

# Perpus 6

## 21586\_ jurnal setelah sidang

 10 AGUSTUS 2026

 CEK TURNITIN

 INSTIPER

---

### Document Details

#### Submission ID

trn:oid::1:3625152967

#### Submission Date

Aug 10, 2026, 9:27 AM GMT+7

#### Download Date

Aug 10, 2026, 9:32 AM GMT+7

#### File Name

JURNAL\_AGROISTA\_TEGUH\_REV\_8\_AGUSTUS\_2026.docx

#### File Size

1.1 MB

13 Pages

4,681 Words

31,111 Characters

# 17% Overall Similarity

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

## Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text

## Top Sources

- 15%  Internet sources
- 6%  Publications
- 3%  Submitted works (Student Papers)

## Integrity Flags

### 0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

## Top Sources

- 15% Internet sources
- 6% Publications
- 3% Submitted works (Student Papers)

## Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

|    |                |                                   |     |
|----|----------------|-----------------------------------|-----|
| 1  | Internet       | jurnal.unpad.ac.id                | 3%  |
| 2  | Internet       | jptam.org                         | 2%  |
| 3  | Internet       | eprints.instiperjogja.ac.id       | <1% |
| 4  | Student papers | Universitas Muhammadiyah Makassar | <1% |
| 5  | Internet       | repository.itsi.ac.id             | <1% |
| 6  | Internet       | repository.ub.ac.id               | <1% |
| 7  | Internet       | lib.geo.ugm.ac.id                 | <1% |
| 8  | Internet       | repository.uinsu.ac.id            | <1% |
| 9  | Student papers | Universitas Negeri Yogyakarta     | <1% |
| 10 | Internet       | isd.arizona.edu                   | <1% |
| 11 | Internet       | journal.its.ac.id                 | <1% |

|    |                |                                       |     |
|----|----------------|---------------------------------------|-----|
| 12 | Internet       | jurnal.instiperjogja.ac.id            | <1% |
| 13 | Internet       | scholar.unand.ac.id                   | <1% |
| 14 | Internet       | www.handaselaras.com                  | <1% |
| 15 | Student papers | Politeknik Negeri Jember              | <1% |
| 16 | Internet       | ejurnal.itats.ac.id                   | <1% |
| 17 | Student papers | Syiah Kuala University                | <1% |
| 18 | Internet       | grosirminyakgorengkelapa.blogspot.com | <1% |
| 19 | Internet       | lmj.my.id                             | <1% |
| 20 | Internet       | nanopdf.com                           | <1% |
| 21 | Student papers | Universitas Sam Ratulangi             | <1% |
| 22 | Internet       | info-data.itenas.ac.id                | <1% |
| 23 | Internet       | jurnal.uhn.ac.id                      | <1% |
| 24 | Internet       | media.neliti.com                      | <1% |
| 25 | Internet       | worldwidescience.org                  | <1% |

|    |             |                                                                                   |     |
|----|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 26 | Internet    | www.scribd.com                                                                    | <1% |
| 27 | Publication | Wina Novriani Ni Made, Yudhaningsih Ni Made, Gede Supraptha I Nyoman. "Peng...    | <1% |
| 28 | Internet    | eprints.ums.ac.id                                                                 | <1% |
| 29 | Internet    | journals.guilan.ac.ir                                                             | <1% |
| 30 | Internet    | koreascience.kr                                                                   | <1% |
| 31 | Internet    | repository.unpad.ac.id                                                            | <1% |
| 32 | Internet    | talenta.usu.ac.id                                                                 | <1% |
| 33 | Internet    | www.scielo.br                                                                     | <1% |
| 34 | Publication | Adithya Kresna Sumaamijaya, Auliya Dewi Ayu Pujaretna, Farhan Fahrezi Hariri, ... | <1% |
| 35 | Publication | Rahmat Sobirin Harahap, Ridwan Ridwan, Sasongko Aji Wibowo, Sandi Asmara. "...    | <1% |
| 36 | Internet    | garuda.kemdikbud.go.id                                                            | <1% |
| 37 | Internet    | id.scribd.com                                                                     | <1% |
| 38 | Internet    | journal.student.uny.ac.id                                                         | <1% |
| 39 | Internet    | repository.ump.ac.id                                                              | <1% |

|    |             |                                                                                     |     |
|----|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 40 | Publication | Rosa Bela Yurianda, Dwi Setyawan, Warsito Warsito. "Metode Klasifikasi Normaliz...  | <1% |
| 41 | Publication | Albino da Silva Barbosa, Adalfredo do Rosario Ferreira, José Ronaldo Oqui Ronald... | <1% |
| 42 | Publication | Zaqlul Iqbal, Sam Herodian, Slamet Widodo. "EVALUASI NON-DESTRUSTIF KANDU...        | <1% |
| 43 | Internet    | journal.umgo.ac.id                                                                  | <1% |
| 44 | Internet    | www.infosawit.com                                                                   | <1% |



Journal Agroista. Vol. xxxx, No. xx, XXXXXXXX 2022

Journal home page: <https://jurnal.instiperjogja.ac.id/index.php/AGI>

## PEMETAAN KESEHATAN KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN NDVI PADA CITRA SENTINEL 2

Teguh Pribadi M.<sup>1\*</sup>, Betti Yuniasih<sup>2</sup>, Muhamad Fajar Sidiq<sup>3</sup>

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian INSTIPER Yogyakarta

\*E-mail penulis : [betti@instiperjogja.ac.id](mailto:betti@instiperjogja.ac.id)

### ABSTRACT

The utilization of satellite imagery in plantation management has become increasingly important to support efficient and large-scale monitoring of crop conditions, particularly in oil palm plantations. One widely used approach is the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), which is calculated from the ratio of red and near-infrared reflectance to describe vegetation greenness and health conditions. This study aimed to identify the spatial distribution of oil palm health conditions and analyze the relationship between NDVI values and crop productivity at Serbangan Estate, PT. Bakrie Sumatera Plantations. The research method involved processing Sentinel-2 satellite imagery to obtain NDVI values, which were then classified into vegetation density and plant health categories. Linear regression analysis was also conducted to determine the relationship between NDVI values and production parameters, including bunch number, production achievement, and crop productivity. The data were quantitatively analyzed by integrating satellite imagery and field observation data. The results showed that NDVI values ranged from 0.016 to 0.678, indicating generally good vegetation conditions dominated by dense and healthy plants. High vegetation density accounted for 87.30% of the study area, while moderate and low densities accounted for 10.20% and 2.50%, respectively. Similarly, healthy vegetation conditions dominated 87.30% of the area, followed by moderate conditions at 12.30% and poor conditions at only 0.40%. Regression analysis revealed weak relationships between NDVI values and both production and plant age parameters, with low coefficients of determination of 0.047 and 0.102, respectively. In conclusion, NDVI is effective for spatial mapping of oil palm vegetation density and health conditions, but it cannot serve as the primary indicator of crop productivity because productivity is influenced by various agronomic, management, and environmental factors.

