBSCAN dinilai efektif dalam menangani dataset dengan distribusi yang tidak beraturan dan ukuran yang besar. Salah satu keunggulan algoritma DBSCAN dalam melakukan klusterisasi adalah kemampuan untuk mendeteksi kluster dengan bentuk yang dipilih seseorang dan kemampuan untuk menemukan noise atau outlier. Selain itu, algoritma DBSCAN lebih fleksibel terhadap bentuk dan jumlah kluster dan tidak memerlukan penentuan awal jumlah kluster (Muhammad Rifqi Mubarak, Aris Tri Joko Harjanto, 2025). DBSCAN sangat cocok untuk analisis persebaran objek geografis seperti perkebunan kelapa sawit yang cenderung tidak teratur dan heterogen karena memiliki keunggulan dalam mendeteksi data noise atau titik-titik yang tidak termasuk ke dalam kluster utama.

Penelitian ini bertujuan untuk meneliti penyebaran perkebunan kelapa sawit di Kecamatan Sawit Seberang dengan pendekatan geospasial, menggunakan citra satelit Sentinel-2 dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Fokus analisisnya adalah pada pengenalan pola serta derajat kepadatan distribusi kebun sawit melalui algoritma DBSCAN, agar bisa ditemukan daerah dengan konsentrasi tinggi, wilayah dengan penyebaran rendah, serta titik-titik yang tidak masuk dalam kelompok utama.

Meskipun sudah ada berbagai studi yang membahas pemetaan perkebunan kelapa sawit dengan citra satelit dan analisis SIG, kebanyakan penelitian tersebut masih terpusat pada skala regional atau tingkat kabupaten, menggunakan metode klasifikasi tutupan lahan dan analisis statistik deskriptif. Kajian yang khusus menggabungkan citra satelit Sentinel-2 dengan algoritma pengelompokan berbasis

kepadatan seperti DBSCAN untuk menentukan pola dan tingkat kepadatan penyebaran perkebunan kelapa sawit di skala kecamatan masih belum banyak, terutama di Kecamatan Sawit Seberang, Kabupaten Langkat. Di samping itu, penelitian yang menampilkan hasil analisis melalui visualisasi peta berbasis web yang informatif dan mudah diakses sebagai alat bantu pengambilan keputusan tata guna lahan juga masih jarang dilakukan.

Oleh sebab itu, penelitian ini diharapkan mampu untuk menghasilkan peta baru dapat memberikan informasi spasial yang lebih mendetail, tepat, dan sederhana dipahami tentang penyebaran perkebunan kelapa sawit di Kecamatan Sawit Seberang. Hasilnya tidak hanya diharapkan berkontribusi pada kemajuan ilmu di bidang geografi, penginderaan jauh, dan Sistem Informasi Geografis, tetapi juga bisa menjadi acuan dalam merencanakan tata guna lahan serta mengelola perkebunan kelapa sawit yang berkelanjutan di tingkat lokal.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara menganalisis pola geospasial persebaran perkebunan kelapa sawit di kecamatan sawit seberang menggunakan algoritma DBSCAN berbasis sistem informasi geografis?
2. Bagaimana algoritma DBSCAN dapat digunakan untuk menyampaikan dan menampilkan hasil klasterisasi persebaran perkebunan kelapa sawit secara akurat, informatif, dan interaktif melalui sistem informasi geospasial berbasis web untuk membantu pengambilan keputusan tata guna lahan di tingkat kecamatan?

1.3 Batasan Masalah

1. Penelitian ini dibatasi pada Kecamatan Sawit Seberang, Kabupaten Langkat.
2. Objek penelitian ini adalah perkebunan kelapa sawit yang dikenali sebagai tutupan lahan sawit, tanpa memisahkan antara milik rakyat atau perusahaan.
3. Data utama berasal dari citra satelit Sentinel-2 untuk mengidentifikasi dan menganalisis penyebaran kebun sawit, ditambah data sekunder dari Kantor Camat Sawit Seberang seperti batas wilayah dan info pendukung, tanpa menggunakan citra lain.
4. Analisis spasial dilakukan melalui Sistem Informasi Geografis (SIG) yang fokus pada pemetaan dan distribusi ruang, tanpa mendalami aspek ekonomi, sosial, atau kebijakan.
5. Metode analisis yang digunakan untuk pengelompokan persebaran adalah algoritma DBSCAN.
6. Peta penelitian disusun secara mandiri oleh peneliti melalui pengelompokan data spasial dan tidak menggunakan peta tematik siap pakai.
7. Parameter DBSCAN ditetapkan sesuai karakteristik data spasial dan kebutuhan penelitian, tanpa uji sensitivitas parameter yang mendalam.
8. Visualisasi berbasis web yang dikembangkan hanya berfungsi sebagai media penyajian dan informasi hasil analisis, bukan sebagai sistem operasional atau sistem pengambilan keputusan.
9. Hasil penelitian menekankan pola penyebaran, kepadatan kelompok, serta titik-titik *noise* atau *outlier* kebun sawit, tanpa menganalisis produktivitas, usia tanaman, atau kondisi kesehatan.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis persebaran perkebunan kelapa sawit di Kecamatan Sawit Seberang secara spasial dengan memanfaatkan citra satelit Sentinel-2 dan Sistem Informasi Geografis, guna mengidentifikasi pola dan tingkat kepadatan distribusi kebun sawit melalui metode *Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise* (DBSCAN), serta menghasilkan peta tematik persebaran perkebunan kelapa sawit yang disusun secara mandiri dan menyajikan hasil analisis tersebut dalam bentuk visualisasi berbasis web sebagai media penyampaian informasi spasial yang informatif dan mudah dipahami.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini diharapkan dapat membantu kemajuan penelitian di bidang geografi, penginderaan jauh, dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Penelitian ini akan membahas algoritma DBSCAN untuk menganalisis persebaran perkebunan kelapa sawit di tingkat kecamatan. Selain itu, penelitian ini memiliki potensi untuk berfungsi sebagai referensi ilmiah dan bahan rujukan bagi mahasiswa dan civitas akademika dalam pengembangan penelitian serupa di masa mendatang.
2. Diharapkan bahwa penelitian ini akan membantu penulis meningkatkan wawasan, pengetahuan, dan keterampilan mereka dalam menerapkan teknologi penginderaan jauh, Sistem Informasi Geografis (SIG), dan metode analisis kluster berbasis kepadatan dalam penelitian geospasial. Selain itu, penelitian ini akan memberi mereka kesempatan untuk menerapkan teori

yang mereka pelajari selama perkuliahan ke dalam penelitian lapangan, khususnya berkaitan dengan analisis persebaran perkebunan kelapa sawit.

3. Diharapkan hasil penelitian ini akan memberikan informasi spasial yang akurat dan mudah dipahami tentang bagaimana perkebunan kelapa sawit tersebar di Kecamatan Sawit Seberang. Masyarakat, pemerintah kecamatan, dan pemangku kepentingan terkait dapat menggunakan informasi ini untuk mempertimbangkan dalam perencanaan tata guna lahan, pengelolaan perkebunan kelapa sawit, dan pengambilan keputusan yang berbasis data spasial untuk mendukung pengelolaan wilayah yang lebih baik.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Perkebunan Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*) adalah tanaman komoditas utama yang memainkan peran penting dalam perekonomian Indonesia. Perkebunan kelapa sawit tidak hanya memberikan kontribusi sebagai sumber pendapatan devisa, tetapi juga perlu dikelola dengan memprioritaskan kelestarian lingkungan. Dalam bidang agronomi, tanaman ini membutuhkan pengelolaan lahan yang tepat untuk meningkatkan produksi tandan buah segar (Gunawan et al., 2025).

Perkebunan kelapa sawit memiliki ciri khas secara spasial yang mudah dikenali melalui penginderaan jauh. Pola penanaman standar di perkebunan komersial dan rakyat yang dikelola dengan baik adalah segitiga sama sisi, dengan jarak tanam 9 meter kali 9 meter. Pola ini dibuat untuk menyediakan ruang pertumbuhan yang ideal dan menghasilkan sekitar 143 pohon per hektar. Keseragaman pola ini penting untuk mengidentifikasi secara visual atau digital pada gambar satelit, sehingga membedakannya dari hutan atau kebun campuran (Kurnianingsih & Yahya, 2025).

Perluasan dan penyebaran perkebunan kelapa sawit di Indonesia terus berlangsung, khususnya di Sumatera dan Kalimantan. Namun, penyebarannya tidak selalu merata. Pada skala lokal seperti kecamatan, perkebunan rakyat biasanya berkumpul mengikuti ketersediaan jalan dan infrastruktur, berbeda dari perkebunan negara besar (PTPN) yang memiliki blok-blok berbentuk geometris yang teratur. Analisis spasial penting untuk memetakan perubahan penggunaan

lahan dari bukan sawit ke sawit yang meningkat setiap tahun. (Resna Vira Khairuria, Dasrizal, 2025)

2.2 Sistem Informasi Geografis (GIS)

Sistem Informasi Geografis (SIG) atau *Geographic Information System* (GIS) merupakan sistem komputer yang digunakan untuk memasukkan, menyimpan, mengambil kembali, memproses, menganalisis, dan menghasilkan data yang berkaitan dengan lokasi geografis. Di zaman pertanian modern 4.0, GIS berkembang menjadi instrumen penting untuk mengawasi hama tanaman dan mengelola lahan, dengan menggabungkan data spasial dan atribut untuk memberikan informasi tepat kepada para pembuat keputusan (Arifin & Helmi, 2024).

Komponen pokok GIS meliputi perangkat keras, perangkat lunak, data, metode, dan pengguna. Peran utamanya dalam penelitian ini adalah mengelola database spasial perkebunan sawit. GIS memfasilitasi penggabungan berbagai lapisan data, seperti gambar satelit dan batas wilayah administrasi, untuk melakukan analisis *overlay* yang akurat, yang membantu dalam pemetaan pertanian lestari dan pertanian presisi (Toromade & Chiekezie, 2024).

2.3 Penginderaan Jauh dan Citra Sentinel-2

Penginderaan jauh adalah bidang ilmu dan praktik untuk mendapatkan informasi tentang suatu benda, wilayah, atau kejadian dengan menganalisis data yang dikumpulkan tanpa harus bersentuhan langsung. Dalam pemetaan vegetasi, teknologi ini menggunakan sensor satelit untuk mencatat pantulan cahaya dari tanaman. Citra Sentinel-2 menjadi pilihan utama untuk memantau sumber daya alam berkat resolusi spasialnya yang mencapai 10 meter, 20 meter, dan 60 meter,

serta kemampuan revisi setiap 5 hari yang memungkinkan pengawasan tahap pertumbuhan tanaman secara rutin (Fadhullah et al., 2025).

Keunggulan utama Sentinel-2 untuk memetakan kelapa sawit terletak pada kanal *Red-Edge (Band 5, 6, 7)* yang tersedia. Karena ini sangat peka terhadap kadar klorofil dan struktur sel daun, sehingga penting untuk membedakan kelapa sawit dari jenis vegetasi lainnya serta menilai kondisi kesehatan tanaman. Penggabungan citra Sentinel-2 dengan metode klasifikasi algoritma terbukti dapat menghasilkan peta tutupan lahan yang akurat, bahkan di daerah tropis yang sering tertutup awan (D. Prasetyo et al., 2025).

Selain itu, Sentinel-2 juga berguna untuk menghitung indeks vegetasi seperti NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Indeks ini membantu memisahkan area vegetasi padat, seperti kebun sawit yang sudah matang, dari lahan kosong atau vegetasi yang jarang, yang menjadi data penting dalam proses pengelompokan spasial (Vegetasi & Wilayah, 2021).

2.4 Analisis Spasial

Analisis spasial merupakan kumpulan metode yang digunakan untuk mempelajari data dari segi ruang. Teknik ini membantu mengungkap pola, keterkaitan, dan kecenderungan yang sulit terlihat jika hanya mengandalkan data dalam bentuk tabel. Dalam bidang geografi pertanian, analisis spasial dipakai untuk memahami bagaimana lahan digunakan seiring berjalannya waktu serta faktor apa yang memengaruhinya, seperti kedekatan dengan jalan raya atau pusat permukiman (E. G. Sari et al., 2025).

Perbedaan utama antara data spasial dan non-spasial ada pada referensi lokasinya. Data spasial dilengkapi dengan koordinat geografis, seperti garis lintang dan bujur, yang menunjukkan posisi di bumi, sementara data non-spasial adalah

informasi deskriptif yang menyertai. Analisis spasial mengombinasikan kedua jenis data ini untuk mengidentifikasi pola penyebaran tanaman tertentu, misalnya apakah tanaman itu menyebar secara acak, merata, atau berkumpul dalam kelompok (A. R. Prasetyo et al., 2025).

2.5 Algoritma DBSCAN

Algoritma klasterisasi berbasis kepadatan DBSCAN (*Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise*) sangat populer dalam pengolahan data spasial. Berbeda dengan algoritma *K-Means*, yang membagi data berdasarkan jarak ke titik pusat (*centroid*) dan menghasilkan klaster berbentuk bola, DBSCAN mendefinisikan klaster sebagai wilayah dengan kepadatan titik yang tinggi yang dipisahkan oleh wilayah dengan kepadatan rendah (Sentra et al., 2024).

Dua parameter utama algoritma ini adalah *Epsilon (Eps)*, yang merupakan jarak radius pencarian tetangga, dan *MinPts*, yang merupakan jumlah titik minimum dalam radius *Eps* untuk membentuk *core point*. Dibandingkan dengan metode lain, DBSCAN memiliki beberapa keunggulan utama. Pertama, tidak perlu menentukan jumlah klaster awal. Kedua, dia mampu menemukan klaster dengan bentuk yang tidak beraturan (*arbitrer*), seperti bentuk kebun sawit rakyat yang mengikuti aliran sungai atau jalan. Terakhir, dia mampu mendeteksi suara atau *outlier* (data sampah) dengan efektif untuk menghilangkan piksel vegetasi liar yang bukan sawit (Halawa & Lubis, 2025).

2.6 Peta Tematik

Peta tematik adalah gambaran visual dari data spasial yang dibuat khusus untuk menunjukkan aspek tertentu dari suatu fenomena di wilayah penelitian. Peta ini memudahkan pemahaman pola ruang dan penyebaran objek geografis dengan lebih jelas daripada peta dasar umum, sehingga sering dipakai dalam riset berbasis

Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk menyajikan hasil analisis spasial secara menyeluruh. Misalnya, dalam studi pemetaan partisipatif, peta tematik yang menggunakan WebGIS terbukti berguna untuk menggambarkan penyebaran fitur spasial yang sesuai dengan tujuan penelitian, seperti pemetaan lahan pertanian atau penggunaan lahan di desa yang dikembangkan lewat teknologi SIG (Hamzah et al., 2025).

Selain sebagai alat untuk memvisualisasikan data, peta tematik juga berfungsi sebagai sarana untuk menyampaikan hasil riset kepada pengguna atau pihak terkait, karena menyediakan informasi detail yang bisa dibaca secara visual. Peta tematik yang dibuat dari pengolahan data spasial, seperti klasifikasi atau ekstraksi tutupan lahan dari gambar satelit, dapat menampilkan variasi dan kekuatan penyebaran objek geografis dengan tepat, sehingga menambah nilai dalam menafsirkan aspek spasial pada studi evaluasi penyebaran fenomena, termasuk penelitian tentang persebaran perkebunan kelapa sawit (Niesa & Husni, 2025).

2.7 Visualisasi Spasial Berbasis Web

Visualisasi spasial berbasis web adalah cara menyajikan data geografis melalui antarmuka daring yang memungkinkan pengguna mengakses, menampilkan, dan berinteraksi dengan peta secara dinamis tanpa memerlukan perangkat lunak tambahan. Pendekatan ini meningkatkan kemudahan membaca dan memahami informasi geospasial, karena peta bisa dijangkau di berbagai perangkat dengan cara yang lebih ramah pengguna, serta menampilkan data spasial secara langsung atau sesuai permintaan (Hamzah et al., 2025).

Pengembangan visualisasi spasial berbasis web semakin penting dalam konteks riset dan pengambilan keputusan, berkat kemampuannya menyediakan informasi spasial yang interaktif dan mudah diakses oleh masyarakat umum atau

pembuat kebijakan. Dalam berbagai studi yang menggunakan SIG berbasis web, hasil visualisasi ini digunakan untuk menyampaikan data wilayah, pola penyebaran, dan indikator geospasial lainnya, sehingga membantu pihak terkait memahami pola ruang dan memberikan saran yang lebih akurat (Di & Taebenu, n.d.).

2.8 Perangkat Lunak GIS (QGIS)

Perangkat lunak Sistem Informasi Geografis *Quantum GIS*, juga dikenal sebagai QGIS, adalah *open-source* dan didukung oleh komunitas pengembang yang besar. QGIS memungkinkan untuk melihat, mengedit, dan menganalisis data geospasial, dan memiliki berbagai *plugin* analisis yang lengkap (Pironika & Wahab, 2025).

Penelitian ini menggunakan QGIS sebagai platform utama untuk mengintegrasikan hasil analisis; itu memungkinkan penggunaan algoritma analisis spasial, pra-pemrosesan data vektor, dan visualisasi hasil klusterisasi DBSCAN dalam peta tematik yang informatif. Dengan fleksibilitas QGIS, pengguna dapat memetakan sebaran pertanian, seperti lokasi toko obat hama atau sebaran lahan sawit, dengan cepat dan murah (Raihana et al., 2024).

