



**ANALISIS ZONA DEFISIENSI NITROGEN TANAH
BERBASIS CITRA LANDSAT 8 DAN ANALISIS KIMIA DI
KECAMATAN SUMBERSARI**

*diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana, pada
program studi Agroteknologi*

SKRIPSI

Oleh

**Lathifatun Nisa'
221510501015**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS PERTANIAN
AGROTEKNOLOGI
JEMBER
2026**

PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar. Dengan penuh syukur dan ketulusan, penulisan skripsi ini saya buat dan saya persembahkan kepada :

1. Keluarga saya, bapak dan ibu saya yang selalu memberikan rasa kasih sayangnya melalui dukungan, semangat, dan doa dalam menyelesaikan tugas akhir. Tidak lupa adik saya Hilmy yang selalu menjadi penghibur dan penenang.
2. Dosen pembimbing akademik saya yang sekaligus menjadi dosen pembimbing skripsi, Bapak Drs. Yagus Wijayanto, MA. Ph.D., dosen penguji utama Bapak Ir. Ahmad Ilham Tanzil, S.P., M.P., dan dosen penguji anggota Ibu Syafina Pusparani, S.P., M.Si., yang telah memberikan arahan, kritik dan saran dalam penelitian dan penulisan tugas akhir ini.
3. Seluruh dosen dosen Fakultas Pertanian Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, dan membimbing dengan tulus dan sabar selama perkuliahan
4. Diri saya sendiri, yang telah berjuang dan tidak menyerah selama perkuliahan dan penyelesaian tugas akhir ini.
5. Almamater Universitas Jember yang menjadi tempat saya menuntut ilmu berproses hingga mendapatkan berbagai pengalaman.

MOTTO

“Saya bisa jika saya mau dan Allah berkehendak”- Lathifatun Nisa

“Orang sukses bukan yang paling pintar, tapi yang paling berani ambil keputusan”
- Andry Hakim



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Lathifatun Nisa'

NIM : 221510501015

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Analisis Zona Defisiensi Nitrogen Tanah Berbasis Citra Landsat 8 dan Analisis Kimia di Kecamatan Sumbersari” merupakan hasil karya saya sendiri, kecuali apabila terdapat pengutipan substansi yang telah disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggungjawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar

Jember, 18 Mei 2026

Yang Menyatakan

Lathifatun Nisa'

NIM. 221510501015

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul “Analisis Zona Defisiensi Nitrogen Tanah Berbasis Citra Landsat 8 dan Analisis Kimia di Kecamatan Sumpalsari” telah diuji dan disetujui oleh Fakultas Pertanian Universitas Jember pada:

Hari :

Tanggal :

Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember

Pembimbing

Tanda Tangan

1. Pembimbing Utama

Nama : Drs. Yagus Wijayanto, MA., Ph.D.

NIP : 1966061419920111001

(.....)

Penguji

1. Penguji Utama:

Nama : Ir. Ahmad Ilham Tanzil, S.P., M.P

NIP : 199202292019031011

(.....)

2. Penguji Anggota:

Nama : Syafina Pusparani, S.P., M.Si

NIP : 198909182024062002

(.....)

ABSTRACT

Jember Regency is one of the fourth largest agricultural producers in Java. However, dry grain production in Jember Regency has decreased by 26.60 tons or 4.31%, and horticultural production in 2020 was only 5,668,005 kw or 23.8%. One of the main factors affecting agricultural productivity in Jember Regency is the large amount of land detected to have macro nutrient deficiencies, especially soil nitrogen in agriculture. Jember Regency, especially Sumbersari District, is classified as having low average nitrogen deficiency. This study uses a Landsat 8 image-based approach and chemical analysis to detect nitrogen deficiency in Sumbersari District. Sampling was conducted using purposive random sampling on agricultural land in Sumbersari District with a total of 33 samples. Landsat 8 images were analyzed using the NDVI, GNDVI, and SAVI vegetation indices. Soil samples were analyzed using the Kjeldahl method. The results showed a positive relationship between vegetation indices and chemical analysis. Simple linear regression produced the highest correlation in GNDVI with $r = 0.23$, $R^2 = 0.05$, and RMSE 0.09. Multiple linear regression of the three indices produced a higher correlation with $r = 0.39$, $R^2 = 0.15$, and RMSE = 0.09.

Keywords: N-Total, NDVI, GNDVI, SAVI

RINGKASAN

Analisis Zona Defisiensi Nitrogen Tanah Berbasis Citra Landsat 8 dan Analisis Kimia Di Kecamatan Sumpalsari : Lathifatun Nisa'; 221510501015; Program Studi Agroteknologi; Fakultas Pertanian; Universitas Jember: lathifatunnisa03@gmail.com.

Kabupaten Jember mengalami penurunan produksi sebanyak 26,60 ton atau 4,31% dan produksi hortikultura pada tahun 2020 hanya 5,668,005 kw atau 23,8%. Salah satu faktor utama dalam produktivitas pertanian di Kabupaten Jember disebabkan karena banyaknya lahan yang terdeteksi defisiensi hara makro terutama nitrogen tanah pada pertanian. Kabupaten Jember terutama Kecamatan Sumpalsari tergolong memiliki tingkat defisiensi nitrogen rata-rata yang rendah. Penelitian ini menggunakan pendekatan berbasis citra Landsat 8 dan analisis kimia untuk mendeteksi defisiensi nitrogen di Kecamatan Sumpalsari. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pola spasial defisiensi nitrogen tanah serta hubungan antara indeks vegetasi dari citra Landsat 8 dengan hasil analisis kimia tanah di Kecamatan Sumpalsari, Kabupaten Jember.

Penelitian ini dilakukan dengan mengintegrasikan antara hasil pengolahan citra satelit dan analisis laboratorium. Citra Landsat 8 digunakan untuk memperoleh nilai indeks vegetasi berupa NDVI, GNDVI, dan SAVI. Sampel tanah diambil dengan menggunakan metode *purposive random sampling* sebanyak 33 titik yang dapat mewakili kondisi lahan pertanian di Kecamatan Sumpalsari. Sampel tanah kemudian dianalisis menggunakan metode Kjeldahl untuk mengetahui kadar nitrogen total tanah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar N-Total pada lahan pertanian di Kecamatan Sumpalsari relatif homogen dan didominasi dengan harkat sedang dengan luas area dengan kadar nitrogen sangat rendah 1,2 Ha, rendah 129,5 Ha dan sedang 3525,6 Ha. Hasil analisis indeks vegetasi menunjukkan adanya hubungan positif antara indeks vegetasi dengan kandungan nitrogen tanah, namun hubungan tersebut masih tergolong lemah. Pada regresi linier sederhana, GNDVI memberikan

hasil terbaik dibandingkan dengan NDVI dan SAVI dengan nilai korelasi $r = 0,23$ dan $R^2 = 0,05$. Sedangkan pada regresi linier berganda yang menggabungkan ketiga indeks vegetasi, diperoleh nilai korelasi yang lebih tinggi yaitu $r = 0,39$ dan $R^2 = 0,15$.

Penelitian ini mendukung SDGs ke 2 yakni *Zero Hunger* karena berkontribusi dalam upaya peningkatan produktivitas pertanian melalui analisis defisiensi nitrogen tanah berbasis citra Landsat 8 dan analisis laboratorium, sehingga dapat membantu pengelolaan hara yang lebih efektif, efisien, dan berkelanjutan dalam mendukung ketahanan pangan. Selain itu, penelitian ini juga mendukung SDGs 15 yakni *Life on Land* karena mencakup pengelolaan sumber daya lahan berkelanjutan melalui pemetaan kondisi nitrogen tanah dan analisis spasial, sehingga dapat membantu mengidentifikasi kualitas tanah dan dapat digunakan dalam mendukung keberlanjutan ekosistem pada lahan pertanian.

PRAKATA

Puji Syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Zona Defisiensi Nitrogen Tanah Berbasis Citra Landsat 8 dan Analisis Kimia di Kecamatan Sumpalsari”. Penyusunan skripsi ini digunakan untuk menyelesaikan pendidikan Strata 1 (S1) Program Studi Agroteknologi Universitas Jember. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, arahan, doa, dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Keluarga saya, Bapak, Ibu, dan Adik yang selalu memberikan dorongan semangat, kecukupan finansial, dan doa selama perkuliahan hingga dapat menyelesaikan skripsi
2. Bapak Dr. Ir. Iwan Taruna, M.Eng., IPM., ASEAN Eng. selaku rektor Universitas Jember yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan studi di Universitas Jember
3. Bapak Prof. M. Rondhi, SP., MP., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Ibu Dr. Ummi Solikhah, S.P., M.P selaku Wakil Dekan I (Akademik), Bapak Ebban Bagus Kuntadi., SP., M.Sc. selaku Wakil Dekan II (Keuangan dan Umum), dan Bapak Dr. Subhan Arif Budiman, SP., MP. Wakil Dekan III (Kemahasiswaan) Fakultas Pertanian yang telah memberikan pelayanan terbaik untuk kelancaran studi.
4. Bapak Drs. Yagus Wijayanto, MA., Ph.D. selaku Kepala Program Studi Agroteknologi, yang juga menjadi Dosen Pembimbing Akademik (DPA) dan Dosen Pembimbing Skripsi (DPS), yang telah memberikan bimbingan, motivasi, dan arahan untuk mendapatkan berbagai pengalaman selama perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini, yang juga telah memberikan izin untuk melaksanakan penelitian dan di bawah penelitiannya, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi dengan lebih mudah.

5. Bapak Ir. Ahmad Ilham Tanzil, S.P., M.P., selaku dosen penguji utama dan Ibu Syafina Pusparani, S.P., M.Si., dosen penguji anggota yang telah memberikan arahan, kritik dan saran dalam penelitian dan penulisan skripsi ini.
6. Seluruh dosen Fakultas Pertanian Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan tulus dan sabar selama perkuliahan
7. Teman-teman kelompok riset, Ika, Muli, Devita, Salsa, Clarisa, Ida, Yohana, Nasya, Yuli yang telah bersedia sebagai partner penelitian, diskusi dan berkeluh kesah hingga pengerjaan skripsi ini selesai, serta Amelia Tri Arsita yang selalu menemani dalam perjalanan pulang pergi.
8. Diri saya sendiri, yang telah berani mencoba, berusaha, dan tidak menyerah untuk menyelesaikan semua keputusan yang telah saya ambil selama perkuliahan.
9. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, tetapi telah memberikan banyak bantuan dalam penyelesaian skripsi ini

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

DAFTAR ISI

PERSEMBAHAN.....	i
MOTTO.....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
ABSTRACT	v
RINGKASAN	vi
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Penginderaan Jauh (<i>Remote Sensing</i>).....	5
2.2. Nitrogen Tanah.....	7
2.3. Indeks Vegetasi.....	8
2.3.1. NDVI.....	9
2.3.2. GNDVI.....	10
2.3.3. SAVI.....	10
2.4. Interpolasi Kriging	11
2.5. Unsur Pendukung Nitrogen.....	13
2.6. Hipotesis.....	17
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	18
3.2. Alat dan Bahan.....	19

3.2.1.	Alat	19
3.2.2.	Bahan.....	19
3.3.	Prosedur Penelitian.....	19
3.3.1.	Persiapan	20
3.3.2.	Penentuan titik sampel	20
3.3.3.	Pengumpulan Data Penelitian	20
3.4.	Variabel pengamatan.....	21
3.5.	Analisis Data	22
3.5.1.	Analisis Citra Landsat 8.....	22
3.5.2.	Analisis Kimia Tanah.....	22
3.5.3.	Uji Korelasi dan Regresi	22
3.6.	Evaluasi Model Prediksi.....	23
3.7.	Pemetaan Zona	24
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1.	Gambaran Umum Lahan Penelitian	25
4.2.	Hasil Analisis Indeks Vegetasi.....	26
4.3.	Hasil Analisis Kimia Nitrogen	30
4.4.	Hubungan Antara N-Total Tanah dengan Indeks Vegetasi	35
4.5.	Pola Sebaran Spasial Nitrogen Berdasarkan Pengkelasan	36
4.6.	Keterbatasan Penelitian dan Simulasi	37
BAB 5.	PENUTUP.....	40
5.1.	Kesimpulan.....	40
5.2.	Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA		41
LAMPIRAN.....		50

DAFTAR GAMBAR

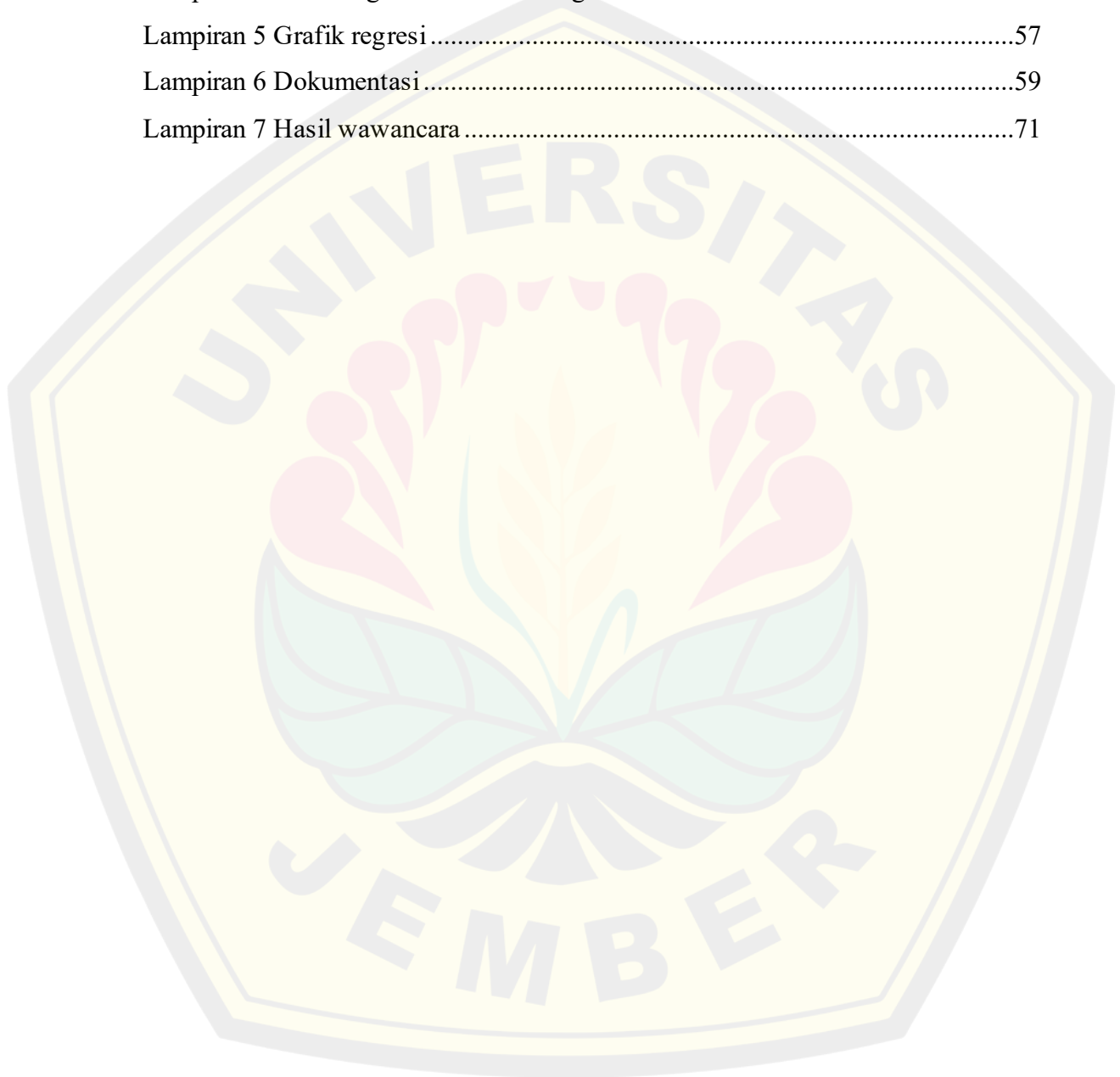
Gambar 1 Tanaman terdeteksi defisiensi nitrogen	7
Gambar 2 Grafik semivariogram.....	12
Gambar 3 Pola sebaran spasial menggunakan interpolasi kriging	13
Gambar 4 Ketersediaan hara tanaman pada berbagai kondisi pH.....	14
Gambar 5 Peta pengambilan sampel Kecamatan Sumpalsari	18
Gambar 6 Diagram alur penelitian	19
Gambar 7 Peta penggunaan lahan di Kecamatan Sumpalsari	25
Gambar 8 Pola sebaran spasial indeks vegetasi	26
Gambar 9 Kondisi lokasi titik 3	27
Gambar 10 Kondisi lokasi titik 28	28
Gambar 11 Kondisi lokasi titik 15	29
Gambar 12 Sebaran nitrogen total di Kecamatan Sumpalsari	30
Gambar 13 Tanaman cabai pada titik 2.....	32
Gambar 14 Kondisi lokasi titik 17	32
Gambar 15 Kondisi lokasi titik 28	33
Gambar 16 Klasifikasi N-Total Kecamatan Sumpalsari.....	37