**Keywords:** NDVI, oil palm, satellite imagery, vegetation health, productivity analysis

### PENDAHULUAN

Provinsi Sumatera Utara merupakan salah satu sentra produksi kelapa sawit terbesar di Indonesia, dengan sektor perkebunan yang berperan penting dalam perekonomian daerah maupun nasional. Salah satu perusahaan perkebunan kelapa sawit yang beroperasi di provinsi ini adalah PT. Bakrie Sumatera Plantations. Berdasarkan Laporan Tahunan PT. Bakrie Sumatera Plantations tahun 2025, perusahaan memiliki luas areal tertanam kelapa sawit sebesar 54.828 ha. Kinerja produksi perusahaan menunjukkan tren yang positif, dengan peningkatan produksi sebesar 5,23% pada tahun 2024 dibandingkan tahun 2023, kemudian kembali meningkat sebesar 4,46% pada tahun 2025 dibandingkan tahun 2024. Meskipun demikian, produktivitas kelapa sawit tetap dipengaruhi oleh berbagai faktor, terutama kondisi

kesehatan tanaman, sehingga pemantauan kondisi tanaman secara cepat, akurat, dan berkelanjutan menjadi penting untuk mendukung pengelolaan perkebunan yang efektif.

Pemasalahan yang ditemukan dalam industri kelapa sawit Indonesia cukup kompleks sehingga menyebabkan rendahnya produktivitas perkebunan kelapa sawit, seperti yang terjadi di PT. Bakrie Sumatera Plantations. Salah satu faktor penurunan produktivitas perkebunan kelapa sawit disebabkan oleh masalah kesehatan kelapa sawit yang terkena serangan hama dan penyakit. Untuk memperbaiki perkebunan kelapa sawit dari serangan hama dan penyakit dapat dilakukan dengan penyemprotan insektisida pada tanaman kelapa sawit. Perkebunan kelapa sawit umumnya memiliki luas lahan yang sangat besar, sehingga metode penyemprotan insektisida secara manual menjadi kurang efektif untuk diterapkan. Oleh karena itu, proses penyemprotan insektisida biasanya dilakukan menggunakan mesin penyemprot udara. Dalam pelaksanaannya, diperlukan identifikasi kesehatan tanaman kelapa sawit agar dapat diketahui area yang benar-benar membutuhkan penyemprotan insektisida. Untuk tujuan tersebut, teknologi penginderaan jauh dapat dimanfaatkan dalam proses pemantauan kesehatan tanaman kelapa sawit.

Teknologi penginderaan jauh melalui pengolahan data citra satelit memungkinkan pemantauan kesehatan tanaman kelapa sawit secara cepat, luas, tepat, mudah, dan efisien dengan menyediakan informasi spasial permukaan bumi (Liu *et al.*, 2003). Pengolahan data citra satelit untuk pemantauan kesehatan tanaman dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya adalah *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI).

Penelitian Kawamuna *et al.* (2017) mengenai analisis kesehatan hutan mangrove menggunakan metode klasifikasi NDVI pada citra Sentinel-2 menunjukkan bahwa tingkat kesehatan tanaman dapat dianalisis berdasarkan nilai kerapatan vegetasi. Penelitian tersebut menghasilkan nilai overall accuracy sebesar 0,99, sehingga memenuhi standar akurasi yang baik. Selain itu, Pangestu & Banowati (2023) melakukan penelitian pemetaan kesehatan kebun kelapa sawit menggunakan indeks vegetasi NDVI dari citra Landsat-8 Level-2 untuk menilai tingkat kesehatan tanaman kelapa sawit.

Penelitian ini memanfaatkan Citra Satelit Sentinel-2 dengan menggunakan metode NDVI. Indeks NDVI merupakan salah satu bentuk indeks vegetasi yang sering digunakan untuk mengevaluasi dan memonitor kondisi tanaman. Metode ini memanfaatkan indikator tingkat kepadatan, kerapatan hingga tingkat kehijauan suatu objek. Tingkat kehijauan vegetasi menunjukkan kapasitas fotosintesis dari vegetasi yang menutupi permukaan tanah yang memengaruhi indikator ini. Nilai indeks NDVI tersebut dapat digunakan untuk mengetahui kondisi kerapatan dan kesehatan tanaman kelapa sawit. Adapun maksud dari penelitian dengan memanfaatkan teknologi pengindraan jauh ini agar dapat mengetahui sebaran tingkat kesehatan tanaman kelapa sawit di PT. Bakrie Sumatera Plantations.

Beberapa penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa NDVI berbasis citra Sentinel-2 efektif digunakan untuk memetakan kondisi kesehatan tanaman kelapa sawit. NDVI mampu mengklasifikasikan tingkat kesehatan tanaman dan menggambarkan distribusi spasial kondisi vegetasi di perkebunan kelapa sawit PTPN VIII Cikasungka, Bogor. Pangestu & Banowati (2023) memanfaatkan citra Sentinel-2A untuk mengestimasi produktivitas kelapa sawit menggunakan algoritma NDVI dan ARVI, serta menunjukkan bahwa indeks vegetasi dapat digunakan untuk membangun model estimasi produktivitas tanaman. Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut lebih berfokus pada pemetaan kesehatan tanaman atau pemodelan estimasi produktivitas, sehingga kajian yang mengintegrasikan analisis spasial kesehatan tanaman berdasarkan NDVI dengan pengujian hubungan NDVI terhadap parameter produktivitas aktual, seperti jumlah tandan, pencapaian produksi, produktivitas, dan umur tanaman pada tingkat blok kebun, masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut melalui pemetaan kesehatan tanaman kelapa sawit menggunakan citra Sentinel-2 serta analisis hubungan nilai NDVI dengan parameter produktivitas di Serbangan Estate, PT. Bakrie Sumatera Plantations.

Pemantauan kesehatan tanaman kelapa sawit secara berkala menjadi aspek penting dalam mendukung pengelolaan perkebunan yang berkelanjutan. Metode survei lapangan konvensional umumnya memerlukan waktu, biaya, dan tenaga yang besar, terutama pada

perkebunan dengan luasan yang mencapai ribuan hektare. Perkembangan teknologi penginderaan jauh, khususnya pemanfaatan citra satelit Sentinel-2 yang memiliki resolusi spasial 10 m dan resolusi temporal yang tinggi, memberikan alternatif yang lebih efisien untuk memantau kondisi vegetasi secara cepat dan berkelanjutan (Drusch *et al.*, 2012). Salah satu indeks vegetasi yang paling banyak digunakan adalah NDVI karena mampu menggambarkan tingkat kehijauan vegetasi, kerapatan tajuk, serta kondisi kesehatan tanaman berdasarkan karakteristik reflektansi spektral pada kanal merah dan inframerah dekat (Rouse *et al.*, 1974). Oleh karena itu, pemanfaatan NDVI berbasis citra Sentinel-2 menjadi pendekatan yang semakin banyak diterapkan dalam mendukung pengambilan keputusan pengelolaan perkebunan secara presisi.

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi distribusi spasial kesehatan tanaman kelapa sawit PT. Bakrie Sumatera Plantation menggunakan algoritma NDVI pada citra satelit Sentinel-2, serta menganalisis perbandingan hasil analisis NDVI terhadap data produksi tanaman kelapa sawit PT. Bakrie Sumatera Plantations.

