

**ANALISIS TINGKAT KESEHATAN TANAMAN KELAPA SAWIT
MENGUNAKAN INTERPRETASI CITRA SENTINEL-2 DAN
CITRA LANDSAT 8 DI KECAMATAN BEKRI KABUPATEN
LAMPUNG TENGAH**

(Skripsi)

Oleh

FAADIYAH NURUL AZMI



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

**ANALISIS TINGKAT KESEHATAN TANAMAN KELAPA SAWIT
MENGUNAKAN INTERPRETASI CITRA SENTINEL-2 DAN
CITRA LANDSAT 8 DI KECAMATAN BEKRI KABUPATEN
LAMPUNG TENGAH**

Oleh

FAADIYAH NURUL AZMI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

pada

Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi

**ANALISIS TINGKAT KESEHATAN TANAMAN
KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN
INTERPRETASI CITRA SENTINEL-2 DAN
CITRA LANDSAT 8 DI KECAMATAN BEKRI
KABUPATEN LAMPUNG TENGAH**

Nama Mahasiswa

Faadiyah Nurul Azmi

No. Pokok Mahasiswa

2014071029

Jurusan

Teknik Pertanian

Fakultas

Pertanian

MENYETUJUI,

1. **Komisi Pembimbing**

Dr. Ir. Ridwan, M.S.

NIP. 196511141995031001

Elhamida Rezkia Amien, S.T.P., M.Si.

NIK. 231804900214201

MENGETAHUI,

2. **Ketua Jurusan Teknik Pertanian**

Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.

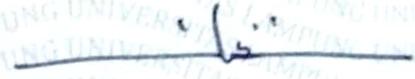
NIP. 196210101989021002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

Dr. Ir. Ridwan, M.S.



Sekretaris

Elhamida Rezkia Amien, S.T.P., M.Si.



Penguji

Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuiswanta Futas Hidayat, M.P.

NIDN 0111181989021002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **03 April 2024**

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah Faadiyah Nurul Azmi NPM 2014071029

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) Dr. Ir. Ridwan, M.S dan 2) Elhamida Rezkia Amien, S.T.P., M.Si. berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandarlampung, April 2024

Yang membuat pernyataan



Faadiyah Nurul Azmi
NPM. 2014071029

ABSTRACT

HEALTH ANALYSIS OF PALM OIL PLANTS IS APPLIED TO AN INTERPRETATION OF THE IMAGE OF THE SENTINEL-2 AND LANDSAT 8 IN BEKRI DISTRICT, CENTRAL LAMPUNG REGENCY

By

FAADIYAH NURUL AZMI

Oil palm productivity in Central Lampung Regency at 2.25 tons/ha is still below the national average productivity of 3.90 tons/ha. One factor is the condition of the farmland, which has affected the health of the palm tree. The research was conducted to monitor the health of palm oil by utilizing remote sensing technology from satellite imagery. This research uses sentinel-2 satellite imagery to analyze the health of oil palms and landsat 8 satellite imagery to assess land suitability classes. This research methodology includes the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) vegetation index, the Normalized Difference Moisture Index (NDMI) land moisture index, and land suitability analysis based on oil palm planting requirements parameters. Then a match was made between the oil palm health results from the NDVI, NDMI index and land suitability class. The results of the suitability of oil palm land are divided into two, namely class S2 (quite suitable) covering an area of 7615 Ha and class S3 (marginally suitable) covering an area of 218 Ha which is spread over several points. Analysis of oil palm health using the NDVI index from sentinel-2 satellite imagery produces good health palm oil covering an area of 3721 Ha, normal health class 765 Ha, and poor health class covering an area of 310 Ha with a total accuracy of 81.82%

Keywords: oil palm health, sentinel-2, landsat 8, land suitability, NDVI and NDMI index

ABSTRAK

ANALISIS TINGKAT KESEHATAN TANAMAN KELAPA SAWIT MENGUNAKAN INTERPRETASI CITRA SENTINEL-2 DAN CITRA LANDSAT 8 DI KECAMATAN BEKRI KABUPATEN LAMPUNG TENGAH

Oleh

FAADIYAH NURUL AZMI

Produktivitas kelapa sawit di Kabupaten Lampung Tengah pada angka 2,25 ton/Ha masih berada di bawah produktivitas rata-rata nasional yang mencapai 3,90 ton/ha. Salah satu faktor penyebabnya ialah kondisi dari lahan perkebunan sehingga mempengaruhi kesehatan tanaman kelapa sawit. Penelitian ini dilakukan untuk memantau kesehatan kelapa sawit dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dari citra satelit. Dalam penelitian ini menggunakan citra satelit sentinel-2 untuk menganalisis kesehatan kelapa sawit dan citra satelit landsat 8 untuk mengkaji kelas kesesuaian lahan. Metodologi penelitian ini mencakup indeks vegetasi Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), indeks kelembaban lahan Normalized Difference Moisture Index (NDMI), dan analisis kesesuaian lahan berdasarkan parameter syarat tanam kelapa sawit. Kemudian dilakukan pencocokkan antara hasil kesehatan kelapa sawit dari indeks NDVI, NDMI, dan kelas kesesuaian lahan. Hasil kesesuaian lahan kelapa sawit terbagi menjadi dua yaitu kelas S2 (cukup sesuai) seluas 7615 Ha dan kelas S3 (sesuai marginal) seluas 218 Ha yang tersebar di beberapa titik. Analisis kesehatan kelapa sawit menggunakan indeks NDVI dari citra satelit sentinel-2 menghasilkan sawit kesehatan baik seluas 3721 Ha, kelas kesehatan normal 765 Ha, dan kelas kesehatan buruk seluas 310 Ha dengan akurasi total yaitu 81,82%.

Kata kunci : kesehatan kelapa sawit, sentinel-2, landsat 8, kesesuaian lahan, indeks NDVI dan NDMI

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Pandansurat, Kecamatan Sukoharjo, Kabupaten Pringsewu pada tanggal 17 November 2001, penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara dari pasangan Bapak O'ong Wiryono dan Ibu Martini. Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) Aisyah Bustanul Athfal Pandansurat pada tahun 2007, Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Pandansurat pada tahun 2013, Sekolah Menengah Pertama di MTs Islamiyah Sukoharjo pada tahun 2017, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Pringsewu pada Tahun 2020. Pada tahun 2020, penulis terdaftar sebagai mahasiswi Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswi, penulis ikut serta dan aktif dalam berorganisasi di lingkungan kampus diantaranya sebagai Anggota Departemen Riset dan Prestasi Bina Rohani Mahasiswa (BIROHMAH) Universitas Lampung, Anggota Bidang Kaderisasi Forum Studi Islam (FOSI) Fakultas Pertanian, Bendahara Bidang PSDM Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) periode 2022, dan Sekretaris Bidang PSDM Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) periode 2023.

Pada tahun 2023 penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Pekonmon, Kecamatan Ngambur, Kabupaten Pesisir Barat selama 40 hari dan melakukan Praktik Umum di PT Perkebunan Nusantara VII Unit Usaha Rejosari Pematang Kiwah, Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan dengan judul

“Konservasi Tanah dan Air pada Perkebunan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensi Jacq.*)
PT Perkebunan Nusantara VII Unit Usaha Rejosari-Pematang Kiwah Kecamatan
Natar Kabupaten Lampung Selatan”.

SANWACANA

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT, karena berkat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Tingkat Kesehatan Tanaman Kelapa Sawit Menggunakan Interpretasi Citra Sentinel-2 dan Citra Landsat 8 di Kecamatan Bekri Kabupaten Lampung Tengah” sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana di Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Ir. Ridwan, M.S., selaku Dosen Pembimbing Utama atas ketersediaannya untuk segala ilmu, bimbingan, kebaikan, serta arahan dalam proses penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Elhamida Rezkia Amien, S.T.P., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang bersedia meluangkan waktu untuk membimbing, mengarahkan, memberikan kritik dan saran selama penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Dosen Penguji yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membahas, memberikan kritik dan saran yang membangun dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Seluruh dosen Jurusan Teknik Pertanian yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat.
7. Seluruh staf Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung.
8. Abi O'ong Wiryono dan Umi Martini selaku orang tua dan adik-adik tercinta Lailatus Sa'diyah, Qoiz Azzah Mufiidah, dan Zalfaa Nadaa Aliifah yang telah memberikan semangat, nasihat, doa, serta dukungan.

9. Salsabila Nurhaq dan Fadilah Kurnia Sari selaku sahabat yang selalu kebersamai ketika suka maupun duka.
 10. Sembilan Peterpan EXO yang telah menjadi salah satu motivasi untuk bisa menjadi pribadi yang lebih baik lagi. Terima kasih dan salam sayang untuk lagu-lagu dan karya-karya kalian yang selalu menemani dalam menyelesaikan skripsi ini.
 11. Keluarga Teknik Pertanian 2020 atas dukungan dan semangatnya dalam melaksanakan penelitian dan penyelesaian skripsi ini.
 12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi ini.
- Semoga semua kebaikan Bapak, Ibu, dan rekan-rekan sekalian dibalas oleh Allah SWT. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih dan berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya serta pembaca pada umumnya.