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Band spektral Landsat 8.....	6
Tabel 2 Klasifikasi NDVI	9
Tabel 3 Klasifikasi nilai SAVI.....	11
Tabel 4 Rasio C/N pada beberapa bahan organik	15
Tabel 5 Kadar C-organik tanah	16
Tabel 6 Rentang Nilai EC	16
Tabel 7 Interval koefisien korelasi	22
Tabel 8 Harkat N-Total	24
Tabel 9 Analisis statistik indeks vegetasi.....	27
Tabel 10 Hasil analisis nitrogen metode kjeldahl	31
Tabel 11 Hubungan antara N-total tanah dengan indeks vegetasi.....	35
Tabel 12 Analisis korelasi dan regresi berganda.....	36
Tabel 13 Perhitungan korelasi dan regresi indeks vegetasi dan analisis kimia	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil analisis kimia	50
Lampiran 2 Nilai indeks vegetasi.....	52
Lampiran 3 Grafik indeks vegetasi dan N-total.....	53
Lampiran 4 Perhitungan korelasi dan regresi.....	54
Lampiran 5 Grafik regresi.....	57
Lampiran 6 Dokumentasi.....	59
Lampiran 7 Hasil wawancara.....	71



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kabupaten Jember merupakan salah satu produsen hasil pertanian terbesar ke 4 di Jawa Timur yang terus mengalami peningkatan dalam 3 tahun berturut-turut pada 2021-2024. Namun, di tahun sebelumnya, tahun 2020, produksi gabah kering di Kabupaten Jember mengalami penurunan sebanyak 26,60 ton atau 4,31% dibandingkan dengan produksi gabah kering tahun 2019 yang mencapai 616,86 (BPS, 2020). Penurunan produksi juga terjadi pada tanaman hortikultura. BPS (2020) menyebutkan bahwa produksi hortikultura pada tahun 2020 sebanyak 5,668,005 kw. Jumlah ini lebih sedikit daripada produksi tahun 2019 yang mencapai 7,241,666. Salah satu faktor utama dalam produktivitas pertanian di Kabupaten Jember disebabkan karena banyaknya lahan yang terdeteksi defisiensi hara makro pada tanah pertanian (Munfarid *et al.*, 2025).

Unsur hara makro nitrogen (N) merupakan nutrisi esensial yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar agar pertumbuhan dan perkembangan optimal. Nitrogen berperan dalam pembentukan klorofil, batang dan percabangan. Defisiensi nitrogen dapat menyebabkan gangguan fisiologis pada tanaman, sehingga dapat menurunkan produktivitas. Lahan yang terdeteksi kekurangan nitrogen dapat menghambat pertumbuhan pada fase vegetatif yang secara signifikan dapat menurunkan produktivitas (Miarti dan Legasari, 2022). Serapan nitrogen yang optimal membantu tanaman dalam ketahanan terhadap hama dan penyakit tanaman. Ketersediaan nitrogen dalam tanah dapat dipengaruhi oleh pola pemupukan yang tidak berimbang (Maknuna dan Soeparjono, 2023).

Harga pupuk kimia yang mahal, serta penggunaan pupuk kimia dengan distribusi yang tidak merata menyebabkan pemberian pupuk tidak sesuai dengan kebutuhan spesifik lahan (Setiawan *et al.*, 2024). Sebagian besar petani masih menerapkan pola pemupukan umum tanpa mempertimbangkan kebutuhan spesifik lahan dan ketersediaan nitrogen aktual tanah (Wijaya dan Wardati, 2024). Pola pemupukan yang diterapkan oleh petani seringkali kurang efektif, karena tidak disesuaikan dengan kebutuhan tanaman dan kadar aktual nutrisi tanah.

Ketidakseimbangan hara akibat pola pemupukan yang tidak berimbang dapat menurunkan produktivitas karena menyebabkan fase vegetatif yang lebih lama maupun fase vegetatif yang lebih singkat (Iwan *et al.*, 2025). Kabupaten Jember tergolong dalam predikat defisiensi hara makro dengan kadar nitrogen rata-rata yang rendah (Busro, 2012). Berdasarkan predikat tersebut diperlukan evaluasi lahan yang terdeteksi defisiensi hara makro sebagai dasar pola pemupukan spesifik lokasi.

Kemajuan teknologi pertanian, mendorong penggunaan teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*) seperti satelit maupun UAV yang dapat digunakan dalam pemantauan kondisi tanah dan tanaman secara efisien. Landsat 8 menjadi salah satu satelit yang banyak digunakan dalam analisis vegetasi karena kelebihanannya dalam menyediakan data multispektral secara gratis, cakupan yang luas dan periodik yang lama. Landsat 8 telah terkalibrasi radiometrik dan geometrik, sehingga lebih stabil dan akurat dalam merekam data reflektansi permukaan bumi. Hal ini sejalan dengan penelitian (Herdianta dan Kamal, 2017) yang menunjukkan bahwa penggunaan Landsat dalam mengestimasi kadar nitrogen memiliki keakuratan sebesar 81,11%. Namun, penelitian (Munfarid *et al.*, 2025) menyatakan bahwa analisis kadar nitrogen melalui sensor memberikan hasil kurang akurat jika dibandingkan dengan analisis kimia tanah di laboratorium.

Analisis kimia tanah memiliki keterbatasan ketika diterapkan pada area yang terlalu luas karena membutuhkan biaya tinggi, waktu pengerjaan lama, dan cakupan spasial yang terbatas. Keterbatasan tersebut menyebabkan analisis kimia tanah menjadi kurang efisien untuk diterapkan pada area yang luas, sehingga diperlukan pendekatan lain yang mampu menjangkau cakupan spasial lebih luas dengan biaya yang lebih rendah. Oleh karena itu, integrasi antara *remote sensing* melalui citra satelit yang memiliki cakupan spasial yang luas dan analisis kimia tanah dengan akurasi tinggi mampu memberikan hasil yang efektif dan akurat dalam pemetaan defisiensi nitrogen (Munfarid *et al.*, 2025).

Penelitian tentang indeks vegetasi telah banyak digunakan di Indonesia, tetapi pada Kecamatan Summersari Kabupaten Jember masih belum banyak diterapkan terutama pada lahan pertanian. Kecamatan Summersari menjadi salah satu kecamatan di Kabupaten Jember yang memiliki intensitas pertanian yang tinggi.

2/3 Lahan Kecamatan Sumbersari merupakan area lahan pertanian. Salah satu kelurahan di Kecamatan Sumbersari, yaitu kelurahan Keranjingan, menjadi salah satu area penerapan program ketahanan pangan nasional. Selain itu, kondisi wilayah semi urban yang mengalami alih fungsi lahan dan heterogenitas penggunaan lahan dan pola tanam, menjadikan Kecamatan Sumbersari penting untuk dilakukan penelitian.

Penelitian ini berfokus pada integrasi citra Landsat 8 dan analisis kimia untuk pemetaan zona defisiensi nitrogen tanah. Pendekatan spasial berbasis citra satelit digunakan untuk mengidentifikasi variasi kondisi tanaman di lahan pertanian Kecamatan Sumbersari secara cepat dan efektif. Analisis laboratorium digunakan untuk memvalidasi keakuratan kadar nitrogen total aktual. Kombinasi dari kedua pendekatan tersebut sangat relevan dengan kondisi Kecamatan Sumbersari yang memiliki heterogenitas penggunaan lahan dan pola tanam, sehingga penelitian ini diharapkan mampu untuk merepresentasikan kondisi sebaran nitrogen total tanah di Kecamatan Sumbersari. Hasil analisis citra dan analisis kimia tanah akan diklasifikasikan menjadi zona defisiensi nitrogen untuk menghasilkan peta dan informasi spasial yang digunakan sebagai rekomendasi pemupukan spesifik lokasi.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik distribusi spasial defisiensi nitrogen tanah di Kecamatan Sumbersari?
2. Bagaimana integrasi data dari spektral Landsat 8 dan analisis kimia tanah dapat digunakan dalam pemodelan spasial zona defisiensi nitrogen tanah?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui karakteristik distribusi spasial defisiensi nitrogen tanah di Kecamatan Sumbersari
2. Mengintegrasikan data dari spektral Landsat 8 dan hasil analisis kimia tanah untuk menghasilkan model prediksi nitrogen yang akan diklasifikasikan menjadi zona defisiensi nitrogen tanah

1.4. Manfaat Penelitian

Pengembangan metode integratif berbasis *remote sensing* dan analisis kimia untuk deteksi defisiensi nitrogen dengan output peta zona defisiensi hara makro.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*)

Penginderaan jauh merupakan sebuah teknik pengambilan data permukaan bumi melalui perekaman reflektansi objek berdasarkan panjang gelombang elektromagnetik tertentu (Singgalen, 2023). Satelit banyak digunakan dalam pemantauan kondisi bumi terutama pada area yang luas dan sulit dijangkau sebagai metode pengambilan data untuk analisis permasalahan. Satelit akan menangkap reflektansi gelombang elektromagnetik yang dipantulkan oleh permukaan bumi. Menurut Lemenkova (2024) hasil pemotretan bumi yang dilakukan oleh satelit berupa citra raster yang memiliki band multispektral, sehingga dapat diolah sesuai kebutuhan. Penggunaan citra satelit oleh lembaga meteorologi digunakan untuk merekam, dan memperkirakan cuaca yang akan datang. Sektor pertanian telah banyak menggunakan citra satelit dalam proses pengelolaan lahan. Pemanfaatan citra satelit dalam sektor pertanian dimanfaatkan untuk pemetaan lahan, pemantauan kondisi tanah dan tanaman, serta identifikasi serangan hama dan penyakit melalui pemetaan area penyemprotan.

Landsat 8 menjadi salah satu pilihan satelit dalam pemetaan vegetasi untuk pengelolaan lahan pertanian. Citra Landsat 8 yang dikembangkan oleh NASA USGS dapat diakses melalui web USGS dan akan memperbarui data setiap 16 hari sekali. Citra Landsat 8 dapat diakses tanpa batasan waktu dan dapat mengunduh citra hingga tutupan awan 10%, serta mampu merekam permukaan bumi dengan resolusi 30 m. Kinerja multispektral Landsat dipengaruhi oleh kalibrasi radiometrik dan geometrik. Kalibrasi radiometrik akan mengoptimalkan kinerja fitur spektral sensor pada *remote sensing* yang terdapat sensor multispektral (Setiawan *et al.*, 2018). Kalibrasi geometrik digunakan untuk meningkatkan akurasi posisi dalam pengolahan citra (Pratama *et al.*, 2020).

Mohamed *et al.* (2020) telah menggunakan Landsat 8 dalam prediksi kadar sifat kimia tanah dengan hasil yang sangat baik. Namun, pengolahan citra dapat terhambat karena hasil citra yang sangat dipengaruhi oleh kondisi atmosfer, seperti tutupan awan yang dapat menghalangi sensor dalam merekam objek di permukaan

bumi dan mempersulit saat pengolahan citra (Littaqwa dan Azmiyati., 2025). Analisis vegetasi berbasis citra Landsat 8 dapat menggunakan band spektral yang dimiliki oleh Landsat 8. Landsat 8 memiliki 7 band yang terdiri dari 5 Band *Visible Near Infrared* (VNIR) dan 2 *Short-Wave Infrared* (SWIR) (Shang *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2023). Band Landsat 8 yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya:

Tabel 1 Band Spektral Landsat 8

Band	Nama Band	Rentang Spektral	Fungsi
Band 1	Coastal/ aerosol	0.43-0.45	Mengurangi pengaruh atmosfer, mengoreksi kualitas citra
Band 2	Blue	0.45-0.51	Sensitif terhadap air, pemetaan kualitas air, penetrasi air
Band 3	Green	0.53-0.59	Sensitif terhadap klorofil, digunakan dalam analisis kesehatan tanaman, digunakan pada GNDVI
Band 4	Red	0.64-0.67	Merepresentasikan tingkat klorofil, digunakan dalam analisis NDVI dan SAVI
Band 5	Near Infrared (NIR)	0.85-0.88	Reflektansi tinggi pada vegetasi yang sehat
Band 6	<i>Short-Wave Infrared</i> 1 (SWIR 1)	1.57-1.65	Mendeteksi kelembaban tanah dan tanaman, digunakan dalam analisis tutupan lahan
Band 7	<i>Short-Wave Infrared</i>	2.11-2.29	Digunakan dalam analisis biomassa, dan ketahanan stress tanaman

(Abay *et al.*, 2024).

Tabel 1 merupakan band yang dimiliki oleh Landsat 8 yang akan digunakan sebagai bahan analisis citra melalui indeks vegetasi. Ketersediaan nitrogen di lahan

pertanian dapat dilihat melalui nilai indeks vegetasi hasil perhitungan band citra satelit Landsat 8. Hal ini disebabkan nitrogen berpengaruh terhadap tingkat klorofil yang dapat menentukan nilai reflektansi band *red* dan *NIR*. Semakin tinggi kadar nitrogen, maka daun akan memproduksi klorofil yang lebih banyak, sehingga warna daun lebih hijau dibandingkan dengan nitrogen yang rendah (Ardiansyah *et al.*, 2022; Wang *et al.*, 2021). Tanaman dengan kadar nitrogen yang rendah akan menunjukkan perubahan warna kanopi karena terhambatnya pembentukan klorofil yang kemudian menghasilkan nilai reflektansi band *red* dan *NIR* pada pengolahan citra menggunakan indeks vegetasi. Hal ini sejalan dengan pernyataan Yamashita *et al.* (2020) bahwa klorofil memberikan nilai yang berbeda pada nilai reflektansi.

2.2. Nitrogen Tanah

Hara makro tanah terutama nitrogen merupakan unsur hara esensial yang dibutuhkan tanaman untuk mendukung pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Nitrogen berperan dalam pembentukan klorofil serta pembentukan enzim untuk pertumbuhan tanaman (Muhammad *et al.*, 2022). Hal ini juga sejalan dengan pernyataan Tando (2019) yang menyebutkan bahwa ketersediaan nitrogen akan menaikkan kadar protein, selulosa, dan menaikkan produksi tanaman, sehingga ketersediaan nitrogen banyak dibutuhkan tanaman pada fase vegetatif. Ketersediaan nitrogen tanah dapat diamati melalui gejala visual pada daun. Tanaman yang menunjukkan kekurangan nitrogen ditandai dengan warna daun yang menguning di bagian tepi daun dengan ujung daun tidak menunjukkan gejala nekrosis seperti terbakar. Menurut (Putra *et al.*, 2022) Kandungan nitrogen tanah yang diserap tanaman akan mempengaruhi tingkat kehijauan tanaman.