2.9 Penelitian Terdahulu

Berikut ini dipaparkan sejumlah topik penelitian yang sangat berkaitan dengan judul skripsi yang dipilih oleh penulis. Kajian terhadap penelitian-penelitian sebelumnya ini berfungsi sebagai sumber referensi utama serta dasar teori dalam penyusunan skripsi ini. Kehadiran penelitian terdahulu memainkan peran krusial untuk menguatkan struktur pemikiran, menambah kedalaman pemahaman konsep, dan menyediakan pandangan menyeluruh tentang pendekatan, teknik, serta algoritma yang telah digunakan dalam penelitian serupa. Dengan meninjau

berbagai sumber referensi yang meliputi aspek teori dan praktik, penulis tidak hanya mendapatkan fondasi ilmiah yang kokoh, tetapi juga pengalaman praktis mengenai penerapan teknologi penginderaan jarak jauh, analisis ruang, serta teknik pengelompokan dalam studi pemetaan dan analisis penyebaran perkebunan kelapa sawit.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Penelitian (Tahun)	Judul Penelitian	Metode	Hasil Relevan
1.	(Gunawan et al., 2025)	Analisis Pemetaan Spasial Perkebunan Kelapa Sawit dalam Mendukung Keberlanjutan Lingkungan di PT Hari Sawit Jaya	NVDI, GIS	Pemanfaatan teknologi spasial efektif mendukung keberlanjutan sawit.
2.	(Sentra et al., 2024)	Implementasi Metode Clustering dengan Algoritma DBSCAN Untuk Identifikasi Sentra Industri Berbasis Google Map	DBSCAN, Spasial	DBSCAN berhasil mengelompokkan lokasi dengan bentuk tak beraturan.
3.	(Pironika & Wahab, 2025)	Penggunaan Aplikasi QGIS Untuk Pembuatan Peta Tata Guna Lahan Di Kecamatan Bukitkecil	QGIS, Digitasi	QGIS efektif sebagai alat utama pemetaan tata guna lahan kecamatan.
4.	(Raihana et al., 2024)	Pemanfaatan Aplikasi QGIS Untuk Pemetaan Toko Obat Hama	WebGIS, QGIS	Integrasi QGIS memudahkan visualisasi sebaran pertanian.
5.	(E. G. Sari et al., 2025)	Analisis Spasial Temporal	SIG, Spasial	Analisis spasial mampu mendeteksi

		Perubahan Penggunaan Lahan Permukiman		perubahan pola lahan signifikan.
--	--	--	--	----------------------------------

BAB III

ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

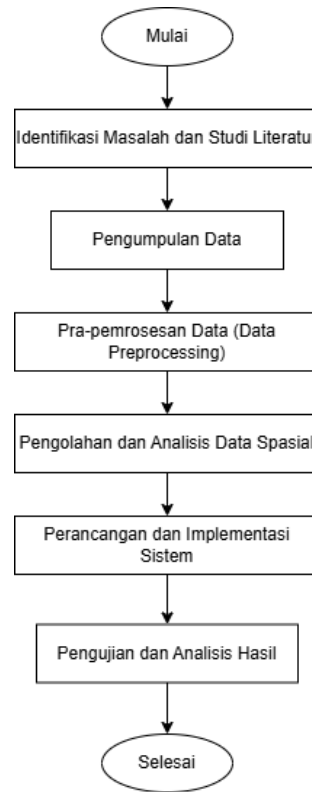
3.1 Analisis Permasalahan

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimental dan pengembangan sistem. Pendekatan eksperimental diterapkan pada tahap pengolahan data spasial untuk menguji parameter algoritma *Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise* (DBSCAN) guna mendapatkan akurasi terbaik dalam pengelompokan persebaran kelapa sawit.

Selain itu, penelitian ini menerapkan metode pengembangan perangkat lunak (*software development*) dengan model *Prototype* untuk membangun visualisasi berbasis web. Model ini dipilih karena memungkinkan perancangan antarmuka peta interaktif yang dapat dievaluasi dan diperbaiki secara cepat sesuai kebutuhan penyajian informasi.

3.1.1 Alur Tahap Penelitian

Untuk menjamin keteraturan dan validitas ilmiah, penelitian ini dilaksanakan mengikuti alur kerja sistematis yang terdiri dari enam fase utama: (1) Identifikasi Masalah dan Studi Literatur, (2) Pengumpulan Data, (3) Pra-pemrosesan Data (Data Preprocessing), (4) Pengolahan dan Analisis Data Spasial, (5) Perancangan dan Implementasi Sistem, serta (6) Pengujian dan Analisis Hasil. Setiap fase memiliki input, proses, dan output yang terdefinisi dengan jelas untuk memastikan kesinambungan antar tahapan.



Gambar 3. 1 Flowchart Tahapan Penelitian

3.2 Lokasi Dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan dengan mengambil objek studi di Kecamatan Sawit Seberang, Kabupaten Langkat, Sumatera Utara. Pemilihan lokasi didasarkan pada karakteristik wilayah yang memiliki campuran pola perkebunan, baik perkebunan besar (PTPN) maupun perkebunan rakyat yang pola persebarannya cenderung acak.

Berdasarkan data resmi dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Langkat, Kecamatan Sawit Seberang memiliki luas wilayah daratan sekitar 209,10 km². Luas ini berkontribusi sebesar 4,22% dari total luas daratan Kabupaten Langkat yang mencapai 6.263,29 km². Secara astronomis, wilayah ini terletak pada koordinat antara 03°43'45" hingga 03°56'15" Lintang Utara dan 98°08'43" hingga 98°21'00" Bujur Timur. Posisi ini menempatkan Sawit Seberang pada zona iklim tropis dengan curah hujan yang mendukung pertumbuhan kelapa sawit sepanjang tahun.

Secara administratif, batas-batas wilayah penelitian adalah sebagai berikut, yang juga menjadi batas area pemotongan (*clipping mask*) data citra satelit :

1. Sebelah Utara: Berbatasan langsung dengan Kecamatan Sei Lapan, Kecamatan Babalan, dan Kecamatan Besitang.
2. Sebelah Selatan: Berbatasan dengan Kecamatan Batang Serangan.
3. Sebelah Barat: Berbatasan dengan Kecamatan Sei Lapan dan Kecamatan Batang Serangan.
4. Sebelah Timur: Berbatasan dengan Kecamatan Padang Tualang.

3.3 Data Dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua kategori:

1. Data Spasial (*Primer*):

Citra Satelit Sentinel-2 Level-2A: Citra multispektral dengan resolusi 10 meter yang diunduh dari situs *Copernicus Open Access Hub* Tahun 2024. Data ini sudah terkoreksi secara atmosferik (*Bottom-of-Atmosphere*) dan digunakan sebagai input utama untuk ekstraksi vegetasi.

2. Data Pendukung (*Sekunder*):

Peta Batas Administrasi (*Shapefile*): Data vektor batas desa dan kecamatan yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (*BIG*) atau instansi terkait untuk membatasi area analisis (*Region of Interest*).

Data nonspasial pendukung yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Langkat tahun 2024. Data tersebut meliputi luas wilayah desa, jumlah dusun/lingkungan, penggunaan lahan, yang digunakan sebagai atribut pendukung dalam analisis dan visualisasi WebGIS.

3.4 Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

1. Perangkat Keras (*Hardware*) :

Laptop.

2. Perangkat Lunak (*Software*) :

a) *QGIS*:

QGIS merupakan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG) yang bersifat open source dan banyak digunakan untuk pengolahan serta analisis data spasial. Perangkat lunak ini mendukung pengolahan data raster maupun vektor serta menyediakan berbagai fungsi analisis spasial seperti geoprocessing, digitasi peta, dan pembuatan peta tematik. (A. K. Sari et al., 2025)

Dalam penelitian ini, QGIS digunakan untuk melakukan pengolahan citra satelit, perhitungan NDVI, konversi data raster menjadi vektor, serta penyusunan peta tematik persebaran perkebunan kelapa sawit di wilayah penelitian. Selain itu, data hasil pengolahan kemudian diekspor ke dalam format GeoJSON untuk digunakan pada sistem WebGIS.

b) *Python* (Analisis Data):

Python merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi yang banyak digunakan dalam analisis data, komputasi ilmiah, serta pengembangan aplikasi berbasis machine learning. Python memiliki berbagai pustaka yang mendukung pengolahan data dan analisis statistik sehingga sering digunakan dalam penelitian yang berkaitan dengan pengolahan data dalam jumlah besar. (Hawani & Riyantoni, 2025)

Dalam penelitian ini, Python digunakan untuk melakukan analisis klusterisasi menggunakan algoritma DBSCAN untuk mengelompokkan titik-titik persebaran perkebunan kelapa sawit berdasarkan tingkat kerapatan lokasi. Hasil dari proses analisis ini kemudian digunakan untuk mengidentifikasi pola persebaran spasial pada wilayah penelitian.

c) *Leaflet.js* :

Leaflet.js merupakan pustaka pemetaan berbasis *JavaScript* yang digunakan untuk membangun aplikasi peta interaktif pada web. Teknologi ini bersifat *open source* dan memungkinkan pengembang untuk menampilkan data spasial dalam bentuk peta digital yang dapat diakses melalui browser. *Leaflet* menyediakan berbagai fitur interaktif seperti *zoom*, *pan*, *marker*, *popup* informasi, serta *overlay layer* sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan eksplorasi data spasial pada sistem WebGIS. (Abdillah et al., 2021)

d) Web Browser :

Web browser merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk mengakses dan menampilkan halaman web melalui jaringan internet. Dalam sistem WebGIS, web browser berfungsi sebagai media untuk menampilkan visualisasi peta digital yang dibangun menggunakan teknologi web seperti HTML, CSS, dan JavaScript. Melalui web browser, pengguna dapat mengakses sistem WebGIS serta melakukan interaksi dengan peta seperti melakukan zoom,

pan, dan melihat informasi atribut dari objek spasial yang ditampilkan pada peta digital. (Widyaningsih & Anam, 2024)

e) *Visual Studio Code:*

Visual Studio Code merupakan perangkat lunak code editor yang digunakan dalam proses pengembangan aplikasi berbasis web. Perangkat lunak ini dikembangkan oleh Microsoft dan menyediakan berbagai fitur yang mendukung aktivitas pemrograman seperti syntax highlighting, debugging, serta dukungan berbagai ekstensi yang dapat membantu pengembang dalam menulis dan mengelola kode program dengan lebih efisien. Visual Studio Code banyak digunakan dalam pengembangan aplikasi web karena memiliki antarmuka yang sederhana, ringan, serta mudah dipelajari oleh pengguna sehingga dapat meningkatkan efektivitas proses pengembangan perangkat lunak. (Rahmadani et al., 2024)

Dalam penelitian ini, Visual Studio Code digunakan sebagai lingkungan pengembangan untuk menulis dan mengelola kode program dalam pembangunan sistem WebGIS yang dikembangkan. Melalui perangkat lunak ini, proses pembuatan struktur halaman web, pengelolaan file program, serta integrasi dengan berbagai pustaka pemrograman dapat dilakukan secara lebih terstruktur. Selain itu, Visual Studio Code juga memiliki tingkat kemudahan penggunaan dan efisiensi yang baik dalam mendukung aktivitas

pemrograman sehingga banyak digunakan oleh pengembang dalam proses pengembangan aplikasi berbasis web. (Hidayah et al., 2024)

3.5 Tahapan Penelitian

Alur penelitian disusun secara runtut sebagai berikut:

1. Akuisisi Data: Mengunduh *citra Sentinel-2* sesuai lokasi dan waktu penelitian dengan kriteria tutupan awan rendah (<10%).
2. Pra-pemrosesan: Melakukan *cropping area*, *resampling resolusi band*, dan masking awan.
3. Ekstraksi Fitur: Menghitung nilai *NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)* dan melakukan *thresholding* untuk memisahkan vegetasi sawit dari objek lain.
4. Konversi Data: Mengubah data raster hasil ekstraksi menjadi data titik (*point vector*) sebagai input algoritma.
5. Klasterisasi DBSCAN: Menentukan parameter optimal (*Epsilon* dan *MinPts*) dan menjalankan algoritma pengelompokan.
6. Penyusunan Peta & Sistem: Membuat peta tematik dari hasil klaster dan membangun antarmuka *web*.
7. Visualisasi & Analisis: Menyajikan peta pada *web* dan menganalisis pola persebaran yang terbentuk.

3.6 Pengolahan dan Analisis Data Spasial

Tahap ini berfokus pada penyiapan data citra sebelum masuk ke algoritma klasterisasi.

1. Perhitungan Indeks Vegetasi (*NDVI*): Nilai *NDVI* dihitung untuk mengidentifikasi kepadatan vegetasi. Rumus yang digunakan pada *band Sentinel-2* adalah:

$$NDVI = \frac{(Band8 - Band4)}{(Band8 + Band4)}$$

Dimana Band 8 adalah *Near Infrared* (NIR) dan Band 4 adalah *Red*. Hasil NDVI berupa citra dengan rentang nilai -1 hingga 1.

2. *Thresholding & Masking*: Nilai *NDVI* difilter dengan ambang batas (*threshold*) tertentu (misalnya > 0.45) untuk mengisolasi piksel yang merepresentasikan vegetasi kelapa sawit. Piksel di bawah ambang batas (tanah, air, bangunan) dieliminasi atau dianggap *NoData*.
3. *Vektorisasi (Raster to Point)*: Piksel vegetasi yang tersisa dikonversi menjadi titik koordinat (x, y) . Kumpulan titik inilah yang akan diolah oleh algoritma DBSCAN untuk melihat pola kerapatannya.

3.7 Metode Clustering DBSCAN

3.7.1 Konsep dan Alasan Pemilihan Metode

Algoritma *Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise*

(DBSCAN) dipilih karena keunggulan utamanya dalam mengelompokkan data berdasarkan kerapatan spasial. Metode ini dipilih karena:

1. **Bentuk Klaster Fleksibel**: Mampu mendeteksi pola perkebunan sawit rakyat yang seringkali tidak beraturan (*arbitrary shapes*), berbeda dengan *K-Means* yang memaksakan bentuk klaster membulat.
2. **Penanganan Noise**: Dapat mengenali titik pencilan (*outlier*) sebagai *noise*. Hal ini penting untuk membuang vegetasi liar atau pohon tunggal yang bukan merupakan bagian dari blok perkebunan sawit produktif.

3.7.2 Penentuan Parameter

DBSCAN memerlukan dua parameter input:

1. **Epsilon (ϵ):** Jarak radius maksimum pencarian tetangga. Nilai ini ditentukan menggunakan metode *k-distance graph* (mencari titik siku/*elbow* pada grafik jarak).
2. **MinPts (Minimum Points):** Jumlah minimum titik dalam radius ϵ untuk membentuk sebuah klaster (inti). Proses klasterisasi akan menghasilkan label untuk setiap titik: apakah masuk ke dalam Klaster-1, Klaster-2, dst., atau dikategorikan sebagai Noise (-1).

3.8 Penyusunan Peta Tematik

Peta tematik disusun secara mandiri (*self-authored*) berdasarkan hasil olahan algoritma DBSCAN, bukan menggunakan peta jadi dari instansi lain.

1. **Konversi Hasil Klaster:** Titik-titik yang memiliki label klaster yang sama digabungkan dan dikonversi menjadi poligon (*area*) menggunakan teknik *Concave Hull* atau *Buffer*.
2. **Simbolisasi:** Memberikan warna yang berbeda untuk setiap kelompok perkebunan dan membedakan area yang terdeteksi sebagai *noise*.
3. **Atribut Peta:** Menambahkan informasi luasan (hektar) dan koordinat sentroid pada setiap poligon klaster yang terbentuk.

3.9 Perancangan UML (Unified Modeling Language)

Perancangan sistem didokumentasikan menggunakan diagram UML untuk memodelkan struktur dan perilaku sistem. Perancangan UML difokuskan pada fungsi sistem sebagai media visualisasi hasil analisis, bukan sebagai sistem pengolahan atau manajemen data.

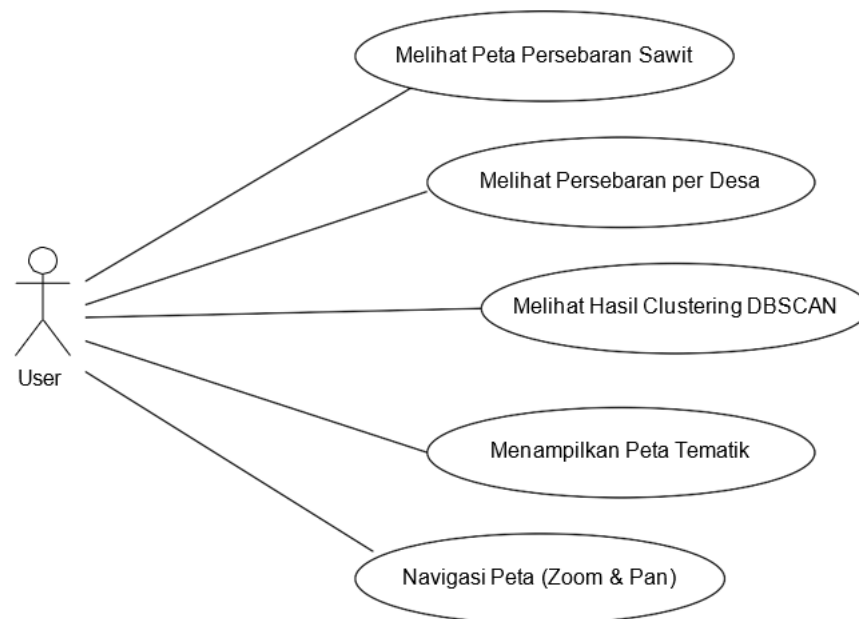
3.9.1 Use Case Diagram

Use Case Diagram digunakan untuk menggambarkan interaksi antara pengguna dengan sistem WebGIS yang dikembangkan dalam penelitian ini.