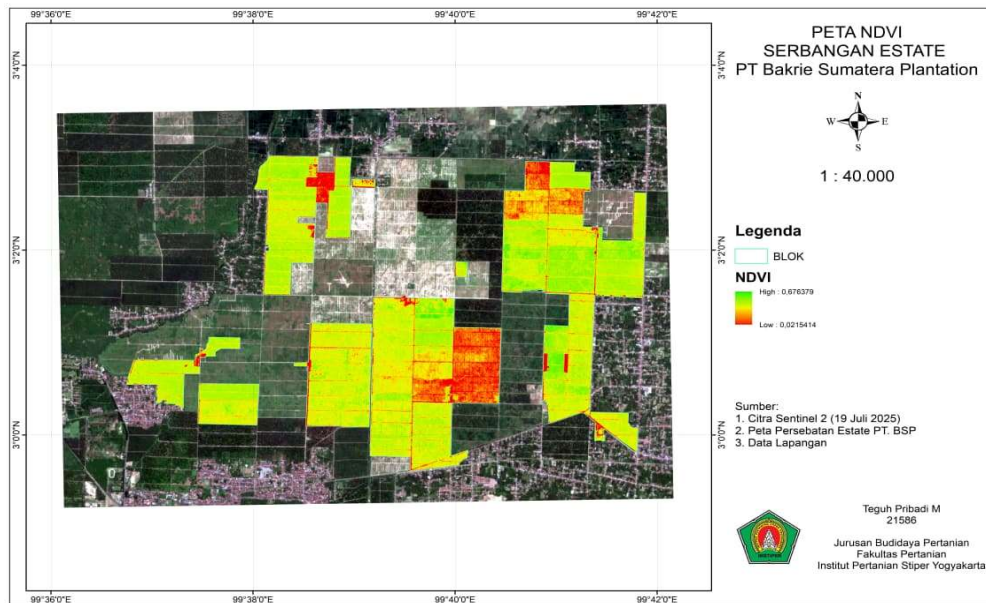
### METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di area perkebunan PT. Bakrie Sumatera Plantations, Kabupaten Asahan, Sumatera Utara, pada Februari 2025. Data yang digunakan meliputi basemap area perkebunan, Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:25.000, citra satelit Sentinel-2A yang direkam pada 19 Juli 2025, serta data produksi kelapa sawit tahun 2025. Tahapan penelitian diawali dengan identifikasi masalah, perumusan tujuan, studi literatur, dan pengumpulan data sebagai dasar analisis penginderaan jauh (Campbell & Wynne, 2011). Pengolahan data dilakukan melalui tahap *pre-processing* dan *processing*. Tahap *pre-processing* meliputi penyaringan (*filtering*) untuk mengurangi pengaruh *noise* dan tutupan awan, koreksi geometrik menggunakan metode *image-to-map* dengan titik *Ground Control Point* (GCP), serta pemotongan (*clipping*) citra sesuai batas wilayah penelitian agar memiliki kesesuaian posisi spasial (Jensen, 2007). Selanjutnya, tahap *processing* dilakukan dengan menghitung Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) menggunakan kanal merah (*Band 4*) dan inframerah dekat (*Band 8*) pada citra Sentinel-2A berdasarkan persamaan  $NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$ , sebagaimana diperkenalkan oleh Rouse *et al.* (1974). Nilai NDVI kemudian diklasifikasikan untuk menggambarkan tingkat kerapatan vegetasi dan kesehatan tanaman (Tucker, 1979). Validasi hasil interpretasi dilakukan melalui uji ketelitian menggunakan *confusion matrix* dengan standar akurasi minimum 85% sesuai ketentuan Badan Informasi Geospasial. Selanjutnya, dilakukan analisis regresi linier sederhana untuk mengevaluasi hubungan antara nilai NDVI dengan parameter produksi kelapa sawit, meliputi jumlah tandan, pencapaian produksi, produktivitas, dan umur tanaman. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana nilai NDVI dapat merepresentasikan kondisi kesehatan tanaman dan hubungannya dengan produktivitas, sehingga memberikan informasi yang lebih komprehensif dalam mendukung pengelolaan perkebunan berbasis data spasial (Montgomery *et al.*, 2021).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Peta NDVI

Peta NDVI digunakan untuk menggambarkan distribusi spasial tingkat kehijauan vegetasi berdasarkan karakteristik reflektansi spektral pada kanal merah (*red*) dan inframerah dekat (*near infrared*). Nilai NDVI berkisar antara -1 hingga +1, di mana nilai yang semakin tinggi menunjukkan kondisi vegetasi yang semakin rapat, sehat, dan aktif melakukan fotosintesis (Rouse *et al.*, 1974). Pada penelitian ini, peta NDVI dihasilkan dari pengolahan citra Sentinel-2A untuk mengidentifikasi tingkat kesehatan tanaman kelapa sawit di Serbangan Estate, PT. Bakrie Sumatera Plantations. Hasil pemetaan ini menjadi dasar dalam menganalisis kondisi vegetasi serta hubungan antara kesehatan tanaman dan parameter produktivitas kelapa sawit.

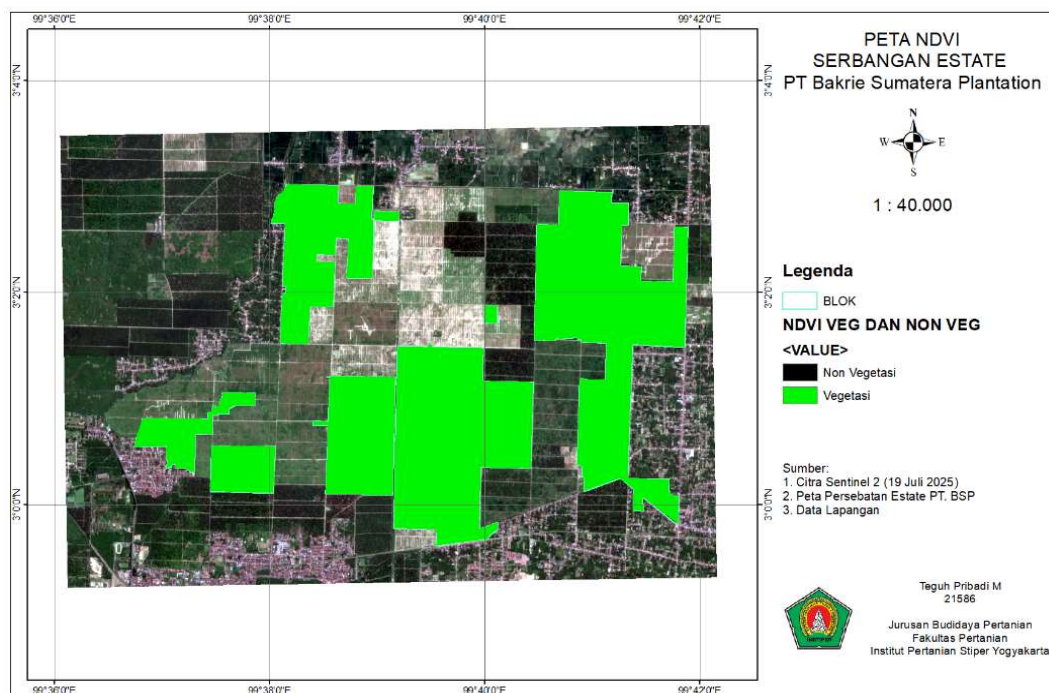


Gambar 1. Peta NDVI

Peta NDVI pada Gambar 1 menampilkan sebaran tingkat kehijauan vegetasi di area Serbangan Estate PT Bakrie Sumatera Plantation dengan skala 1:40.000. Nilai NDVI pada peta ini berkisar antara 0,016 hingga 0,678 yang divisualisasikan dalam gradasi warna dari merah (nilai rendah) hingga hijau (nilai tinggi). Warna hijau menunjukkan area dengan kepadatan dan kondisi vegetasi yang relatif baik, sedangkan warna kuning hingga merah mengindikasikan vegetasi yang kurang rapat, mengalami stres, atau memiliki tutupan lahan yang rendah. Sebaran spasial menunjukkan bahwa sebagian besar blok berada pada kategori NDVI sedang hingga tinggi, meskipun terdapat beberapa petak yang memperlihatkan nilai rendah yang tersebar di bagian tengah dan timur area. Interpretasi ini sejalan dengan konsep yang menyatakan bahwa NDVI merupakan indikator penting untuk memantau kondisi dan kepadatan vegetasi berbasis citra satelit (Zhao & Qu, 2024).