Gambar 1 Tanaman terdeteksi defisiensi nitrogen

Gambar 1 merupakan kondisi daun tanaman dengan kondisi nitrogen normal dan defisiensi nitrogen. Secara spasial, ketersediaan nitrogen di sebuah petak lahan memiliki variasi yang berbeda. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh aktivitas fisik maupun kimia tanah, serta perlakuan budidaya dan tingkat penyerapan nitrogen oleh tanaman (Woda dan Wijayanto, 2023). Perbedaan vegetasi juga akan mempengaruhi ketersediaan nitrogen dalam tanah, sehingga hal tersebut akan menghasilkan tingkat kehijauan yang berbeda-beda pada area vegetasi. Ketersediaan cahaya matahari dalam proses fotosintesis turut berperan dalam pembentukan klorofil daun. Namun kadar nitrogen yang rendah dapat membatasi proses fotosintesis. Hal ini sejalan dengan Hukum Liebig menyatakan bahwa pertumbuhan yang mengacu pada fotosintesis berdasarkan kadar unsur hara terendah dalam tanah (Pirade *et al.*, 2023). Berdasarkan pernyataan tersebut ketersediaan nitrogen menjadi salah satu faktor pembatas dalam pertumbuhan tanaman. Koyoh *et al.* (2025) menyatakan bahwa persentase nitrogen total dapat dituliskan dalam:

$$(N)Total (\%) = \frac{Vs - Vb}{Berat\ sample\ (mg)} \times 14,008 \times N \times 100\%$$

Persamaan 1 Persentase nitrogen total

Keterangan :

V_s : Volume titrasi sampel

V_b : Volume titrasi blanko

N : Normalitas H_2SO_4

2.3. Indeks Vegetasi

Indeks vegetasi merupakan nilai dari reflektansi vegetasi di permukaan bumi yang dihasilkan dari spektral yang dipantulkan ke satelit. Indeks vegetasi dihitung dari kombinasi band spektral berdasarkan tingkatan spektral, seperti *band red*, *green*, *blue* dan *NIR* (Nurul *et al.*, 2021). Selain itu, faktor koreksi seperti simbol “L” yang berarti tingkat kerapatan tanaman, diperlukan untuk meningkatkan akurasi dari persamaan model. Sektor pertanian menggunakan indeks vegetasi dalam merepresentasikan tingkat kerapatan tajuk, serta penilaian kesehatan

tanaman termasuk aktivitas fotosintesis oleh tanaman. Hasil fotosintesis berupa klorofil yang memberikan warna hijau pada daun, sehingga dalam luasan 30 m^2 akan membentuk 1 *pixel* citra satelit (Howe *et al.*, 2022). Salah satu unsur hara yang berperan dalam pembentukan klorofil adalah nitrogen. Oleh karena itu, perhitungan indeks vegetasi dapat digunakan dalam merepresentasikan kandungan nitrogen (Adzima *et al.*, 2022). Beberapa indeks vegetasi yang mampu merepresentasikan kandungan nitrogen tanah diantaranya adalah NDVI, GNDVI, dan SAVI.

2.3.1. NDVI

NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dihitung menggunakan band *red* dan NIR untuk mendeteksi tutupan tajuk dan biomassa hijau (Zauhairah *et al.*, 2022). Nilai NDVI didasarkan pada pantulan spektral dari warna hijau pada daun, sehingga banyak digunakan untuk menilai kesehatan, biomassa, dan tutupan hijau tanaman. Le *et al.* (2023) menyatakan bahwa pigmen klorofil pada daun akan mempengaruhi nilai spektrum merah dan spektrum NIR yang dipancarkan oleh satelit. Nilai indeks vegetasi yang tinggi menunjukkan vegetasi yang sehat dan lebat, sedangkan rendahnya nilai NDVI mengindikasikan stres atau tutupan vegetasi yang rendah (Negovanović *et al.*, 2020). Oleh karena itu, nilai NDVI dapat digunakan dalam merepresentasikan kondisi vegetasi yang berkaitan dengan kandungan klorofil daun, sehingga dapat menduga serapan nitrogen tanaman, yang secara tidak langsung berkaitan dengan kadar nitrogen tanah (Naguib dan Daliman, 2022). Septiana *et al.*, 2024 mengklasifikasikan NDVI sebagai berikut:

Tabel 2 Klasifikasi NDVI

No	Nilai NDVI	Kerapatan
1	<0	Non RTH
2	-1-0.1	Sangat rendah
3	0.1-0.5	Rendah
4	0.5-0.7	Sedang
5	>0.7	Tinggi

Tabel 2 menunjukkan nilai NDVI berkisar antara -1 hingga 1 dengan kawasan non vegetasi dengan nilai >0, vegetasi sangat rendah dengan nilai -1-0,1, vegetasi dengan kerapatan rendah berkisar 0,1-0,5, kawasan vegetasi sedang memiliki nilai 0,5-0,7 serta kawasan vegetasi lebat memiliki nilai indeks 0,7-1. Menurut Mahajan (2017) dalam penelitian pemantauan hara makro, NDVI telah digunakan untuk

memperkirakan kandungan nitrogen tanaman dengan akurasi yang baik. Menurut Budiputra (2021) persamaan yang dapat digunakan untuk perhitungan NDVI yang diambil dari citra Landsat 8 adalah :

$$\begin{aligned} NDVI &= \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \\ &= \frac{Band\ 5 - Band\ 4}{Band\ 5 + Band\ 4} \end{aligned}$$

Persamaan 2 *Normalized Difference Vegetation Index*

2.3.2. GNDVI

Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI) merupakan indeks vegetasi yang menggunakan Band green dan NIR untuk menilai kehijauan tanaman. Pengembangan GNDVI digunakan untuk meningkatkan sensitivitas terhadap warna hijau pada permukaan bumi. Sensitivitas terhadap warna hijau meningkatkan akurasi prediksi kandungan klorofil daun. Burns *et al.* (2021) menyebutkan bahwa GNDVI sangat baik digunakan dalam memprediksi defisiensi nitrogen, karena memiliki kemampuan dalam mendeteksi tingkat kehijauan vegetasi dibandingkan dengan indeks vegetasi lain. Menurut Cahyono *et al.* (2022) perhitungan nilai GNDVI dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} GNDVI &= \frac{NIR - Green}{NIR + Green} \\ &= \frac{Band\ 5 - Band\ 3}{Band\ 5 + Band\ 3} \end{aligned}$$

Persamaan 3 *Green Normalized Difference Vegetation Index*

2.3.3. SAVI

SAVI (*Soil-Adjusted Vegetation Index*) merupakan metode pengolahan citra dengan mengurangi pengaruh latar belakang tanah Menurut (Riko *et al.*, 2019). Menurut Simarmata *et al.* (2021) SAVI banyak digunakan dalam pemantauan vegetasi dengan tingkat kerapatan yang rendah dan tingginya pengaruh latar belakang. Dalam penelitiannya SAVI mampu mendeteksi area tanpa vegetasi hingga tingkat vegetasi tinggi. Faktor koreksi “L” yang menunjukkan perbedaan tingkat kerapatan dalam SAVI dapat meningkatkan akurasi hasil analisis dibandingkan dengan NDVI. Hal ini sejalan dengan penelitian Wijayanto *et al.*

(2024) bahwa NDVI dan SAVI cukup baik dalam menganalisis kandungan klorofil dibandingkan dengan GNDVI dan VARI. Khalil *et al.*, (2024) juga menyebutkan bahwa adanya hubungan antara kandungan NPK tanah dan nilai indeks SAVI, dengan tingkat korelasi terhadap N sebesar 0,82, korelasi terhadap P sebesar 0,82, dan korelasi terhadap K sebesar 0,79. Nilai SAVI berada pada rentang -1 hingga 1 (Nugraha dan Citra, 2021). Nilai SAVI -1 menunjukkan tidak adanya vegetasi dan nilai 1 menunjukkan adanya kerapatan vegetasi. Adapun klasifikasi nilai SAVI menurut Simarmata *et al.* (2021) adalah:

Tabel 3 Klasifikasi nilai SAVI

No	Klasifikasi Nilai SAVI	Kisaran Kerapatan
1	-1 -0,29	Tidak ada vegetasi
2	-0,29 - 0,26	Rendah
3	0,26 - 0,66	Sedang
4	0,66 – 0,99	Tinggi

Berdasarkan Tabel 3, nilai SAVI diklasifikasikan menjadi empat kategori, diantaranya tidak ada vegetasi, kerapatan rendah, sedang, dan tinggi. Semakin tinggi nilai SAVI, maka semakin rapat tutupan vegetasi dan semakin besar kemungkinan SAVI dapat merepresentasikan kandungan klorofil. Menurut (Chandra dan Arsana, 2024), SAVI dapat dirumuskan dalam:

$$SAVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red + L)} (1 + L)$$

Persamaan 4 *Soil Adjusted Vegetation Index*

L : Tingkat kerapatan vegetasi dan reflektansi tanah 0-1

L = 0 untuk vegetasi lebar

L = 0,5 untuk vegetasi sedang

L = 1 untuk vegetasi jarang

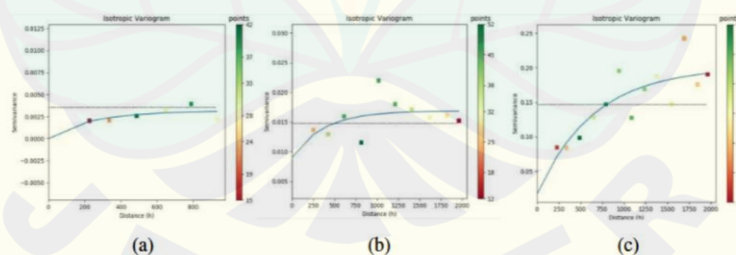
2.4. Interpolasi Kriging

Interpolasi merupakan metode analisis data geospasial dengan memperkirakan nilai pada area antar titik sampel (Primayuda, 2022). Proses interpolasi didasarkan pada data hasil observasi dengan mempertimbangkan hubungan spasial antar titik. Nilai pada lokasi antar titik dan data hasil observasi

berkorelasi spasial yang akan menjadi dasar proses interpolasi. Interpolasi banyak digunakan dalam sektor geologi, pertanian, kelautan, dan pertambangan. Jenis interpolasi yang banyak digunakan adalah interpolasi kriging dan IDW.

Kriging merupakan jenis interpolasi yang mempertimbangkan korelasi spasial (Miao dan Wang, 2024). Kriging memiliki kelebihan dalam menganalisis data spasial. Kriging mampu menganalisis variabel spasial dan memberikan output yang dapat divisualisasikan dalam bentuk 2D atau 3D. Penggunaan interpolasi kriging menghasilkan nilai prediksi berdasarkan sebaran spasial (Barrena-González *et al.*, 2022). Koutsos *et al.* (2023) menyatakan bahwa data hasil interpolasi kriging menghasilkan prediksi yang tidak bias, dan dapat meminimalkan galat prediksi melalui estimasi varians. Zaresefat *et al.* (2024) juga menyatakan bahwa kelebihan kriging terletak pada kemampuannya dalam memanfaatkan jumlah data yang besar untuk memodelkan autokorelasi spasial yang lebih akurat dan memberikan ukuran ketidakpastian (*variance*) untuk menilai keandalan hasil.

Menurut Abdulmanov *et al.* (2021) hasil interpolasi kriging merupakan metode interpolasi yang efektif dalam menganalisis hara tanah. (Woda dan Wijayanto, 2023) juga menyatakan bahwa interpolasi kriging dapat digunakan dalam analisis sebaran nitrogen total tanah. Hal ini karena kriging menggunakan pemodelan semivariogram dalam menganalisis pola sebaran spasial dan menentukan nilai RMSE.

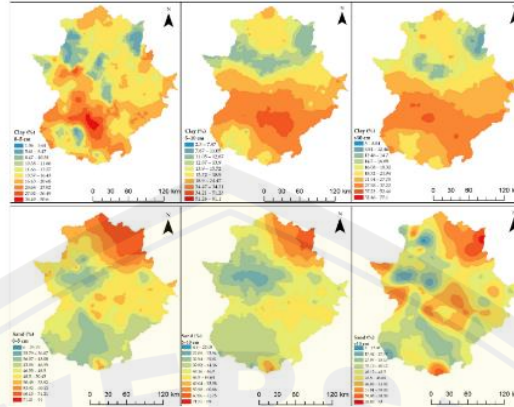


Gambar 2 Grafik semivariogram

(Wijayanto dan Pamungkas, 2022)

Gambar 2 merupakan grafik semivariogram pada sebaran kimia tanah. Gambar a merupakan grafik dengan autokorelasi yang tinggi, gambar b menunjukkan data dengan autokorelasi sedang dan gambar c memiliki autokorelasi yang lemah. Autokorelasi berbanding terbalik dengan tingkat variabilitas spasial.

Autokorelasi yang tinggi menunjukkan bahwa variabilitas spasial yang rendah, dan Autokorelasi yang rendah, menunjukkan variabilitas spasial yang tinggi.



Gambar 3 Pola sebaran spasial menggunakan interpolasi kriging (Barrena-González *et al.*, 2022).

Gambar 3. Menunjukkan pola sebaran spasial nitrogen yang dihasilkan dari interpolasi kriging. Pola sebaran tersebut menunjukkan adanya variasi nilai nitrogen antar lokasi yang dipengaruhi oleh autokorelasi spasial. Pola tersebut menggambarkan N-Total tanah yang tidak terdistribusi secara homogen.

2.5. Unsur Pendukung Nitrogen

2.5.1. Kadar Air

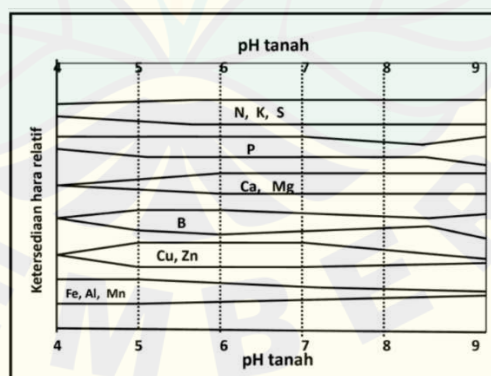
Kadar air menjadi salah satu faktor fisik yang mempengaruhi keberadaan nitrogen total pada lahan pertanian. Lahan dengan kondisi kelembaban tanah yang tinggi akan menciptakan lingkungan anaerob dan mendukung proses denitrifikasi, kondisi tersebut bakteri akan mengubah NO_3^- menjadi gas nitrogen N_2 , sehingga nitrogen dalam bentuk nitrat tidak tersedia bagi tanaman. Kondisi sebaliknya, apabila lahan berada pada kondisi kering, mikroorganisme yang akan menguraikan bahan organik menjadi terhambat, dan mineralisasi lebih lama. Yulina *et al.*, (2023) menunjukkan bahwa mineralisasi nitrogen akan berlangsung secara optimal apabila lahan memiliki kadar air 40-60,5% dari kapasitas lapang karena mikroorganisme akan bekerja dengan optimal. Fluktuasi kadar air juga akan berpengaruh terhadap mobilitas dan kehilangan nitrogen melalui leaching. Air yang berlebih baik akan melewati profil tanah dan membawa ion nitrat yang mudah terbawa ke lapisan tanah

paling dalam dan tidak terjangkau oleh akar tanaman. Nurhidayanti (2025) menyatakan bahwa pengelolaan irigasi yang tepat dapat menekan kehilangan nitrogen 30-50% dibandingkan dengan praktik irigasi konvensional.