Sistem ini dirancang sebagai media visualisasi hasil analisis spasial persebaran perkebunan kelapa sawit di Kecamatan Sawit Seberang.

Pada sistem ini terdapat satu aktor utama yaitu pengguna (*user*) yang dapat mengakses WebGIS melalui browser. Pengguna dapat melakukan beberapa aktivitas, antara lain melihat peta persebaran perkebunan kelapa sawit, mengaktifkan atau menonaktifkan layer peta, serta melihat informasi atribut dari setiap titik atau area yang ditampilkan pada peta.

Use case ini menunjukkan bahwa sistem berfungsi sebagai media penyajian informasi spasial yang bersifat informatif dan interaktif bagi pengguna.



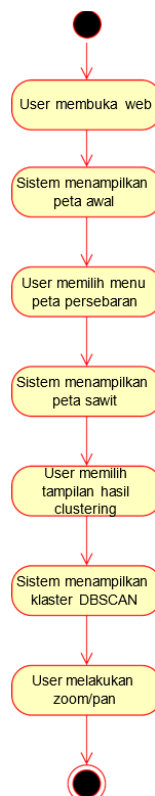
Gambar 3. 2 Use Case Diagram

3.9.2 Activity Diagram

Activity Diagram menggambarkan alur proses penggunaan sistem WebGIS oleh pengguna. Proses dimulai ketika pengguna membuka halaman WebGIS melalui browser. Sistem kemudian menampilkan peta dasar wilayah Kecamatan Sawit Seberang.

Selanjutnya pengguna dapat memilih layer peta yang tersedia, seperti layer persebaran perkebunan kelapa sawit atau hasil klusterisasi DBSCAN. Pengguna juga dapat melakukan zoom, pan, serta memilih objek peta untuk melihat informasi atribut yang tersedia.

Proses berakhir setelah pengguna selesai melakukan eksplorasi terhadap peta yang ditampilkan pada sistem WebGIS.



Gambar 3. 3 Activity Diagram

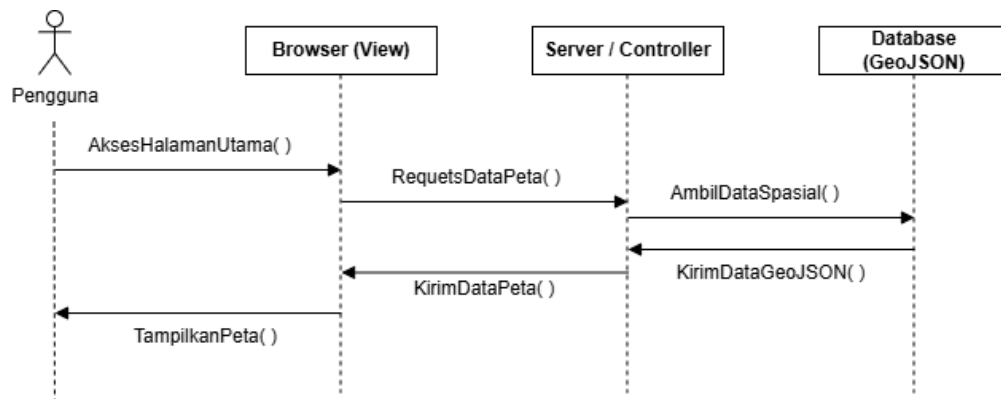
3.9.3 Sequence Diagram

Sequence Diagram digunakan untuk menggambarkan urutan interaksi antara pengguna dan sistem WebGIS dalam menampilkan data spasial. Proses dimulai ketika pengguna mengakses halaman WebGIS melalui browser.

Sistem kemudian memuat data peta yang telah disimpan dalam format GeoJSON dan menampilkannya pada antarmuka peta menggunakan pustaka

pemetaan berbasis web. Setelah peta berhasil dimuat, pengguna dapat melakukan interaksi seperti memilih layer atau melihat informasi atribut pada objek peta.

Diagram ini menunjukkan bagaimana sistem merespon setiap permintaan pengguna secara berurutan hingga informasi spasial dapat ditampilkan dengan baik.



Gambar 3. 4 Sequence Diagram

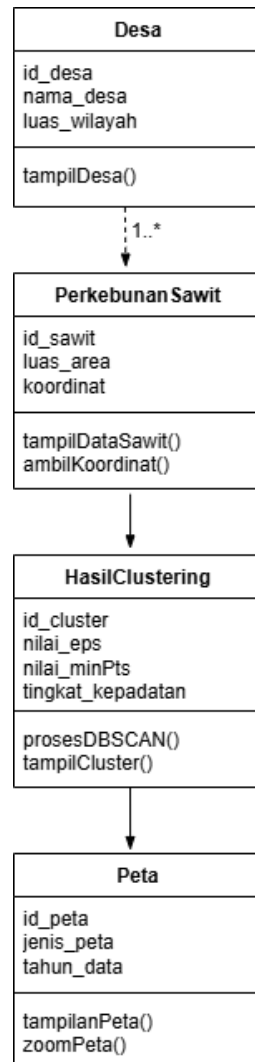
3.9.4 Class Diagram

Class diagram digunakan untuk menggambarkan struktur kelas yang terdapat pada sistem WebGIS yang dibangun. Diagram ini menunjukkan hubungan antar kelas beserta atribut dan metode yang dimiliki oleh masing-masing kelas dalam sistem.

Pada sistem ini terdapat beberapa kelas utama yaitu Desa, PerkebunanSawit, HasilClustering, dan Peta. Kelas Desa menyimpan informasi mengenai wilayah desa pada lokasi penelitian. Kelas PerkebunanSawit menyimpan data terkait lokasi dan atribut perkebunan kelapa sawit yang digunakan dalam analisis.

Kelas HasilClustering digunakan untuk menyimpan hasil proses analisis clustering menggunakan algoritma DBSCAN yang mengelompokkan data berdasarkan tingkat kepadatan. Sedangkan kelas Peta berfungsi untuk

menampilkan hasil visualisasi data spasial pada sistem WebGIS dalam bentuk peta interaktif.



Gambar 3. 5 Class Diagram

3.10 Rancangan Basis Data

Rancangan basis data digunakan untuk menyimpan serta mengelola data yang digunakan dalam sistem WebGIS yang dibangun. Basis data ini berfungsi untuk menyimpan data spasial maupun data atribut yang berkaitan dengan wilayah desa,

lokasi perkebunan kelapa sawit, hasil analisis clustering, serta informasi peta yang ditampilkan dalam sistem.

Dalam penelitian ini terdapat beberapa tabel utama yang digunakan dalam basis data, yaitu tabel Desa, PerkebunanSawit, HasilClustering, dan Peta.

3.10.1 Tabel Desa

Tabel Desa digunakan untuk menyimpan informasi mengenai wilayah administrasi desa yang terdapat di Kecamatan Sawit Seberang. Data pada tabel ini berfungsi sebagai dasar dalam pengelolaan data spasial serta sebagai referensi wilayah dalam proses analisis dan visualisasi peta pada sistem WebGIS.

Tabel 3. 1 Desa

Nama Field	Tipe Data	Keterangan
id_desa	integer	Primary key sebagai identitas unik desa
nama_desa	varchar	Nama desa di kecamatan sawit seberang
luas_wilayah	float	Luas wilayah desa (Ha/Km ²)

3.10.2 Tabel PerkebunanSawit

Tabel PerkebunanSawit digunakan untuk menyimpan data mengenai lokasi perkebunan kelapa sawit yang terdapat pada wilayah penelitian. Data yang tersimpan pada tabel ini meliputi informasi luas area perkebunan serta koordinat lokasi yang digunakan dalam analisis spasial dan pemetaan pada sistem WebGIS.

Tabel 3. 2 PerkebunanSawit

Nama Field	Tipe Data	Keterangan
id_sawit	integer	Primary key data perkebunan
luas_area	float	Luas area perkebunan sawit
koordinat	geometry	Data spasial lokasi perkebunan

3.10.3 Tabel HasilClustering

Tabel HasilClustering digunakan untuk menyimpan hasil analisis pengelompokan persebaran perkebunan kelapa sawit menggunakan algoritma DBSCAN. Data pada tabel ini menunjukkan parameter yang digunakan dalam proses clustering serta kategori kepadatan dari setiap klaster yang dihasilkan.

Tabel 3. 3 HasilClustering

Nama Field	Tipe Data	Keterangan
id_cluster	Integer	Primary key klaster
id_sawit	Integer	Foreign key dari tabel PerkebunanSawit
nilai_eps	Float	Parameter jarak algoritma DBSCAN
nilai_minPts	Integer	Parameter minimum titik DBSCAN
tingkat_kepadatan	Varchar	Kategori kepadatan klaster

3.10.4 Tabel Peta

Tabel Peta digunakan untuk menyimpan informasi mengenai jenis peta yang ditampilkan dalam sistem WebGIS. Informasi ini digunakan untuk mengelola berbagai layer peta yang ditampilkan pada sistem sehingga pengguna dapat melihat visualisasi data spasial secara lebih interaktif.

Tabel 3. 4 Peta

Nama Field	Tipe Data	Keterangan
id_peta	integer	Primary key peta
jenis_peta	varchar	Jenis peta yang di tampilkan
tahun_peta	integer	Tahun data peta

3.11 Visualisasi Hasil Analisis Berbasis Web

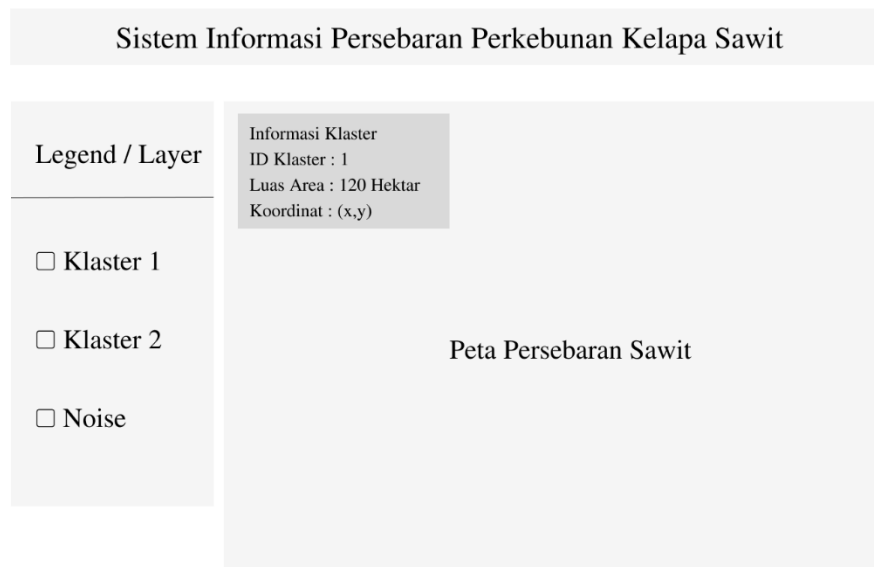
Visualisasi berbasis WebGIS digunakan sebagai media penyajian hasil analisis spasial yang telah diolah menggunakan Sistem Informasi Geografis. Tujuan dari

visualisasi ini adalah untuk menampilkan peta persebaran perkebunan kelapa sawit secara interaktif sehingga informasi spasial dapat lebih mudah dipahami oleh pengguna.

Data spasial yang telah diproses sebelumnya, seperti hasil ekstraksi NDVI dan hasil klusterisasi menggunakan algoritma DBSCAN, diekspor dari perangkat lunak QGIS ke dalam format GeoJSON. Format ini dipilih karena kompatibel dengan berbagai pustaka pemetaan berbasis web dan dapat menampilkan data spasial secara dinamis pada browser.

Selanjutnya data GeoJSON tersebut diintegrasikan ke dalam antarmuka peta berbasis web menggunakan pustaka Leaflet.js. Melalui WebGIS ini, pengguna dapat melihat persebaran perkebunan kelapa sawit dalam bentuk peta interaktif yang dilengkapi dengan fitur zoom, layer control, serta informasi atribut dari setiap objek spasial.

Dengan adanya visualisasi berbasis web ini, hasil analisis spasial yang diperoleh dari proses pengolahan data dapat disajikan secara lebih informatif, interaktif, dan mudah diakses tanpa memerlukan perangkat lunak GIS khusus. Berikut adalah tampilan rancangan antarmuka (*user interface*) :



Gambar 3. 6 Tampilan User Interface

3.11.1 Arsitektur Sistem WebGIS

Sistem WebGIS pada penelitian ini dirancang untuk menampilkan hasil analisis spasial persebaran perkebunan kelapa sawit dalam bentuk peta interaktif yang dapat diakses melalui web browser. Arsitektur sistem yang digunakan memanfaatkan teknologi pemetaan berbasis web dengan memisahkan proses pengolahan data dan proses visualisasi peta.

Tahap pertama dilakukan proses pengolahan data spasial menggunakan perangkat lunak QGIS. Pada tahap ini dilakukan pengolahan citra satelit untuk memperoleh nilai Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) yang digunakan untuk mengidentifikasi area vegetasi. Data hasil pengolahan tersebut kemudian dikonversi ke dalam bentuk data spasial yang dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut.

Selanjutnya proses analisis klusterisasi dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan menerapkan algoritma DBSCAN (Density-Based

Spatial Clustering of Applications with Noise). Analisis ini bertujuan untuk mengelompokkan titik-titik lokasi perkebunan kelapa sawit berdasarkan tingkat kerapatan persebarannya sehingga dapat diketahui pola distribusi spasial dari objek yang dianalisis.

Hasil pengolahan dan analisis data spasial kemudian disimpan dalam format GeoJSON yang berisi informasi geometri dan atribut dari setiap objek spasial. Data GeoJSON ini selanjutnya digunakan sebagai sumber data yang ditampilkan pada sistem WebGIS.

Pada tahap visualisasi, data spasial ditampilkan pada halaman web menggunakan pustaka pemetaan berbasis JavaScript yaitu Leaflet.js. Leaflet.js memungkinkan peta ditampilkan secara interaktif sehingga pengguna dapat melakukan navigasi peta seperti zoom, pan, serta melihat informasi atribut dari setiap objek yang ditampilkan.

Melalui web browser, pengguna dapat mengakses sistem WebGIS untuk melihat persebaran perkebunan kelapa sawit serta hasil analisis klasterisasi yang telah dilakukan. Dengan arsitektur ini, sistem mampu menyajikan informasi spasial secara visual dan interaktif sehingga memudahkan pengguna dalam memahami pola persebaran perkebunan sawit pada wilayah penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian

Kecamatan Sawit Seberang merupakan salah satu wilayah administratif di Kabupaten Langkat yang memiliki potensi perkebunan kelapa sawit yang cukup signifikan. Wilayah ini terdiri dari beberapa desa dengan karakteristik penggunaan lahan yang didominasi oleh sektor perkebunan dan pertanian. Kondisi topografi yang relatif datar serta ketersediaan lahan menjadikan wilayah ini berkembang sebagai kawasan budidaya kelapa sawit.

Peta wilayah penelitian diperoleh dari data batas administrasi yang bersumber dari Badan Informasi Geospasial (BIG) dan telah dilakukan proses filtering sesuai batas Kecamatan Sawit Seberang. Peta ini digunakan sebagai acuan dalam proses penentuan region of interest (ROI) serta sebagai dasar analisis spasial pada penelitian ini.



Gambar 4. 1 Peta Penelitian Kecamatan Sawit Seberang

Berdasarkan peta tersebut, wilayah Kecamatan Sawit Seberang terdiri dari beberapa desa yang menjadi fokus analisis dalam penelitian ini. Selanjutnya, data

statistik wilayah digunakan sebagai informasi pendukung untuk memberikan gambaran kondisi administratif dan penggunaan lahan di wilayah penelitian.

Tabel 4. 1 Luas Daerah Menurut Desa/Kelurahan di Kecamatan Sawit Seberang, 2024

Desa/Kelurahan	Luas (km²)	Persentase (%)
Sei Litur Tasik	42.24	20.2
Sawit Seberang	8.47	4.05
Alur Gadung	16	7.65
Simpang Tiga Sawit Seberang	29.72	14.21
Sawit Hulu	75.61	36.15
Mekar Sawit	13.36	6.39
Alur Melati	23.7	11.33
TOTAL	209.1	100

Tabel 4. 2 Letak Koordinat Desa/Kelurahan di Kecamatan Sawit Seberang, 2024

Desa/Kelurahan	Lintang Utara	Bujur Timur
Sei Litur Tasik	3.7600773	98.231573
Sawit Seberang	3.7976837	98.28382
Alur Gadung	3.8308707	98.3172257
Simpang Tiga Sawit Seberang	3.8214055	98.2622579
Sawit Hulu	3.8467792	98.2350721
Mekar Sawit	3.793392	98.2724618
Alur Melati	3.7995539	98.197332

Berdasarkan data tersebut, sebagian besar wilayah penelitian didominasi oleh penggunaan lahan perkebunan, yang berpotensi mempengaruhi nilai indeks vegetasi pada analisis NDVI.