Bandar Lampung, April 2024

Penulis,

Faadiyah Nurul Azmi

DAFTAR ISI

| | |
|--|------------|
| DAFTAR ISI | i |
| DAFTAR TABEL | iii |
| DAFTAR GAMBAR | iv |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 3 |
| 1.5 Batasan Masalah..... | 3 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Kelapa Sawit | 5 |
| 2.2 Kesehatan Kelapa Sawit..... | 6 |
| 2.3 Penginderaan Jauh..... | 7 |
| 2.4 Citra Satelit Sentinel-2 | 7 |
| 2.5 Citra Satelit Landsat 8 | 8 |
| 2.6 Sistem Informasi Geografis (SIG)..... | 9 |
| 1. Sub-Sistem SIG | 10 |
| 2. <i>Softwarte ArcGIS</i> | 11 |
| 3. Teknik Tumpang Susun (<i>Overlay</i>) | 12 |
| 2.7 <i>Normalized Difference Vegetation Indeks</i> (NDVI)..... | 12 |
| 2.8 <i>Normalized Difference Moisture Indeks</i> (NDMI) | 12 |
| 2.9 <i>Land Surface Temperature</i> (LST) | 13 |
| 2.10 Penelitian Terdahulu | 13 |

| | |
|--|-----------|
| III. METODOLOGI PENELITIAN..... | 17 |
| 3.1 Waktu dan Tempat | 17 |
| 3.2 Alat dan Bahan | 18 |
| 3.3 Prosedur Penelitian..... | 19 |
| 1. Pengumpulan Data | 19 |
| 2. Interpretasi Citra dan Data Pendukung | 20 |
| 3. <i>Ground Check</i> (Pengecekan Lapangan) | 24 |
| 4. Analisis dan Penyajian data..... | 25 |
| 5. Diagram Alir Penelitian | 26 |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 27 |
| 4.1 Gambaran Umum Wilayah..... | 27 |
| 4.2 Hasil Pengolahan Data Pendukung Kesesuaian Lahan | 28 |
| 1. Kondisi Suhu Permukaan Lahan (LST) | 28 |
| 2. Kondisi Curah Hujan..... | 29 |
| 3. Kondisi Kelerengan..... | 29 |
| 4. Kondisi Tanah | 30 |
| 4.3 Hasil Analisis Kesesuaian Lahan Kelapa Sawit..... | 32 |
| 4.4 Hasil Analisis Hubungan NDVI dan NDMI | 34 |
| 4.5 Hasil Analisis Kesehatan Tanaman Kelapa Sawit | 36 |
| V. KESIMPULAN DAN SARAN..... | 43 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 43 |
| 5.2 Saran..... | 43 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 44 |
| LAMPIRAN..... | 47 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 1. Produktivitas CPO Kelapa Sawit Kabupaten Lampung Tengah | 2 |
| Tabel 2. Karakteristik Band, Panjang Gelombang dan Resolusi Spasial pada Citra Satelit Sentinel-2..... | 8 |
| Tabel 3. Karakteristik Band, Panjang Gelombang dan Resolusi Spasial pada Citra Satelit Landsat 8. | 9 |
| Tabel 4. Penelitian Terdahulu | 14 |
| Tabel 5. Bahan Penelitian | 18 |
| Tabel 6. Syarat Tanam Tanaman Kelapa Sawit | 22 |
| Tabel 7. Matriks Reclas Kelas Kesesuaian Lahan..... | 23 |
| Tabel 8. Hubungan Nilai NDVI dengan Kesehatan Tanaman..... | 24 |
| Tabel 9. Total Sampel Minimal Berdasarkan Skala Peta..... | 25 |
| Tabel 10. Kelas Kesesuaian Lahan Kelapa Sawit Kecamatan Bekri | 33 |
| Tabel 11. Hasil Nilai Indeks Kerapatan Vegetasi (NDVI) | 35 |
| Tabel 12. Hasil Nilai Indeks Kelembaban Permukaan Lahan (NDMI)..... | 35 |
| Tabel 13. Kelas Kesehatan Tanaman Kelapa Sawit Kecamatan Bekri..... | 37 |
| Tabel 14. Koordinat Titik Sampel Penelitian..... | 38 |
| Tabel 15. Perhitungan Validasi Lapangan Kelas Kesehatan Kelapa Sawit | 39 |
| Tabel 16. Perbandingan Hasil Peta Indeks NDVI dan NDMI | 48 |
| Tabel 17. Data Atribut Titik Sampel Hasil Ground Check | 49 |
| Tabel 18. Dokumentasi Hasil Ground check | 51 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 1. Sub-Sistem SIG (Prahasta, 2009)..... | 11 |
| Gambar 2. Tampilan ArcGIS ArcMap 10.3..... | 11 |
| Gambar 3. Lokasi Penelitian | 17 |
| Gambar 4. Diagram Alir Penelitian | 26 |
| Gambar 5. Peta Administrasi Penggunaan Lahan Kecamatan Bekri..... | 27 |
| Gambar 6. Peta Suhu Permukaan Lahan Kecamatan Bekri..... | 28 |
| Gambar 7. Peta Curah Hujan Kecamatan Bekri..... | 29 |
| Gambar 8. Peta Kelerengan Kecamatan Bekri..... | 30 |
| Gambar 9. Peta Jenis Tanah Kecamatan Bekri | 31 |
| Gambar 10. Peta Kesesuaian Lahan Kelapa Sawit Kecamatan Bekri | 34 |
| Gambar 11. Grafik Hubungan Nilai Indeks NDVI dan NDMI..... | 35 |
| Gambar 12. Peta Kerapatan Vegetasi (NDVI) Kecamatan Bekri..... | 36 |
| Gambar 13. Peta Kesehatan Tanaman Kelapa Sawit Kecamatan Bekri | 37 |
| Gambar 14. Perbedaan Tanaman Sawit (a) Sehat dan (b) Sakit | 41 |
| Gambar 15. Peta Areal Tahun Tanam Kelapa Sawit | 60 |
| Gambar 16. Peta Status Unsur Hara Fosfat pada Perkebunan Kelapa Sawit..... | 61 |
| Gambar 17. Peta Status Hara Kalium pada Perkebunan Kelapa Sawit..... | 62 |
| Gambar 18. Peta Status C-Organik pada Perkebunan Kelapa Sawit | 63 |
| Gambar 19. Peta Sebaran Titik Sampel Penelitian | 64 |
| Gambar 20. Dokumentasi Bersama Petugas Perkebunan Kelapa Sawit PTPN VII Unit Bekri | 64 |
| Gambar 21. Dokumentasi Pengecekan Sampel di Lapangan..... | 65 |

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan komoditas perkebunan unggulan bagi Indonesia. Kelebihan kelapa sawit dibanding tanaman penghasil minyak nabati lainnya ialah umur ekonomis yang lama, produksi per hektar yang tinggi, kemampuan beradaptasi yang baik terhadap perubahan lingkungan, dan pengolahan serta pemanfaatan yang luas di sektor lain (Simangunsong, 2011). Produk turunan kelapa sawit menjadi bahan baku industri yang memegang peranan penting dan sebagai salah satu andalan ekspor non-migas yang mampu memberikan pemasukan devisa bagi negara. Selain sebagai salah satu penghasil devisa negara, kelapa sawit juga bersifat padat karya (*labour intensive*) sehingga banyak membuka lapangan pekerjaan bagi masyarakat (Kementrian Pertanian, 2014).

Provinsi Lampung merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang turut berperan aktif dalam sektor pertanian, salah satu komoditasnya yakni kelapa sawit. Meskipun secara nasional Lampung bukanlah daerah sentral kelapa sawit, tetapi terdapat empat daerah utama penghasil kelapa sawit yang dapat dimaksimalkan yaitu Kabupaten Mesuji, Kabupaten Lampung Tengah, Kabupaten Tulang Bawang, dan Kabupaten Way Kanan. Menurut Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung, pada tahun 2022 Kabupaten Lampung Tengah menempati posisi kedua sebagai daerah penghasil kelapa sawit dengan total luas perkebunan 19.179 hektar (ha) dan total produksi 43.148 ton dengan produktivitas *crude palm oil* (CPO) yaitu 2,25 ton/ha/tahun.

Berikut merupakan data produktivitas CPO kelapa sawit di Lampung Tengah pada kurun waktu 5 tahun terakhir (2017-2021).

Tabel 1. Produktivitas CPO Kelapa Sawit Kabupaten Lampung Tengah

| Tahun | Tanaman Kelapa Sawit | | |
|-------|----------------------|----------------|------------------------------|
| | Luas Perkebunan (ha) | Produksi (ton) | Produktivitas (ton/ha/tahun) |
| 2017 | 19.149 | 43.553 | 2,27 |
| 2018 | 19.149 | 43.553 | 2,27 |
| 2019 | 19.179 | 43.503 | 2,27 |
| 2020 | 19.179 | 43.095 | 2,25 |
| 2021 | 19.179 | 43.149 | 2,25 |

Sumber : Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung

Berdasarkan Tabel 1, produktivitas CPO kelapa sawit di Kabupaten Lampung Tengah masih berada di bawah produktivitas rata-rata CPO kelapa sawit nasional yang mencapai 3,90 ton/ha/tahun dari data kementrian pertanian. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu kondisi dari lahan perkebunan dan kesehatan tanaman kelapa sawit sehingga menyebabkan produksi tandan buah segar (TBS) kelapa sawit yang tidak optimal. Tanaman yang terganggu kesehatannya atau kekurangan nutrisi akan menunjukkan gejala layu pada daun, berubahnya warna daun, perubahan penampakan daun, dan produksi tanaman yang menurun. Dalam hal ini perlu dilakukan pemantauan kesehatan tanaman secara berkala yang bertujuan untuk mengetahui kondisi, perubahan, dan kecenderungan yang mungkin terjadi pada suatu tanaman.

Pemantauan kesehatan tanaman kelapa sawit biasanya dilakukan secara langsung dengan mengamati pohon satu per satu, tetapi metode ini kurang efektif dan efisien karena mengingat areal perkebunan yang luas dan pengerjaannya memerlukan banyak tenaga serta waktu. Permasalahan ini dapat diatasi dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dari citra satelit sentinel-2 dan citra satelit landsat 8. Kedua citra ini banyak digunakan untuk memantau lahan pertanian, perhutanan, perubahan tutupan lahan, dan pemetaan vegetasi lainnya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan diajukan pada penelitian ini adalah bagaimana pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dari citra satelit sentinel-2 dan citra satelit landsat 8 untuk melakukan analisis tingkat kesehatan tanaman kelapa sawit pada perkebunan kelapa sawit di Kecamatan Bekri, Kabupaten Lampung Tengah.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis parameter dari kesesuaian lahan yang mempengaruhi kesehatan tanaman kelapa sawit.
2. Menganalisis hubungan kesehatan kelapa sawit berdasarkan indeks vegetasi (NDVI) dan indeks kelembaban lahan (NDMI).
3. Mendapatkan klasifikasi kesehatan tanaman kelapa sawit berdasarkan indeks vegetasi (NDVI) dari citra satelit sentinel-2.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Menyajikan informasi mengenai tingkat kesehatan tanaman yang tersebar pada perkebunan kelapa sawit di Kecamatan Bekri, Kabupaten Lampung Tengah.
2. Mengoptimalkan sumber daya yang ada dalam pengambilan keputusan pemeliharaan kelapa sawit berdasarkan data hasil interpretasi citra.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Analisis berfokus pada perkebunan kelapa sawit di Kecamatan Bekri, Kabupaten Lampung Tengah.
2. Penelitian ini menggunakan citra satelit sentinel-2 level 2A dan citra satelit landsat 8 dengan berdasarkan beberapa kali perekaman.