2.5.2. PH

Derajat keasaman pada larutan tanah disebut dengan pH. pH memiliki 3 kondisi, yakni asam, netral dan basa. Nilai 0-10 dengan kondisi asam pada 0-6,5 netral pada pH 6,6-7,5 dan basa pada 7,5-10. Kondisi tanah yang asam banyak disebabkan karena curah hujan yang tinggi. Sehingga lahan yang sering tergenangi dan lembab cenderung memiliki pH yang asam. Andshani *et al*, (2023) menyebutkan bahwa lahan yang bersifat asam ditandai dengan tanah yang berwarna sedikit kemerahan dan kekuningan di bagian permukaan tanah. Tanah yang memiliki pH netral umumnya terjadi pada lahan dengan keseimbangan ion H^+ dan OH^- . Kondisi pH basa terjadi karena penambahan garam pada tanah, seperti magnesium dan natrium. Hal ini karena magnesium dan natrium memberikan ion OH^- yang lebih banyak dibandingkan dengan ion H^+ .

Lahan pertanian umumnya memiliki pH 4-9 dan dapat dianalisis menggunakan larutan buffer dengan pH 4,0, pH 10, pH 7,0. Setiap nutrisi memiliki kriteria nilai pH tertentu untuk dapat diserap oleh tanaman, sehingga pH yang optimal mampu mendukung penyerapan nutrisi oleh tanaman. Ketersediaan hara tanaman berdasarkan pH tanah digambarkan sebagai berikut:



Gambar 4 Ketersediaan hara tanaman pada berbagai kondisi pH
(Nopriani *et al.*, 2023)

Gambar 4 menunjukkan ketersediaan unsur hara dipengaruhi oleh pH tanah.

Unsur nitrogen (N), kalium (K), dan sulfur (S) relatif tersedia pada rentang pH 6–

8. Fosfor (P) tersedia pada pH yang mendekati netral pada rentang 6,0–7,0. Kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) tersedia ketika berada pada tingkat pH normal hingga basa. Unsur mikro seperti tembaga (Cu) dan seng (Zn) lebih banyak tersedia pada kondisi sedikit asam, sedangkan besi (Fe), aluminium (Al), dan mangan (Mn) akan tersedia pada pH yang asam. Namun, dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa pada pH tanah 6,0–7,0 unsur hara berada dalam kondisi yang mudah diserap oleh tanaman.

2.5.3. C Organik

Kandungan karbon yang berasal dari bahan organik seperti sisa makhluk hidup, sisa makanan dan mikroorganisme yang terdapat pada tanah disebut dengan C-Organik. Bahan organik yang mulai membusuk akan diuraikan oleh mikroba tanah, sehingga menghasilkan senyawa nitrit yang dapat meningkatkan persentase rasio C/N. Rasio C/N menjadi salah satu indikator dalam kesuburan tanah dan kadar nitrogen tanah. Tanah yang memiliki kadar N Total yang tinggi akan menghasilkan nitrogen tersedia yang rendah karena memiliki rasio C/N yang tinggi (Pandi *et al.*, 2023). Rasio C/N pada beberapa bahan organik ditampilkan pada tabel dibawah:

Tabel 4 Rasio C/N pada beberapa bahan organik

Hijauan	Rasio C/N	Coklat/karbon	Rasio C/N
Pupuk kandang segar	10:1	Daun	30-80:1
Potongan sayuran	12-2:1	Cornstalk	60:1
Pupuk kandang dengan cairan	13-18:1	Jerami	40-100:1
Bubuk kopi	20:1	Kertas	150-200:1
Potongan rumput	12-25:1	Abu kayu	400:1
Pupuk kandang sapi	20:1	Potongan kayu	800:1
Pupuk kandang kuda	25:1	Kulit	100-130:1
Pupuk kandang kuda dan cairan	30-60:1		

(Mindari *et al.*, 2018)

Berdasarkan tabel 4, bahan organik yang berwarna hijau memiliki kandungan N yang lebih banyak, dan bahan organik yang berwarna coklat memiliki kandungan karbon yang lebih banyak. Analisis kimia C organik dapat menggunakan metode Walkley and Black. Metode walkley and black bekerja dengan mengoksidasi bahan organik oleh dikromat dalam suasana asam (Khusnah *et al.*, 2025). C Organik dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Kadar C organik (\%)} = \text{ppm kurva} \times 100/\text{mg contoh} \times 100 \text{ ml}/1.000 \text{ ml} \times \text{fk}$$

Setelah melalui proses perhitungan, kadar C-organik tanah dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Tabel 5 Kadar C-organik tanah

Kadar C organik	Harkat
<0,8	Rendah
0,8-1,2	Sedang
>1,2	Tinggi

(Maulana *et al.*, 2024)

Tabel 5 menunjukkan bahwa kadar C-organik kurang dari 0,8% tergolong dalam kandungan bahan organik yang rendah. Kadar C-organik antara 0,8–1,2% tergolong dalam kategori sedang, serta kadar C-organik lebih dari 1,2% menunjukkan bahwa tanah memiliki kandungan bahan organik yang tinggi. Kandungan bahan organik yang cukup dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah sehingga tanah mampu menjadi media penanaman yang berkualitas.

2.5.4. EC (Daya hantar Listrik)

Daya hantar listrik (EC) merupakan parameter kemampuan tanah dalam menghantarkan arus listrik. Kemampuan EC dipengaruhi oleh keberadaan ion positif (kation) maupun negatif (anion), sehingga semakin banyak kation dan anion, maka akan meningkatkan nilai EC. Ion-ion tanah dapat berupa Ca^{2+} dan NO_3^- . EC banyak digunakan dalam merepresentasikan tingkat salinitas tanah, sehingga EC yang tinggi dapat meningkatkan tekanan osmotik tanah. Tanah yang terdeteksi sebagai tanah salin memiliki nilai EC yang lebih dari 4 d/s (Hamidah *et al.*, 2023). Perwira *et al.*, (2025) juga menyebutkan EC yang tinggi akan menghambat penyerapan air dan unsur hara. Rentang nilai EC menurut Pranantya *et al.*, 2024:

Tabel 6 Rentang Nilai EC

Rentang EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Tingkat Salinitas
<250	Rendah
250-750	Sedang
750-2.250	Tinggi
2.250-5.000	Sangat Tinggi
>5.000	Sangat tinggi sekali

Berdasarkan tabel 6, semakin tinggi nilai EC maka semakin tinggi pula tingkat salinitas tanah. Kondisi tanah dengan nilai EC yang tinggi berpotensi menghambat penyerapan air dan unsur hara oleh tanaman karena adanya

pemingkatan tekanan osmotik di dalam tanah. Nitrogen tanah sebagian besar didominasi dari bahan organik yang masuk ke tanah. Mikroorganisme yang telah membantu proses mineralisasi bahan organik akan membentuk 2 ion anorganik diantaranya NO_3^- dan NH_4^+ , sehingga akan meningkatkan nilai EC. Nilai EC yang tinggi karena penambahan pupuk nitrogen anorganik akan meningkatkan kadar N total, tetapi jika tingginya nilai EC disebabkan karena akumulasi garam lain seperti K^+ , Na^+ , dan Cl^- , maka secara tidak langsung akan menghambat proses mineralisasi oleh mikroorganisme, sehingga dapat mengganggu proses siklus nitrogen dan menyebabkan penurunan N anorganik (Jia *et al.*, 2024). Peningkatan N total dapat dipengaruhi oleh peningkatan EC yang disebabkan pemupukan anorganik, tetapi N total tidak mengalami peningkatan apabila tingginya EC disebabkan karena akumulasi garam.

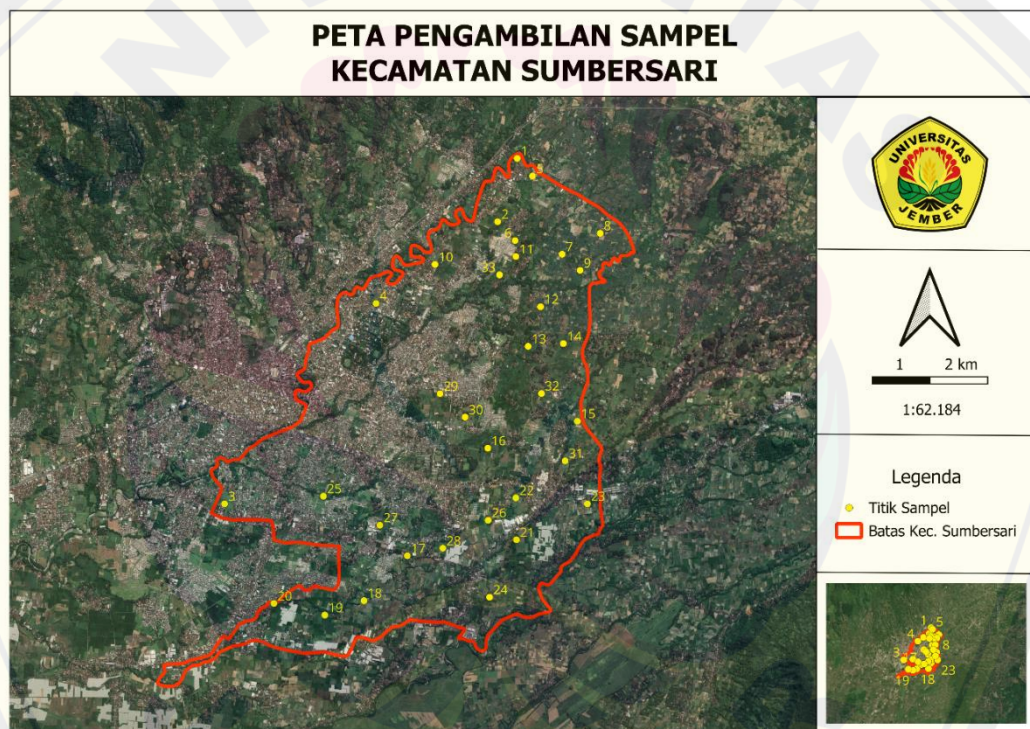
2.6. Hipotesis

Pola distribusi spasial N-Total tanah bersifat homogen pada harkat sedang, serta nilai indeks vegetasi hasil pengolahan citra Landsat 8 mampu merepresentasikan kadar N-Total tanah berdasarkan hasil analisis kimia.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di lahan pertanian Kecamatan Sumpersari Kabupaten Jember Jawa Timur selama 3 bulan yang dimulai pada Mei-Juli 2025. Kecamatan Sumpersari memiliki luas wilayah $36,35 \text{ km}^2$ atau 3.635 ha dengan ketinggian 25-1.000 mdpl (BPS, 2020). Lahan pertanian di Kecamatan Sumpersari merupakan wilayah dengan kategori wilayah pinggiran kota dengan variasi tanaman padi, jagung, okra, singkong, cabai, dan tembakau. Analisis sampel tanah dilakukan di Laboratorium Tanah Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember



Gambar 5 Peta pengambilan sampel Kecamatan Sumpersari

Berdasarkan Gambar 5, menunjukkan bahwa lahan pertanian di Kecamatan Sumpersari berada pada sebelah utara, timur laut, timur, tenggara, dan selatan Kecamatan Sumpersari. Bagian barat dan barat daya Kecamatan Sumpersari merupakan wilayah perkotaan, sehingga pada wilayah tersebut tidak dilakukan pengambilan sampel.

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat

a. Alat Analisis Citra

Alat yang digunakan dalam analisis citra diantaranya adalah laptop yang telah terinstal Microsoft Office 2019 dan QGIS 3.40.

b. Alat Analisis Kimia

Alat yang digunakan dalam analisis kimia diantaranya adalah alat tulis, *software* GPS cam, nampan, GPS Essential, neraca analitik, Kjeldahl *digestion*, sistem destilasi, labu Kjeldahl, erlenmeyer 125 ml, buret mikro, *magnetic stirrer*

3.2.2. Bahan

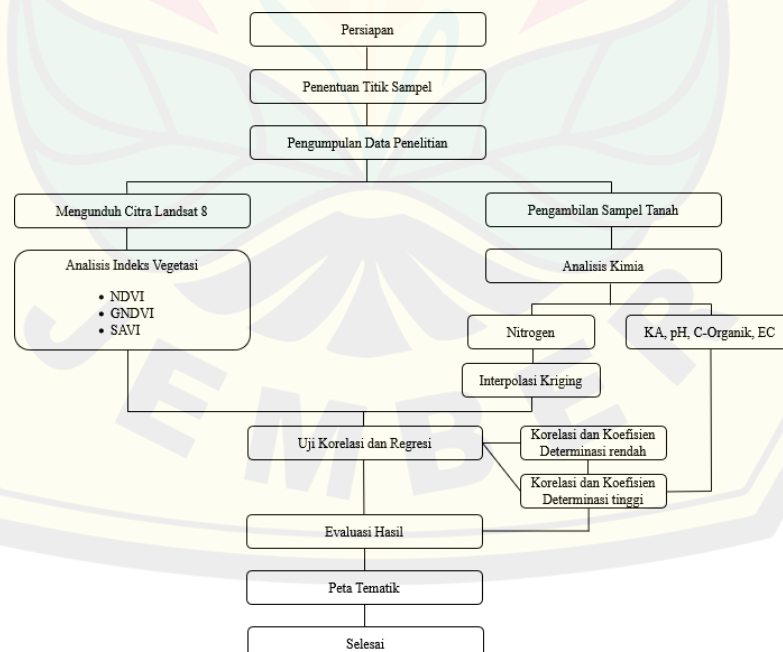
a. Bahan Analisis Citra

Bahan yang digunakan dalam analisis citra diantaranya adalah Citra Landsat 8, Batas Administrasi Desa, RBI Jember

b. Bahan Analisis Kimia

Bahan yang digunakan dalam analisis tanah diantaranya adalah sampel tanah yang lolos ayakan 0,5 mm, H₂SO₄ pekat, CuSO₄, 5H₂O, Se, H₃BO₃.

3.3. Prosedur Penelitian



Gambar 6 Diagram alur penelitian

3.3.1. Persiapan

Persiapan dimulai dengan studi literatur tentang topik terkait penelitian sejenis melalui buku, jurnal, dan sumber informasi lain yang dapat digunakan sebagai acuan penelitian. Persiapan pengambilan sampel dimulai dengan mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan

3.3.2. Penentuan Titik Sampel

Pembuatan peta titik sampel tanah yang akan dilakukan analisis kimia, menggunakan metode *purposive random sampling* untuk memperoleh data yang lebih variatif. Menurut Andrade (2021) *Purposive random sampling* merupakan metode pengambilan sampel dengan penetapan karakteristik sampel sesuai dengan tujuan penelitian. Pengambilan sampel dengan metode *purposive random sampling* diharapkan mampu mewakili setiap wilayah di Kecamatan Sumbersari. Penentuan sampel tanah pada penelitian ini didasarkan pada lokasi lahan pertanian dengan jumlah titik pengambilan sampel sebanyak 33 titik. Penentuan jumlah titik sampel mengacu pada penelitian Chang *et al.* (1998) yang menunjukkan bahwa interpolasi kriging dapat dilakukan menggunakan 28 titik sampel, sehingga jumlah titik pada penelitian ini telah memenuhi persyaratan analisis spasial. Titik sampel disebar secara merata di seluruh Kecamatan Sumbersari yang memiliki lahan pertanian. Pemerataan titik sampel bertujuan agar dapat mewakili setiap lokasi dengan variasi kadar nitrogen. Titik koordinat yang dipilih sebagai titik sampel dipastikan kembali menggunakan GPS essential untuk menentukan keakuratannya.