Secara umum, variasi nilai NDVI pada peta ini menggambarkan adanya heterogenitas kondisi pertumbuhan tanaman di dalam blok perkebunan. Area dengan nilai NDVI tinggi mengindikasikan tanaman dalam kondisi sehat dengan aktivitas fotosintesis yang optimal, sementara area dengan nilai rendah dapat dipengaruhi oleh faktor seperti umur tanaman, kondisi tanah, pengelolaan lahan, atau kemungkinan gangguan lingkungan. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa NDVI memiliki sensitivitas tinggi terhadap perubahan kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan aktivitas manusia, sehingga dapat digunakan untuk mendeteksi stres vegetasi dan dinamika pertumbuhan tanaman (Rahimi *et al.*, 2025) (Lu *et al.*, 2025). Informasi ini menjadi dasar penting dalam evaluasi kondisi vegetasi dan dapat digunakan sebagai acuan untuk analisis lanjutan terkait produktivitas maupun pengelolaan kebun secara lebih presisi.

## Identifikasi Objek Vegetasi dan Non Vegetasi Berdasarkan Indeks NDVI



Gambar 2. Peta Identifikasi Objek Vegetasi dan Non Vegetasi

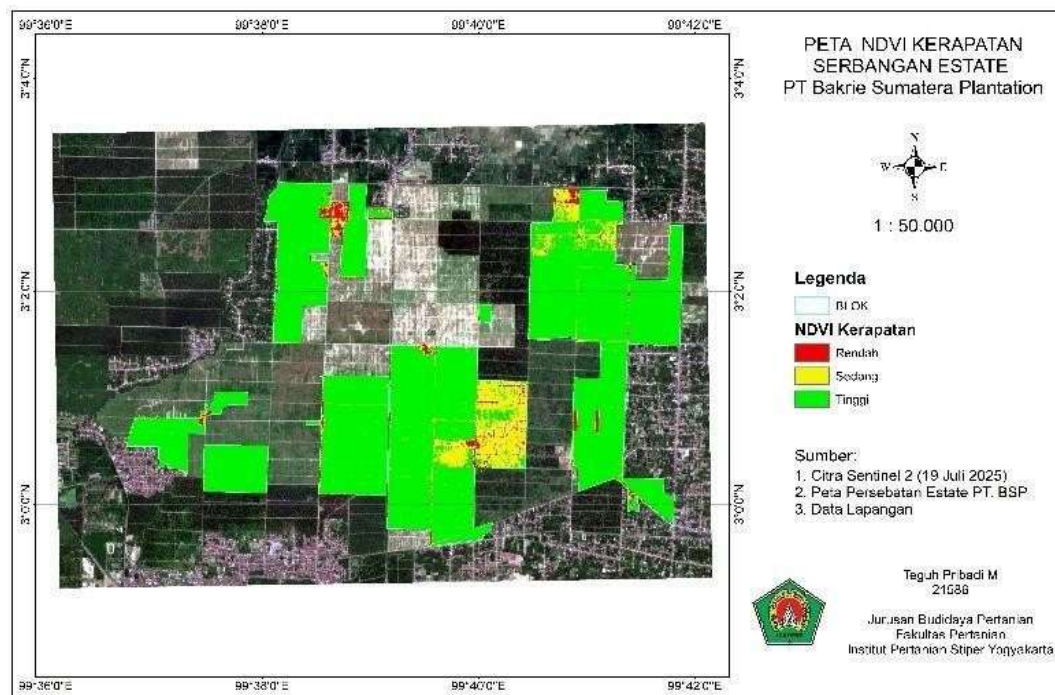
Tabel 1. Klasifikasi Objek Vegetasi dan Nonvegetasi

| Rentang NDVI | Objek        | Luas (Ha) | Persentase (%) |
|--------------|--------------|-----------|----------------|
| -1 s/d 0     | Non Vegetasi | 0,01      | 0,02           |
| 0 s/d 1      | Vegetasi     | 2077,72   | 99,00          |

Berdasarkan hasil pemrosesan indeks NDVI menggunakan data satelit Sentinel 2 di area perkebunan kelapa sawit PT. Bakrie Sumatera Plantations, Serbanga Estate pada tanggal 19 Juli, diperoleh sebaran angka antara 0 hingga 1. Melalui proses klasifikasi objek, ditemukan bahwa kategori non-vegetasi menempati spektrum nilai NDVI dari -1 sampai 0, sementara kategori vegetasi berada pada spektrum angka 0 hingga 1. Visualisasi spasial berupa peta NDVI untuk wilayah kajian disajikan pada Gambar 3, sedangkan peta klasifikasi yang memisahkan antara objek vegetasi dan non-vegetasi ditunjukkan melalui Gambar 2. Merujuk pada visualisasi di Gambar 2, teridentifikasi bahwa zona permukiman, yang dikategorikan sebagai area non-vegetasi, ternyata mencakup wilayah dengan tingkat kerapatan yang rendah. Di kawasan permukiman tersebut, selain digunakan untuk bangunan rumah, juga dijumpai lahan Tanaman Belum Menghasilkan (TBM) serta ruang terbuka bervegetasi rumput yang tidak dibudidayakan untuk komoditas kelapa sawit.

### Kerapatan tanaman berdasarkan indeks NDVI

Peta NDVI kebun kelapa sawit yang diperoleh kemudian direklasifikasi berdasarkan kelas kerapatan tanaman kelapa sawit di dalam blok kebun.



Gambar 3. Peta Tingkat Kerapatan Tanaman Kelapa Sawit Serbangan Estate PT. Bakrie Sumatera Plantations

Tabel 2. Klasifikasi kerapatan tanaman berdasarkan indeks NDVI

| Kerapatan Tanaman | Nilai NDVI  | Luas(Ha) | Persentase % |
|-------------------|-------------|----------|--------------|
| Rendah            | <0,32       | 51,84    | 2,50         |
| Sedang            | 0,32 - 0,42 | 212,02   | 10,20        |
| Tinggi            | 0,42 – 1,00 | 1813,87  | 87,30        |

Berdasarkan Tabel 2, kerapatan tanaman di wilayah penelitian didominasi oleh kategori kerapatan tinggi dengan luas 1.813,87 Ha atau sebesar 87,30% dari total wilayah. Kategori kerapatan sedang mencakup 212,02 Ha (10,20%), sedangkan kerapatan rendah hanya seluas 51,84 Ha (2,50%). Data ini menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah penelitian memiliki tutupan vegetasi yang relatif rapat.