3. Metode transformasi penelitian ini menggunakan indeks vegetasi *Normalized Difference Vegetation Indeks* (NDVI) dan indeks kelembaban *Normalized Difference Moisture Indeks* (NDMI) dengan data pendukung kesesuaian lahan, suhu permukaan lahan, serta pengecekan lapangan.
4. Penilaian kualitas interpretasi dari citra dilakukan dengan pengecekan lapangan (*ground check*) secara acak atau *random sampling*.
5. Pengecekan lapangan (*ground check*) tentang kesehatan kelapa sawit berfokus pada kondisi fisik tanaman berupa kondisi pohon, kehijauan daun, kerapatan tajuk, ada atau tidaknya hama penyakit tanaman, dan lain sebagainya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kelapa Sawit

Kelapa sawit merupakan tanaman yang saat ini mulai banyak diusahakan oleh petani, baik petani rakyat ataupun perusahaan. Hasil panen dari tanaman kelapa sawit yaitu tandan buah segar (TBS) kelapa sawit dapat diolah menjadi minyak masak, minyak industri, maupun bahan bakar (biodiesel). Parameter yang mempengaruhi produksi kelapa sawit salah satunya kesesuaian lahan. Beberapa karakteristik tanah yang digunakan untuk kesesuaian kelapa sawit meliputi jenis tanah, tekstur tanah, kedalaman efektif tanah, dan kondisi tingkat kemasaman tanah (pH). Kelapa sawit dapat tumbuh di tanah latosol, podsolik, alluvial, regosol, andosol, dan hidromorfik kelabu. Tanah gambut juga dapat ditanami tetapi dengan ketebalan gambut yang tidak lebih dari satu meter dan sudah tua. Tekstur tanah yang paling ideal untuk kelapa sawit yaitu lempung liat, lempung berdebu, lempung liat berdebu, dan lempung liat berpasir. Kedalaman efektif tanah yang baik yaitu > 100 cm dan tingkat kemasaman yang optimal diantara pH 5 - 6 tetapi masih toleran terhadap pH < 5 misalnya pada tanah gambut dengan pH 3,4 – 4 (Buana dkk., 2006).

Kelapa sawit dapat tumbuh baik dengan curah hujan rata-rata yaitu 1250 – 3000 mm/tahun yang jumlah bulan keringnya kurang dari 3 bulan dan curah hujan optimalnya yaitu 1750 – 2500 mm/tahun. Suhu permukaan lahan juga berpengaruh pada pertumbuhan kelapa sawit yaitu dengan suhu minimum 22 °C dan suhu maksimum 33°C. Ketinggian tempat yang optimal untuk pengembangan kelapa sawit yaitu kurang dari 400 m di atas permukaan laut (dpl) dengan

topografi wilayah yang datar sampai bergelombang yang kemiringan lerengnya antara 0 – 8% dan pada topografi bergelombang sampai berbukit dengan kemiringan lereng 8 – 30 % kelapa sawit masih dapat tumbuh dengan baik tetapi harus ada tindakan pengelolaan seperti pembuatan teras (Buana dkk., 2006).

2.2 Kesehatan Kelapa Sawit

Produktivitas kelapa sawit dapat diketahui melalui kondisi kesehatan tanaman kelapa sawit. Dengan demikian mengetahui kesehatan kelapa sawit sangat penting bagi pengelola perkebunan dalam membuat keputusan karena dapat memberikan informasi berupa luas areal perkebunan, distribusi tanaman, maupun produksi potensial kelapa sawit. Salah satu cara untuk mengetahui tanaman yang sakit ialah dengan mengamati bagian daunnya. Tanaman yang kekurangan nutrisi akan menunjukkan gejala layu pada daun, berubahnya warna daun, perubahan penampakan daun dan produksi tanaman yang menurun (Pangestu dan Banowati, 2023).

Berdasarkan visualisasi warna, tanaman kelapa sawit dengan kesehatan baik memiliki tutupan daun atau kanopi yang hijau, sedangkan untuk kesehatan yang buruk cenderung memiliki warna tajuk yang berbeda mulai dari hijau kekuningan hingga coklat, akibat dari kekurangan air dan unsur hara esensial. Selain itu, kerapatan tajuk merupakan ciri fisik penting karena jumlah pelepah dapat menginformasikan tanaman kelapa sawit dalam kondisi sehat atau tidak. Secara khusus, pohon kelapa sawit yang sehat memiliki pelepah yang sangat lebat dan jika dilihat dari sudut vertikal hampir tidak mungkin untuk melihat tanah yang berada dibawahnya (Yarak dkk., 2021).

Menurut Margareta (2022) kesehatan kelapa sawit dapat diketahui dengan dua metode yaitu secara terestris dan penginderaan jauh. Secara terestris kesehatan kelapa sawit dapat diketahui dengan melihat kondisi pelepahnya, jika daun berwarna hijau berkilat dan tidak kusam, diameter dan lebar batang sama dari atas ke bawah, serta panjang pelepah normal. Hasil yang didapatkan dari metode ini cenderung lebih akurat tetapi memerlukan tenaga yang banyak dan waktu yang cukup lama. Sedangkan metode kedua memanfaatkan teknologi penginderaan

jauh yang didasarkan pada nilai piksel karena adanya interaksi antara tajuk kelapa sawit dengan sensor penginderaan jauh. Metode ini dapat memantau kesehatan tanaman kelapa sawit secara efektif dan efisien, tetapi untuk keakuratan hasil yang didapatkan sangat bergantung pada resolusi citra dan metode pengolahan yang digunakan dalam pengamatan.

2.3 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh dapat didefinisikan sebagai ilmu, teknik, dan seni untuk mendapatkan informasi dari kondisi fisik suatu objek atau benda, target, sasaran, wilayah, dan fenomena tanpa adanya kontak langsung dengan benda atau objek tersebut (Soenarmo, 2009). Penginderaan jauh dilakukan dengan mengukur nilai gelombang elektromagnetik pantulan maupun pancaran dari objek yang akan diamati. Objek di permukaan bumi akan memantulkan energi berupa gelombang elektromagnetik yang selanjutnya akan ditangkap dan di rekam oleh sensor. Data dari penginderaan jauh dapat berupa citra, grafik, dan data numerik.

Analisis data penginderaan jauh memerlukan data tambahan seperti peta tematik, data statistik, dan data lapangan. Hasil analisis yang diperoleh berupa informasi mengenai hamparan lahan, jenis tutupan lahan, kondisi lokasi, dan kondisi sumber daya daerah yang diamati (Purwadhi, 2001). Salah satu bentuk data dari penginderaan jauh yaitu citra satelit. Citra satelit sentinel merupakan salah satu citra yang banyak digunakan dalam aplikasi penginderaan jauh karena cukup baik dalam menginterpretasikan tutupan lahan yang luas.

2.4 Citra Satelit Sentinel-2

Citra satelit sentinel-2 merupakan citra penginderaan jauh yang diluncurkan pada tahun 2015 sebagai bagian dari program *Copernicus European Space Agency* (ESA). Citra satelit ini dilengkapi dengan sensor pasif multispektral yang memiliki jumlah kanal sebanyak 13 buah yang mencakup sensor tampak, inframerah dekat, dan inframerah gelombang pendek. Kanal tersebut terdiri dari 4 kanal beresolusi 10 m, 6 kanal beresolusi 20 m, dan 3 kanal beresolusi 60 m dengan area sapuan 290 km. Satelit sentinel-2 memiliki resolusi spasial yang

tergolong tinggi dengan cakupan spektrum yang luas dan periode ulang orbitnya berlangsung selama 10 hari atau dengan kata lain melakukan liputan areal yang sama setiap 10 hari sekali. Kegunaan satelit sentinel-2 dalam penyajian data biasanya untuk kepentingan pemantauan lahan mulai dari pertanian, perhutanan, pemantauan lingkungan, pendeteksi perubahan tutupan lahan, pemetaan risiko bencana, dan lain sebagainya.

Tabel 2. Karakteristik Band, Panjang Gelombang dan Resolusi Spasial pada Citra Satelit Sentinel-2.

| Band | Panjang Gelombang (μm) | Resolusi Spasial (m) |
|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| Band 1 – <i>Coastal Aerosol</i> | 0,443 | 60 |
| Band 2 – <i>Blue</i> | 0,490 | 10 |
| Band 3 – <i>Green</i> | 0,560 | 10 |
| Band 4 – <i>Red</i> | 0,665 | 10 |
| Band 5 – <i>Vegetation Red Edge</i> | 0,705 | 20 |
| Band 6 – <i>Vegetation Red Edge</i> | 0,740 | 20 |
| Band 7 – <i>Vegetation Red Edge</i> | 0,783 | 20 |
| Band 8 – NIR | 0,842 | 10 |
| Band 8A – <i>Vegetation Red Edge</i> | 0,865 | 20 |
| Band 9 – <i>Water Vapour</i> | 0,945 | 60 |
| Band 10 – SWIR - <i>Cirrus</i> | 1,375 | 60 |
| Band 11 – SWIR | 1,610 | 20 |
| Band 12 – SWIR | 2,190 | 20 |

Sumber : (ESA, 2016 dalam Kawamuna dkk., 2017)

2.5 Citra Satelit Landsat 8

Citra satelit landsat 8 merupakan citra dengan resolusi menengah yang satelitnya diluncurkan pertama kali pada bulan Februari 2013 sebagai pembaruan dari landsat sebelumnya. Landsat 8 memiliki dua sensor yaitu *Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) dengan jumlah kanal sebanyak 11 buah. Kanal tersebut terdiri dari band 1 sampai band 9 yang berada ada sensor OLI sedangkan band 10 dan band 11 berada pada sensor TIRS. Landsat 8 memiliki resolusi spasial hingga 30 m untuk saluran multispectral dan 15 m untuk saluran pankromatik (USGS, 2016).