3.3.3. Pengumpulan Data Penelitian

a. Pengunduhan citra Landsat 8

Mengunduh citra satelit Landsat 8 pada web <https://earthexplorer.usgs.gov/> dengan memilih sesuai lokasi penelitian. Citra Landsat 8 diambil pada tanggal 11 Mei 2025 dengan tutupan awan maksimal 30%. Pengambilan citra satelit didasarkan pada kedekatan waktu dengan pengambilan sampel tanah. Tutupan awan yang baik untuk analisis vegetasi yakni lebih kecil dari 20%. Pemilihan persentase tutupan awan kurang dari 20% karena menghasilkan citra yang lebih jernih dan lebih akurat.

- b. Pengambilan dan pengukuran sampel tanah
- 1) Pengambilan sampel tanah pada titik yang telah ditentukan, dimana setiap satu titik sampel diambil 5 titik disekitarnya. Jarak antar titik tersebut dalam 1 lokasi diberikan jarak 1 meter dengan pola 1 titik di bagian tengah, 1 titik di utara titik utama, 1 titik di barat titik utama, 1 titik di timur titik utama dan 1 titik di bagian selatan titik utama. Pengambilan sampel dengan metode komposit tersebut digunakan untuk mencari variasi dari kelima titik, yang kemudian dikompositkan dalam 1 kantong. Klaida *et al.* (2024) menyatakan bahwa pengambilan sampel dengan metode komposit dilakukan agar dapat mewakili kondisi aktual di lapangan, sehingga dapat memperoleh hasil lebih akurat. Kedalaman sampel yang diambil berkisar 20-30 cm di bawah permukaan tanah dengan total tanah sebanyak 1 kg. Pemilihan zona 20-30 cm karena pada area tersebut merupakan zona perakaran dan merupakan lapisan mineral permukaan, dan menjadi area dengan konsentrasi bahan organik tanah mencapai nilai tertinggi (Piotrowska-Długosz *et al.*, 2022).
 - 2) Pengukuran kadar nitrogen tanah dilakukan dengan menganalisis sampel tanah di laboratorium menggunakan analisis kimia. Analisis kimia yang digunakan dalam pengukuran kandungan nitrogen tanah menggunakan metode Kjeldahl. Metode kjeldahl menggunakan kandungan protein dalam menganalisis nitrogen tanah. Kjeldahl terdiri dari 3 tahapan, yakni destruksi, destilasi dan titrasi. Menurut Amalia dan Fajri, (2020), nitrogen tanah diubah menjadi amonium pada proses destruksi, kemudian amonium yang terbentuk akan di destilasi. Akumulasi NH_3 yang terbentuk, akan dititrasi untuk menentukan jumlahnya. Pemilihan metode Kjeldahl didasarkan pada kemampuan dalam penetapan kadar protein.

3.4. Variabel Pengamatan

Parameter yang diamati meliputi nilai indeks vegetasi (NDVI, GNDVI, SAVI) yang diperoleh dari citra Landsat 8 sebagai variabel independen dan kadar nitrogen dalam tanah melalui analisis kimia sebagai variabel dependen.

3.5. Analisis Data

3.5.1. Analisis Citra Landsat 8

Analisis citra satelit dengan menggunakan software QGIS 3.40 melalui perhitungan indeks vegetasi NDVI menggunakan band 4 dan band 5, GNDVI menggunakan band 3 dan band 5, dan SAVI menggunakan band 4 dan band 5 dan faktor koreksi L.

3.5.2. Analisis Kimia Tanah

Data kadar nitrogen tanah yang diperoleh dari analisis laboratorium menggunakan metode Kjeldahl selanjutnya dianalisis secara spasial dengan metode interpolasi kriging. Interpolasi kriging mampu mempertimbangkan pola spasial dan dapat menghasilkan data autokorelasi dibandingkan dengan *IDW interpolation* (Atman Maulana, 2018). Interpolasi kriging menggunakan “Smart-Map” dan menggunakan jenis Ordinary Kriging.

3.5.3. Uji Korelasi dan Regresi

Uji Korelasi digunakan untuk mengetahui adanya hubungan antara variabel independen dan dependen. Nilai koefisien korelasi berada pada rentang -1 hingga 1. Nilai r yang semakin mendekati 1 menunjukkan adanya korelasi yang sangat kuat. Uji regresi digunakan untuk membuat persamaan yang dapat digunakan dalam memprediksi kadar nitrogen tanah berdasarkan nilai indeks vegetasi hasil pengolahan citra satelit. Model regresi yang telah dibuat, kemudian dievaluasi menggunakan koefisien determinasi dan RMSE.

Tabel 7 Interval Koefisien korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Koefisien
0,00-0,19	Tidak ada korelasi/Korelasi Lemah
0,20-0,39	Korelasi rendah
0,40-0,59	Korelasi sedang
0,60-0,79	Korelasi kuat
0,80-1,00	Korelasi sangat kuat/semurna

(Laksmiana dan Hidayat, 2023)

Tabel 7 menunjukkan tingkat kekuatan hubungan antar variabel. Nilai koefisien antara 0,00–0,19 menunjukkan bahwa hubungan antar variabel sangat lemah atau tidak ada korelasi. Nilai 0,20–0,39 menunjukkan korelasi rendah, dan nilai 0,40–0,59 menunjukkan korelasi sedang. Hubungan antar variabel tergolong

kuat apabila memiliki rentang nilai 0,60–0,79, dan menunjukkan korelasi yang sangat kuat dan mendekati sempurna apabila memiliki nilai koefisien sebesar 0,80–1,00. Semakin besar nilai koefisien korelasi, maka semakin erat hubungan antara variabel independen dan variabel dependen.

3.6. Evaluasi Model Prediksi

Model prediksi yang telah dibuat, perlu dievaluasi untuk mengukur akurasi dari korelasi antara nilai indeks vegetasi dari pengolahan citra Landsat 8 dan kadar nitrogen dari hasil analisis laboratorium. Evaluasi model prediksi dilakukan untuk menilai kemampuan indeks vegetasi (NDVI, GNDVI, SAVI) dalam memprediksi kadar nitrogen tanah. Analisis dilakukan dengan membandingkan nilai nitrogen berdasarkan hasil prediksi indeks vegetasi terhadap nilai nitrogen tanah hasil analisis kimia. Korelasi antara variabel independen dan variabel dependen dianalisis menggunakan regresi linier sederhana dan regresi linier berganda. Evaluasi model yang digunakan meliputi parameter koefisien determinasi (R^2) dan *Root Mean Square Error* (RMSE). R^2 digunakan dalam pengukuran hubungan antara model prediksi dan nilai aktual nitrogen pada lahan penelitian. Nilai R^2 yang semakin tinggi menunjukkan adanya hubungan yang erat antara prediksi dan nilai aktual (Sugiyono, 2017). Nilai RMSE digunakan dalam menilai tingkat kesalahan antara nilai prediksi dan nilai aktual, yang mana nilai RMSE yang semakin rendah menunjukkan bahwa semakin tinggi akurasi model prediksi (Prasetya *et al.*, 2025). Woda dan Wijayanto, (2023) menyebutkan nilai RMSE dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (p_i - a_i)^2}{n}}$$

Persamaan 5 Root Mean Square Error

Keterangan :

Pi : Nilai hasil prediksi dari variabel observasi

ai : Nilai aktual variabel observasi

n : Jumlah observasi

3.7. Pemetaan Zona

Peta sebaran nitrogen berdasarkan hasil interpolasi kriging selanjutnya diklasifikasikan menjadi zona defisiensi nitrogen. Pemetaan zona defisiensi nitrogen dilakukan menggunakan software QGIS 3.40 dalam bentuk peta tematik. Nilai nitrogen yang telah diinterpolasi kemudian diklasifikasikan menjadi beberapa tingkat kesuburan mulai dari sangat rendah hingga tinggi. Kemudian dari setiap harkat N-Total dihitung dari setiap luasan area. Adapun klasifikasi total nitrogen tanah menurut Sari *et al.*, (2022):

Tabel 8 Harkat N-Total

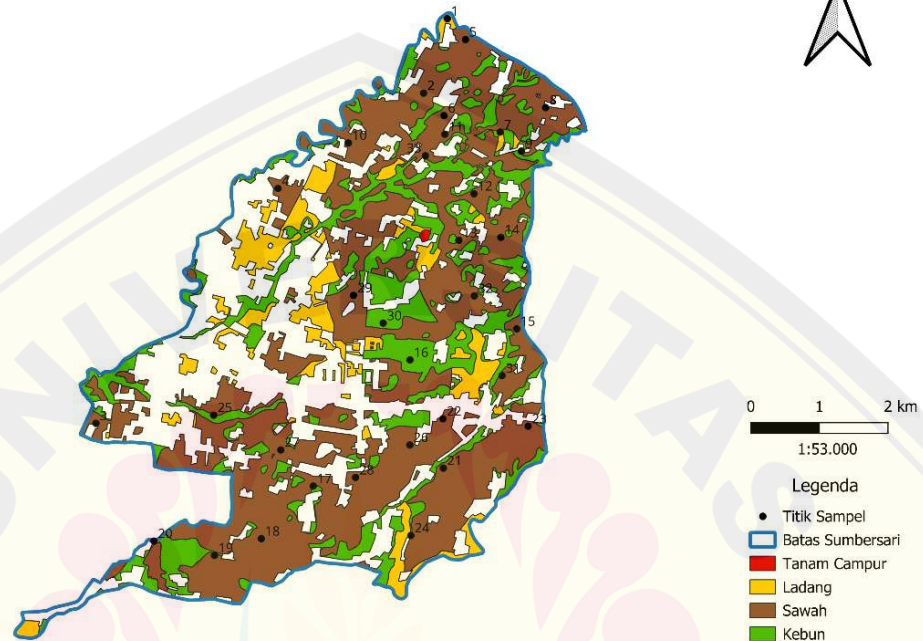
N-Total (%)	Harkat
<0.1	Sangat Rendah
0.1-0.20	Rendah
0.21-0.50	Sedang
0.51-0.75	Tinggi
>0.76	Sangat tinggi

Berdasarkan rentang Harkat N-Total pada Tabel 8, menunjukkan perbedaan klasifikasi tingkat kesuburan tanah yang kemudian akan divisualisasikan dalam dalam gradasi warna. Warna merah menunjukkan kadar nitrogen yang rendah dan warna hijau menunjukkan kadar nitrogen tinggi. Melalui pemetaan spasial tersebut dapat menentukan prioritas pemupukan dan memudahkan dalam pengelolaan tanah.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum Lahan Penelitian

Peta Penggunaan Lahan Pertanian



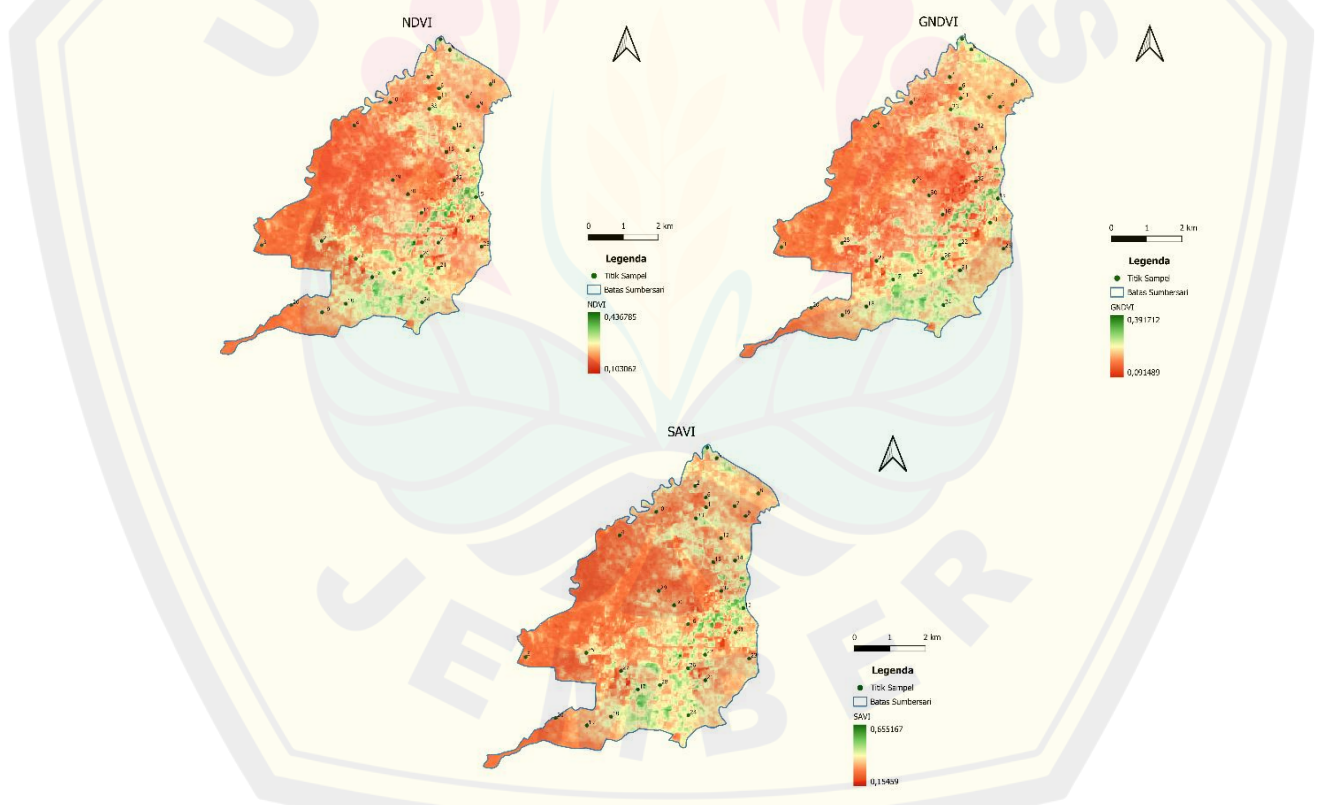
Gambar 7 Peta penggunaan lahan di Kecamatan Sumber Sari

Berdasarkan Gambar 7 mengenai peta penggunaan lahan di kecamatan Sumber Sari, Lahan penelitian berada di Kecamatan Sumber Sari Kabupaten Jember, Jawa Timur yang memiliki luas wilayah administratif 3.656,49 ha. Lahan penelitian yang digunakan merupakan lahan pertanian masyarakat dengan total luasan 2.518,30 ha. yang terdiri dari sawah 1.581,9 Ha, ladang 272,78 Ha, kebun 661,64 Ha, dan tanam campur 2 Ha. Dari luasan lahan tersebut diambil sampel sejumlah 33 sampel yang tersebar di Kecamatan Sumber Sari. Lahan pertanian yang menjadi lokasi pengambilan sampel memiliki keberagaman tanaman, diantaranya padi, jagung, cabai, mentimun dan singkong. Sebagian besar petani yang memiliki lahan menggunakan pola tanam padi-padi-padi, padi-padi-jagung, maupun padi-jagung-tembakau. Rotasi tanaman bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk di lahan (Ngabito dan Gaib., 2025). Lahan penelitian Kec. Sumber Sari memiliki heterogenitas yang tinggi, seperti perbedaan tanaman yang

mengakibatkan perbedaan jarak tanam dan tingkat penyerapan nutrisi, perbedaan fase budidaya, dan keberadaan gulma. Berdasarkan informasi dari petani, para petani sebagian besar menggunakan pupuk kimia tanpa tambahan pupuk organik untuk menunjang produktivitas tanamannya.