4.2 Persiapan Data Spasial

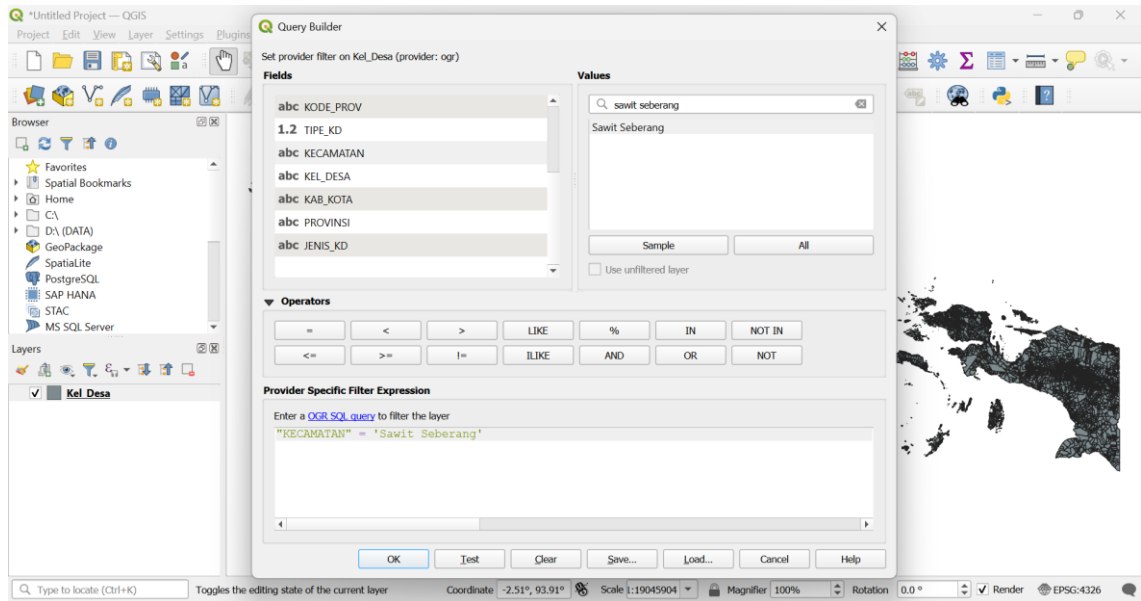
Data batas administrasi wilayah yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Data tersebut masih mencakup wilayah administrasi yang lebih luas sehingga perlu dilakukan proses pengolahan data untuk memperoleh batas wilayah yang sesuai dengan lokasi penelitian.

Proses pengolahan dilakukan menggunakan perangkat lunak QGIS dengan melakukan proses penyaringan (filter) berdasarkan atribut nama kecamatan. Melalui proses tersebut diperoleh batas wilayah Kecamatan Sawit Seberang yang kemudian digunakan sebagai area penelitian.

Peta batas wilayah Kecamatan Sawit Seberang yang dihasilkan dari proses penyaringan ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam proses analisis spasial, khususnya dalam pengolahan citra satelit untuk perhitungan NDVI serta analisis clustering menggunakan metode DBSCAN.

1. Proses Filter

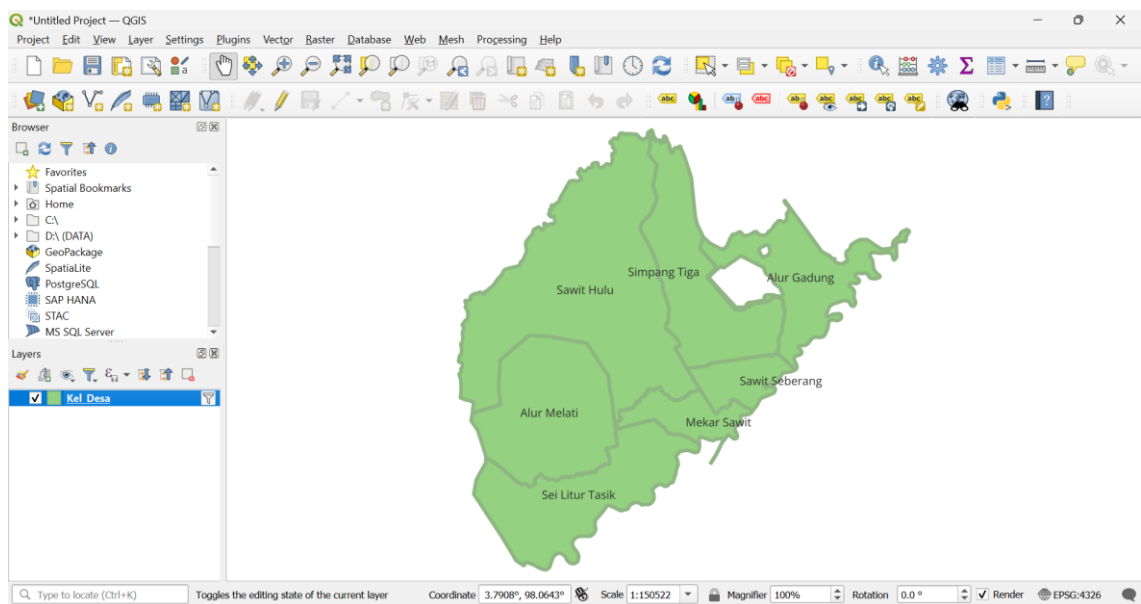
Data batas administrasi wilayah diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG) yang masih mencakup seluruh wilayah kabupaten. Oleh karena itu dilakukan proses penyaringan data menggunakan perangkat lunak QGIS untuk memperoleh wilayah yang sesuai dengan lokasi penelitian, yaitu Kecamatan Sawit Seberang.



Gambar 4. 2 Proses Penyaringan Data Batas Wilayah Kecamatan di QGIS

2. Hasil Filter

Hasil dari proses penyaringan tersebut menghasilkan peta batas wilayah Kecamatan Sawit Seberang yang selanjutnya digunakan sebagai batas area penelitian dalam proses analisis NDVI dan clustering DBSCAN.



Gambar 4. 3 Peta Batas Wilayah Kecamatan Sawit Seberang

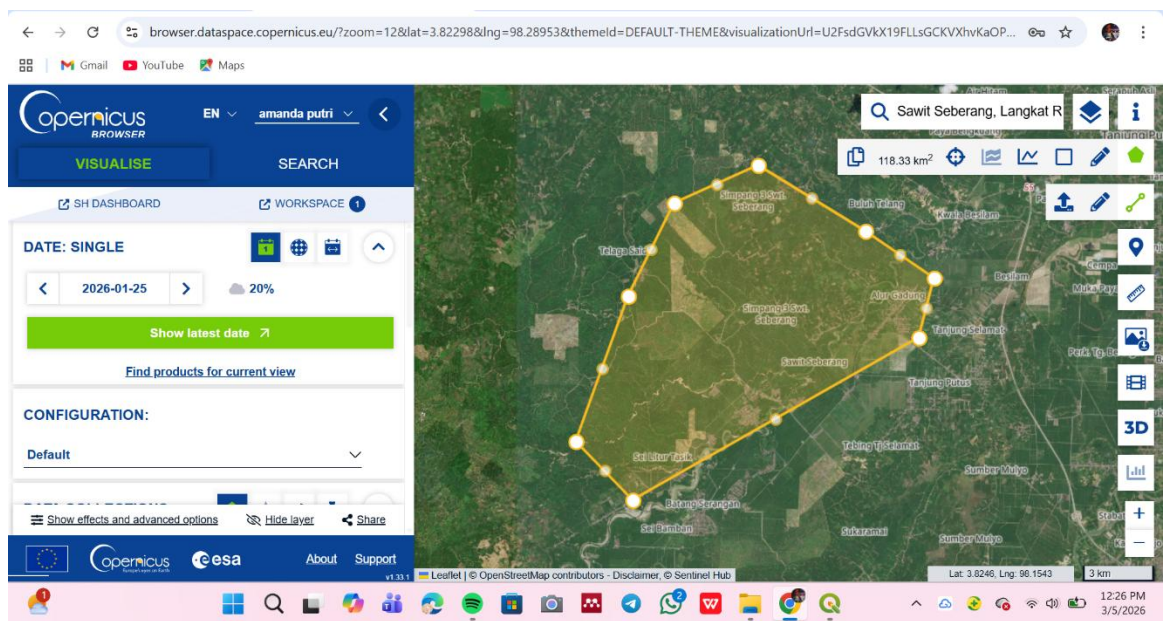
4.3 Pra-Pengolahan Data Citra

Tahap pra-pengolahan dilakukan untuk menyiapkan data citra agar siap dianalisis menggunakan metode NDVI dan DBSCAN. Data citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra Sentinel-2 yang memiliki resolusi spasial menengah dan sesuai untuk analisis vegetasi skala kecamatan.

Proses pra-pengolahan meliputi beberapa tahapan utama, yaitu:

1. Pengunduhan citra Sentinel-2 sesuai wilayah penelitian.

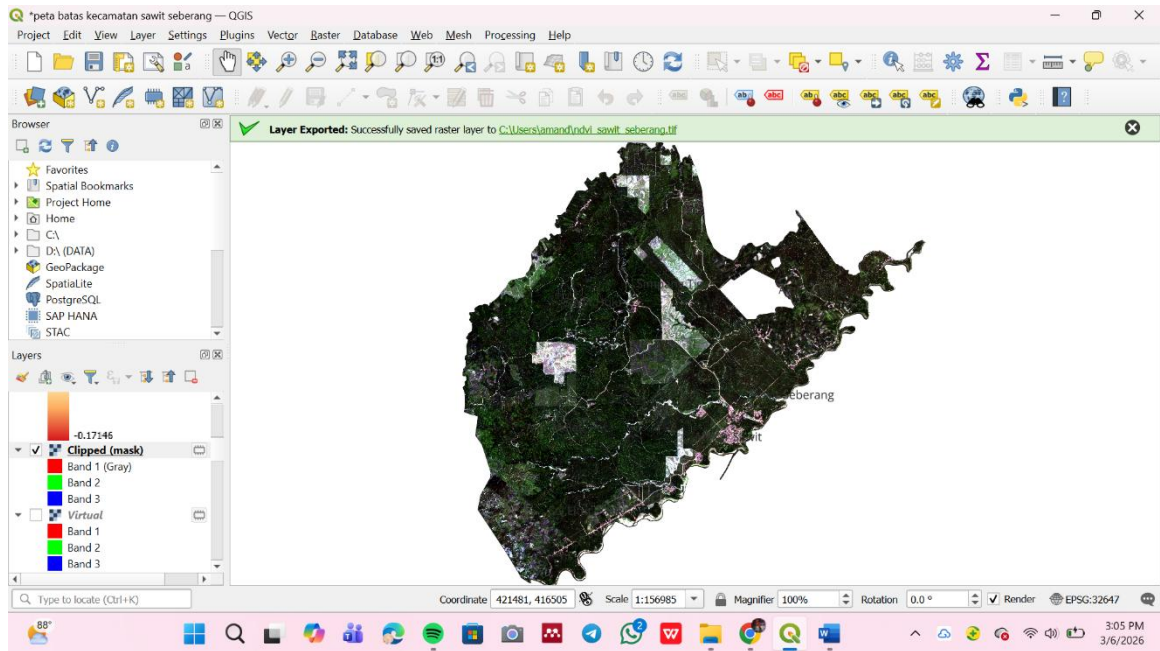
Citra satelit Sentinel-2 diunduh dari penyedia data citra satelit sesuai dengan lokasi penelitian yaitu Kecamatan Sawit Seberang.



Gambar 4. 4 Pengunduhan Citra Sentinel-2 Wilayah Kecamatan Sawit Seberang

2. Clipping citra menggunakan batas administrasi Kecamatan Sawit Seberang sebagai *area of interest* (AOI).

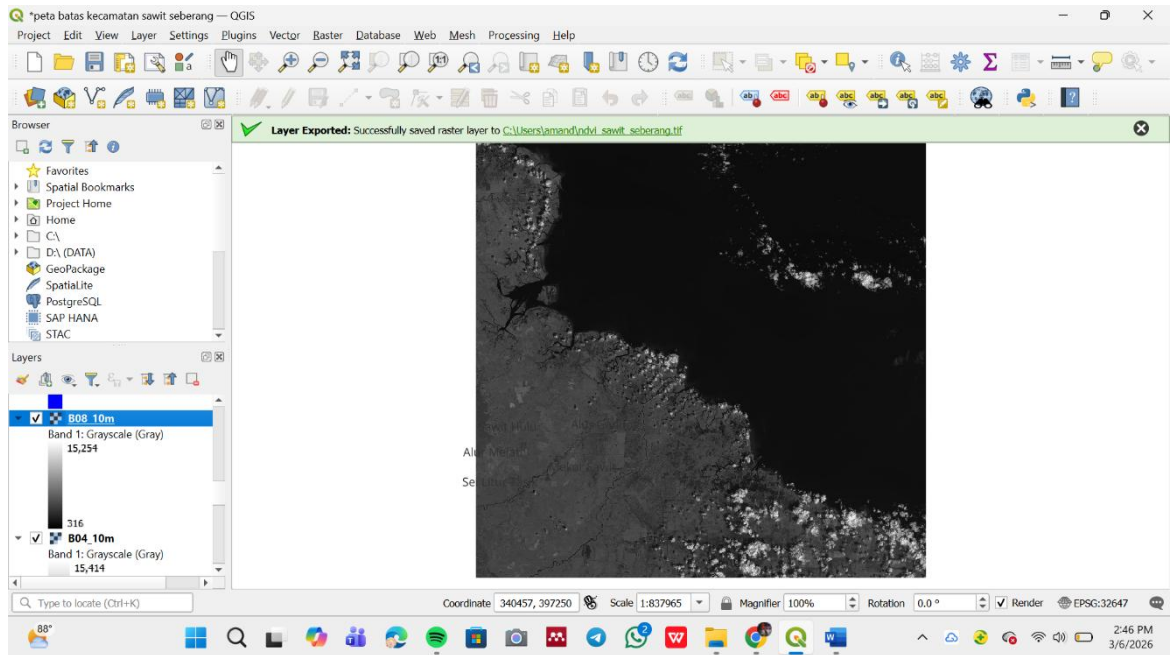
Citra yang telah diunduh kemudian dipotong (clip) menggunakan batas administrasi Kecamatan Sawit Seberang sebagai *Area of Interest* (AOI). Proses ini bertujuan untuk membatasi area analisis agar hanya mencakup wilayah penelitian.



Gambar 4. 5 Hasil Clipping Citra Sentinel-2 Berdasarkan Batas Administrasi Kecamatan Sawit Seberang

3. Pemisahan band yang diperlukan untuk perhitungan NDVI, yaitu band merah (Red) dan inframerah dekat (NIR).

Gambar 4.4 menunjukkan band citra yang digunakan dalam proses perhitungan NDVI. Pada penelitian ini digunakan Band 4 (*Red*) dan Band 8 (*Near Infrared/NIR*) dari citra Sentinel-2. Band merah merepresentasikan spektrum cahaya yang diserap oleh klorofil pada vegetasi, sedangkan band inframerah dekat memiliki reflektansi tinggi pada vegetasi sehat. Kombinasi kedua band tersebut digunakan untuk menghitung nilai NDVI yang menunjukkan tingkat kerapatan vegetasi pada wilayah penelitian.



Gambar 4. 6 Band Citra Sentinel-2 yang Digunakan dalam Analisis NDVI

4. Pengecekan kualitas citra untuk memastikan minim tutupan awan.

Pemeriksaan kualitas citra dilakukan untuk memastikan citra yang digunakan memiliki tingkat tutupan awan yang rendah sehingga tidak mengganggu proses analisis vegetasi.

Hasil dari tahap ini adalah citra yang telah terpotong sesuai wilayah penelitian dan siap digunakan pada proses analisis vegetasi.

4.4 Analisis Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Analisis NDVI dilakukan untuk mengidentifikasi tingkat kerapatan vegetasi di Kecamatan Sawit Seberang. NDVI merupakan indeks vegetasi yang dihitung menggunakan kombinasi kanal merah (*Red*) dan inframerah dekat (*Near Infrared/NIR*) dari citra satelit Sentinel-2. Metode ini banyak digunakan dalam analisis vegetasi karena mampu menggambarkan kondisi kesehatan dan kerapatan vegetasi berdasarkan nilai reflektansi spektral.

Perhitungan NDVI pada penelitian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak QGIS dengan memanfaatkan band merah (Band 4) dan band inframerah dekat (Band 8) dari citra Sentinel-2.