Pada sensor termal (band 10 dan band 11) dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi suhu permukaan bumi dengan resolusi spasial 100 m. pemanfaatan sensor ini dapat membedakan suhu permukaan bumi yang lebih panas dari area sekitarnya. Pengujian telah dilakukan untuk melihat tampilan kawah puncak gunung berapi yang suhunya lebih panas, dimana hasil yang ditampilkan lebih terang dari area sekitarnya pada citra landsat 8. Oleh karena itu, citra ini diperlukan untuk mengetahui data suhu permukaan lahan pada suatu lokasi (Andini, 2023).

Tabel 3. Karakteristik Band, Panjang Gelombang dan Resolusi Spasial pada Citra Satelit Landsat 8.

| Band | Panjang Gelombang (μm) | Resolusi Spasial (m) |
|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| Band 1 – <i>Coastal Aerosol</i> | 0.435 – 0.451 | 30 |
| Band 2 – <i>Blue</i> | 0.452 – 0.512 | 30 |
| Band 3 – <i>Green</i> | 0.533 – 0.590 | 30 |
| Band 4 – <i>Red</i> | 0.636 – 0.673 | 30 |
| Band 5 – <i>Near Infrared</i> | 0.851 – 0.879 | 30 |
| Band 6 – SWIR-1 | 1.566 – 1.651 | 30 |
| Band 7 – SWIR-2 | 2.107 – 2.294 | 30 |
| Band Pankromatik | 0.503 – 0.676 | 15 |
| Band <i>Cirrus</i> | 1.363 – 1.384 | 30 |
| Band 10 TIRS – 1 | 10,60 -11,19 | 100 |
| Band 11 TIRS – 2 | 11,50 -12,51 | 100 |

Sumber : (LAPAN, 2018 dalam Margareta, 2022)

2.6 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis (*Geographic Information System*) atau biasa disebut SIG merupakan suatu sistem komputer yang dirancang untuk mengumpulkan, mengelola, menganalisis, memanipulasi, dan menampilkan informasi yang bersifat spasial atau keruangan. Istilah informasi geografis mengandung pengertian informasi mengenai tempat-tempat yang terletak di permukaan bumi, dan informasi mengenai keterangan-keterangan (atribut) yang terdapat di permukaan bumi yang posisinya diberikan atau diketahui. Informasi yang digunakan mempunyai hubungan geometrik dalam artian informasi tersebut dapat dihitung, diukur, dan disajikan dalam sistem koordinat dengan data berupa data digital yang terdiri dari data posisi (spasial) dan data keterangan (atribut). SIG mempunyai manfaat untuk memberikan informasi yang mendekati dunia

nyata, memprediksi suatu hasil, dan perencanaan strategis. SIG juga dapat menjelaskan lokasi, menjelaskan kondisi ruang (spasial), menjelaskan suatu kecenderungan (tren), dan membuat permodelan (Prahasta, 2002). Salah satu keunggulan yang dimiliki oleh SIG adalah kemampuan untuk *overlay* atau melakukan tumpang tindih dari data-data atribut suatu wilayah. Proses *overlay* biasa digunakan untuk menganalisis dan menghasilkan informasi baru berdasarkan data spasial dan data atribut yang sudah ada. Misalnya dalam menghasilkan peta tingkat kesehatan tanaman tertentu.

1. Sub-Sistem SIG

Menurut Prahasta, (2009) pengoperasian SIG memiliki empat sub-sistem yaitu data *input* (masukan), data *output* (keluaran), data *management* (penyimpanan dan pemanggilan data), dan data *analysis & manipulation*.

1). Data *Input*

Sub-sistem ini bertugas mempersiapkan, mengumpulkan, dan menyimpan data spasial dan data atribut dari berbagai sumber. Sub-sistem ini juga yang bertanggung jawab dalam mentransformasikan format-format data asli ke dalam format yang diinginkan oleh perangkat SIG yang bersangkutan.

2). Data *Output*

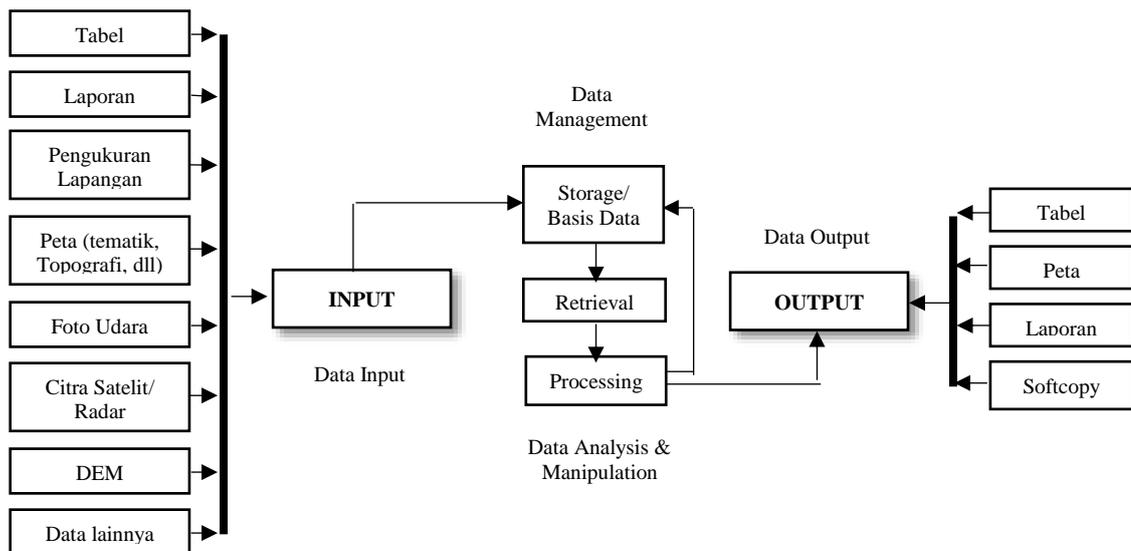
Sub-sistem ini bertugas untuk menampilkan seluruh atau sebagian basis data (spasial) hasil keluaran termasuk mengeksponnya ke format yang diinginkan baik dalam bentuk *softcopy* maupun *hardcopy* seperti tabel, grafik, peta, *report*, dan lain sebagainya.

3). Data *Management*

Sub-sistem ini bertugas mengorganisasikan data spasial maupun tabel atribut ke dalam sebuah sistem basis data sehingga mudah dipanggil kembali kembali, diperbarui, dan diedit.

4). Data *Analysis & Manipulation*

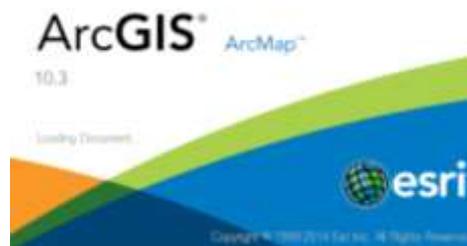
Sub-sistem ini bertugas menentukan informasi-informasi yang dapat dihasilkan oleh SIG. Selain itu, sub-sistem ini juga melakukan manipulasi dan pemodelan data untuk menghasilkan informasi yang di harapkan.



Gambar 1. Sub-Sistem SIG (Prahasta, 2009)

2. Software ArcGIS

ArcGIS merupakan perangkat lunak SIG baru dari ESRI (*Environmental Systems Research Institute*) yang memungkinkan pengguna untuk memanfaatkan data dari format data yang berbeda. Dengan *ArcGIS*, pengguna dapat menggunakan fungsi desktop maupun jaringan, selain itu bisa memakai fungsi pada level *ArcView*, *ArcEditor*, *ArcInfo* dengan fasilitas *ArcMap*, *ArcCatalog* dan *Toolbox*. Materi yang disajikan meliputi konsep SIG, pengetahuan peta, pengenalan dan pengoperasian *ArcGIS*, input data dan pengelolaan data spasial, pengoperasian *ArcCatalog*, komposisi atau tata letak peta dengan *ArcMap*, memanfaatkan perangkat lunak *ArcGIS* untuk pengelolaan data spasial dan atribut serta untuk penyajian informasi peta (Setianingrum, 2014).



Gambar 2. Tampilan ArcGIS ArcMap 10.3

3. Teknik Tumpang Susun (*Overlay*)

Teknik tumpang susun (*overlay*) merupakan bagian penting dari sebuah analisis sistem informasi geografis. *Overlay* dapat menggabungkan grafis suatu peta digital pada peta digital yang lain beserta atribut-atributnya untuk menghasilkan peta gabungan keduanya yang memiliki informasi atribut dari kedua peta tersebut. Menurut Rachmah dkk., (2018) metode *overlay* atau tumpang susun adalah suatu sistem informasi berbentuk grafis yang dihasilkan dari penggabungan beberapa peta individu (memiliki keterangan atau informasi yang spesifik). *Overlay* peta dapat dilakukan pada data vektor maupun raster dengan minimal dua jenis peta yang berbeda secara teknis.

2.7 *Normalized Difference Vegetation Indeks (NDVI)*

Transformasi indeks vegetasi merupakan teknik analisis citra yang biasanya digunakan dalam analisis vegetasi, terdapat banyak jenis transformasi indeks vegetasi salah satunya yaitu NDVI. *Normalized Difference Vegetation Indeks (NDVI)* merupakan perhitungan citra yang digunakan untuk mengetahui tingkat kehijauan tumbuhan yang merupakan kombinasi matematis antara band merah dan band *Near Infrared Radiation (NIR)* yang digunakan sebagai indikator keberadaan dan kondisi tumbuhan. NDVI dapat memiliki korelasi dengan parameter biofisikal daun yang dapat dilihat pada kondisi awal dan akhir siklus kehidupan tanaman, khususnya untuk rata-rata jumlah daun percabang, area tumbuhan daun dan indeks klorofil sehingga parameter ini dapat menentukan karakteristik atau mengestimasi model luasan daun (Junges dkk., 2019).