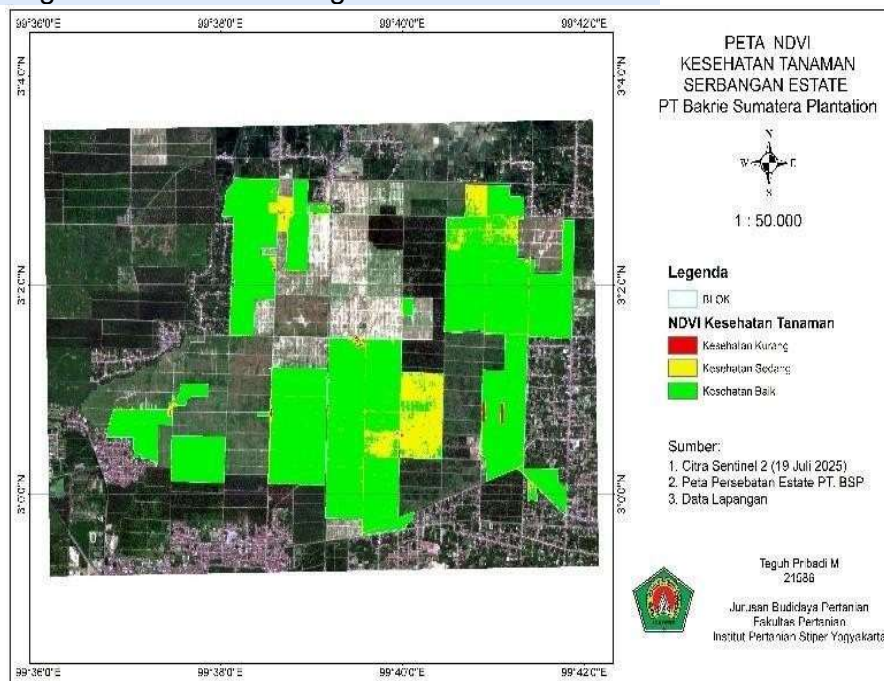
Klasifikasi kerapatan tanaman berdasarkan nilai NDVI menunjukkan tingkat kepadatan dan kesehatan vegetasi di suatu wilayah. Berdasarkan pengecekan di lapangan, kerapatan rendah ( $NDVI < 0,32$ ) merupakan area dengan vegetasi jarang atau minim seperti lahan terbuka atau permukiman. kerapatan sedang ( $NDVI 0,32-0,42$ ) merupakan area dengan vegetasi menengah seperti kebun campuran atau tanaman yang sedang tumbuh, sedangkan kerapatan tinggi ( $NDVI 0,42-1,00$ ) merupakan area dengan vegetasi yang lebat, sehat, dan rapat seperti hutan atau perkebunan intensif, sehingga semakin tinggi nilai NDVI maka semakin baik kondisi dan kerapatan vegetasi di wilayah tersebut.

Semakin rapat dan sehat vegetasi maka semakin tinggi nilai *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh karakteristik spektral tanaman, yaitu rendahnya reflektansi pada band merah (*red band*) dan tingginya reflektansi pada band inframerah dekat (*Near Infrared/NIR*) (Rouse *et al.*, 1974). Rendahnya reflektansi pada band merah menunjukkan bahwa radiasi matahari dengan panjang gelombang 0,650–0,680  $\mu m$  banyak diserap oleh klorofil untuk proses fotosintesis. Sebaliknya, tingginya reflektansi pada band NIR terjadi karena struktur internal daun memantulkan radiasi inframerah dekat dalam jumlah besar.

Dengan demikian, nilai NDVI yang tinggi mengindikasikan kondisi vegetasi yang lebih rapat dan sehat, sedangkan nilai NDVI yang rendah menunjukkan vegetasi jarang, lahan terbuka, atau objek nonvegetasi (Darmawan et al, 2020).

#### Analisis Kesehatan Tanaman Berdasarkan Indeks NDVI

Hasil dari analisis nilai NDVI Serbangan Estate PT. Bakrie Sumatera Plantations juga akan di lakukan pengklasifikasian kelas tingkat kesehatan tanaman.



Gambar 4. Peta Kesehatan Tanaman Serbangan Estate PT. Bakrie Sumatera Plantations

**Tabel 3. Klasifikasi Tingkat Kesehatan Tanaman Serbangan Estate PT. Bakrie Sumatera Plantations**

| Keterangan       | Nilai NDVI  | Luas (Ha) | Persentase % |
|------------------|-------------|-----------|--------------|
| Kesehatan Kurang | 0,16 - 0,23 | 8,23      | 0,40         |
| Kesehatan Sedang | 0,23 - 0,42 | 255,63    | 12,30        |
| Kesehatan Baik   | 0,42 - 0,92 | 1813,87   | 87,30        |

Kesehatan tanaman kategori kurang (NDVI 0,16–0,23) umumnya berada pada area dengan vegetasi yang jarang atau belum berkembang optimal, seperti areal TBM (Tanaman Belum Menghasilkan) pada fase awal, di mana kanopi atau tajuk belum bertautan dan masih banyak area terbuka yang menyebabkan nilai NDVI rendah, serta bisa juga dipengaruhi oleh kondisi tanaman yang stres, kekurangan unsur hara, atau gangguan lingkungan. Kategori kesehatan sedang (NDVI 0,23–0,42) biasanya terdapat pada area peralihan, seperti TBM yang sudah mulai tumbuh atau sebagian areal TM (Tanaman Menghasilkan) yang kerapatannya belum merata, sehingga kanopi belum sepenuhnya menutup dan nilai kehijauan masih berada pada tingkat menengah. Sementara itu, kesehatan baik (NDVI 0,42–0,92) dominan berada pada areal TM dengan tanaman yang sudah dewasa, kanopi telah menutup rapat, dan kondisi vegetasi relatif sehat serta optimal dalam menyerap cahaya, sehingga menghasilkan nilai NDVI yang tinggi.

Dalam pengklasifikasian tingkat kesehatan tanaman, rentang nilai NDVI 0,16–0,23 dikategorikan sebagai tanaman kurang sehat, rentang 0,23–0,42 sebagai tanaman dengan kesehatan sedang, dan rentang 0,42–0,58 dengan kesehatan baik. Semakin tinggi nilai NDVI, semakin tinggi pula tingkat kehijauan dan aktivitas fotosintesis tanaman, yang mencerminkan

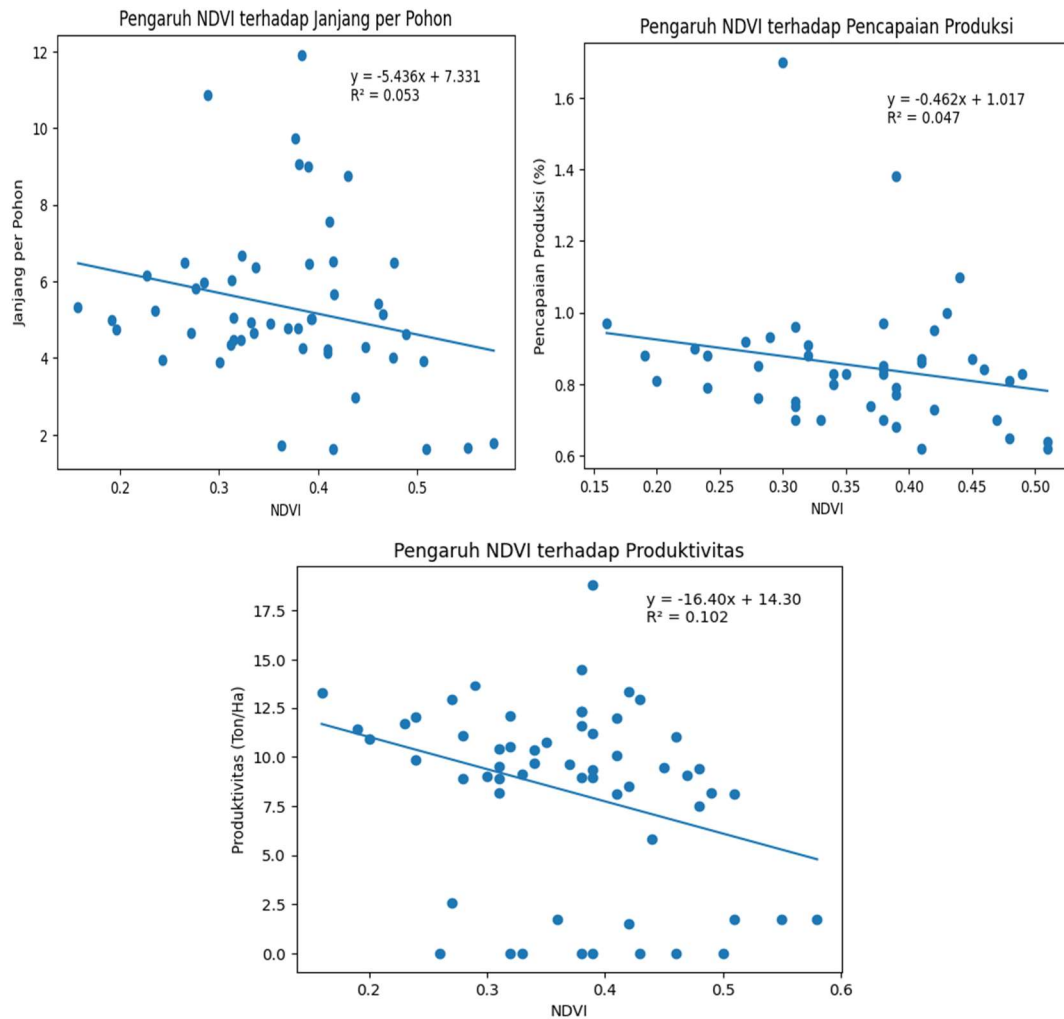
kondisi fisiologis tanaman yang lebih baik.