4.2. Hasil Analisis Indeks Vegetasi

Analisis indeks vegetasi dilakukan menggunakan 3 indeks, diantaranya NDVI, GNDVI, dan SAVI. Indeks vegetasi digunakan dalam merepresentasikan tajuk tanaman berdasarkan tingkat kehijauan kanopi yang berasal dari klorofil daun, yang pembentukannya dipengaruhi oleh ketersediaan nitrogen. Ketiga indeks memiliki rentang nilai yang sama, dengan nilai -1 hingga 1. Hasil analisis indeks vegetasi digambarkan dalam peta berikut:



Gambar 8 Pola sebaran spasial indeks vegetasi

Gambar 8 menunjukkan karakteristik spasial di Kecamatan Sumbersari dari setiap indeks vegetasi. Hasil analisis indeks vegetasi memvisualisasikan pola

sebaran spasial cenderung mirip. Warna merah di bagian barat laut hingga barat daya Kecamatan Sumbersari menandakan kurangnya pantulan spektrum hijau. Lasaiba dan Tetelepta (2023) menyebutkan warna merah dalam analisis indeks vegetasi menunjukkan rendahnya nilai indeks, sehingga banyak diasumsikan sebagai lokasi non vegetasi (permukiman, bangunan dsb.). Lahan pertanian di Kecamatan Sumbersari ditunjukkan dengan tangkapan citra yang berwarna orange, krem, dan hijau, dengan posisi yang berada pada sisi utara, timur, dan tenggara Kecamatan Sumbersari.

Tabel 9 Analisis statistik indeks vegetasi

Indeks	Minimum	Maksimum	Mean	Standar Deviasi
NDVI	0,0941	0,3267	0,2392	0,0334
GNDVI	0,1768	0,2710	0,2133	0,0266
SAVI	0,2926	0,4492	0,3530	0,0440

Berdasarkan hasil perhitungan Tabel 9 nilai NDVI, GNDVI, dan SAVI masing masing memiliki rentang nilai yang rendah. Nilai NDVI, GNDVI, dan SAVI terendah terletak pada titik 3 dengan nilai NDVI 0,1941 dan GNDVI 0,1768 dan SAVI 0,2926. Nilai tersebut tergolong dalam tingkat kehijauan vegetasi yang rendah (Septiana *et al.*, 2024 dan Simarmata *et al.*, 2021).



Gambar 9 Kondisi lokasi titik 3

Dari perhitungan ketiga indeks vegetasi (NDVI, GNDVI, SAVI), hasil analisis menunjukkan bahwa titik 3 menjadi lokasi dengan tingkat vegetasi yang rendah. Gambar 9 menggambarkan kondisi vegetasi yang jarang, dengan fase budidaya jagung yang telah dipanen, sehingga warna tanaman menjadi coklat

karena tanaman tidak mampu memproduksi klorofil dan citra menangkap warna coklat yang menandakan kondisi vegetasi yang rendah. Kondisi ini sejalan dengan pernyataan Vélez *et al.*, (2023) nilai indeks vegetasi yang rendah mengindikasikan lahan dengan tingkat kerapatan yang rendah. Rendahnya nilai indeks vegetasi juga dapat dipengaruhi oleh tanaman pada fase vegetatif awal, karena adanya pengaruh latar belakang tanah.



Gambar 10 Kondisi lokasi titik 28

Gambar 10 merupakan area lahan dengan nilai tertinggi NDVI dan GNDVI yang terletak pada titik 28, dengannilai 0,3267 dan 0,2710. Namun, menurut Septiana *et al.*, (2024) nilai tersebut masih tergolong dengan nilai yang rendah dalam perhitungan indeks vegetasi. Lokasi titik 28 telah memasuki fase generatif awal, sehingga daun padi telah menutupi sebagian besar permukaan tanah, dan warna daun masih terlihat hijau. Tanaman padi pada fase generatif awal umumnya memiliki perkembangan kanopi yang lebih luas dan lebih rapat dibandingkan fase vegetatif awal, sehingga pengaruh latar belakang tanah menjadi lebih kecil. Kandungan klorofil daun yang tinggi menyebabkan reflektansi pada band NIR meningkat dan reflektansi pada band merah menurun, sehingga menghasilkan nilai NDVI dan GNDVI yang lebih tinggi dibandingkan titik lainnya (Haikal, 2025).



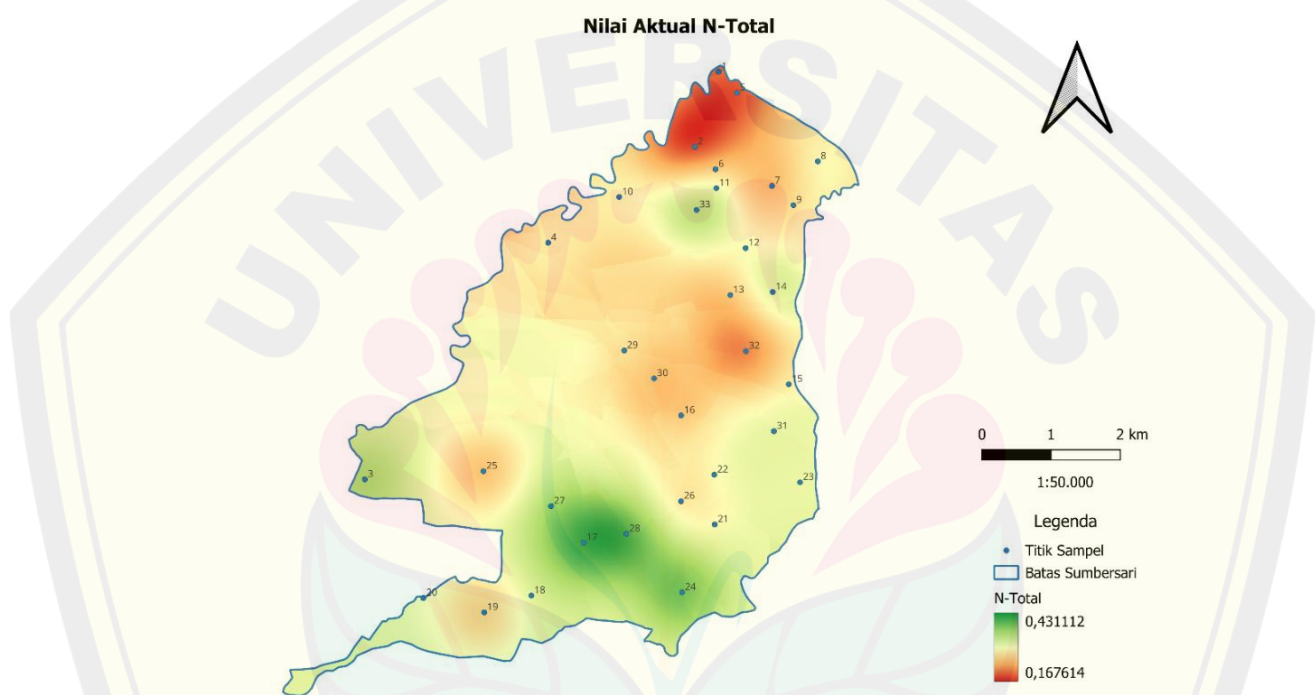
Gambar 11 Kondisi lokasi titik 15

Nilai SAVI tertinggi terletak pada titik 15 ditunjukkan pada gambar 11 yang memiliki nilai 0,4492. SAVI dihitung dengan mengurangi pengaruh latar belakang tanah, sehingga dapat menunjukkan kondisi vegetasi yang lebih jelas. Namun nilai tersebut terklasifikasi dengan tingkat kerapatan vegetasi sedang. Lahan pada titik 15 menunjukkan lahan dengan vegetasi komoditas padi dan memasuki fase vegetatif akhir, sehingga daun berada pada puncak pertumbuhan yang menjadikan tajuk padi lebih lebar dan menutupi permukaan tanah

Tabel 9 hasil pengukuran statistik diperoleh nilai standar deviasi dari masing masing indeks. Standar deviasi digunakan untuk menilai tingkat keragaman (variasi) dari data yang diperoleh. NDVI memiliki nilai standar deviasi 0,0334, GNDVI 0,0266 dan SAVI 0,0440. Lasaiba dan Tetelepta (2023) menyebutkan nilai SD <0,15 tergolong dalam SD yang rendah. Nilai SD terendah terdapat pada GNDVI yang mengindikasikan bahwa sebaran nilai GNDVI cenderung lebih homogen dalam spektral dibandingkan dengan indeks vegetasi lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa sebaran nilai spektral band hijau dari Landsat 8 terhadap karakteristik vegetasi di area penelitian cenderung seragam. NDVI memiliki nilai SD yang sedikit lebih tinggi dari GNDVI tetapi nilai tersebut masih tergolong dalam

nilai SD yang sangat rendah dan bersifat homogen. SAVI memiliki nilai SD yang paling tinggi, hal ini karena kemampuan SAVI dalam mengurangi pengaruh latar belakang (tanah). Tingkat variasi nilai SD dapat dipengaruhi oleh kerapatan vegetasi, fase pertumbuhan, dan jenis tanaman. Jika vegetasi dan fase pertumbuhan bersifat heterogen, tetapi nilai SD $< 0,05$ maka kondisi tersebut disebabkan karena resolusi dan respon spektral yang sama (Balzarolo *et. al.*, 2019).

4.3. Hasil Analisis Kimia Nitrogen



Gambar 12 Sebaran nitrogen total di Kecamatan Summersari

Gambar 12 merupakan peta sebaran N-Total di Kecamatan Summersari. Visualisasi tersebut didasarkan pada rentang nilai minimum dan maksimum dari hasil analisis laboratorium, sehingga pola distribusi nitrogen total di seluruh wilayah Kecamatan Summersari dapat terlihat dengan lebih jelas. Warna hijau memvisualisasikan dari kadar nitrogen tertinggi dan warna merah merupakan kadar nitrogen terendah. Visualisasi tersebut merupakan hasil dari interpolasi kriging dengan mempertimbangkan dari nilai antar titik, sehingga setiap piksel pada peta merupakan hasil estimasi yang didasarkan pada pola variasi data, sehingga menghasilkan sebaran yang lebih halus.

Tabel 10 Hasil analisis nitrogen metode kjeldahl

Titik Ke	N-Total (%)	Harkat	Tanaman	Lokasi
1	0,19	Rendah	Cabai	Antirogo
2	0,09	Sangat Rendah	Cabai	Antirogo
3	0,39	Sedang	Jagung	Kebonsari
4	0,31	Sedang	Jagung	Tegalgede
5	0,15	Rendah	Cabai	Antirogo
6	0,31	Sedang	Padi	Antirogo
7	0,20	Rendah	Mentimun	Antirogo
8	0,32	Sedang	Padi	Antirogo
9	0,30	Sedang	Padi	Antirogo
10	0,31	Sedang	Jagung	Tegalgede
11	0,30	Sedang	Padi	Antirogo
12	0,31	Sedang	Padi	Antirogo
13	0,23	Sedang	Padi	Antirogo
14	0,37	Sedang	Padi	Antirogo
15	0,30	Sedang	Padi	Wirolegi
16	0,23	Sedang	Okra	Karangrejo
17	0,47	Sedang	Jagung	Kranjangan
18	0,33	Sedang	Padi	Kranjangan
19	0,22	Sedang	Padi	Kranjangan
20	0,30	Sedang	Padi	Kranjangan
21	0,30	Sedang	Tembakau	Wirolegi
22	0,30	Sedang	Cabai	Wirolegi
23	0,31	Sedang	Padi	Wirolegi
24	0,45	Sedang	Padi	Wirolegi
25	0,20	Rendah	Jagung	Kebonsari
26	0,26	Sedang	Jagung	Wirolegi
27	0,38	Sedang	Tembakau	Kranjangan
28	0,47	Sedang	Padi	Karangrejo
29	0,27	Sedang	Padi	Karangrejo
30	0,22	Sedang	Padi	Karangrejo
31	0,32	Sedang	Singkong	Wirolegi
32	0,16	Rendah	Padi	Wirolegi
33	0,41	Sedang	Padi	Antirogo

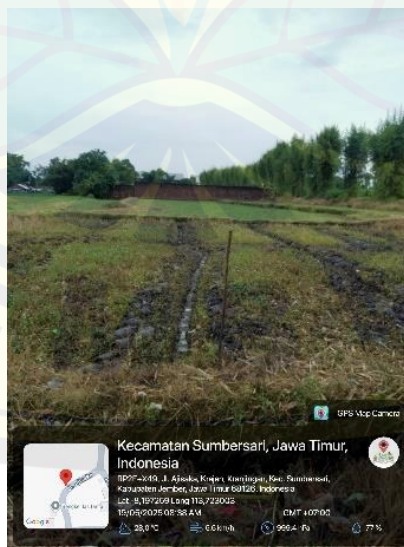
Sari *et al.* (2022) kadar N-Total tanah dapat di klasifikasikan menjadi 5 kelas, yakni, sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Berdasarkan tabel 10, lahan pertanian di Kecamatan Sumbersari memiliki kadar N-Total sangat rendah, rendah dan sedang, serta tidak terdapat nilai N-Total dengan tinggi dan Sangat Tinggi. Nilai N-Total terendah memiliki nilai 0,09% dan nilai tertinggi 0,47%, dengan nilai terendah berada pada titik 2 yang merupakan lahan cabai.



Gambar 13 Tanaman cabai pada titik 2

Gambar 13 merupakan lahan cabai pada titik 2 dengan nilai nitrogen terendah. Secara visual rendahnya kadar N-Total tanah terlihat pada pertumbuhan tanaman yang kurang maksimal, seperti batang yang kurus dan pertumbuhan daun yang sedikit. Defisiensi nitrogen pada lahan cabai tersebut juga ditandai dengan daun yang berwarna kuning di area tulang daun. Gejala defisiensi cenderung menyeluruh tanpa adanya spot spot tertentu. Defisiensi nitrogen juga dapat terjadi ketika masa budidaya hampir berakhir, sehingga petani tidak memberikan pupuk tambahan dan hanya mengandalkan ketersediaan pupuk di dalam tanah untuk pematangan buah terakhir.

Lokasi titik 17 dan 28 memiliki kadar nitrogen yang paling tinggi diantara semua titik di lokasi penelitian yakni memiliki nilai 0,47%. Namun, nilai tersebut masih tergolong dengan harkat sedang.



Gambar 14 Kondisi lokasi titik 17

Kondisi lahan pada titik 17 yang ditunjukkan pada gambar 14, yang merupakan lahan yang menerapkan pola rotasi tanaman, dengan riwayat penggunaan lahan untuk budidaya tanaman padi dan sedang berada pada fase olah tanah untuk penanaman jagung. Suprihatin dan Amirullah (2018) menyebutkan bahwa rotasi tanaman antara padi di musim hujan dan jagung di musim kemarau dapat mengurangi kehilangan nitrogen dan C-Organik akibat drainase dan pencucian, dibandingkan dengan sistem tanam tanpa rotasi pada budidaya padi-padi. Selain dari pengaruh rotasi tanaman, fase pengolahan tanah setelah budidaya padi, banyak meninggalkan residu yang berupa jerami dan akar tanaman. Pembenanaman tanah bagian luar menjadikan jerami ikut terbenam, sehingga terjadi akumulasi nitrogen organik yang dapat meningkatkan kadar N-Total tanah.



Gambar 15 Kondisi lokasi titik 28

Kondisi berbeda, pada lahan titik 28 yang ditunjukkan pada gambar 15 yang merupakan lahan budidaya padi dan telah memasuki fase generatif. Sebagian besar petani memberikan pupuk setelah memasuki fase generatif awal, sehingga menjadikan kadar nitrogen total dalam tanah lebih banyak dibandingkan dengan kadar nitrogen tanah di lokasi lain. Hal ini menunjukkan bahwa rentang waktu antara pemberian pupuk dan pengambilan sampel kadar nitrogen tanah akan memberikan hasil analisis yang berbeda.