Perhitungan nilai NDVI menggunakan persamaan berikut:

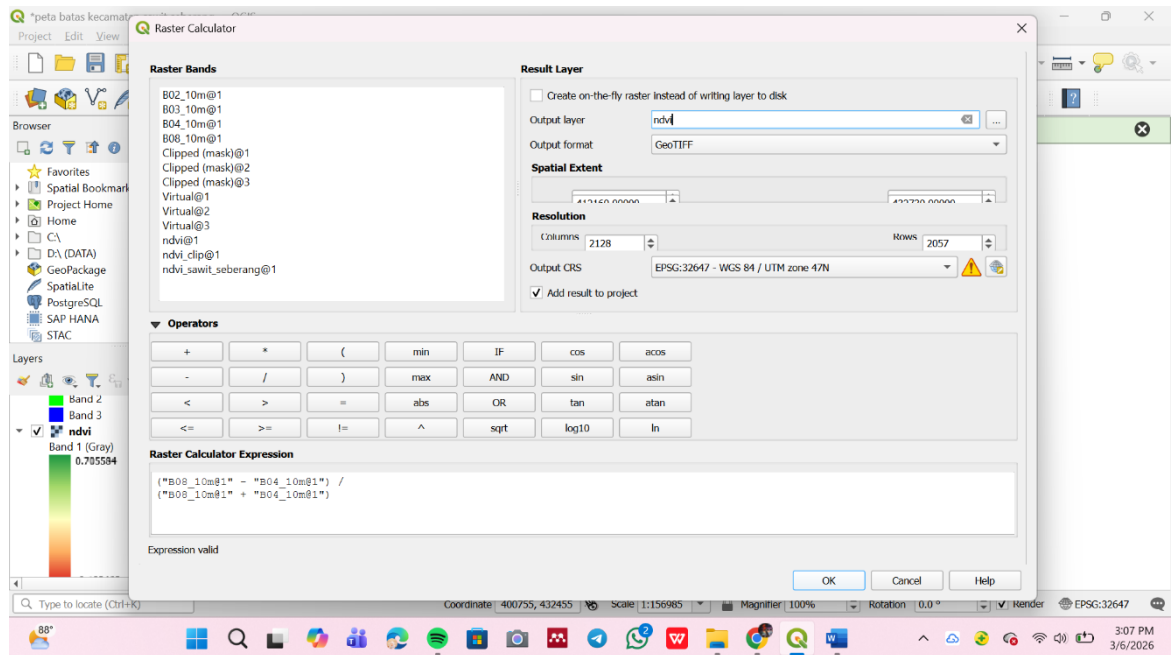
$$NDVI = (NIR - Red)/(NIR + Red)$$

Keterangan:

NDVI = *Normalize Difference Vegetation Index*

NIR = Nilai reflektansi pada band inframerah dekat (Band 8)

Red = Nilai reflektansi pada band merah (Band 4)



Gambar 4. 7 Proses Perhitungan NDVI Menggunakan Raster Calculator pada QGIS

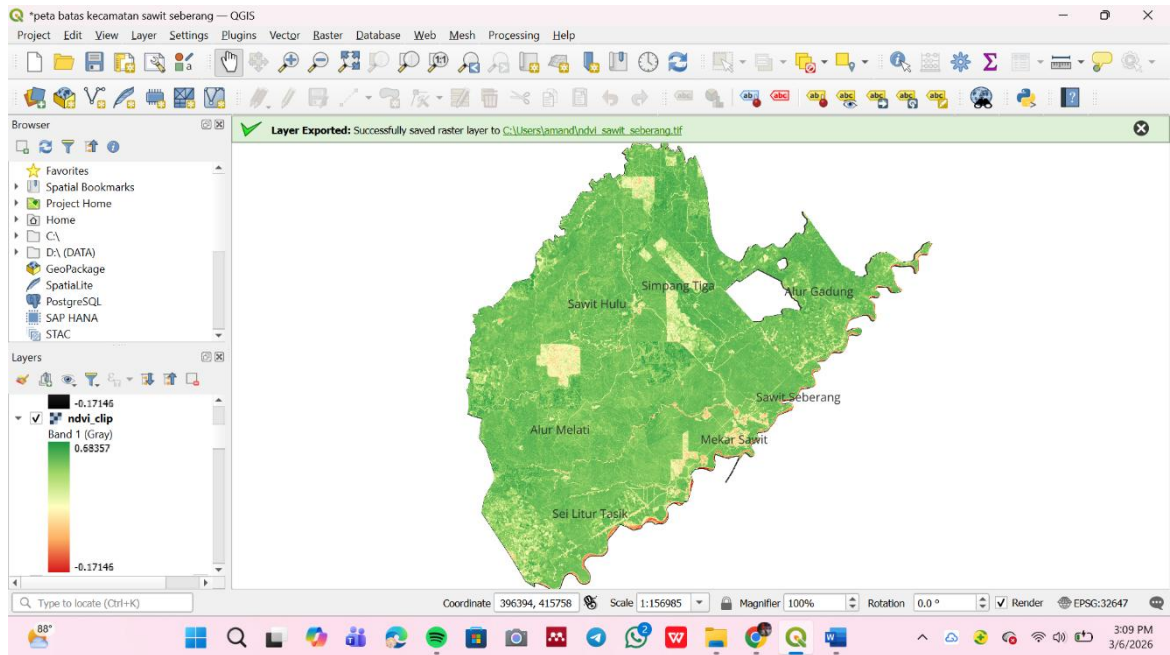
Perhitungan NDVI pada penelitian ini dilakukan menggunakan fitur *Raster Calculator* pada perangkat lunak QGIS. Proses ini mengkombinasikan nilai reflektansi pada band inframerah dekat (B08) dan band merah (B04) menggunakan persamaan NDVI. Hasil dari proses ini berupa raster NDVI yang menunjukkan tingkat kerapatan vegetasi pada wilayah penelitian.

Nilai NDVI yang dihasilkan berada pada rentang -1 hingga 1. Nilai NDVI yang mendekati 1 menunjukkan vegetasi yang rapat dan sehat, sedangkan nilai yang mendekati 0 atau negatif menunjukkan area non-vegetasi seperti badan air, permukiman, atau lahan terbuka.

Dalam penelitian ini, nilai *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) yang dihasilkan dari citra Sentinel-2 kemudian diklasifikasikan ke dalam beberapa kelas kerapatan vegetasi. Klasifikasi ini bertujuan untuk mempermudah interpretasi kondisi tutupan vegetasi pada wilayah penelitian. Setiap rentang nilai NDVI merepresentasikan tingkat kerapatan vegetasi yang berbeda, mulai dari area non-vegetasi hingga vegetasi dengan tingkat kerapatan tinggi.

Tabel 4. 3 Klasifikasi Nilai NDVI

Rentang NDVI	Kategori
< 0	Non Vegetasi
0.0 – 0.2	Vegetasi Sangat Rendah
0.2 – 0.4	Vegetasi rendah
0.4 – 0.6	Vegetasi Sedang
> 0.6	Vegetasi Tinggi



Gambar 4. 8 Peta Hasil Perhitungan NDVI di Kecamatan Sawit Seberang

Berdasarkan hasil perhitungan NDVI, wilayah Kecamatan Sawit Seberang didominasi oleh nilai NDVI pada kelas vegetasi sedang hingga vegetasi tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah penelitian memiliki tutupan vegetasi yang cukup rapat, yang diduga merupakan area perkebunan kelapa sawit.

Sementara itu, area dengan nilai NDVI rendah umumnya berada pada wilayah permukiman, lahan terbuka, dan badan air yang memiliki tingkat vegetasi yang rendah atau tidak memiliki vegetasi.

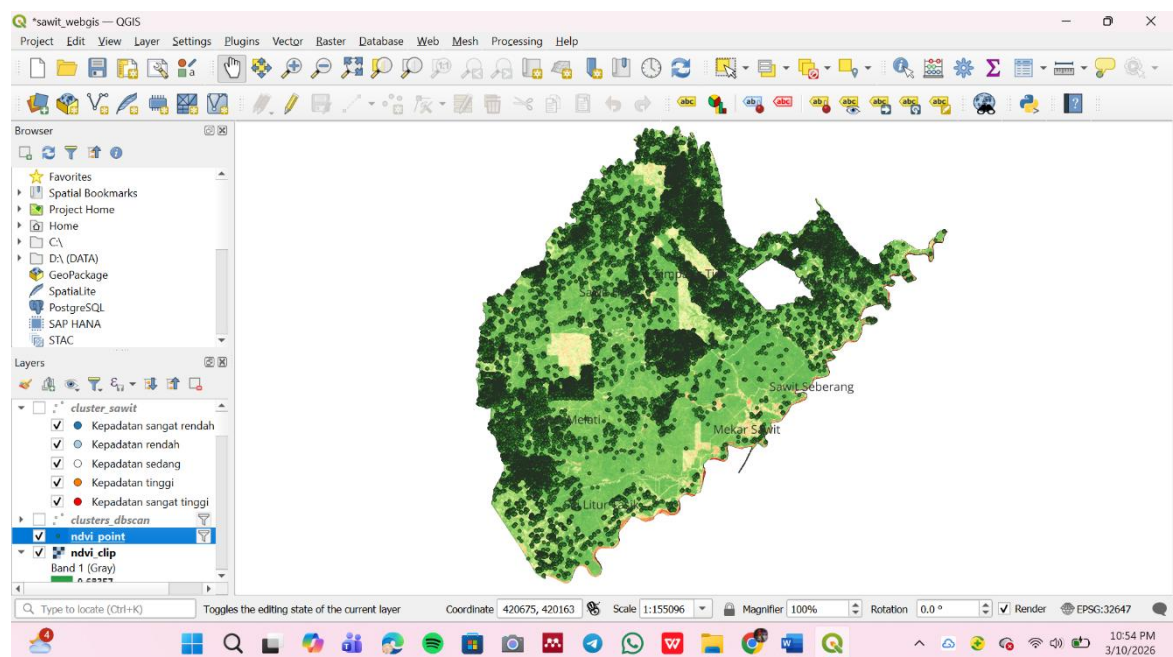
4.5 Analisis Clustering Menggunakan DBSCAN

Setelah diperoleh nilai NDVI, tahap selanjutnya adalah melakukan analisis pengelompokan spasial menggunakan algoritma DBSCAN (*Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise*). Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi pola sebaran vegetasi berdasarkan kedekatan spasial antar titik serta tingkat kepadatan data.

Algoritma DBSCAN bekerja dengan mengelompokkan titik-titik data yang memiliki jarak kedekatan tertentu dan jumlah tetangga minimum sehingga

membentuk suatu cluster. Metode ini juga mampu mengidentifikasi titik yang tidak termasuk dalam cluster sebagai noise, yaitu titik yang tidak memenuhi syarat kepadatan minimum.

Dalam penelitian ini, proses clustering dilakukan menggunakan perangkat lunak QGIS terhadap data titik vegetasi yang dihasilkan dari proses ekstraksi nilai NDVI. Data raster NDVI terlebih dahulu dikonversi menjadi data berbentuk titik sehingga setiap piksel vegetasi direpresentasikan sebagai satu titik pada peta.



Gambar 4. 9 Sebaran Titik Vegetasi Hasil Ekstraksi NDVI

Berdasarkan Gambar 4.9, titik-titik vegetasi tersebar pada berbagai bagian wilayah Kecamatan Sawit Seberang. Titik-titik tersebut merepresentasikan nilai NDVI pada setiap piksel citra yang telah dikonversi menjadi data titik. Data inilah yang selanjutnya digunakan sebagai input dalam proses analisis clustering menggunakan metode DBSCAN.

Dalam proses clustering, algoritma DBSCAN memerlukan dua parameter utama yaitu Eps (ϵ) dan MinPts. Parameter Eps (ϵ) merupakan radius atau jarak

maksimum antar titik yang masih dianggap sebagai tetangga dalam proses pembentukan cluster. Sedangkan *MinPts* merupakan jumlah minimum titik yang harus berada dalam radius ε untuk membentuk suatu cluster.

Secara matematis, hubungan kedekatan antar titik dalam algoritma DBSCAN dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$N\varepsilon(p) = \{ q \in D \mid \text{dist}(p, q) \leq \varepsilon \}$$

Keterangan :

$N\varepsilon(p)$ = himpunan titik tetangga dari titik p

$\text{dist}(p, q)$ = jarak antara titik p dan titik q

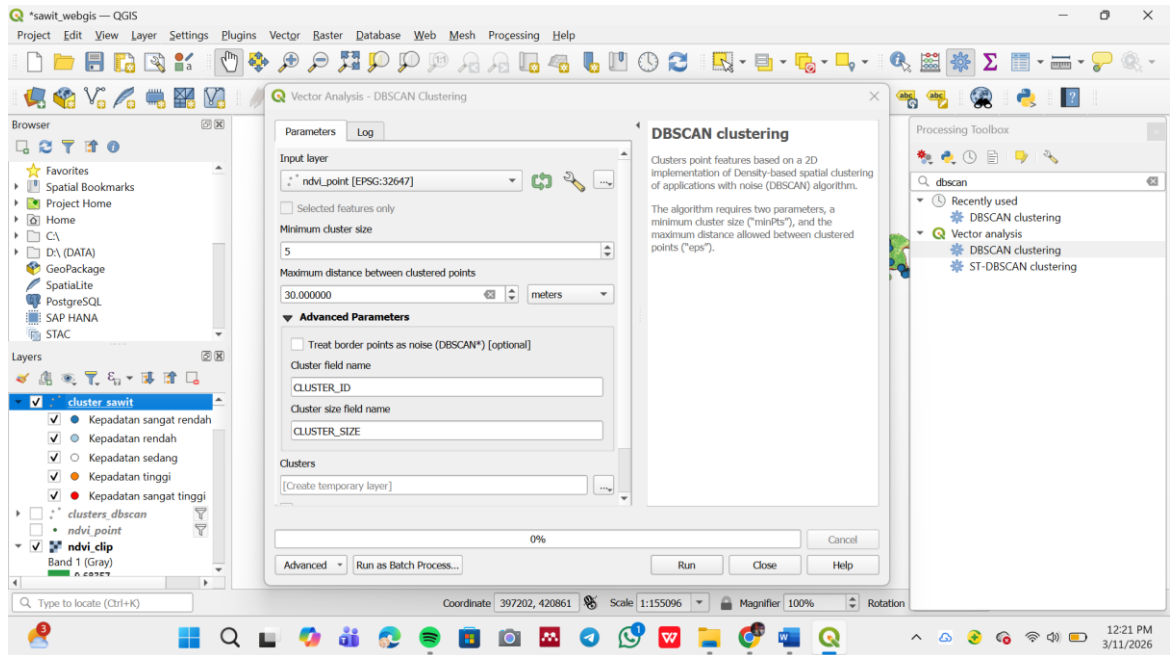
ε = radius pencarian tetangga

Pada penelitian ini, parameter yang digunakan dalam proses clustering adalah:

$$Eps (\varepsilon) = \mathbf{30 \text{ meter}}$$

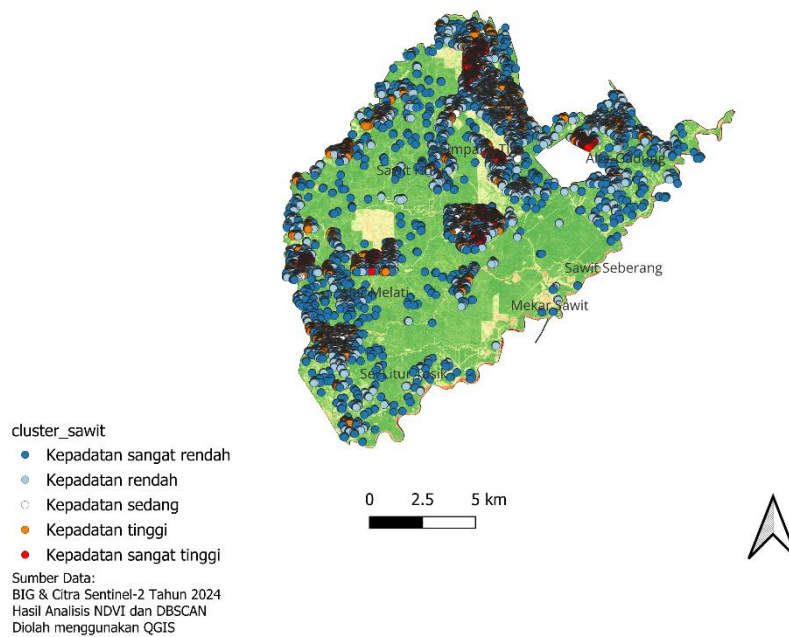
$$MinPts = \mathbf{5 \text{ titik}}$$

Parameter tersebut digunakan untuk mengidentifikasi kelompok titik vegetasi yang memiliki kedekatan spasial serta kepadatan tertentu dalam wilayah penelitian.



Gambar 4. 10 Proses Clustering Menggunakan Metode DBSCAN pada QGIS

Gambar 4.10 menunjukkan proses pengaturan parameter algoritma DBSCAN pada perangkat lunak QGIS sebelum proses clustering dijalankan. Setelah proses clustering dilakukan, diperoleh beberapa kelompok titik vegetasi yang membentuk cluster tertentu. Cluster tersebut menunjukkan area vegetasi yang memiliki kepadatan tinggi dan jarak spasial yang relatif berdekatan.