Pada peta hasil klasifikasi, kategori kesehatan baik ditampilkan dengan warna hijau, kategori sedang dengan warna kuning, dan kategori kurang sehat dengan warna merah. Dominasi warna hijau pada peta menunjukkan bahwa sebagian besar tanaman di Serbangan Estate memiliki kerapatan tajuk dan kandungan klorofil yang tinggi, sehingga mampu menyerap radiasi pada spektrum merah secara optimal dan memantulkan spektrum inframerah dekat dalam jumlah besar. Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi pertumbuhan tanaman di lokasi penelitian tergolong baik dan relatif merata.

### **Produktivitas Tanaman Kelapa Sawit**

Berdasarkan hasil survei lapangan di Serbangan Estate PT. Bakrie Sumatera Plantations, terdapat dua status tanaman kelapa sawit, yaitu tanaman menghasilkan dan tanaman belum menghasilkan. Estimasi produktivitas tanaman dianalisis berdasarkan tingkat kesehatan tanaman yang diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu kurang sehat, sedang, dan baik. Hasil validasi menunjukkan bahwa tingginya nilai NDVI dipengaruhi oleh pola tanam segitiga sama sisi dengan jarak tanam  $9\text{ m} \times 9\text{ m} \times 9\text{ m}$  yang menghasilkan kerapatan sekitar 143 pohon/hektar (Pahan, 2015). Pola tanam ini mampu mengoptimalkan pemanfaatan lahan, pemerataan cahaya matahari untuk fotosintesis, serta mengurangi evaporasi air tanah (Corley & Tinker, 2016). Kondisi tanaman yang rapat menghasilkan nilai NDVI tinggi karena reflektansi gelombang merah rendah dan reflektansi inframerah dekat tinggi, yang menunjukkan tingginya aktivitas fotosintesis tanaman (Darmawan et al, 2020).

Hasil analisis NDVI dari citra Sentinel-2 menunjukkan rentang nilai 0,16–0,58 dengan klasifikasi kesehatan tanaman menjadi kurang sehat (0,16–0,23), sedang (0,23–0,42), dan baik (0,42–0,58). Tingkat kesehatan tanaman didominasi kategori sedang sebesar 62,71%, diikuti kategori baik sebesar 30,50%, dan kategori kurang sehat sebesar 6,77%. Tingginya nilai NDVI pada area perkebunan dipengaruhi oleh dominasi tanaman berumur lebih dari enam tahun yang telah menghasilkan dan memiliki kanopi rapat sehingga menutupi permukaan tanah. Sebaliknya, area dengan tingkat kehijauan lebih rendah umumnya terdiri atas tanaman belum menghasilkan, tanaman muda, kawasan perumahan, dan kantor. Berdasarkan survei lapangan, tanaman dengan kesehatan baik tidak menunjukkan gejala serangan hama, penyakit, maupun defisiensi hara. Sementara itu, kategori kesehatan sedang dipengaruhi oleh serangan antraknosa, ulat api, serta defisiensi Magnesium (Mg) dan Nitrogen (N) yang menyebabkan klorosis, pertumbuhan terhambat, dan penurunan produksi tandan buah segar. Adapun kategori kurang sehat umumnya ditemukan pada area tanaman mati, tanaman belum menghasilkan, serta kawasan nonvegetasi seperti perumahan dan kantor.



Gambar 5, 6, 7. Pengaruh NDVI terhadap Jumlah Per Pohon, Pencapaian Produksi, dan Produktivitas

Berdasarkan Grafik 5 regresi linear yang disajikan, hubungan antara NDVI dan jumlah panjang per pohon menunjukkan persamaan regresi  $y = -5.436x + 7.331$  dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,053. Secara visual, garis tren menunjukkan arah negatif, namun nilai  $R^2$  yang sangat rendah tersebut mengindikasikan bahwa variasi nilai NDVI hanya mampu menjelaskan sekitar 5,3% dari variasi produktivitas tanaman. Rendahnya korelasi ini menegaskan bahwa NDVI bukanlah variabel tunggal yang menentukan tinggi rendahnya jumlah panjang, melainkan terdapat fluktuasi data yang cukup lebar (distribusi acak) pada rentang nilai NDVI tertentu.

Ketidakmampuan NDVI dalam memprediksi hasil secara akurat menunjukkan bahwa hubungan antara indeks vegetasi dan produktivitas dipengaruhi secara signifikan oleh variabel-variabel eksternal lainnya. Sebagaimana dijelaskan dalam lima grafik pendukung lainnya, faktor-faktor seperti karakteristik kimia tanah, manajemen pemupukan, serta ketersediaan hara makro dan mikro memainkan peran krusial dalam pembentukan buah.

Menurut Pahan (2015), produktivitas kelapa sawit merupakan hasil interaksi kompleks antara potensi genetik, kondisi lingkungan, dan efektivitas serapan nutrisi oleh tanaman, sehingga hijau daun (vegetasi) tidak selalu berkorelasi linier dengan hasil panen. Oleh karena itu, fenomena yang terlihat pada grafik tidak dapat diartikan secara sederhana bahwa peningkatan nilai NDVI akan langsung menurunkan jumlah panjang per pohon. Sebaliknya, pola ini mengindikasikan adanya pengaruh faktor pembatas lainnya yang lebih dominan

dalam menentukan produktivitas pada lokasi penelitian tersebut. Misalnya, nilai NDVI yang tinggi mencerminkan kerapatan kanopi yang baik, namun jika tidak dibarengi dengan rasio hara yang seimbang atau pengendalian hama yang tepat, maka energi fotosintesis lebih banyak dialokasikan untuk pertumbuhan vegetatif dibandingkan generatif.

Sebagai kesimpulan, interpretasi terhadap model regresi ini harus dilakukan secara komprehensif dengan mempertimbangkan parameter fisik dan kimiawi yang telah dianalisis sebelumnya. Variabilitas janjang per pohon yang tersebar luas pada grafik ini memperkuat argumen bahwa faktor lingkungan setempat, seperti tingkat kesuburan tanah atau aplikasi pupuk organik, memiliki pengaruh yang lebih kuat dibandingkan sekadar indeks kehijauan tajuk. Pemantauan vegetasi melalui penginderaan jauh harus dikalibrasi dengan data lapangan yang mencakup aspek agronomis secara menyeluruh untuk mendapatkan estimasi produksi yang valid.