2.8 *Normalized Difference Moisture Indeks (NDMI)*

Normalized Difference Moisture Index (NDMI) merupakan metode transformasi indeks yang dapat menunjukkan tingkat kelembaban suatu lahan. NDMI adalah metode baru yang diperoleh dengan menggunakan prinsip yang sama dengan perhitungan NDVI sehingga nilainya saling berbanding lurus. Daerah vegetasi dan tutupan lahan yang ditampilkan pada NDVI terlihat daerah perairan tampak lebih gelap karena adanya perbedaan karakteristik dalam memantulkan radiasi

gelombang. Konsep NDMI yang diusulkan oleh (Gao, 1996 dalam Zhang dkk., 2017) menilai status air dengan kombinasi NIR dan inframerah gelombang pendek (SWIR) karena keduanya terletak di dataran tinggi kanopi vegetasi dengan reflektansi tinggi dan merasakan kedalaman kanopi vegetasi yang serupa. Sedangkan untuk pemantauan vegetasi pertanian pada citra satelit sentinel-2 dapat digunakan kombinasi *Vegetation Red Edge* yang berfungsi sebagai pemantauan *Leaf Area Index* (LAI) dan inframerah gelombang pendek (SWIR).

2.9 Land Surface Temperature (LST)

Suhu permukaan merupakan suhu terluar dari suatu objek dan dapat diidefinisikan sebagai suhu rata-rata pada suatu objek yang digambarkan dalam satuan piksel. Kanal atau band termal pada citra satelit dapat digunakan untuk mencari suhu permukaan suatu objek dengan panjang gelombang yang paling sensitif terhadap suhu tersebut adalah inframerah termal (Lillisand dan Kiefer, 1999 dalam Urfiyah, 2019). Suhu permukaan lahan dapat diketahui dengan menerapkan metode *Land Surface Temperature* (LST). Metode ini membutuhkan data nilai kecerahan suatu objek dan nilai emisivitas permukaan lahan (Anbazhagan dan Paramasivam, 2016).

2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dibuat dan disusun dari jurnal-jurnal yang memiliki kesamaan topik yang akan diteliti. Penelitian terdahulu yang dijadikan referensi dan pembanding dalam penelitian ini terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Penelitian Terdahulu

| No. | Referensi | Judul Penelitian | Perbedaan Penelitian |
|-----|-----------------------|--|---|
| 1. | Rahaldi, dkk. (2013) | Analisa Kesehatan Tanaman Padi Berdasarkan Nilai Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Menggunakan Citra Aster (Studi Kasus : Kabupaten Indramayu - Jawa Barat). | -Lokasi : Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Indramayu menggunakan citra aster. -Tujuan : Mendeteksi dan menganalisa kondisi kesehatan tanaman padi dengan menggunakan nilai NDVI pada teknologi penginderaan jauh dengan data citra aster. -Kesimpulan : Dari hasil analisis peta kesehatan tanaman padi kabupaten Indramayu pada klasifikasi kesehatan buruk luas areanya 4.050 ha, kesehatan normal luas areanya 14.877 ha, kesehatan baik luas areanya 9.847 ha dan kesehatan sangat baik luas areanya 8.923 ha. |
| 2. | Sudjianto. (2015) | Analisa Tingkat Kesuburan Kelapa Sawit Berdasarkan Citra Landsat 8 Menggunakan Metode Klasifikasi Terselia (Studi Kasus: Kecamatan Pelaihari, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan). | -Lokasi : Penelitian dilaksanakan Kecamatan Pelaihari, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan menggunakan citra landsat 8. -Tujuan : Menganalisis pengaruh kandungan N dan PH tanah terhadap tingkat kesuburan kelapa sawit. -Kesimpulan : Terdapat 3 kelas hasil klasifikasi kesuburan kelapa sawit yaitu sawit sangat muda, sawit tidak subur, sawit sedang, dan sawit subur. Kelas yang mendominasi adalah sawit tidak subur dengan luas 12,063.805 Ha. Hal ini dikarenakan Nitrogen (N) yang berperan dalam pembentukan klorofil sedikit diserap oleh tanaman sehingga nilai indeks vegetasi (NDVI) bernilai 0.11 – 0.21. |
| 3. | Kawamuna, dkk. (2017) | Analisis Kesehatan Hutan Mangrove Berdasarkan Metode Klasifikasi NDVI (Studi Kasus : Teluk Pangpang Kabupaten Banyuwangi). | -Lokasi : Penelitian dilaksanakan di Teluk Pangpang Kabupaten Banyuwangi menggunakan citra sentinel-2. -Tujuan : Mengetahui persebaran nilai NDVI pada Citra Sentinel-2 Sentinel-2 dan menganalisis kesehatan (Studi Kasus : Teluk mangrove. -Kesimpulan : Berdasarkan hasil penelitian, hasil konfusi matrik dengan <i>Overall Accuration</i> 99,189% dan koefisien kappa 0,987. Pada proses <i>Supervised Classification</i> menggunakan nilai <i>digital number</i> . Klasifikasi membutuhkan training area sebagai sampel dari nilai <i>digital number</i> . |

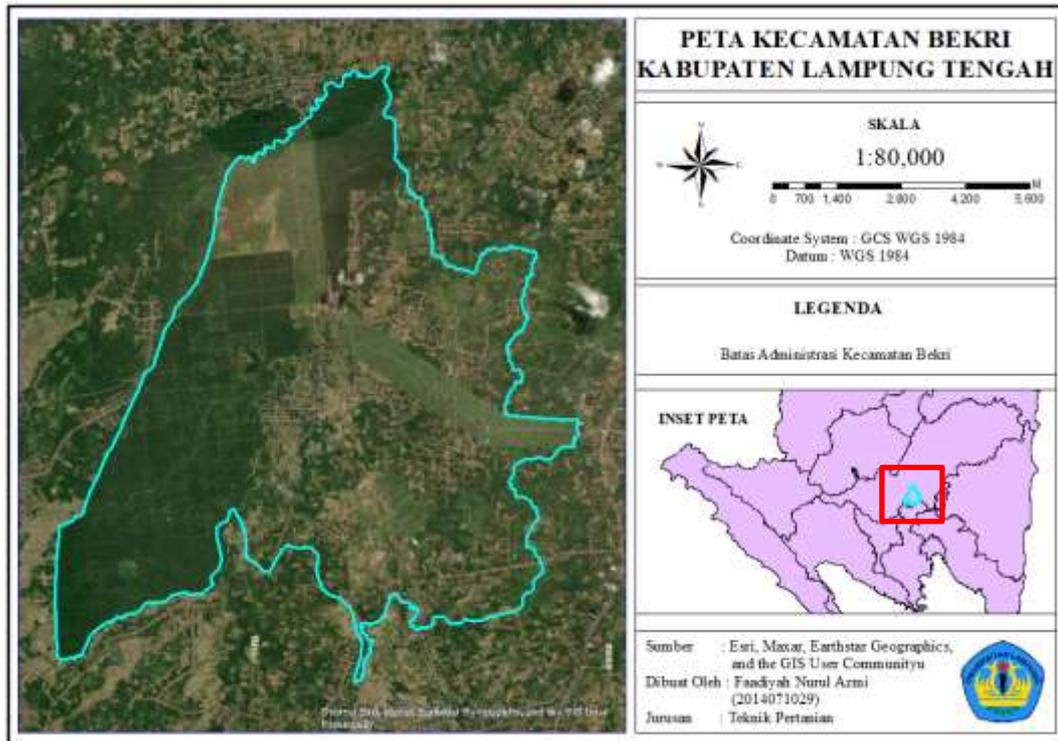
| No. | Referensi | Judul Penelitian | Perbedaan Penelitian |
|-----|--------------------|--|---|
| 4. | Stefano. (2019) | Pemanfaatan GIS (<i>Geographic Information System</i>) untuk Memonitor Kesehatan Tanaman Kelapa Sawit. | <p>-Lokasi : Penelitian dilaksanakan di kebun kelapa sawit PT Ketapang Agro Lestari di Kecamatan Siluq Ngurai Kabupaten Kutai Barat Kalimantan Timur menggunakan citra drone.</p> <p>-Tujuan : Mengetahui hasil identifikasi dengan penggabungan metode visual dan digital.</p> <p>-Kesimpulan : Penggabungan metode visual dengan komposit 321 warna asli (<i>visible</i>) dengan metode digital menggunakan inframerah sangat baik digunakan dan nantinya akan saling mengkoreksi sehingga tingkat keakuratan data menjadi bertambah.</p> |
| 5. | Margareta. (2022) | Distribusi Spasial Kesehatan Tanaman Kelapa Sawit di PT Perkebunan Nusantara VII Unit Rejosari, Natar, Kabupaten Lampung Selatan Menggunakan Citra Satelit Sentinel-2 dan Citra Satelit Landsat 8. | <p>-Lokasi : Penelitian dilaksanakan di perkebunan kelapa sawit PTPN VII Unit Rejosari, Natar, Kab. Lampung Selatan.</p> <p>-Tujuan : Mengidentifikasi dan menguji akurasi distribusi spasial kesehatan tanaman kelapa sawit menggunakan citra satelit sentinel-2 dan landsat 8.</p> <p>-Kesimpulan : Hasil NDVI citra satelit sentinel-2 yang menghasilkan kelas sawit subur seluas 20,1 Ha, kelas sawit sedang seluas 14,8 Ha, kelas sawit tidak subur seluas 3,9 Ha. Sedangkan pada citra landsat 8 menghasilkan kelas sawit subur seluas 17,1 Ha, kelas sawit sedang 16,8 Ha, kelas sawit tidak subur 5,5 Ha. Dengan uji akurasi NDVI 83 % dari citra sentinel-2 dan 81 % dari citra landsat 8.</p> |
| 6. | Arini, dkk. (2022) | Pemanfaatan Citra Landsat 8 untuk Mendeteksi Tingkat Kesehatan Tanaman Kelapa Sawit Menggunakan Metode <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI) di Kabupaten Bengkalis Kecamatan Mandau. | <p>-Lokasi : Penelitian dilaksanakan di perkebunan kelapa sawit di Kec. Mandau Kabupaten Bengkalis.</p> <p>-Tujuan : Membahas tingkat kesehatan kelapa sawit berdasarkan rentang nilai NDVI beserta luas dari masing-masing objek penelitian menggunakan citra landsat 8.</p> <p>-Kesimpulan : Tingkat kesehatan tanaman kelapa sawit dibagi menjadi 3 yaitu kesehatan baik yang rentang nilai NDVI antara 0,421 – 0,72 dengan luas 31.387,32 Ha; kesehatan normal antara 0,221 – 0,42 dengan luas 7.192,35 Ha; dan kesehatan buruk pada rentang NDVI 0,11 – 0,22 dengan luas 253,62 Ha.</p> |

| No. | Referensi | Judul Penelitian | Perbedaan Penelitian |
|-----|------------------------|---|--|
| 7. | Sebastian, dkk. (2023) | Pemetaan Kondisi Tanaman Kelapa Sawit di Dataran Rendah dan Bukitani Menggunakan Indeks NDVI dari Citra Satelit Sentinel. | <p>-Penelitian dilaksanakan di dataran rendah dan bukitani milik PT Bangun Jaya Alam Permai III Afdeling 9 dan Afdeling 12 Cendrawasih Estate Kecamatan Arut Utara, Kabupaten Kotawaringin Barat, Provinsi Kalimantan Tengah.</p> <p>-Tujuan : Mengetahui kelas kerapatan vegetasi berdasarkan nilai NDVI yang di dapat dari penggunaan data citra sentinel, untuk mengetahui pertumbuhan vegetatif berdasarkan kelas kelerengan tanaman kelapa sawit.</p> <p>-Kesimpulan : Hasil penelitian menunjukkan lahan datar (Afdeling 9) lebih unggul dibandingkan lahan bukitani (Afdeling 12) dengan rata rata nilai NDVI pada lahan datar 0,725843 lebih tinggi dibandingkan lahan bukitani hanya 0,692256 dan data produktivitas lahan datar menunjukkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan lahan bukitani.</p> |