Gambar 4. 11 Hasil Clustering Sebaran Vegetasi Menggunakan DBSCAN di Kecamatan Sawit Seberang

Berdasarkan hasil clustering pada Gambar 4.11, terlihat bahwa persebaran vegetasi di Kecamatan Sawit Seberang tidak tersebar secara merata, melainkan membentuk kelompok-kelompok tertentu pada beberapa wilayah. Cluster yang terbentuk menunjukkan area dengan konsentrasi vegetasi yang relatif tinggi yang berpotensi merupakan wilayah perkebunan kelapa sawit.

Selain itu, terdapat beberapa titik yang tidak termasuk ke dalam cluster manapun yang dikategorikan sebagai noise. Titik noise tersebut menunjukkan lokasi vegetasi yang memiliki kepadatan rendah atau berada pada jarak yang cukup jauh dari kelompok vegetasi lainnya.

Hasil analisis clustering ini memberikan gambaran mengenai pola distribusi vegetasi di Kecamatan Sawit Seberang yang cenderung membentuk

kelompok-kelompok spasial tertentu. Informasi ini dapat digunakan sebagai dasar dalam memahami pola sebaran perkebunan kelapa sawit pada wilayah penelitian.

4.6 Implementasi WebGIS

Implementasi WebGIS dilakukan untuk menyajikan hasil analisis NDVI dan DBSCAN dalam bentuk peta interaktif berbasis web sehingga dapat diakses oleh pengguna secara lebih mudah. Sistem WebGIS ini dirancang sebagai media visualisasi data spasial yang memungkinkan pengguna untuk melihat persebaran perkebunan kelapa sawit di wilayah Kecamatan Sawit Seberang secara lebih informatif dan interaktif.

Pada tahap implementasi, data spasial yang telah diolah sebelumnya menggunakan perangkat lunak QGIS serta dianalisis menggunakan algoritma DBSCAN kemudian dikonversi ke dalam format GeoJSON. Format data ini dipilih karena mendukung penyimpanan informasi geometri serta atribut yang dapat digunakan dalam aplikasi pemetaan berbasis web.

Selanjutnya data GeoJSON tersebut diintegrasikan ke dalam halaman web menggunakan pustaka pemetaan Leaflet.js. Leaflet.js berfungsi untuk menampilkan peta digital yang dapat diakses melalui web browser serta menyediakan berbagai fitur interaktif seperti zoom, pan, dan tampilan informasi atribut dari setiap objek spasial yang terdapat pada peta.

Dalam sistem WebGIS yang dibangun, peta dasar (basemap) digunakan sebagai referensi visual wilayah penelitian. Di atas peta dasar tersebut ditampilkan beberapa layer data spasial, antara lain layer persebaran perkebunan kelapa sawit serta layer hasil klusterisasi yang diperoleh dari analisis DBSCAN. Dengan adanya layer tersebut, pengguna dapat melihat pola persebaran perkebunan sawit berdasarkan tingkat kerapatan lokasi.

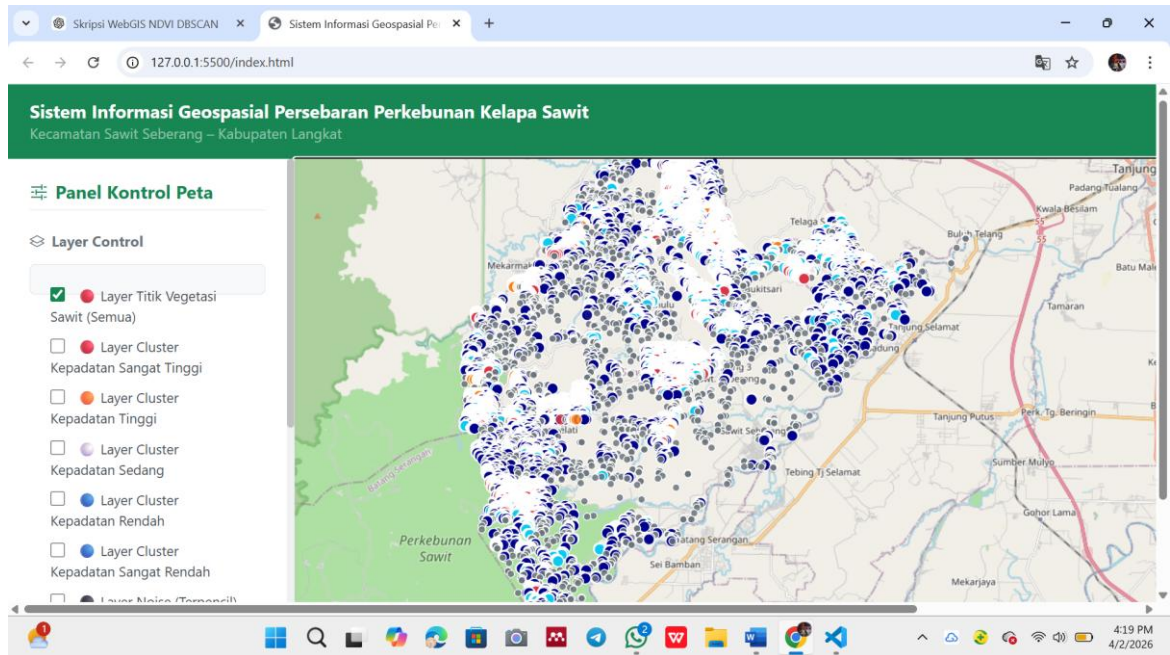
Selain itu, sistem WebGIS juga menyediakan fitur informasi atribut yang dapat diakses dengan cara memilih atau mengklik objek yang terdapat pada peta. Informasi tersebut dapat berupa data lokasi, nilai NDVI, maupun informasi hasil klasterisasi. Fitur ini bertujuan untuk memberikan informasi yang lebih detail kepada pengguna mengenai objek spasial yang ditampilkan.

Melalui implementasi WebGIS ini, hasil analisis spasial yang sebelumnya hanya berupa data dan peta statis dapat ditampilkan dalam bentuk peta interaktif yang lebih mudah dipahami. Dengan demikian, sistem WebGIS dapat menjadi media yang efektif dalam menyajikan informasi mengenai persebaran perkebunan kelapa sawit di wilayah penelitian.

Tampilan Halaman Utama WebGIS

Halaman utama WebGIS merupakan halaman yang menampilkan peta wilayah penelitian yaitu Kecamatan Sawit Seberang. Pada halaman ini ditampilkan peta dasar yang digunakan sebagai referensi visual dalam menampilkan data spasial. Peta ditampilkan menggunakan pustaka pemetaan berbasis web yaitu Leaflet.js yang memungkinkan pengguna untuk berinteraksi langsung dengan peta melalui web browser.

Pada halaman utama ini pengguna dapat melihat peta wilayah penelitian beserta objek spasial yang ditampilkan pada peta. Sistem juga menyediakan fitur navigasi peta seperti zoom dan pan yang memungkinkan pengguna untuk memperbesar maupun memperkecil tampilan peta sesuai dengan kebutuhan.

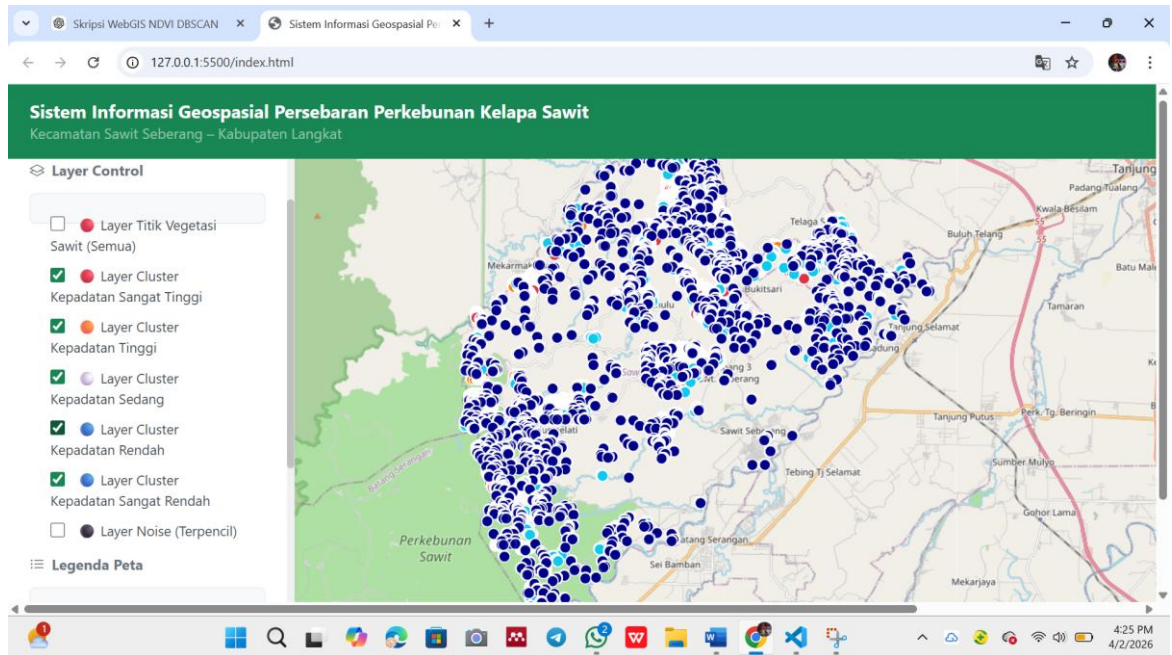


Gambar 4. 12 Tampilan Halaman Utama WebGIS

4.6.1 Tampilan Layer Hasil Clustering DBSCAN

Layer hasil clustering DBSCAN ditampilkan pada peta dalam bentuk titik-titik yang menunjukkan lokasi persebaran perkebunan kelapa sawit. Setiap titik merepresentasikan objek spasial yang telah dianalisis menggunakan algoritma DBSCAN untuk mengetahui pola persebaran berdasarkan tingkat kerapatan lokasi.

Pada tampilan peta, titik-titik hasil clustering ditampilkan dengan 51 symbol berwarna yang menunjukkan kelompok cluster tertentu. Dengan adanya layer ini pengguna dapat melihat pola persebaran perkebunan sawit pada wilayah penelitian secara lebih jelas.

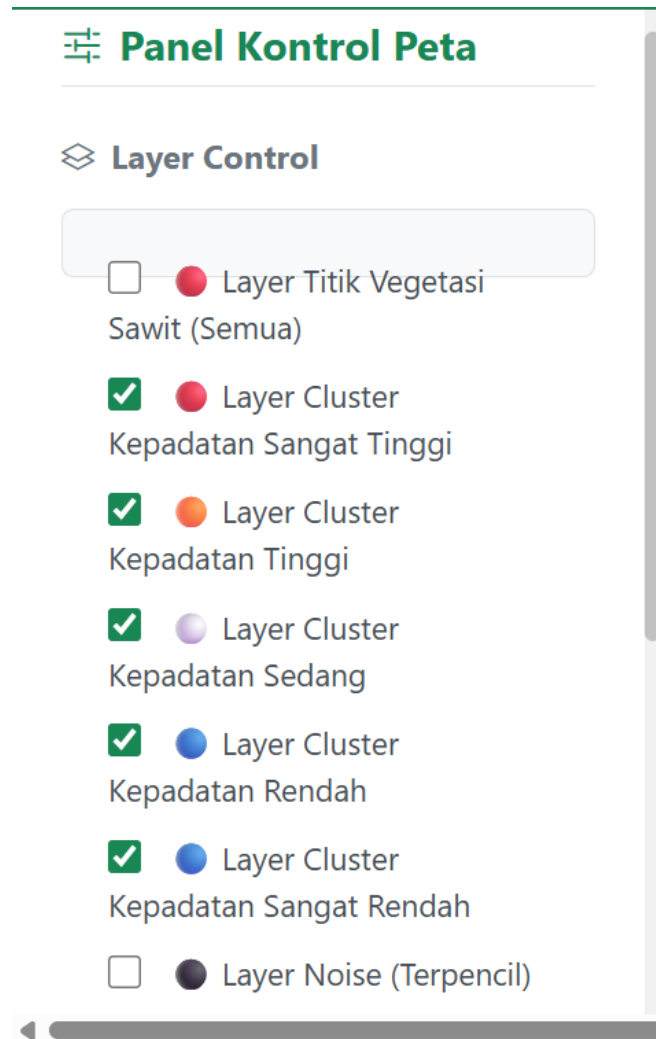


Gambar 4. 13 Tampilan Layer Hasil Clustering DBSCAN

4.6.2 Tampilan Kontrol Layer Peta

Sistem WebGIS juga menyediakan fitur kontrol layer yang memungkinkan pengguna untuk mengaktifkan maupun menonaktifkan layer data yang ditampilkan pada peta. Kontrol layer ini ditampilkan pada bagian kiri bawah peta dan berfungsi untuk mengatur tampilan layer yang tersedia.

Melalui fitur ini pengguna dapat memilih layer yang ingin ditampilkan pada peta, seperti layer hasil clustering. Fitur ini memudahkan pengguna dalam melakukan eksplorasi data spasial yang terdapat pada sistem WebGIS.



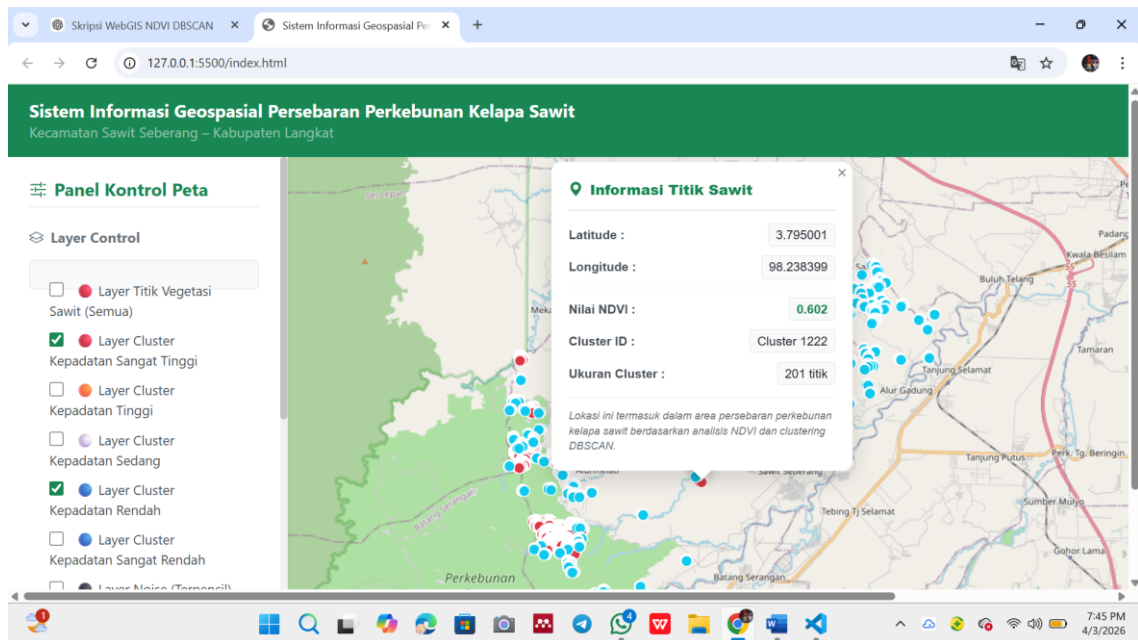
Gambar 4. 14 Tampilan Kontrol Layer Peta

4.6.3 Tampilan popup informasi

WebGIS yang dibangun juga dilengkapi dengan fitur popup informasi yang berfungsi untuk menampilkan informasi atribut dari objek spasial yang dipilih oleh pengguna pada peta. Popup akan muncul ketika pengguna melakukan klik pada titik atau area tertentu yang merepresentasikan data perkebunan kelapa sawit.

Informasi yang ditampilkan pada popup meliputi data atribut yang berkaitan dengan objek tersebut, seperti nilai NDVI, kategori vegetasi, maupun informasi hasil clustering yang diperoleh dari proses analisis menggunakan algoritma

DBSCAN. Fitur ini memudahkan pengguna dalam memperoleh informasi detail mengenai lokasi tertentu secara langsung melalui peta interaktif.



Gambar 4. 15 Tampilan Popup Informasi pada WebGIS

4.7 Hasil Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh fungsi pada WebGIS yang dibangun dapat berjalan dengan baik sesuai dengan tujuan penelitian. Pengujian dilakukan dengan cara menjalankan sistem melalui web browser serta menguji setiap fitur yang tersedia pada peta interaktif.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa peta dapat ditampilkan dengan baik pada web browser. Layer hasil clustering juga dapat diaktifkan maupun dinonaktifkan melalui fitur kontrol layer yang tersedia. Selain itu fitur navigasi peta seperti zoom dan pan dapat berfungsi dengan normal sehingga pengguna dapat melakukan eksplorasi wilayah pada peta dengan mudah.

Dengan demikian, sistem WebGIS yang dibangun telah mampu menyajikan informasi spasial mengenai persebaran perkebunan kelapa sawit di Kecamatan Sawit Seberang secara efektif dan interaktif.