Berdasarkan hasil analisis regresi pada Grafik 6, diperoleh persamaan  $y = -0,462x + 1,017$  dengan nilai koefisien determinasi  $R^2 = 0,047$ . Arah hubungan yang cenderung negatif menunjukkan adanya kecenderungan penurunan, namun hubungan tersebut sangat lemah karena nilai  $R^2$  yang mendekati nol. Hal ini mengindikasikan bahwa NDVI hanya mampu menjelaskan sekitar 4,7% variasi pencapaian produksi, sehingga sebagian besar variasi produksi dipengaruhi oleh faktor lain di luar NDVI (Jensen, 2007). Sebaran titik pada grafik yang tidak membentuk pola linear yang kuat menunjukkan bahwa hubungan antara NDVI dan produktivitas tidak bersifat langsung. NDVI memang merepresentasikan tingkat kehijauan, kerapatan, dan aktivitas fotosintesis vegetasi, namun tidak secara spesifik menggambarkan hasil produksi tanaman. Oleh karena itu, nilai NDVI yang tinggi tidak selalu diikuti oleh produktivitas yang tinggi, karena produktivitas dipengaruhi oleh banyak faktor lain seperti kondisi fisiologis tanaman dan lingkungan tumbuh (Rouse *et al.*, 1974) (Tucker, 1979).

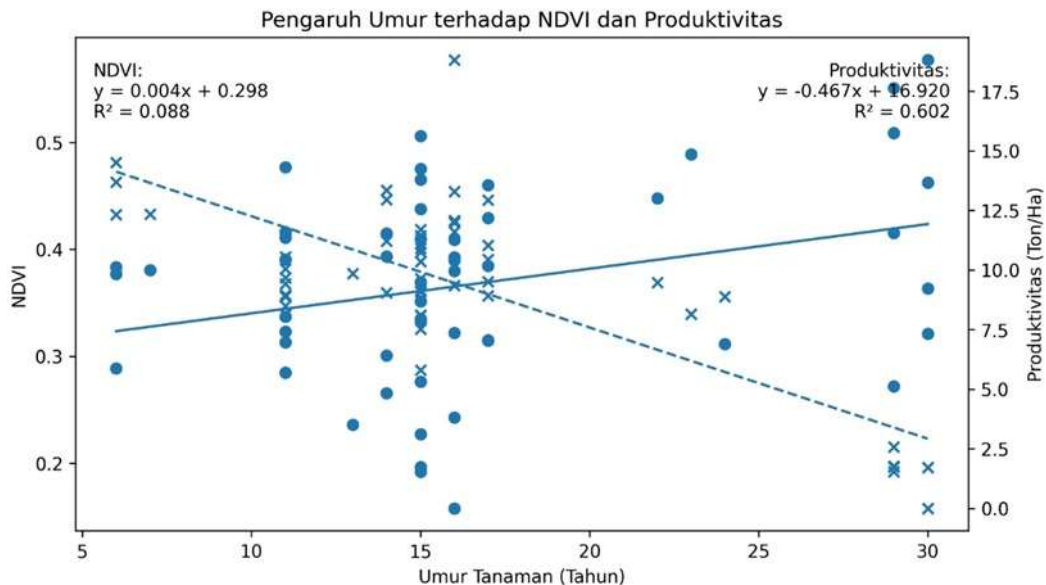
Kondisi ini juga berkaitan dengan fase pertumbuhan tanaman, yaitu TBM (Tanaman Belum Menghasilkan) dan TM (Tanaman Menghasilkan). Pada TBM, nilai NDVI dapat meningkat seiring pertumbuhan vegetasi, meskipun tanaman belum menghasilkan produksi karena kanopi belum sepenuhnya menutup. Sementara itu pada TM, meskipun kanopi sudah rapat dan nilai NDVI tinggi, produktivitas tetap sangat dipengaruhi oleh faktor seperti umur tanaman, pemupukan, pemeliharaan, serta teknik panen. Dengan demikian, NDVI lebih mencerminkan kondisi kanopi dibandingkan output produksi secara langsung (Corley & Tinker, 2016). Dengan demikian, rendahnya hubungan antara NDVI dan pencapaian produksi menunjukkan bahwa produktivitas di Serbangan Estate lebih dipengaruhi oleh kombinasi berbagai faktor lain yang telah dianalisis pada lima grafik sebelumnya, seperti umur tanaman, manajemen kebun, distribusi kerapatan, serta kondisi lingkungan. Oleh karena itu, NDVI lebih tepat digunakan sebagai indikator kondisi vegetasi secara umum, bukan sebagai satu-satunya parameter dalam mengevaluasi pencapaian produksi (Campbell & Wynne, 2011).

Berdasarkan hasil analisis regresi pada Grafik 7, diperoleh persamaan  $y = -16,40x + 14,30$  dengan nilai koefisien determinasi  $R^2 = 0,102$ . Arah hubungan yang cenderung negatif menunjukkan adanya kecenderungan hubungan yang berlawanan antara NDVI dan produktivitas, namun kekuatan hubungannya masih tergolong lemah. Nilai  $R^2$  sebesar 0,102 mengindikasikan bahwa NDVI hanya mampu menjelaskan sekitar 10,2% variasi produktivitas, sehingga sebagian besar variasi produktivitas dipengaruhi oleh faktor lain di luar NDVI (Jensen, 2007). Sebaran titik pada grafik yang cukup menyebar dan tidak membentuk pola linear yang kuat menunjukkan bahwa hubungan antara NDVI dan produktivitas tidak bersifat langsung. Meskipun NDVI mencerminkan tingkat kehijauan dan aktivitas fotosintesis tanaman, produktivitas hasil panen tidak hanya ditentukan oleh kondisi vegetasi secara visual. Hal ini terlihat dari adanya nilai NDVI tinggi yang tidak selalu berasosiasi dengan produktivitas tinggi, sehingga menunjukkan adanya variabilitas yang dipengaruhi oleh faktor lain (Rouse *et al.*, 1974).

Jika dikaitkan dengan kondisi tanaman, perbedaan fase TBM (Tanaman Belum Menghasilkan) dan TM (Tanaman Menghasilkan) menjadi salah satu faktor penting. Pada TBM, nilai NDVI dapat meningkat seiring pertumbuhan vegetasi meskipun tanaman belum menghasilkan, karena kanopi belum sepenuhnya menutup dan masih terdapat pengaruh

tanah terbuka. Sementara itu pada TM, meskipun kanopi sudah rapat dan nilai NDVI relatif tinggi, produktivitas sangat dipengaruhi oleh umur tanaman, pemeliharaan, pemupukan, serta efektivitas panen. Dengan demikian, NDVI lebih merepresentasikan kondisi kanopi dibandingkan hasil produksi secara langsung (Pangestu & Banowati, 2023).

Dengan demikian, hubungan yang lemah antara NDVI dan produktivitas menunjukkan bahwa produktivitas di Serbangan Estate lebih dipengaruhi oleh kombinasi berbagai faktor lain yang telah dianalisis pada beberapa grafik sebelumnya, seperti umur tanaman, manajemen kebun, distribusi kerapatan, serta kondisi lingkungan tumbuh. Oleh karena itu, NDVI sebaiknya digunakan sebagai indikator kondisi vegetasi secara umum, bukan sebagai satu-satunya parameter dalam mengevaluasi tingkat produktivitas (Campbell & Wynne, 2011).