Berdasarkan tabel 10, variasi kadar N-Total dengan harkat sangat rendah hingga rendah cenderung didominasi oleh tanaman hortikultura. Kondisi tersebut dapat diakibatkan karena pada penanaman tanaman hortikultura sangat jarang mendapatkan tambahan bahan organik seperti jerami/sisa batang jagung. Selain itu, intensitas pembungaan dan pertumbuhan buah yang lebih banyak dan lebih lama akan meningkatkan kebutuhan nitrogen. Nitrogen dalam fase pembungaan berperan dalam pembentukan kuncup bunga yang akan menjadi calon buah (Fitriyah et. al., 2024). Mar'atushaliha *et al.*, (2023) juga menyebutkan nitrogen menjadi penentu pertumbuhan dan hasil panen karena nitrogen berperan sebagai sumber klorofil, protein, asam nukleat.

Kondisi N-Total yang didominasi dengan harkat sedang menunjukkan kondisi tanah dengan nitrogen yang cukup untuk pertumbuhan tanaman, tetapi petani tetap memerlukan pemupukan berkala sesuai fase pertumbuhan tanaman dan dosis yang dianjurkan. Namun pada lahan dengan kondisi N-Total sangat rendah dan rendah, diperlukan pemupukan dengan penambahan dosis dan pengaturan interval waktu yang teratur. Pola pemupukan yang disesuaikan dengan kebutuhan tanaman akan meningkatkan pertumbuhan tanaman terutama pada fase vegetatif, serta mendukung perkembangan pada fase generatif. N-Total dengan harkat sedang (0,31-0,50) umumnya telah mencukupi untuk pertumbuhan tanaman, tetapi masih memerlukan pupuk tambahan untuk meningkatkan produktivitas Fadli *et al.* (2024). Hal ini karena kadar N-Total yang tinggi tidak berbanding lurus dengan N tersedia. Tanah dengan N-Total yang tinggi, akan memiliki N tersedia yang rendah jika memiliki rasio C/N tinggi (Pandi *et al.*, 2023).

Variasi kadar N-Total tanah dari setiap lokasi pengamatan tidak hanya dipengaruhi oleh pola rotasi tanaman, tetapi juga aktivitas pengelolaan lahan. Terlihat pada lokasi 17 dengan aktivitas penanaman jerami pada fase olah tanah memiliki kadar N-Total yang lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi lainnya. Jerami yang ditanam akan menjadi bahan organik dan berkontribusi dalam peningkatan nitrogen organik. Namun ketersediaan nitrogen bagi tanaman sangat dipengaruhi oleh proses mineralisasi dan rasio C/N bahan organik. Selain itu, perbedaan waktu pemupukan antar lokasi dan waktu pengambilan sampel yang

bersamaan, secara tidak langsung juga akan mempengaruhi hasil pengukuran N-Total. Pengambilan sampel pada bulan Mei dengan kondisi akhir musim penghujan dapat meningkatkan proses pencucian hara (leaching). Keberadaan gulma dalam area penanaman juga dapat mengurangi efektivitas pupuk untuk tanaman, sehingga penyiangan gulma diperlukan untuk mengantisipasi perebutan hara.

4.4. Hubungan Antara N-Total Tanah dengan Indeks Vegetasi

Tabel 11 Hubungan antara N-total tanah dengan indeks vegetasi

Indeks	Korelasi (r)	Persamaan Regresi	R^2	RMSE	Keterangan
NDVI	0,1607	$Y=0,1933+0,4183X$	0,0258	0,0897	Hubungan lemah
GNDVI	0,2321	$Y=0,1267+0,7811X$	0,0539	0,0884	Hubungan lemah
SAVI	0,1524	$Y=0,1840+0,3098X$	0,0232	0,0898	Hubungan lemah

Tabel 11, hasil analisis korelasi dan regresi antara indeks vegetasi (NDVI, GNDVI, SAVI) dengan kadar N-Total tanah menggunakan korelasi dan regresi linier menghasilkan nilai yang sangat rendah. NDVI hanya mampu menjelaskan 2,58%, GNDVI 5,39% dan SAVI hanya 2,32% dari kadar N-total tanah. Hal ini menunjukkan bahwa lebih dari 94% N-Total tanah tidak dapat dijelaskan oleh pemodelan indeks vegetasi. Nilai korelasi antara indeks vegetasi dengan N-Total aktual memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan penelitian Setiawan dan Rijal (2024) yang menyebutkan bahwa NDVI memiliki korelasi hingga 0,85 dan R^2 0,72, hal ini diduga karena penggunaan citra satelit dengan resolusi yang lebih tinggi. Faktor lain yang dapat mempengaruhi kadar N-Total diantaranya C Organik, pH, dan EC (Wongkiew *et al*, 2022). Nilai r yang semakin tinggi dan berkorelasi positif maka semakin kuat hubungan linier antara indeks vegetasi dengan kadar N-Total tanah. Namun, nilai korelasi $<0,3$ menunjukkan hubungan indeks vegetasi dengan kadar N-Total tanah yang rendah, sehingga tidak dapat dijadikan sebagai dasar prediksi (Maryana *et al*, 2025). Hasil korelasi yang rendah menunjukkan kemampuan prediksi yang lemah. Meskipun memiliki RMSE yang rendah, model belum mampu memprediksi N-Total tanah dengan baik. Analisis korelasi antara N-Total dan indeks vegetasi menghasilkan korelasi yang lemah. Hal ini didukung dengan kondisi lahan pertanian dengan heterogenitas jenis tanaman, dan perbedaan fase pertumbuhan tanaman. Variasi tanaman seperti padi, jagung,

tembakau, cabai, mentimun dan singkong memiliki kandungan klorofil daun yang berbeda, sehingga mempengaruhi tingkat kehijauan daun yang kemudian menghasilkan nilai spektral yang berbeda.

Analisis korelasi dan regresi juga dilakukan dengan metode linier berganda, dengan seluruh indeks vegetasi, dengan hasil sebagai berikut:

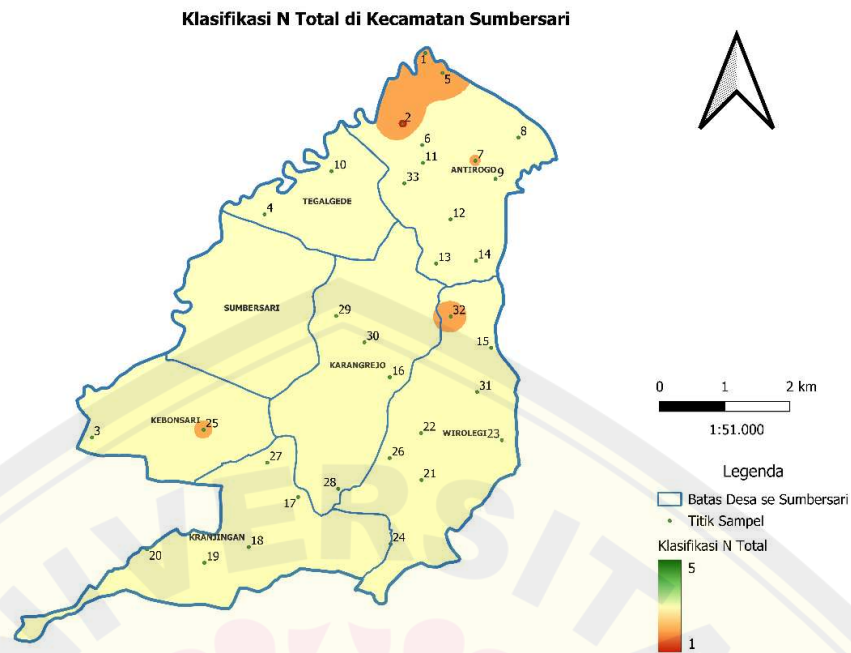
Tabel 12 Analisis Korelasi dan Regresi Berganda

Korelasi (r)	Persamaan Regresi	R^2	RMSE	Keterangan
0,3863	$Y = 1335 - 0,6909 (\text{NDVI}) + 5,1910 (\text{GNDVI}) - 2,2153 (\text{SAVI})$	0,1492	0,0866	Hubungan lemah (Laksmana dan Hidayat, 2023)

Dari tabel 12 analisis korelasi dan regresi berganda menunjukkan peningkatan nilai r dan R^2 . Korelasi antara ketiga indeks dengan N-Total aktual meningkat menjadi 0,3863 yang menunjukkan korelasi positif antara indeks vegetasi dengan N-Total tanah dengan tingkat korelasi yang rendah. Kombinasi ke 3 indeks vegetasi tersebut mampu meningkatkan kemampuan model prediksi dibandingkan dengan menggunakan indeks vegetasi tunggal, tetapi pemodelan tersebut masih terbatas dalam memprediksi N-Total Tanah. Peningkatan korelasi diikuti dengan peningkatan R^2 sebesar 0,1492, yang menunjukkan bahwa model regresi berganda dari 3 indeks vegetasi (NDVI, GNDVI, SAVI) hanya mampu menjelaskan 15% dari variasi N-Total tanah, sehingga 85% dipengaruhi oleh faktor lain. Korelasi yang lemah dapat disebabkan oleh resolusi spektral landsat yang hanya mampu merekam pantulan permukaan bumi seluas 30×30 m. Sehingga dalam 1 pixel landsat mewakili banyak tanaman dan nilai reflektan yang diambil berdasarkan dari rata rata tingkat kehijauan daun dalam satu luas pixel citra

4.5. Pola Sebaran Spasial Nitrogen Berdasarkan Pengkelasan

Pengkelasan nitrogen diperlukan untuk mengetahui tingkat defisiensi nitrogen di setiap lokasi, dengan tujuan menyederhanakan variasi nitrogen di menjadi 5 tingkat kadar N-Total. Pengkelasan N-Total didasarkan dari interpolasi kriging, yang dihitung berdasarkan klasifikasi N-Total pada tabel 7. Setelah didapatkan area sesuai klasifikasi, dilakukan perhitungan luas area dari setiap masing masing harkat nitrogen. Berikut merupakan hasil dari klasifikasi N-Total:



Gambar 16 Klasifikasi N-Total Kecamatan Summersari

Gambar 16 menunjukkan sebaran nitrogen total dengan perbedaan warna dari setiap harkatnya. N-Total dengan harkat sangat rendah ditandai dengan warna merah yang memiliki luas 1,2 Ha, harkat rendah ditandai dengan warna orange yang memiliki luas 129,5 Ha, dan harkat sedang yang ditandai dengan warna krem dengan luas 3525,6 Ha. Berdasarkan klasifikasi tersebut, kadar N-Total Tanah didominasi oleh harkat sedang, dengan perbedaan harkat yang cukup signifikan. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa kadar nitrogen di Kecamatan Summersari relatif homogen, yang juga dibuktikan dengan standar deviasi yang rendah.

4.6. Keterbatasan Penelitian dan Simulasi

Hasil penelitian menunjukkan adanya korelasi yang lemah. Hal ini dapat disebabkan karena jumlah sampel yang terlalu sedikit untuk wilayah dengan luas 3.656,5 Ha seperti Kecamatan Summersari. Nilai reflektansi dari citra satelit yang cenderung sensitif terhadap warna hijau yang dapat merepresentasikan kadar N tersedia, sehingga apabila citra satelit diterapkan dalam pemodelan kadar N-Total tanah akan menghasilkan nilai korelasi yang lemah dan rendahnya nilai koefisien determinasi. Selain itu, kadar N-Total tanah sangat dipengaruhi oleh unsur kimia lain, seperti Kadar air, pH, c-organik dan EC.

Kadar air tanah pada lokasi penelitian berkisar antara 5,80% hingga 15,63%. Nilai kadar air tersebut tergolong rendah dan belum cukup memadai sebagai kondisi efektif mikroorganisme dalam melakukan dekomposisi dan mineralisasi. Hal ini dapat disebabkan karena pengambilan sampel dilakukan ketika akhir musim penghujan yang mana petani mengandalkan air hujan sebagai alternatif irigasi sehingga pasokan air ke area lahan lebih sedikit dibandingkan pada pertengahan musim penghujan. Namun, meskipun pada pertengahan musim penghujan banyak mendapatkan pasokan air, pada kondisi tersebut cenderung rawan terjadinya denitrifikasi nitrogen (Nugroho *et al.*, 2023).

Nilai pH tanah berkisar antara 5,7 hingga 7,9, yang menunjukkan bahwa kondisi tanah di Kecamatan Sumpalsari cenderung bervariasi. Rentang nilai pH tersebut dengan pH sedikit asam menuju netral, proses mineralisasi dan nitrifikasi berlangsung lebih optimal, sehingga ketersediaan nitrogen cenderung lebih tinggi. Namun, pada tanah yang lebih asam aktivitas mikroorganisme dapat menurun sehingga proses mineralisasi berlangsung lebih lambat dan sulit tersedia untuk tanaman (Nopriani *et al.*, 2023).

Kandungan C-Organik tanah di Kecamatan Sumpalsari berkisar antara 1,32% hingga 3,30%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar lokasi penelitian memiliki kandungan bahan organik dalam kategori tinggi (Maulana *et al.*, 2024). C-Organik dihasilkan dari sisa tanaman yang di benamkan. Bahan organik akan berperan dalam peningkatan kadar N-Total tanah dan memperbaiki struktur fisik tanah. Sehingga peningkatan kandungan bahan organik akan diikuti oleh peningkatan kadar N-Total tanah, serta struktur fisik tanah yang ramah mampu menyimpan air yang cukup untuk pertumbuhan tanaman. Kondisi lokasi dengan kadar C-Organik tertinggi, kadar N-Total yang lebih tinggi. Hal tersebut menunjukkan adanya hubungan erat antara bahan organik dengan N-Total Tanah.

Nilai EC (Electrical Conductivity) tanah berkisar antara 217 hingga 662 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nilai tersebut tergolong dalam kategori rendah hingga sedang dan menunjukkan bahwa konsentrasi ion terlarut di dalam tanah masih berada pada kondisi yang normal (Pranantya *et al.*, 2024). EC yang lebih tinggi disebabkan karena akumulasi ion hasil pemupukan, diantaranya NH_4^+ , NO_3^- , dan K^+ . Nilai EC

dengan kategori rendah hingga sedang, menunjukkan tersedianya unsur hara dalam tanah untuk diserap oleh tanaman. Berdasarkan hasil tersebut, variasi kadar N-Total tanah di pengaruhi oleh beberapa unsur lain. Oleh karena itu, dilakukan perhitungan pengaruh unsur lain melalui korelasi dan regresi linier berganda, dengan hasil pada tabel berikut:

Tabel 13 Perhitungan korelasi dan regresi indeks vegetasi dan analisis kimia

Korelasi (r)	Persamaan Regresi	R^2	RMSE	Keterangan
0,6503	$Y = 0,861 + 0,0052 (KA) - 0,0003 (EC) + 0,1103 (C-Org) - 0,0308 (pH) - 1,7804 (NDVI) + 1,6665 (GNDVI) + 0,9284 (SAVI)$	0,4229	0,0769	Hubungan cukup kuat (Laksmana dan Hidayat, 2023)

Berdasarkan tabel 13 terlihat bahwa adanya peningkatan korelasi yang sebelumnya hanya menggunakan indeks vegetasi dengan nilai korelasi 0,3863, setelah penggunaan unsur kimia lain mengalami peningkatan menjadi 0,6503 yang di kategorikan dengan hubungan yang cukup kuat. Nilai R^2 juga mengalami peningkatan hingga 0,4229, nilai tersebut mengindikasikan bahwa kadar N-Total mampu dijelaskan oleh model sebesar 42% tetapi model masih bersifat lemah. Hasil penelitian menunjukkan keterbatasan secara langsung dalam menganalisis kadar nitrogen berbasis citra Landsat 8 dan analisis kimia. Namun, penelitian ini masih dapat digunakan sebagai identifikasi awal pada wilayah yang berpotensi terdefisiensi nitrogen, serta dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pengelolaan pemupukan berdasarkan hasil analisis kimia.