4.8 Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)* yang dilakukan terhadap citra satelit, diperoleh informasi mengenai tingkat kerapatan vegetasi pada wilayah penelitian di Kecamatan Sawit Seberang. Nilai NDVI yang diperoleh menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah penelitian memiliki tingkat vegetasi pada kategori sedang hingga tinggi. Kondisi ini mengindikasikan bahwa wilayah tersebut didominasi oleh tutupan vegetasi yang cukup rapat yang dalam konteks penelitian ini berkaitan dengan keberadaan area perkebunan kelapa sawit.

Selanjutnya, analisis spasial dilanjutkan menggunakan algoritma *Density Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN)* untuk mengidentifikasi pola persebaran lokasi perkebunan kelapa sawit. Metode DBSCAN memungkinkan pengelompokan data berdasarkan tingkat kerapatan titik spasial sehingga dapat menunjukkan wilayah yang memiliki konsentrasi perkebunan yang tinggi maupun wilayah yang memiliki persebaran yang lebih jarang. Hasil clustering menunjukkan bahwa titik-titik lokasi perkebunan cenderung membentuk kelompok pada beberapa bagian wilayah Kecamatan Sawit Seberang, yang menandakan adanya konsentrasi aktivitas perkebunan pada area tertentu.

Integrasi hasil analisis NDVI dan DBSCAN ke dalam sistem WebGIS memberikan kemudahan dalam proses visualisasi dan interpretasi data spasial. Melalui sistem berbasis web yang dibangun, pengguna dapat melihat secara langsung persebaran vegetasi dan hasil pengelompokan perkebunan kelapa sawit dalam bentuk peta interaktif. Pengguna juga dapat melakukan eksplorasi peta

melalui fitur navigasi seperti zoom, pan, serta pengaktifan layer tertentu sesuai kebutuhan.

Penggunaan WebGIS dalam penelitian ini memberikan nilai tambah dibandingkan dengan penyajian data spasial secara statis, karena informasi yang ditampilkan dapat diakses secara lebih fleksibel melalui web browser. Hal ini memungkinkan pengguna untuk memahami pola persebaran vegetasi dan lokasi perkebunan secara lebih jelas serta mendukung proses pengambilan keputusan yang berkaitan dengan pengelolaan wilayah perkebunan.

Secara keseluruhan, kombinasi metode NDVI untuk analisis vegetasi dan algoritma DBSCAN untuk analisis clustering spasial terbukti mampu mendukung proses pemetaan serta analisis persebaran perkebunan kelapa sawit di Kecamatan Sawit Seberang. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi WebGIS dapat menjadi sarana yang efektif dalam menyajikan informasi spasial secara interaktif, informatif, dan mudah diakses oleh pengguna.

BAB V PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pemetaan persebaran vegetasi dan perkebunan kelapa sawit di Kecamatan Sawit Seberang menggunakan metode NDVI dan DBSCAN yang diimplementasikan dalam sistem WebGIS, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) dapat digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kerapatan vegetasi pada wilayah penelitian berdasarkan nilai indeks vegetasi yang dihasilkan dari citra satelit. Hasil analisis menunjukkan bahwa wilayah Kecamatan Sawit Seberang didominasi oleh nilai NDVI pada kategori vegetasi sedang hingga tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa wilayah tersebut memiliki tutupan vegetasi yang cukup luas serta mengindikasikan bahwa sebagian besar area di Kecamatan Sawit Seberang merupakan wilayah yang didominasi oleh aktivitas perkebunan, khususnya perkebunan kelapa sawit.
2. Algoritma Density Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN) mampu mengelompokkan data spasial berdasarkan tingkat kerapatan titik lokasi perkebunan kelapa sawit. Hasil analisis clustering menunjukkan bahwa persebaran perkebunan kelapa sawit di Kecamatan Sawit Seberang tidak tersebar secara merata, melainkan cenderung membentuk kelompok pada beberapa wilayah tertentu yang memiliki konsentrasi perkebunan yang lebih tinggi. Metode DBSCAN juga efektif dalam mengidentifikasi pola persebaran perkebunan serta

membedakan antara area yang memiliki tingkat kepadatan tinggi dan area dengan kepadatan yang lebih rendah.

3. Integrasi hasil analisis NDVI dan DBSCAN ke dalam sistem WebGIS memungkinkan visualisasi data spasial dilakukan secara lebih interaktif melalui peta berbasis web. Sistem ini mempermudah pengguna dalam melihat dan memahami persebaran vegetasi serta lokasi perkebunan kelapa sawit pada wilayah penelitian.
4. WebGIS yang dibangun mampu menampilkan informasi spasial dalam bentuk peta interaktif yang dilengkapi dengan fitur navigasi seperti zoom, pan, serta pengaturan layer yang memungkinkan pengguna untuk mengaktifkan atau menonaktifkan layer tertentu sesuai dengan kebutuhan.

5.2 SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pemetaan persebaran vegetasi dan perkebunan kelapa sawit di Kecamatan Sawit Seberang menggunakan metode NDVI dan DBSCAN yang diimplementasikan dalam sistem WebGIS, maka beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan data citra satelit dengan resolusi spasial yang lebih tinggi agar hasil analisis vegetasi yang diperoleh dapat memberikan informasi yang lebih detail dan akurat mengenai kondisi tutupan lahan pada wilayah penelitian.
2. Pada penelitian selanjutnya, proses analisis vegetasi tidak hanya menggunakan metode NDVI, tetapi juga dapat menggunakan indeks

vegetasi lainnya seperti EVI (Enhanced Vegetation Index) atau SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) sebagai perbandingan untuk memperoleh hasil analisis vegetasi yang lebih komprehensif.

3. Penggunaan algoritma clustering dalam penelitian ini masih terbatas pada metode DBSCAN. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat mencoba menggunakan metode clustering lain seperti K-Means atau Hierarchical Clustering untuk membandingkan hasil pengelompokan data spasial yang diperoleh.
4. Sistem WebGIS yang telah dibangun pada penelitian ini masih memiliki fitur yang relatif sederhana. Oleh karena itu, pada pengembangan selanjutnya sistem dapat ditingkatkan dengan menambahkan berbagai fitur tambahan seperti pencarian lokasi, analisis spasial lanjutan, serta integrasi dengan data spasial lainnya agar informasi yang disajikan menjadi lebih lengkap dan informatif. Selain itu, peningkatan pada tampilan antarmuka pengguna (user interface) juga perlu dilakukan agar sistem menjadi lebih menarik dan mudah digunakan. Dengan pengembangan tersebut, diharapkan WebGIS yang dibangun dapat dimanfaatkan secara lebih optimal sebagai media pendukung dalam pemantauan serta pengelolaan wilayah perkebunan kelapa sawit, khususnya dalam memahami pola persebaran vegetasi pada suatu wilayah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, M. Z., Nawangnugraeni, D. A., Hakim, A., Yuniarto, P., Studi, P., Komputer, T., & Pekalongan, I. T. S. N. U. (2021). *GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS) FOR MAPPING GREENPARK USING LEAFLET JS*. 5(2).
- Arifin, M., & Helmi, F. (2024). *JUSTIFY : Jurnal Sistem Informasi Ibrahimi Sistem Informasi Geografis Untuk Meningkatkan Pengelolaan Data Keadaan Serangan Organisme Pengganggu Tanaman Berbasis Web*. 2(2), 173–177. <https://doi.org/10.35316/justify.v2i2.4419>
- Asia, S., East, N., Africa, N., Asia, C., & America, L. (2022). *2 Regional briefs*. 90–153.
- Di, P., & Taebenu, K. (n.d.). *Sistem informasi geografis pemetaan lahan pertanian di kecamatan taebenu*. 13(3), 781–788.
- Fadhullah, A. I., Teknik, F., Arsitektur, D. A. N., & Mukti, U. W. (2025). *PEMUTAKHIRAN TUTUPAN LAHAN MENGGUNAKAN CITRA SATELIT SENTINEL-2 KOTA BEKASI TAHUN 2024 DENGAN BANTUAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (Studi Kasus : Kota Bekasi) PEMUTAKHIRAN TUTUPAN LAHAN MENGGUNAKAN CITRA SATELIT SENTINEL-2 KOTA BEKASI TAHUN 2024 DENGAN BANTUAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (Studi Kasus : Kota Bekasi)*.
- Gunawan, R. F., Putra, D. P., Wirianata, H., Agroteknologi, P. S., Pertanian, F., & Yogyakarta, I. (2025). *Analisis Pemetaan Spasial Perkebunan Kelapa Sawit dalam Mendukung Keberlanjutan Lingkungan di PT Hari Sawit Jaya*. 3, 205–211.
- Halawa, A., & Lubis, A. H. (2025). *Culinary Location Clustering Using the*

DBSCAN Algorithm. 5(3), 1133–1140.

<https://doi.org/10.30811/jaise.v5i3.7512>

Hamzah, S., Izzaty, A., Wijayanti, R. F., & Aprian, S. D. (2025). *Pemetaan partisipatif web-gis pada lahan pertanian untuk mendukung pengelolaan dan perencanaan pembangunan desa*. 8(204), 526–539.

<https://doi.org/10.33474/jipemas.v8i3.24114>

Hawani, Z., & Riyantoni, N. H. (2025). *Pemanfaatan Teknologi Informasi dalam Analisis Gempa Bumi : Studi Kasus Python dan Web Scraping*. 14(1), 73–80. <https://doi.org/10.36774/jusiti.v14i1.1536>

Hidayah, N. A., Studi, P., Informasi, S., & Selatan, K. T. (2024). *EVALUASI SOFTWARE VISUAL STUDIO CODE MENGGUNAKAN METODE QUESTIONNAIRES NELSEN ' S ATTRIBUTES OF USABILITY (NAU)*. 6, 382–391.

Kurnianingsih, A., & Yahya, S. (2025). *KELAPA SAWIT SEBAGAI TANAMAN AGROFORESTRI*. 30(1), 39–50.

Muhammad Rifqi Mubarak, Aris Tri Joko Harjanto, R. R. (2025). *Peningkatan Performa DBSCAN Dengan Reduksi Dimensi Principal Component Analysis (PCA) Dalam Klasterisasi Tingkat Kemiskinan Di Indonesia*. 1176–1184.

Niesa, C., & Husni, M. (2025). *Sistem Informasi Geografis Pemetaan Lahan Pertanian Produktif di Kabupaten Bireuen*. 6(2), 38–45.

Pertanian, F., & Stiper, I. P. (2022). *Evaluasi Kondisi Kebun Kelapa Sawit Menggunakan Indeks NDVI dari Citra Satelit Sentinel 2*. 16(2), 127–132.

<https://doi.org/10.24198/jt.vol16n2.10>

- Pironika, T., & Wahab, W. (2025). *Vol. 4 No.2 Februari 2025*
<http://jurnal.ensiklopediaku.org> *Ensiklopedia Research and Community*
Service Review. 4(2), 115–122.
- Prasetyo, A. R., Valentino, N., Setiawan, B., & Shabrina, H. (2025). *Jurnal*
Biologi Tropis Spatial Distribution Pattern of Plants with Potential to
Regulate Water Balance in the Babak Watershed Upstream Area.
- Prasetyo, D., Fatah, F. L., Bashit, N., & Hadi, F. (2025). *INTEGRASI CITRA*
SENTINEL-1 DAN SENTINEL-2 UNTUK PEMETAAN TUTUPAN LAHAN
TAHUN 2024 (STUDI KASUS : BWP I IKN DAN SEKITARNYA). 08(01),
 24–31.
- Rahmadani, D., Jhonstin, M. R., Perdana, N. R., & Haries, A. (2024).
Perancangan Website UMKM Roti Bakar Lava Toast Menggunakan Visual
Studio Code Untuk Pengembangan Pemasaran dan Promosi. 02(02), 300–
 305.
- Raihana, A., Faisal, Z. A., Fiqih, M., Aulia, I., & Imani, M. Y. (2024).
PEMETAAN TOKO OBAT HAMA. 11(1), 10–14.
<https://doi.org/10.30656/jsii.v11i1.7901>
- Resna Vira Khairuria, Dasrizal, E. J. (2025). *Analisis Spasial Perkebunan Kelapa*
Sawit Dalam Peningkatan Ekonomi Masyarakat Di Nagari Lubuk Tarok
Kecamatan Lubuk Tarok Kabupaten Sijunjung. 10(September).
- Sari, A. K., Aini, D. N., Solikah, S., Karinda, Y., Ginting, E., Joy, B., Saragi, R.,
 Irsyad, A., & Pamilih, P. (2025). *Penerapan Sistem Informasi Geografis*
Menggunakan QGIS dalam Menganalisis Sebaran Pemukiman di
Samarinda Tahun 2024. 3(1), 32–37.

- Sari, E. G., Amaluddin, L. O., Tahir, T., & Andrias, A. (2025). *Analisis Spasial Temporal Perubahan Penggunaan Lahan Permukiman*. 10(1), 69–79.
- Sentra, I., Berbasis, I., & Map, G. (2024). *G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan*. 8(3), 2112–2121.
- Toromade, A. S., & Chiekezie, N. R. (2024). *GIS-driven agriculture : Pioneering precision farming and promoting sustainable agricultural practices*.
- Vegetasi, K., & Wilayah, D. I. (2021). *PEMANFAATAN CITRA SENTINEL-2 UNTUK ANALISIS GUNUNG MANGLAYANG*. 9(2), 133–143.
- Widyaningsih, N. R., & Anam, A. K. (2024). *Pemetaan Sistem Informasi Geografis Jumlah Kabupaten / Kota yang Mengalami Bencana Alam di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2021 mengarah kepada aplikasi berbasis web yang dikenal dengan SIG Web . Dengan pengelolaan data spasial dengan menggunakan titik-titik area rawan terjadinya bencana distribusi spasial bencana alam dalam konteks wilayah ini , serta dapat menjadi dasar*. 2(1).

LAMPIRAN

A.1 Source code index.html

```

<!DOCTYPE html>

<html lang="id">

<head>

  <meta charset="UTF-8">

  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">

  <title>Sistem Informasi Geospasial Persebaran Perkebunan Kelapa Sawit</title>

  <!-- Bootstrap 5 CSS -->

  <link href="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@5.3.0/dist/css/bootstrap.min.css"
rel="stylesheet">

  <!-- Bootstrap Icons -->

  <link href="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap-icons@1.10.5/font/bootstrap-
icons.css" rel="stylesheet">

  <!-- Leaflet CSS -->

  <link rel="stylesheet" href="https://unpkg.com/leaflet@1.9.4/dist/leaflet.css" />

  <link rel="stylesheet" href="style.css">

</head>

<body class="d-flex flex-column min-vh-100 bg-light">

  <!-- 1. Header -->

  <header class="navbar navbar-expand-lg navbar-dark bg-success shadow-sm">

    <div class="container-fluid px-4 py-1">

      <a class="navbar-brand d-flex flex-column" href="#">

        <h1 class="h5 mb-0 fw-bold">Sistem Informasi Geospasial Persebaran
Perkebunan Kelapa Sawit</h1>

```

```

        <small class="fs-6 text-white-50 d-none d-lg-block">Kecamatan Sawit
Seberang – Kabupaten Langkat</small>

    </a>

</div>

</header>

<!-- Main Content Area -->

<div class="container-fluid flex-grow-1 d-flex flex-column flex-md-row p-0"
style="height: calc(100vh - 75px);">

    <!-- 2. Sidebar -->

    <aside class="col-md-3 col-lg-3 bg-white border-end shadow-sm d-flex flex-column
custom-scrollbar"

style="z-index: 1000; overflow-y: auto;">

    <div class="p-4 flex-grow-1">

        <h5 class="fw-bold text-success mb-4 pb-2 border-bottom"><i class="bi bi-
sliders2 me-2"></i>Panel

            Kontrol Peta</h5>

    <div class="mb-4">

        <h6 class="fw-bold text-secondary mb-3"><i class="bi bi-layers me-
2"></i>Layer Control</h6>

        <div id="layer-control-container" class="rounded border p-3 bg-light">

            <!-- Leaflet Layer Control will be moved here via JS -->

        </div>

    </div>

    <div class="mb-4">

```

```
<h6 class="fw-bold text-secondary mb-3"><i class="bi bi-list-ul me-2"></i>Legenda Peta</h6>
```

```
<div class="bg-light p-3 rounded border">
```

```
<div class="d-flex align-items-center mb-2">
```

```
<span class="legend-color"
```

```
style="background-color: #dc3545; border: 1px solid #a71d2a;"></span>
```

```
<span class="small fw-medium">Cluster Kepadatan Sangat Tinggi</span>
```

```
</div>
```

```
<div class="d-flex align-items-center mb-2">
```

```
<span class="legend-color"
```

```
style="background-color: #fd7e14; border: 1px solid #dd6b0b;"></span>
```

```
<span class="small fw-medium">Cluster Kepadatan Tinggi</span>
```

```
</div>
```

```
<div class="d-flex align-items-center mb-2">
```

```
<span class="legend-color"
```

```
style="background-color: #ffffff; border: 1px solid #ced4da;"></span>
```

```
<span class="small fw-medium">Cluster Kepadatan Sedang</span>
```

```
</div>
```

```
<div class="d-flex align-items-center mb-2">
```

```
<span class="legend-color"
```

```
style="background-color: #0dcaf0; border: 1px solid #0bacce;"></span>
```

```
<span class="small fw-medium">Cluster Kepadatan Rendah</span>
```

```
</div>
```

```
<div class="d-flex align-items-center mb-2">
```

```

        <span class="legend-color"
            style="background-color: #00008b; border: 1px solid
#000063;"></span>
        <span class="small fw-medium">Cluster Kepadatan Sangat
Rendah</span>
    </div>
    <div class="d-flex align-items-center mb-1">
        <span class="legend-color"
            style="background-color: #6c757d; border: 1px solid
#5c636a;"></span>
        <span class="small fw-medium">Noise / Titik Terpencil</span>
    </div>
</div>
</div>
</div>
<div class="d-grid gap-2 mt-4">
    <button id="btn-reset" class="btn btn-outline-success fw-bold shadow-sm">
        <i class="bi bi-crosshair me-2"></i>Reset View Peta
    </button>
</div>
</div>
</aside>

<!-- 3. Area Peta Interaktif -->
<main class="col-md-9 col-lg-9 p-0 position-relative w-100 bg-light" style="min-
height: 450px; z-index: 1;">
    <div id="map" class="h-100 w-100"></div>
</main>
</div>