Gambar 8. Pengaruh Umur Tanaman terhadap NDVI dan Produktivitas

Berdasarkan hasil analisis regresi pada Gambar 13 diperoleh persamaan  $y = 0,004x + 0,298$  dengan nilai koefisien determinasi  $R^2 = 0,088$ . Koefisien regresi yang positif menunjukkan adanya hubungan searah antara umur tanaman dan nilai NDVI, namun hubungan tersebut tergolong lemah. Nilai  $R^2$  sebesar 0,088 mengindikasikan bahwa umur tanaman hanya mampu menjelaskan 8,8% variasi NDVI, sedangkan 91,2% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain di luar umur tanaman (Jensen, 2007).

Sebaran titik yang cukup menyebar menunjukkan bahwa peningkatan umur tanaman tidak selalu diikuti oleh peningkatan nilai NDVI. Secara umum, tanaman yang lebih tua cenderung memiliki kanopi yang lebih berkembang sehingga nilai NDVI meningkat, namun kondisi tersebut dipengaruhi pula oleh kesehatan vegetasi, kerapatan tajuk, dan faktor lingkungan lainnya (Campbell & Wynne, 2011). Pada fase TBM (Tanaman Belum Menghasilkan), peningkatan umur diikuti pertumbuhan vegetasi dan penutupan kanopi secara bertahap sehingga nilai NDVI cenderung meningkat meskipun masih bervariasi. Sebaliknya, pada fase TM (Tanaman Menghasilkan), kanopi umumnya telah berkembang dengan baik sehingga nilai NDVI relatif lebih stabil, tetapi masih dapat dipengaruhi oleh pemeliharaan, pemupukan, serta kondisi fisiologis tanaman (Corley & Tinker, 2016). Dengan demikian, umur tanaman bukan satu-satunya faktor yang menentukan nilai NDVI sehingga perlu dikombinasikan dengan parameter lain, seperti kerapatan tanaman, kondisi kesehatan, dan manajemen kebun untuk memperoleh gambaran kondisi vegetasi yang lebih akurat (Campbell & Wynne, 2011).

Berdasarkan hasil analisis regresi pada Gambar 14 diperoleh persamaan  $y = -0,467x + 16,920$  dengan nilai koefisien determinasi  $R^2 = 0,602$ . Koefisien regresi yang negatif menunjukkan bahwa semakin bertambah umur tanaman, produktivitas cenderung menurun. Nilai  $R^2$  sebesar 0,602 menunjukkan bahwa 60,2% variasi produktivitas dapat dijelaskan oleh

34 umur tanaman, sedangkan 39,8% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain, seperti kondisi tanah, pemupukan, curah hujan, kepadatan tanaman, dan pengelolaan kebun (Jensen, 2007).

Sebaran data memperlihatkan kecenderungan penurunan produktivitas seiring bertambahnya umur tanaman. Secara biologis, produktivitas kelapa sawit meningkat hingga mencapai umur produktif optimum, kemudian menurun akibat berkurangnya kemampuan fisiologis tanaman dalam menghasilkan tandan buah segar (Campbell & Wynne, 2011). Pada fase TBM, pertambahan umur lebih berpengaruh terhadap pembentukan kanopi sehingga produktivitas belum optimal. Sementara itu, pada fase TM, produktivitas mencapai tingkat optimum sebelum akhirnya menurun pada tanaman yang berumur lebih tua akibat penurunan kondisi fisiologis maupun pengelolaan kebun yang kurang optimal (Corley & Tinker, 2016). Oleh karena itu, meskipun umur tanaman berpengaruh cukup besar terhadap produktivitas, analisis produktivitas tetap perlu mempertimbangkan faktor-faktor lain yang memengaruhi kondisi tanaman di lapangan (Campbell & Wynne, 2011).

### 40 KESIMPULAN

Nilai NDVI tanaman kelapa sawit di PT. Bakrie Sumatera Plantation yang berkisar antara 0,016 hingga 0,678 yang mengindikasikan tanaman memiliki kerapatan tinggi dan dalam kondisi yang sehat. Kerapatan tanaman kategori tinggi sebesar 87,30%, kerapatan sedang sebesar 10,20%, dan kerapatan rendah sebesar 2,50%. Sejalan dengan itu, tingkat kesehatan tanaman juga didominasi oleh kategori baik sebesar 87,30%, dengan proporsi kesehatan sedang 12,30% dan kesehatan kurang hanya 0,40%. Tingkat kesehatan tanaman kategori baik sebesar 87,30%, kesehatan sedang sebesar 12,30%, dan kesehatan kurang hanya 0,40%. hubungan antara NDVI dengan berbagai parameter seperti jumlah janjang, pencapaian produksi, produktivitas, dan umur tanaman menunjukkan kecenderungan hubungan yang lemah. NDVI tidak dapat digunakan untuk memprediksi produktivitas kelapa sawit.

### 42 DAFTAR PUSTAKA

- Campbell, J. B., & Wynne, R. H. (2011). *Introduction to Remote Sensing* (5th ed.). Guilford Press.
- Corley, R. H. V., & Tinker, P. B. (2016). *The oil palm* (5th ed.). Wiley-Blackwell.
- Darmawan, S., Carolita, I., & Ananta, E. (2020). *Identification of oil palm plantation on multiscatter and resolution of SAR data using variety of classifications algorithm (Case study: Asahan District, North Sumatera Province)*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 500(1), Article 012075.
- Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., Hoersch, B., Isola, C., Laberinti, P., Martimort, P., Meygret, A., Spoto, F., Sy, O., Marchese, F., & Bargellini, P. (2012). Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. *Remote Sensing of Environment*, 120, 25–36. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.11.026>
- Jensen, J. R. (2007). *Remote sensing of the environment: An earth resource perspective* (2nd ed.). Pearson Prentice Hall.
- Kawamuna, A., Suprayogi, A., & Wijaya, A. P. (2017). Analisis kesehatan hutan mangrove berdasarkan metode klasifikasi NDVI pada citra satelit Sentinel-2 (Studi kasus: Teluk Pangpang, Kabupaten Banyuwangi). *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), 277–284.
- Liu, J. Y., Zhuang, D. F., Luo, D., & Xiao, X. (2003). Land-cover classification of China:

Integrated analysis of AVHRR imagery and geophysical data. *International Journal of Remote Sensing*, 24(12), 2485–2500. <https://doi.org/10.1080/01431160110115582>

Lu, Y., Yu, Y., Sun, L., Li, C., He, J., Guo, Z., Duan, L., Zhang, J., & Yu, R. (2025). NDVI-based vegetation dynamics and responses to climate change and human activities from 2001 to 2020. *Scientific Reports*, 15, 25848. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-11677-5>

Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2021). *Introduction to linear regression analysis* (6th ed.). John Wiley & Sons.

Pahan, I. (2015). *Panduan teknis budidaya kelapa sawit*. Penebar Swadaya.

Pangestu, N. H. A., & Banowati, G. (2023). Pemetaan kesehatan kebun kelapa sawit berdasarkan nilai Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) menggunakan citra Landsat-8 di Kebun PT. Wanapotensi Guna. *Journal of Applied Agricultural Sciences*, 7(1), 40–49.

Rahimi, E., Dong, P., & Jung, C. (2025). Global NDVI-LST correlation: Temporal and spatial patterns from 2000 to 2024. *Environments*, 12(2), 67. <https://doi.org/10.3390/environments12020067>

Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. *Proceedings of the Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium*, 1, 309–317.

Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2), 127–150. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0)

Zhao, Q., & Qu, Y. (2024). The retrieval of ground NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) data consistent with remote-sensing observations. *Remote Sensing*, 16(7), 1212. <https://doi.org/10.3390/rs16071212>