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September-Desember 2023 di Laboratorium Rekayasa Sumber Daya Air dan Lahan, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian ini meneliti data pada lokasi perkebunan kelapa sawit di Kecamatan Bekri, Kabupaten Lampung Tengah yang terletak pada koordinat $5,026^{\circ}$ sampai $5,147^{\circ}$ Lintang Selatan dan koordinat $105,083^{\circ}$ sampai $105,185^{\circ}$ Bujur Timur.



Gambar 3. Lokasi Penelitian

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras yang digunakan adalah perangkat fisik yang mendukung untuk proses analisis geografi dan pemetaan yang terdiri dari :

- 1). Laptop HP dengan spesifikasi Intel (R), Core (TM), i3-1115G4 @3.00GHz (4CPUs) 3.0 GHz dengan RAM 4,00 GB.
- 2). *Input device* seperti *mouse*, dll.
- 3). *Output device* seperti printer.
- 4). Kamera *handphone*.

2. Perangkat Lunak (*Software*)

Perangkat lunak yang digunakan terdiri dari :

- 1). Perangkat lunak Arcgis 10.3.
- 2). Perangkat lunak *GPS Map* untuk penentuan koordinat survei lapangan.
- 3). Perangkat lunak *Microsoft Word* untuk pengolahan data laporan.
- 4). Perangkat lunak *Microsoft Excel* untuk pengolahan data angka.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder sebagai pendukung terdapat pada Tabel 5.

Tabel 5. Bahan Penelitian

| No. | Data | Fungsi | Sumber |
|-----|------------------------------------|---|--|
| 1. | Citra satelit sentinel-2 Level 2A | Pemantauan vegetasi termasuk kesehatan kelapa sawit. | Sentinel Hub atau <i>Google Earth Engine</i> . |
| 2. | Citra satelit landsat 8 | Pemantauan kesesuaian lahan dan suhu permukaan lahan (LST). | <i>Earthexplorer.usg s.gov</i> atau <i>Google Earth Engine</i> . |
| 3. | Batas administrasi Kecamatan Bekri | Pedoman analisis data dan pengecekan lapangan di Kecamatan Bekri. | Badan Informasi Geospasial. |
| 4. | Peta RBI Kabupaten Lampung Tengah | Sumber informasi sebaran keterangan permukaan bumi. | Badan Informasi Geospasial. |

| No. | Data | Fungsi | Sumber |
|-----|---------------------------------|---|---|
| 5. | Peta kesesuaian lahan | Parameter pendukung kesehatan tanaman kelapa sawit. | Pengolahan data citra satelit landsat 8. |
| 6. | Curah hujan | Faktor pendukung kesesuaian lahan. | CHIRPS |
| 7. | Kelerengan lahan | Faktor pendukung kesesuaian lahan. | DEMNAS dari Badan Informasi Geospasial |
| 8. | Jenis tanah | Faktor pendukung kesesuaian lahan. | <i>Food and Agriculture Organization (FAO).</i> |
| 8. | Erodibilitas | Faktor pendukung kesesuaian lahan. | <i>Food and Agriculture Organization (FAO).</i> |
| 9. | pH tanah | Faktor pendukung kesesuaian lahan. | <i>Food and Agriculture Organization (FAO).</i> |
| 10. | Tekstur tanah | Faktor pendukung kesesuaian lahan. | <i>Food and Agriculture Organization (FAO).</i> |
| 11. | KTK tanah | Faktor pendukung kesesuaian lahan. | <i>Food and Agriculture Organization (FAO).</i> |
| 12. | C-organik tanah | Faktor pendukung kesesuaian lahan. | <i>Food and Agriculture Organization (FAO).</i> |
| 13. | Unsur hara N | Faktor pendukung kesesuaian lahan. | <i>Food and Agriculture Organization (FAO).</i> |
| 14. | Unsur hara P | Faktor pendukung kesesuaian lahan. | <i>Food and Agriculture Organization (FAO).</i> |
| 15. | Unsur hara K | Faktor pendukung kesesuaian lahan. | <i>Food and Agriculture Organization (FAO).</i> |
| 16. | Peta suhu permukaan lahan (LST) | Parameter pendukung kesehatan tanaman kelapa sawit. | Pengolahan data citra satelit landsat 8 |

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa prosedur atau tahapan sebagai berikut ini :

1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data penelitian merupakan pengadaan data yang akan digunakan dan mendukung penelitian, antara lain citra satelit sentinel-2 level 2A, citra satelit landsat 8, peta RBI Kabupaten Lampung Tengah, batas administrasi dan peta analisis kesesuaian lahan dan peta suhu permukaan lahan di Kecamatan Bekri.

2. Interpretasi Citra dan Data Pendukung

Beberapa proses dilakukan untuk mendapatkan hasil citra dan data pendukung

1). *Pre-Processing*

Sebelum dilakukan pengolahan data lebih lanjut perlu dilakukan proses koreksi radiometrik, koreksi geometrik. Citra satelit sentinel-2 level 2A yang didapatkan melalui *Google Earth Engine* (GEE) sudah terkoreksi geometrik dan radiometrik *Bottom Of Atmosphere* (BOA) reflektan sehingga dalam penelitian ini tidak diperlukan koreksi kembali.

2). Suhu Permukaan Lahan (LST)

Proses penilaian suhu permukaan membutuhkan parameter nilai daya pancar (emisivitas) dan transmisi atmosferik (Rozenstein dkk., 2014). Nilai emisivitas dapat ditentukan menggunakan metode NDVI dan klasifikasi penutupan lahan. Proporsi vegetasi (P_v) merupakan turunan dari konversi indeks vegetasi NDVI, maka harus terlebih dahulu mengonversi NDVI untuk mendapatkan nilai P_v .

Berikut merupakan rumus untuk menentukan nilai P_v :

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right) \quad (1)$$

Nilai emisivitas (ϵ) berdasarkan NDVI dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut (Alipour dkk., 2010) :

$$\epsilon = 0.004P_v + 0.986 \quad (2)$$

Setelah didapatkan nilai emisivitas, digunakan kanal termal untuk mengukur suhu permukaan pada landsat 8.

a. Mengubah jumlah *Digital Number* (DN) menjadi *Top Atmospheric Radiance* (TOA).

$$L\lambda = ML * Q_{cal} + AL \quad (3)$$

Keterangan :

$L\lambda$ = TOA *spectral radiance* (watts/(m² × srad × μm)

ML = Band-spesifik faktor perkalian rescaling dari metadata

Q_{cal} = *Digital Number* (DN)

AL = Band-aditif tertentu faktor rescaling dari metadata

Diperoleh :

$$L\lambda = 0.00003342 * \text{“Band10”} + 0.1 \text{ (untuk Radiance 10)}$$

$$L\lambda = 0.00003342 * \text{“Band11”} + 0.1 \text{ (untuk Radiance 11)}$$

b. Mengubah nilai Radiance ke Brightness Temperature.

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L_{sensor\lambda}} + 1\right)} \quad (4)$$

Keterangan:

T = Suhu permukaan radian (K)

K1 & K2 = Konstanta dari metadata

c. Perolehan suhu permukaan objek berasal dari hasil Brightness Temperature dan nilai emisivitas.

$$T = \frac{T_s}{1 + \left(\frac{\lambda T_s}{\alpha_0} + \ln(\epsilon)\right)} \quad (5)$$

Keterangan:

T_s = suhu permukaan terkoreksi

T = suhu kecerahan

λ = panjang gelombang untuk deteksi radiasi ($11,5\mu m$)

α_0 = $h c \sigma^{-1}$ (1.438×10^{-2} mK)

Perolehan data untuk α_0 merupakan kombinasi dari nilai h (konstanta Planck) = 6.626×10^{-34} J s; nilai c (light velocity) = 2.998×10^8 ms⁻¹; dan nilai σ^{-1} (konstanta Stefan Boltzman) = 1.381×10^{-23} J K⁻¹

3). Analisis Kesesuaian Lahan

Proses pengolahan data untuk analisis kesesuaian lahan komoditas tertentu diperlukan syarat tumbuh dari komoditas tersebut agar dapat diketahui lahan yang cocok untuk ditanami. Tabel 6 menunjukkan daftar syarat tanam tanaman kelapa sawit yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 6. Syarat Tanam Tanaman Kelapa Sawit

| No. | Kesesuaian Lahan | Kelas Kesesuaian Lahan | | | |
|-----|---------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------|
| | | S1 (Sangat Sesuai) | S2 (Cukup Sesuai) | S3 (Sesuai Marginal) | N (Tidak Sesuai) |
| 1. | Curah Hujan (mm) | 1700 - 3000 | 1450 - <1700 atau >3000 | 1250 - 1450 | <1250 |
| 2. | Kelerengan (%) | <8 | 8-15 | 15-30 | >30 |
| 3. | Erodibilitas (K) | Sangat Rendah | Rendah-Sedang | Berat | Sangat Berat |
| 4. | pH Tanah | 5,0-6,5 | 4,2-5,0 Atau 6,5<7,0 | >4,2 Atau >7,0 | - |
| 5. | Tekstur Tanah | Halus, Agak Halus | Sedang | Agak Kasar | Kasar |
| 6. | KTK Tanah (cmol) | >16 | 5 - 16 ≤ 20 | <5 | - |
| 7. | C-Organik (%) | >0,8 | ≤0,8 | - | - |
| 8. | Unsur Hara N (%) | Sedang | Rendah | Sangat Rendah | - |
| 9. | Unsur Hara P | Sedang | Rendah | Sangat Rendah | - |
| 10. | Unsur Hara K | Sedang | Rendah | Sangat Rendah | - |
| 11. | Suhu Permukaan Lahan (°C) | 24-28 | >28 - 31 atau 22-<24 | >31- 33 Atau 20 - 22 | >33 Atau <20 |