```

```

<!-- 7. Footer -->

<footer class="bg-success text-white py-4 mt-auto">

  <div class="container text-center">

    <p class="mb-2 fw-bold opacity-100">&copy; 2026 Sistem Informasi Persebaran
Sawit</p>

    <p class="small mb-0 opacity-75">Pengembang Sistem | Program Studi Sistem
Informasi | Universitas

      Muhammadiyah Sumatera Utara</p>

  </div>

</footer>

<!-- Bootstrap & Leaflet JS -->

<script
src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@5.3.0/dist/js/bootstrap.bundle.min.js"></scri
pt>

  <script src="https://unpkg.com/leaflet@1.9.4/dist/leaflet.js"></script>

  <script src="script.js"></script>

</body>

</html>

```

A.2 Source code script.js

```

document.addEventListener("DOMContentLoaded", () => {
  // 1. Inisialisasi Peta
  // Koordinat pusat diset di Kecamatan Sawit Seberang, Langkat
  const centerLat = 3.6667; // Titik perkiraan
  const centerLng = 98.2167; // Titik perkiraan
  const defaultZoom = 13;

  const map = L.map('map', {
    preferCanvas: true, // Optimasi: Gunakan Canvas untuk merender ribuan titik tanpa
lag
    zoomControl: false // Kita pindahkan posisi zoom ke tempat yang lebih baik
  }).setView([centerLat, centerLng], defaultZoom);

  // Reposisi Zoom Control ke kanan bawah agar tidak tertutup elemen lain
  L.control.zoom({

```

```

    position: 'bottomright'
  }).addTo(map);

// 2. Base Map (OpenStreetMap)
const osmLayer = L.tileLayer('https://{s}.tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png', {
  maxZoom: 19,
  attribution: '&copy; <a href="https://www.openstreetmap.org/copyright">OpenStreetMap</a> contributors'
}).addTo(map);

// 3. Persiapan Layer Group
const layerSemuaTitik = L.featureGroup(); // Menggunakan featureGroup agar bisa
mendapatkan bounds (bbox)
const layerClusterSangatTinggi = L.layerGroup();
const layerClusterTinggi = L.layerGroup();
const layerClusterSedang = L.layerGroup();
const layerClusterRendah = L.layerGroup();
const layerClusterSangatRendah = L.layerGroup();
const layerNoise = L.layerGroup();

// 4. Layer Control Definition
const overlayMaps = {
  "#128308; Layer Titik Vegetasi Sawit (Semua)": layerSemuaTitik,
  "#128308; Layer Cluster Kepadatan Sangat Tinggi": layerClusterSangatTinggi,
  "#128992; Layer Cluster Kepadatan Tinggi": layerClusterTinggi,
  "#9898; Layer Cluster Kepadatan Sedang": layerClusterSedang,
  "#128309; Layer Cluster Kepadatan Rendah": layerClusterRendah,
  "#128309; Layer Cluster Kepadatan Sangat Rendah": layerClusterSangatRendah,
  "#9899; Layer Noise (Terpencil)": layerNoise
};

const layerControl = L.control.layers(null, overlayMaps, { collapsed: false
}).addTo(map);

// Pindahkan Layer Control Leaflet ke Sidebar Custom UI kita
const rawLayerControl = map.getContainer().querySelector('.leaflet-control-layers');
const targetContainer = document.getElementById('layer-control-container');
if (rawLayerControl && targetContainer) {
  targetContainer.appendChild(rawLayerControl);
}

// 5. Logika Styling & Kategori Cluster
// Asumsi: Kita membedakan berdasarkan CLUSTER_SIZE
function tentukanKategoriCluster(id, size) {
  if (id === "Noise" || id === -1 || id === "-1" || id === null) {
    return "noise";
  }
  if (size >= 150) return "sangat_tinggi";
  if (size >= 100) return "tinggi";
  if (size >= 50) return "sedang";
  if (size >= 20) return "rendah";
  return "sangat_rendah";
}

function generateWarnaMarker(kategori) {
  switch (kategori) {
    case "sangat_tinggi": return "#dc3545"; // Merah
    case "tinggi": return "#fd7e14"; // Oranye
  }
}

```

```

    case "sedang": return "#ffffff"; // Putih
    case "rendah": return "#0dcaf0"; // Biru Muda
    case "sangat_rendah": return "#00008b"; // Biru Tua
    case "noise": return "#6c757d"; // Abu-abu
    default: return "#0dcaf0"; // Default / Unknown
  }
}

// Fungsi pembuat marker untuk tiap fitur GeoJSON
function pointToLayer(feature, latlng) {
  const id = feature.properties.CLUSTER_ID;
  const size = feature.properties.CLUSTER_SIZE;

  const kategori = tentukanKategoriCluster(id, size);
  const warna = generateWarnaMarker(kategori);

  return L.circleMarker(latlng, {
    radius: kategori === "noise" ? 4 : 6, // Noise ukurannya sedikit lebih kecil
    fillColor: warna,
    color: "#ffffff",
    weight: 1,
    opacity: 1,
    fillOpacity: 0.85
  });
}

// Fungsi untuk membuat Pop-up Interaktif
function onEachFeature(feature, layer) {
  if (!feature.properties) return;

  const props = feature.properties;
  const lat = feature.geometry.coordinates[1].toFixed(6);
  const lng = feature.geometry.coordinates[0].toFixed(6);

  const id = props.CLUSTER_ID;
  const size = props.CLUSTER_SIZE;
  const ndvi = props.NDVI ? props.NDVI.toFixed(3) : '-';

  const isNoise = (id === "Noise" || id === -1 || id === "-1" || id === null);
  const clusterLabel = isNoise ? "Noise (Bukan Cluster)" : `Cluster ${id}`;

  let ndviColorClass = "text-success";
  if (props.NDVI < 0.3) ndviColorClass = "text-secondary";
  else if (props.NDVI > 0.6) ndviColorClass = "text-success fw-bolder";

  // 4. Pop-Up Informasi Lokasi (Sesuai kebutuhan sistem)
  const popupContent = `
    <div class="popup-title"><i class="bi bi-geo-alt-fill"></i> Informasi Titik
    Sawit</div>

    <div class="popup-row">
      <span class="popup-label">Latitude :</span>
      <span class="popup-value fw-medium">${lat}</span>
    </div>
    <div class="popup-row">
      <span class="popup-label">Longitude :</span>
      <span class="popup-value fw-medium">${lng}</span>
    </div>
  `;

```

```

<hr style="margin: 10px 0; border-top: 1px solid #dee2e6;">
<div class="popup-row">
  <span class="popup-label">Nilai NDVI :</span>
  <span class="popup-value ${ndviColorClass}">${ndvi}</span>
</div>
<div class="popup-row">
  <span class="popup-label">Cluster ID :</span>
  <span class="popup-value fw-medium">${clusterLabel}</span>
</div>
<div class="popup-row">
  <span class="popup-label">Ukuran Cluster :</span>
  <span class="popup-value">${size ? size + ' titik' : ''}</span>
</div>

<div class="popup-desc">
  Lokasi ini termasuk dalam area persebaran perkebunan kelapa sawit berdasarkan
  analisis NDVI dan clustering DBSCAN.
</div>
`;

layer.bindPopup(popupContent, {
  closeButton: true,
  minWidth: 280
});

// Masukkan marker ke dalam layer spesifik sesuai kombinasinya
const kategori = tentukanKategoriCluster(id, size);

layerSemuaTitik.addLayer(layer);

if (kategori === "sangat_tinggi") layerClusterSangatTinggi.addLayer(layer);
else if (kategori === "tinggi") layerClusterTinggi.addLayer(layer);
else if (kategori === "sedang") layerClusterSedang.addLayer(layer);
else if (kategori === "rendah") layerClusterRendah.addLayer(layer);
else if (kategori === "sangat_rendah") layerClusterSangatRendah.addLayer(layer);
else if (kategori === "noise") layerNoise.addLayer(layer);
}

// 6. Muat Data GeoJSON
// -----
// INSTRUKSI UPLOAD FILE GEOJSON ADA DI SINI
const GEOJSON_URL = 'data.geojson';
// -----

fetch(GEOJSON_URL)
  .then(response => {
    if (!response.ok) {
      console.info("Info: File GeoJSON tidak ditemukan (" + GEOJSON_URL + ").
      Menampilkan data dummy sebagai preview.");
      throw new Error("Local file not found");
    }
    return response.json();
  })
  .then(data => {
    // Render GeoJSON Asli
    L.geoJSON(data, {
      pointToLayer: pointToLayer,
      onEachFeature: onEachFeature

```

```

});

// Tampilkan layer utama (Semua vegetasi) by default di peta
layerSemuaTitik.addTo(map);

// Sesuaikan Zoom ke bbox (bounds) dari data GeoJSON yang dimuat
if (layerSemuaTitik.getLayers().length > 0) {
  map.fitBounds(layerSemuaTitik.getBounds(), { padding: [50, 50] });
}
})
.catch(err => {
  // Fallback (Dummy Data) untuk memperlihatkan tampilan jika file data.geojson
  belum ada
  function getRandomInRange(from, to, fixed) {
    return (Math.random() * (to - from) + from).toFixed(fixed) * 1;
  }

  // Membuat beberapa dummy features
  const dummyFeatures = [];
  // Buat cluster sangat tinggi (merah)
  for (let i = 0; i < 15; i++) {
    dummyFeatures.push({ "type": "Feature", "properties": { "NDVI": 0.70,
"CLUSTER_ID": 1, "CLUSTER_SIZE": 160 }, "geometry": { "type": "Point",
"coordinates": [98.21 + getRandomInRange(-0.02, 0.02, 4), 3.66 + getRandomInRange(-
0.02, 0.02, 4)] } });
  }
  // Buat cluster tinggi (oranye)
  for (let i = 0; i < 10; i++) {
    dummyFeatures.push({ "type": "Feature", "properties": { "NDVI": 0.60,
"CLUSTER_ID": 2, "CLUSTER_SIZE": 110 }, "geometry": { "type": "Point",
"coordinates": [98.23 + getRandomInRange(-0.01, 0.01, 4), 3.67 + getRandomInRange(-
0.01, 0.01, 4)] } });
  }
  // Buat cluster sedang (putih)
  for (let i = 0; i < 6; i++) {
    dummyFeatures.push({ "type": "Feature", "properties": { "NDVI": 0.55,
"CLUSTER_ID": 3, "CLUSTER_SIZE": 65 }, "geometry": { "type": "Point",
"coordinates": [98.24 + getRandomInRange(-0.01, 0.01, 4), 3.68 + getRandomInRange(-
0.01, 0.01, 4)] } });
  }
  // Buat cluster rendah (biru muda)
  for (let i = 0; i < 4; i++) {
    dummyFeatures.push({ "type": "Feature", "properties": { "NDVI": 0.45,
"CLUSTER_ID": 4, "CLUSTER_SIZE": 30 }, "geometry": { "type": "Point",
"coordinates": [98.19 + getRandomInRange(-0.005, 0.005, 4), 3.64 +
getRandomInRange(-0.005, 0.005, 4)] } });
  }
  // Buat cluster sangat rendah (biru tua)
  for (let i = 0; i < 3; i++) {
    dummyFeatures.push({ "type": "Feature", "properties": { "NDVI": 0.35,
"CLUSTER_ID": 5, "CLUSTER_SIZE": 10 }, "geometry": { "type": "Point",
"coordinates": [98.20 + getRandomInRange(-0.005, 0.005, 4), 3.63 +
getRandomInRange(-0.005, 0.005, 4)] } });
  }
  // Buat noise (abu-abu)
  for (let i = 0; i < 4; i++) {
    dummyFeatures.push({ "type": "Feature", "properties": { "NDVI": 0.20,
"CLUSTER_ID": -1, "CLUSTER_SIZE": 1 }, "geometry": { "type": "Point",

```

```

"coordinates": [98.25 + getRandomInRange(-0.05, 0.05, 4), 3.65 + getRandomInRange(-
0.05, 0.05, 4)] } });
    }

    const dummyData = {
      "type": "FeatureCollection",
      "features": dummyFeatures
    };

    L.geoJSON(dummyData, {
      pointToLayer: pointToLayer,
      onEachFeature: onEachFeature
    });

    layerSemuaTitik.addTo(map);

    if (layerSemuaTitik.getLayers().length > 0) {
      map.fitBounds(layerSemuaTitik.getBounds(), { padding: [20, 20] });
    }
  });

  // 7. Event Reset View
  document.getElementById('btn-reset').addEventListener('click', () => {
    // Jika ada data, zoom ke data
    if (layerSemuaTitik.getLayers().length > 0) {
      map.flyToBounds(layerSemuaTitik.getBounds(), { padding: [50, 50], animate:
true, duration: 1.5 });
    } else {
      // Default center
      map.flyTo([centerLat, centerLng], defaultZoom, {
        animate: true,
        duration: 1.5
      });
    }
  });
});
});
});

```



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 174/SK/BAN-PT/Ak.Ppg/PT/11/2024

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<http://id.umsu.ac.id>

ftk@umsu.ac.id

[umsumedan](#)

[umsumedan](#)

[umsumedan](#)

[umsumedan](#)

FORMULIR PERBAIKAN UJIAN SKRIPSI

Pada hari ini, Sabtu 18 April 2026 telah dilaksanakan Ujian Skripsi bagi mahasiswa Fakultas Ilmu Komputer Dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Sbb:

Nama Mahasiswa : Amanda Isnaini Putri
 NPM : 2209010150
 Program Studi : Sistem Informasi
 Judul Proposal : Analisis Geospasial Persebaran Perkebunan Kelapa Sawit Di Kecamatan Sawit Seberang Menggunakan Algoritma DBSCAN Berbasis GIS

Materi/Point yang Diperbaiki :




		Paraf
Dr. Al-Khowarizmi, M.Kom.	—	
Dr. Firahmi Rizky, M.Kom	Data yg dibutuhkan kurang mendukung hasil dari Analisis GIS.	
Dr. Zainal Azis, M.Si	—	

Berita acara ini **ditandatangani** setelah skripsi diperbaiki sesuai petunjuk/arahan dari Pembimbing dan Penguji/Pembahas.

17% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Top Sources

- 16%  Internet sources
- 9%  Publications
- 6%  Submitted works (Student Papers)

Workflow

Publication

Submission

Review

Copyediting

Production

Submission Files

27715

080526-Analisis Geospasial Persebaran Perkebunan Kelapa Sawit di Kecamatan Sawit-Seberang Menggunakan Algoritma DBSCAN Berbasis GIS.pdf

May 8, 2026

Article Text

Download All Files

Pre-Review Discussions

Name

From

Last Reply

Replies

Closed

No Items

Add discussion





UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Dalam mencapai burst ini agar meningkatkan nomor dan langganannya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Akred/PT/III/2019

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<https://fiki.umsu.ac.id>

fiki@umsu.ac.id

[fumsumedan](https://www.facebook.com/umsumedan)

[umsumedan](https://www.instagram.com/umsumedan)

[umsumedan](https://www.tiktok.com/umsumedan)

[umsumedan](https://www.youtube.com/umsumedan)

Berita Acara Pembimbingan Proposal

Nama Mahasiswa : Amanda Isnaini Putri
 Program Studi : Sistem Informasi
 NPM : 2209010150
 Judul Penelitian : Analisis Geospasial Persebaran Perkebunan Kelapa sawit di kecamatan sawit seberang menggunakan algoritma dbscan berbasis gis.
 Nama Dosen Pembimbing : Assoc. Prof. Dr. Al-Khowarizmi, M.Kom.

Tanggal Bimbingan	Hasil Evaluasi	Paraf Dosen
08 Jan 2026	Revisi bab I	✓
13 Jan 2026	Revisi bab II dan bab III	✓
19 Jan 2026	Revisi UMI	✓
23 Jan 2026	Acc Sempro	✓
13 Mar 2026	Revisi bab IV + Penempatan UMI	✓
20 Mar 2026	Revisi Kesimpulan	✓
02 April 2026	Exhibition + revisi tambahan Abstrak	✓
06 April 2026	Acc Sidang	✓

Medan,.....

Diketahui oleh :

Ketua Program Studi

Mahardika Abdi Rawita Tanjung, M.Kom

Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing

Assoc. Prof. Dr. Al-Khowarizmi, M.Kom