Sumber : Kementerian Pertanian (2016)

Syarat tanam kelapa sawit dapat diidentifikasi sebagai parameter kelas kesesuaian lahan tanaman kelapa sawit. Selanjutnya dilakukan inventarisasi data sesuai dengan parameter yang dibutuhkan dimana penyusunan dan pengolahan data di tahap ini berbeda-beda. Data yang dapat langsung diolah menjadi parameter kesesuaian lahan yaitu data curah hujan dari CHIRPS, jenis tanah, kelerengan, pH tanah, tekstur tanah, dan KTK tanah yang didapatkan dari *Food and Agriculture Organization* (FAO). Sedangkan untuk parameter suhu permukaan lahan harus diolah melalui beberapa tahap karena diambil dari citra.

Setelah semua parameter telah diolah, selanjutnya penentuan kelas kesesuaian lahan menggunakan sistem informasi geografis dengan meng-*overlay* setiap dua parameter lalu dilakukan penilaian ulang kelas kesesuaian lahan pada data hasil *overlay* dengan mengikuti matriks *reclass* menggunakan *select by attributes* dan logika *AND/OR*. Matriks *reclass* kelas kesesuaian lahan dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Matriks *Reclass* Kelas Kesesuaian Lahan

| Kelas Kesesuaian | S1 | S2 | S3 | N |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|
| S1 | S1*1 | S2*2 | S3*3 | N*4 |
| S2 | S2*2 | S2*2 | S3*3 | N*4 |
| S3 | S3*3 | S3*3 | S3*3 | N*4 |
| N | N*4 | N*4 | N*4 | N*4 |

Sumber : Brian dkk., (2015)

Pada saat *reclass* kesesuaian lahan data dari hasil *overlay*, penentuan kelas kesesuaian yang baru dari dua kelas kesesuaian yang lama didasarkan pada tingkat kesesuaiannya. Kelas yang dibentuk oleh dua kelas kesesuaian yang sama akan menghasilkan tingkat kelas yang sama. Apabila ada dua kelas kesesuaian yang berbeda, maka kelas kesesuaian yang baru adalah kelas kesesuaian yang memiliki nilai lebih rendah.

4). *Normalized Difference Moisture Indeks* (NDMI)

Proses untuk menganalisis indeks kelembaban pada suatu daerah atau lahan didapatkan dari pengolahan band 8A sebagai band *Vegetation Red Edge* dan band 11 sebagai band SWIR citra satelit sentinel-2 yaitu sebagai berikut :

$$\text{NDMI} = \frac{(\text{band } 8A - \text{band } 11)}{(\text{band } 8A + \text{band } 11)} \quad (6)$$

5). *Normalized Difference Vegetation Indeks* (NDVI)

Proses pengolahan indeks vegetasi NDVI pada citra landsat 8 dibutuhkan sebagai data pendukung suhu permukaan lahan dengan kombinasi band 5 sebagai band NIR dan band 4 sebagai band RED. Rumus yang digunakan dalam proses ini yaitu sebagai berikut :

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{band } 5 - \text{band } 4)}{(\text{band } 5 + \text{band } 4)} \quad (7)$$

Sedangkan pengolahan indeks vegetasi NDVI pada citra sentinel-2 dibutuhkan untuk pengamatan kesehatan tanaman dengan kombinasi band 8 sebagai band NIR dan band 4 sebagai band RED. Rumus yang digunakan dalam proses ini yaitu sebagai berikut :

$$NDVI = \frac{(band\ 8 - band\ 4)}{(band\ 8 + band\ 4)} \quad (8)$$

Setelah didapatkan rentang nilai NDVI dapat diketahui hubungannya dengan tingkat kesehatan tanaman berdasarkan penelitian Rahaldi dkk., (2013) dalam Pangestu dan Banowati (2023) sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hubungan Nilai NDVI dengan Kesehatan Tanaman.

| Kelas Kesehatan Tanaman | Nilai NDVI |
|--------------------------------|-------------------|
| Perairan dan Awan | -1 s.d. 0 |
| Buruk | 0,1 s.d. 0,22 |
| Normal | 0,23 s.d. 0,42 |
| Baik | 0,43 s.d. 0,92 |

3. *Ground Check* (Pengecekan Lapangan)

Ground check atau pengecekan lapangan merupakan kegiatan penilaian kualitas dari hasil interpretasi citra terhadap kondisi sebenarnya di lapangan. Pada tahap ini akan dilakukan pengambilan data secara visual di lapangan dan wawancara dengan petani ataupun penanggung jawab perkebunan terhadap proses pemeliharaan kelapa sawit yang telah dilakukan. Penilaian kualitas dari citra dan lapangan diambil dengan beberapa sampel yang mewakili objek tertentu pada suatu *polygon* dengan koordinat lokasi yang sama di lapangan.

Metode pengambilan sampel ini dilakukan secara acak (*random sampling*) pada setiap kelas kesehatan tanaman. Secara umum, total sampel minimal dapat ditentukan berdasarkan skala pemetaan yang digunakan. Perbandingan total sampel minimal dengan skala pemetaan dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Total Sampel Minimal Berdasarkan Skala Peta

| Skala | Kelas Pemetaan | Min. Plot | Total Sampel Minimal (TSM) |
|-------------|----------------|-----------|----------------------------|
| 1 : 25.000 | 5 | 30 | 50 |
| 1 : 50.000 | 3 | 20 | 30 |
| 1 : 250.000 | 2 | 10 | 20 |

Sumber : Badan Informasi Geospasial (2014)

Rumus yang digunakan untuk menentukan jumlah sampel minimal menurut Badan Informasi Geospasial (2014) adalah sebagai berikut :

$$N = \text{TSM} + \left(\frac{\text{Luas (ha)}}{1500} \right) \quad (9)$$

Keterangan :

N = Jumlah Sampel

TSM = Total Sampel Minimal

Pengecekan lapangan dilakukan dengan membuat matriks konfusi (*confusion matrix*) untuk mendapatkan nilai akurasi total (*overall accuracy*) sesuai dengan ketentuan Badan Informasi Geospasial dengan rumus sebagai berikut :

$$A = \left(\frac{\sum_{i=1}^r X_{ii}}{N} \right) \times 100\% \quad (9)$$

Keterangan :

A = Akurasi Total

X_{ii} = Matriks Diagonal

N = Jumlah sampel

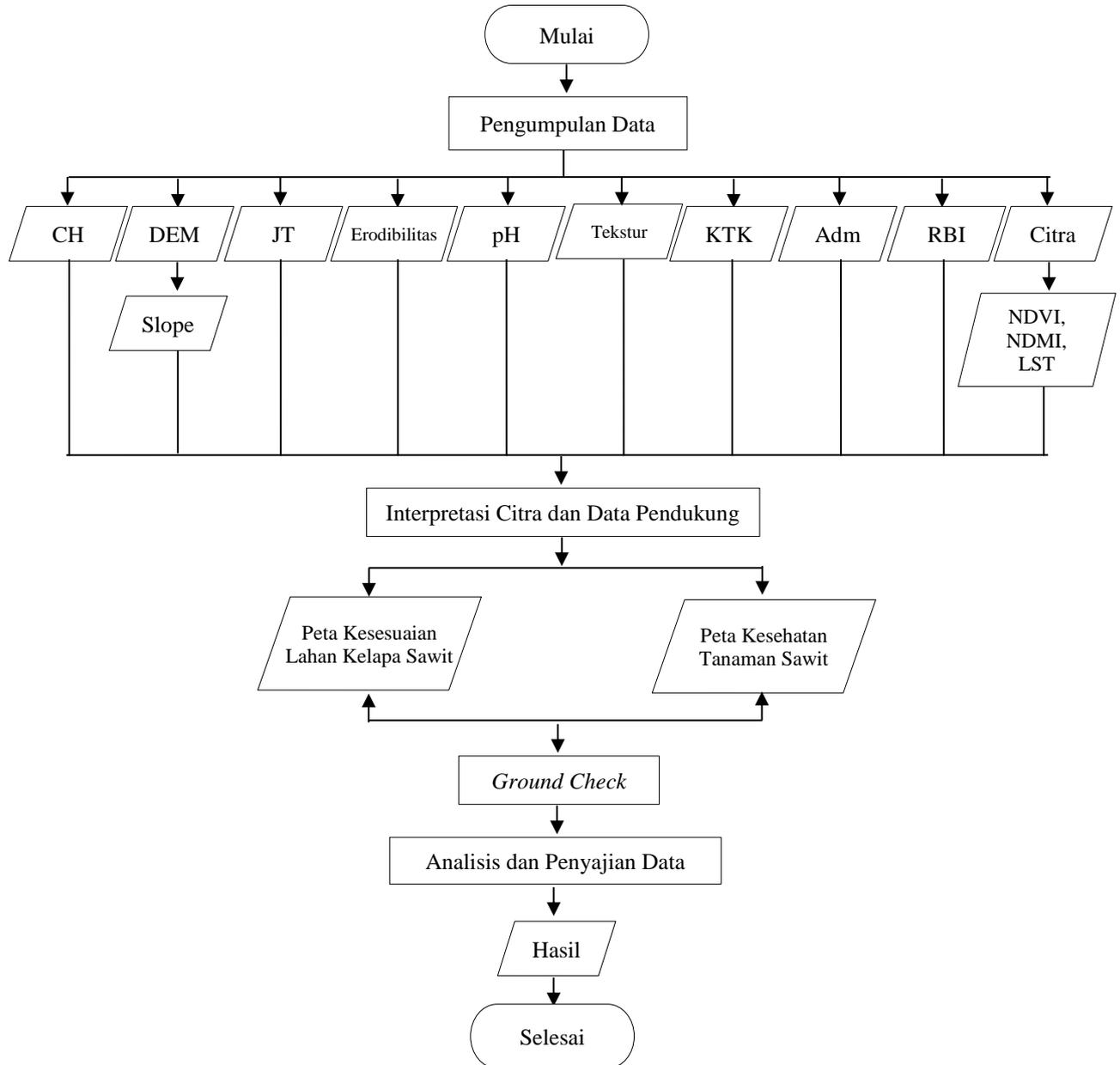
Dasar yang dipakai sebagai acuan keakurasian hasil interpretasi yakni minimal sebesar 70 % baik untuk hasil interpretasi liputan lahan (Badan Informasi Geospasial, 2014).

4. Analisis dan Penyajian data

Analisis data dilakukan untuk mendapatkan hubungan hasil dari tingkat kesehatan tanaman kelapa sawit, *ground check*, parameter kesesuaian lahan, dan informasi kegiatan pemeliharaan tanaman kelapa sawit dari petani di lapangan. Setelah dilakukan analisis, data disajikan dengan metode deskriptif kualitatif.

5. Diagram Alir Penelitian

Prosedur penelitian mulai dari pengumpulan data, interpretasi citra dan data pendukung, *ground check*, dan analisis serta interpretasi hasil digambarkan dalam diagram alir sebagai berikut :



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penilaian kesesuaian lahan kelapa sawit menggunakan syarat tanam kelapa sawit berdasarkan pedoman dari Kementerian Pertanian. Faktor pembatas yang mempengaruhi kesesuaian lahan kelapa sawit terdapat pada ketersediaan unsur hara N, P, dan K yang rendah pada tanah dengan hasil kesesuaian lahan aktual hampir seluruhnya merupakan kelas S2 (cukup sesuai) seluas 7615 Ha dan kelas S3 (sesuai marginal) seluas 218 Ha yang tersebar di beberapa titik.
2. Kesehatan kelapa sawit berdasarkan indeks kerapatan tajuk dari vegetasi (NDVI) yang dibandingkan dengan indeks kelembaban lahan (NDMI) pada perekaman waktu tahun 2019-2023 memiliki nilai yang saling berbanding lurus dan hubungan yang kuat dengan nilai R^2 sebesar 0.8426 (84,26%).
3. Analisis kesehatan tanaman kelapa sawit menggunakan indeks NDVI dari citra sentinel-2 level 2A di perkebunan kelapa sawit PTPN VII Unit Bekri menghasilkan tiga kelas kesehatan, yaitu kelas kesehatan baik seluas 3721 Ha, kelas kesehatan normal 765 Ha, dan kelas kesehatan buruk seluas 310 Ha dengan akurasi total yaitu 81,82%.

5.2 Saran

Aadapun saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pemetaan kondisi tanah dapat dimaksimalkan lagi dengan merinci setiap jenis tanah yang ada pada suatu lahan atau daerah.
2. Perlu adanya perbaikan terhadap faktor pembatas kesesuaian lahan kelapa sawit S3, sehingga dapat meningkatkan efektivitas lahan yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alipour, T., Sarajian, M., dan Esmaily, A. 2003. Land Surface Temperature Estimation From Thermal Band of Landsat Sensor. Case Study : Alashtar City. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. XXXVIII (2003). 1–6.
- Anbazhgan, S., Paramasivam, C. R. 2016. Statical Correlation between Land Surface Temperature (LST) and Vegetation Indeks (NDVI) using Multi-Temporal Landsat TM Data. *International Journal of Advanced Earth Science and Engineering*. 5.
- Andini, T. 2014. Analisis Kesesuaian Lahan untuk Tanaman Jagung Menggunakan Citra Landsat 8 OLI/TIRS dan Sistem Informasi Geografis di Kabupaten Lampung Selatan. [*Skripsi*]. Universitas Lampung.
- Arini, D., Guvil, Q., dan Wahidah, N. 2020. Land Cover Identification Using Pleiades Satellite Imagery by Comparison of NDVI and BI Method in Jatinangor, West Java. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing.
- Arini, D., Sari, M.S., Driptufany, D.W. 2022. Pemanfaatan Citra Landsat 8 untuk Mendeteksi Tingkat Kesehatan Tanaman Kelapa Sawit Menggunakan Metode Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) di Kabupaten Bengkalis Kecamatan Mandau. *El-Jughrafiyah*. 2 (2). 50-60.
- Badan Informasi Geospasial. 2014. *Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 3 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial*. Badan Informasi Geospasial. Cibinong.
- Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2016. *Petunjuk Teknis Pedoman Penilaian Kesesuaian Lahan Untuk Komoditas Pertanian Strategis Tingkat Semi Detail*. Kementerian Pertanian. Bogor.
- Brian A., Zainul A., Iwan A. 2015. Rancang Bangun Sistem Informasi Geografis Kesesuaian Lahan Tanaman Padi Gogo (*Oriza sativa L.*) Berbasis Web (Studi Kasus : Kecamatan Sukajaya, Kabupaten Bogor). *Jurnal Agribisnis*. 9(2). 123-136.

- Buana, L., Siahaan, D., dan Adiputra, S. (2006). *Budidaya kelapa sawit*. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan.
- Junges, A. H., Denise C. F., dan Cristian S. L. 2019. Relationship between the Normalized Difference Vegetation Index and Leaf Area in Vineyards. *Bragantia*. 78 (2). 297–305.
- Kawamuna, A., Andri S., dan Arwan P.W. 2017. Analisis Kesehatan Hutan Mangrove Berdasarkan Metode Klasifikasi NDVI pada Citra Sentinel-2 (Studi Kasus : Teluk Pangpang Kabupaten Banyuwangi). *Jurnal Geodesi Undip*. 6 (1). 277-284.
- Kementerian Pertanian. 2014. *Outlook Komoditi Kelapa Sawit*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Margareta, A. 2022. Distribusi Spasial Kesehatan Tanaman Kelapa Sawit di PT. Perkebunan Nusantara VII Unit Rejosari, Natar, Kabupaten Lampung Selatan Menggunakan Citra Satelit Sentinel-2 dan Citra Satelit Landsat 8. [Skripsi]. Universitas Lampung.
- Pangestu, N. H. A., dan Banowati, G. 2023. Pemetaan Kesehatan Kebun Kelapa Sawit Berdasarkan Nilai Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Menggunakan Citra Landsat-8 Di Kebun PT. Wanapotensi Guna. *Agriprima*. 7 (1). 40-49.
- Prahasta, E. 2002. *Sistem Informasi Geografis: Konsep-Konsep Dasar Informasi Geografis*. Informatika Bandung. Bandung.
- Prahasta, E. 2009. *Sistem Informasi Geografis : Konsep – Konsep Dasar (Perspektif Geodesi dan Geomatika)*. Informatika Bandung. Bandung.
- Purwadhi, F. Handayani, S. 2001. *Interpretasi Citra Digital*. Grafindo. Jakarta.
- Rachmah, Z., Michael M.R., dan Lahamendu, V. 2018. Kesesuaian Lahan Permukiman di Kawasan Kaki Gunung Sudara. *Jurnal Spasial*. 5 (1). 118-129.
- Rahaldi, P., Hapsari, H., dan Wibowo, A. 2013. Analisa Kesehatan Tanaman Padi Berdasarkan Nilai Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Menggunakan Citra Aster (Studi Kasus : Kabupaten Indramayu - Jawa Barat). *GEOID*. 8 (2). 107-117.
- Rozenstein, O., Qin, Z., Derimian, Y., dan Karnieli, A. (2014). Derivation of land surface temperature for landsat-8 TIRS using a split window algorithm. *Sensors*. Switzerland. 14(4). 5768–5780.

- Sebastian, S. H., Yuniasih, B., Putra, D. P., 2023. Pemetaan Kondisi Tanaman Kelapa Sawit di Dataran Rendah dan Bukitani Menggunakan Indeks NDVI dari Citra Satelit Sentinel. *AGROFORETECH*. 1(1). 31-42.
- Setianingrum, D. R. 2014. Analisis Kesesuaian Lahan Tambak Menggunakan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus : Kecamatan Brangsong, Kabupaten Kendal, Provinsi Jawa Tengah). [*Skripsi*]. Universitas Diponegoro.
- Simangunsong, Z. 2011. Konservasi Tanah dan Air pada Perkebunan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) PT Sari Lembah Subur, Pelalawan Riau. [*Skripsi*]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Soenarmo, S.H. 2009. *Penginderaan Jauh dan Pengenalan Sistem Informasi Geografi Untuk Bidang Ilmu Kebumihan*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Stefano, A. 2019. Pemanfaatan GIS (Geographic Information System) untuk Memonitor Kesehatan Tanaman Kelapa Sawit. *Buletin LOUPE*. 15 (2). 8-17.
- Susanto, A. dan Sudharto. 2003. Status of Ganoderma disease on oil palm in Indonesia. Third International Workshop on *Ganoderma* diseases of Perennial Crops. 24(26).
- Tjokrokusumo, S. W. (2002). Kelas Kesesuaian Lahan Sebagai Dasar Pengembangan Pertanian Ramah Lingkungan di Daerah Aliran Sungai. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 3 (20). 136-142.
- Urfiyah, U. 2019. Analisis Hubungan Normalized Difference Vegetation Indeks (NDVI) dengan Land Surface Temperature (LST) di Kota Malang Menggunakan Citra Landsat 8. [*Skripsi*]. Universitas Jember.
- Yarak, K., Witayangkurn, A., Kritiyutanont, K., Arunplod, C., dan Shibasaki, R. 2021. "Oil Palm Tree Detection and Health Classification on High-resolution Imagery Using Deep Learning." *Agriculture (Switzerland)* 11(2):1–17.
- Zhang, T., Su, J., Liu, C., dan Chen, W. H. 2017. Band Selection in Sentinel-2 Satellite for Agriculture Applications. *Proceedings of the 23rd International Conference on Automation & Computing*. University of Huddersfield. UK.