BAB 5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa:

1. Kadar N-Total pada lahan pertanian di Kecamatan Sumpalsari relatif homogen dan didominasi dengan harkat sedang dengan luas area dengan kadar nitrogen sangat rendah 1,2 Ha, rendah 129,5 Ha dan sedang 3525,6 Ha dengan lokasi dengan kadar nitrogen terendah berada di Kelurahan Antirogo pada lahan penanaman cabai dengan kadar nitrogen 0.09. dan lokasi dengan kadar nitrogen tertinggi berada di Kelurahan Kranjingan dan Karangrejo
2. Indeks vegetasi dan kadar N-Total tanah memiliki hubungan positif, tetapi hubungan tersebut masih lemah dan hasil pemodelan belum dapat digunakan sebagai model prediksi. GNDVI menjadi indeks terbaik untuk merepresentasikan N-Total dibandingkan dengan NDVI dan SAVI, tetapi GNDVI belum mampu merepresentasikan N-Total dengan akurat karena hanya memiliki korelasi 0,23 dan R^2 0,05. Sehingga lebih dari 94% N-Total dapat dipengaruhi oleh faktor lain seperti C Organik, pH, dan EC. Regresi linier berganda menggunakan kombinasi ketiga indeks vegetasi mampu meningkatkan kemampuan prediksi dibandingkan dengan regresi linier sederhana. Namun belum dapat digunakan dalam prediksi N-Total tanah, karena hanya memiliki r 0,38 dan R^2 0,15

5.2. Saran

1. Dalam meningkatkan hasil akurasi prediksi, penelitian dapat dilakukan dengan jumlah titik sampel yang lebih banyak.
2. Pengambilan sampel dapat dilakukan pada tanaman yang seragam dan fase pertumbuhan yang sama untuk meningkatkan akurasi prediksi melalui indeks vegetasi
3. Pemilihan indeks vegetasi yang berpotensi lebih akurat dalam memprediksi N-Total tanah.
4. Penggunaan variabel lain seperti kadar air, C Organik, pH, dan EC untuk memprediksi N-Total tanah

DAFTAR PUSTAKA

- Abay, H. H., Legesse, D., Venkata S. K., dan Atnafu, B. (2024). Mapping of Ferric (Fe³⁺) and Ferrous (Fe²⁺) Iron Oxides Distribution Using ASTER and Landsat 8 OLI Data, in Negash Lateritic Iron Deposit, Northern Ethiopia. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 8(3), 223–240. <https://doi.org/10.1080/24749508.2022.2130556>
- Abdulmanov, R., Miftakhov, I., Ishbulatov, M., Galeev, E., dan Shafeeva, E. (2021). Comparison of The Effectiveness of Gis-Based Interpolation Methods for Estimating The Spatial Distribution of Agrochemical Soil Properties. *Environmental Technology dan Innovation*, 24, 101970. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101970>
- Adzima, A. F., Neswati, R., Laban, S., Jayadi, M., Anshori, M. F., Mubarak, H., Noviyanti, E., Muharram, N. Q. Z., dan Mallarangen, A. D. (2022). Analisis Indeks Vegetasi Berbasis Drone untuk Menduga Kandungan Nitrogen pada Pertanaman Padi. *Jurnal Agritechno*, 15(2), 132–140.
- Amalia, D., dan Fajri, R. (2020). Analisis Kadar Nitrogen dalam Pupuk Urea Prill dan Granule Menggunakan Metode Kjeldahl di PT Pupuk Iskandar Muda. *Quimica: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, 2(1), 28-32.
- Andrade, C. (2021). The Inconvenient Truth About Convenience and Purposive Samples. *Indian Journal Of Psychological Medicine*, 43(1), 86–88. <https://doi.org/10.1177/0253717620977000>
- Andshani, A. N. E. P., Wicaksono, A. P., Algary, T. A., dan Widiarti, I. W. (2023). Analisis Kualitas Tanah Asam Area Tandus Daerah Reklamasi PT X, Kecamatan Sangatta Utara, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan SATU BUMI* (Vol. 5, No. 1).
- Ardiansyah, M., Nugroho, B., dan Sa'diyah, K. (2022). Estimating Chlorophyll and N Content in Corn Leaves Based on Chlorophyll Content Index. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 24(2), 53–61. <https://doi.org/10.29244/jitl.24.2.53-61>
- Balzarolo, M., Peñuelas, J., dan Veroustraete, F. (2019). Influence of Landscape Heterogeneity and Spatial Resolution in Multi-Temporal in Situ and MODIS NDVI Data Proxies For Seasonal GPP Dynamics. *Remote Sensing*, 11(14), 1656. <https://doi.org/10.3390/rs11141656>
- Barrena-González, J., Lavado, C. J. F., dan Pulido, F. M. (2022). Mapping Soil Properties at a Regional Scale: Assessing Deterministic vs. Geostatistical Interpolation Methods at Different Soil Depths. *Sustainability (Switzerland)*, 14(16). <https://doi.org/10.3390/su141610049>

- BPS, 2020 <https://Jemberkab.Bps.Go.Id/Id/Pressrelease/2021/07/05/208/Luas-Panen-Dan-Produksi-Padi-Kabupaten-Jember-Tahun-2020-Angka-Tetap-.Html>
- BPS 2020 <https://Jemberkab.Bps.Go.Id/Id/Statistics-Table/1/Mzizize=/Produksi-Buah-Buahan-Dan-Sayuran-Tahunan-Menurut-Jenis-Tanaman--Kw---2017-2020.Html>
- Budiputra, A. R. (2021). Analisis Kerapatan Vegetasi di Kabupaten Magelang Menggunakan Citra Landsat 8 Bermetode NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). *Jurnal Sosial Teknologi*, 1(11), 1-332. <https://doi.org/10.59188/jurnalsostech.v1i11.231>
- Burns, B. W., Green, V. S., Hashem, A. A., Massey, J. H., Shew, A. M., Adviento-Borbe, M. A. A., dan Milad, M. (2022). Determining Nitrogen Deficiencies for Maize Using Various Remote Sensing Indices. *Precision Agriculture*, 23(3), 791-811. <https://doi.org/10.1007/s11119-021-09861-4>
- Busro, H. 2012. Pemetaan Sifat-Sifat Tanah Menggunakan Web Gis Di Kecamatan Patrang, Sumbersari Dan Ajung Web Gis Di Kecamatan Patrang, Sumbersari Dan Ajung Kabupaten Jember.
- Cahyono, B. E., Nugroho, A. T., dan Wulandari, N. D. (2022). Analisis Usia Tebu Terhadap Pola Nilai GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index) Berdasarkan Data Citra Landsat-8. *Jurnal Teknotan*, 16(3), 139. <https://doi.org/10.24198/jt.voll6n3.2>
- Chandra, S. P. C., dan Arsana, I. G. N. K. (2024). Analisis Tutupan Lahan Menggunakan Metode Soil Adjusted Vegetation Index (Savi). *Jurnal Sains Riset*, 14(1), 25–34. <https://doi.org/10.47647/jsr.v14i1.2095>
- Chang, Y. H., Scrimshaw, M. D., Emmerson, R. H. C., dan Lester, J. N. (1998). Geostatistical Analysis of Sampling Uncertainty of The Tollesbury Managed Retreat Site on Blackwater Estuary, Essex, UK: Kriging and Cokriging Approach to Minimise Sampling Density. *Science of The Total Environment*, 221(1), 43-57. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(98\)00262-9](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(98)00262-9)
- Eviati., Sulaeman., Lenita H., Linca A., Usman., Hesti., Eka T., Rini P., Puji W. (2023) *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, Dan Pupuk*: Bogor. Kementerian Pertanian Republik Indonesia
- Fadli, M. N., Ibrahim, B., dan Robbo, A. (2024). Evaluasi Kesesuaian Lahan pada Tanaman Padi (*Oriza Sativa L.*) di Kecamatan Gantarang Kabupaten Bulukumba. *Agrotekmas Jurnal Indonesia: Jurnal Ilmu Peranian*, 5(3), 244-254.
- Fitriyah, N., Rahmatika, W., dan Melya Contesya, S. (2024). Kombinasi Pupuk Kandang Kambing dan Kalium Nitrat (KNO₃) Terhadap Pertumbuhan dan Kecepatan

- Berbunga Jagung Manis (*Zea Mays Saccharata*). *VIABEL: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Pertanian*, 18(1), 40-48.
- Haikal, V. (2025). Kadar Krorofil, Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis jacq*) Dan Jumlah Emisi Yang Ditimbulkan Di Lahan Gambut Dengan Menggunakan NDVI. Universitas Islam Sumatera Utara.
- Hamidah, N. M., Sasongko, P. E., dan Mindari, W. (2025). Identifikasi Salinitas Tanah dan Produktivitas Lahan Sawah di Hilir Kabupaten Lamongan dan Tuban. *Agroteknika*, 8(3), 578-593. <https://doi.org/10.55043/agroteknika.v8i3.538>
- Herdianta, D., dan Kamal, M. (2017). Perbandingan Model Estimasi Kandungan Nitrogen Padi Menggunakan Citra Hiperspektral dan Multispektral Sebagian Wilayah Kabupaten Sleman. *Jurnal Bumi Indonesia*, 6(3), 1–10.
- Howe, A. A., Parks, S. A., Harvey, B. J., Saberi, S. J., Lutz, J. A., dan Yocom, L. L. (2022). Comparing Sentinel-2 and Landsat 8 For Burn Severity Mapping in Western North America. *Remote Sensing*, 14(20), 1–21. <https://doi.org/10.3390/rs14205249>
- Iwan, W. M., Hudaini, H., Bagus, T., Saptya, P., Oktarina, O., dan Bejo, S. (2025). Peran Si Terhadap Dinamika Mikroba Tanah, Nitrogen, dan Fosfor pada Berbagai Kondisi Media Tanam. *Jurnal Biogenerasi*, 10(3), 1780-1789.
- Jia, B., Mao, H., Liang, Y., Chen, J., Jia, L., Zhang, M., dan Li, X. G. (2024). Salinity Decreases The Contribution of Microbial Necromass to Soil Organic Carbon Pool in Arid Regions. *Science of The Total Environment*, 930, 172786. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172786>
- Khalil, K. S., Bahjat, K. A., dan Rahem, B. B. (2024). Studying The Relationship Between Some Spectral Evidence and The Nutritional Elements of Citrus Orchards on Baqubah. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1371(10). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1371/10/102025>
- Khusnah, A., Pawestri, N., dan Utami, M. (2025). Determination of organic carbon levels in soil samples using Walkley & Black method (Penentuan kadar karbon organik pada sampel tanah menggunakan metode Walkley & Black). *Indonesian Journal of Chemical Research*, 10(2), 13–22. <https://doi.org/10.20885/ijcr.vol10.iss2.art2>
- Klaida, F. S., Tika, S. A. D., Khasanah, U. M., Pitaloka, A. A., Mandala, M., & Fitriani, V. (2024, December). Optimalisasi Pemupukan Spesifik Lokasi melalui Pelatihan Selidik Cepat Kesuburan Tanah di Desa Mayangan Kecamatan Gumukmas. In *Prosiding Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (SEHATI ABDIMAS)* (Vol. 7, No. 1, pp. 134-141).

- Koutsos, T. M., Menexes, G. C., Eleftherohorinos, I. G., dan Alexandridis, T. K. (2023). Using Block Kriging As A Spatial Smooth Interpolator to Address Missing Values and Reduce Variability in Maize Field Yield Data. *Agronomy*, 13(7). <https://doi.org/10.20885/ijcr.vol10.iss2.art2>
- Koyoh, I. R. D., Budisanjaya, I. P. G., Sulastri, N. N., Tika, I. W., Arnadi, I. P. A., dan Maftukhah, R. (2026). Evaluasi Konduktivitas Listrik Tanah dan Kaitannya Dengan Ph, Nitrogen Total, Karbon Total dan Bahan Organik Di Lahan Sawah. *Jurnal BETA (Biosistem Dan Teknik Pertanian)*, 14(1).
- Laksmiana, M. C., dan Hidayat, H. (2023). Perbandingan Indeks NDVI Tanaman Mangrove di Muara Sungai Kalimireng, Gresik Menggunakan Kamera Multispektral dan Citra Sentinel-2. *Jurnal Teknik ITS*, 12(3), G165-G171. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v12i3.125092>
- Lasaiba, M. A., dan Tetelepta, E. G. (2023). Analisis Spasial Kerapatan Vegetasi Kota Ambon Berbasis Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). *Jurnal Pengembangan Kota*, 11(2), 124-139. <https://doi.org/10.14710/jpk.11.2.124-139>
- Le, T. S., Harper, R., dan Dell, B. (2023). Application of Remote Sensing in Detecting and Monitoring Water Stress in Forests. *Remote Sensing*, 15(13). <https://doi.org/10.3390/rs15133360>
- Lemenkova, P. (2024). Mapping Woodlands in Angola, Tropical Africa: Calculation of Vegetation Indices from Remote Sensing Data. *Agriculture and Forestry*, 70(3), 185–202. <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.70.3.13>
- Littaqwa, L. A. A., dan Azmiyati, U. (2025). Analisis Hubungan Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Suhu Permukaan Terkait Fenomena Urban Heat Island di Kota Mataram. *Jurnal Teknik SILITEK*, 5(01), 350-362.
- Mahajan, G., Pandey, R., Sahoo, R., Gupta, V., Datta, S., dan Kumar, D. (2017). Monitoring Nitrogen, Phosphorus and Sulphur in Hybrid Rice (*Oryza Sativa* L.) Using Hyperspectral Remote Sensing. *Precision Agriculture*, 18, 736-761. <https://doi.org/10.1007/s11119-016-9485-2>
- Maknuna, L. L., dan Soeparjono, S. (2023). Pengaruh Aplikasi Bakteri Azotobacter sp. dan Dosis Pupuk Kotoran Kambing terhadap Serapan Nitrogen, Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). *Plumula: Berkala Ilmiah Agroteknologi*, 11(2), 112-131. <https://doi.org/10.33005/plumula.v11i2.202>
- Mar'atushaliha, S., Amir, N.S., Mukarramah., Asma, N., Apriana, A., Nurmiati, A., Tamrin, A. N. Z., Basir, A. M., Hidayah, U., Darmawan, D., Ahmad., Nur, A. H., Jumartang., Amaliah, M., Apriani., Nurfahmi, W., Nur, I., Karimah, N. A., Purnamasari, R. I., Sari, I., (2023). *Fisiologi Tumbuhan*. Pekalongan : Nasya Expanding Management

- Maryana, S., Herdiyeni, Y., Wahjuni, S., dan Santosa, E. (2025). UAV-Based Segmentation and Correlation Analysis of Vegetation Indices for Cassava Crop Health Assessment. *JOIV: International Journal on Informatics Visualization*, 9(4), 1381-1389. <https://dx.doi.org/10.62527/joiv.9.4.3078>
- Maulana, A. H. (2018). Pemodelan Deret Waktu dan Peramalan Curah Hujan Pada Dua Belas Stasiun di Bogor. *Jurnal Matematika, Statistika, Dan Komputasi*, 15(1), 50–63. <https://doi.org/10.20956/jmsk.v15i1.4424>
- Maulana, H., Hermita, N., Fatmawaty, A. A., dan Firmia, D. (2024). Analisa dan pemetaan nilai C-organik, bahan organik, dan tekstur tanah di lahan tumbuh talas beneng (*Xanthosoma undipes*) berdasarkan ketinggian. *AGRIUM: Jurnal Ilmu Pertanian*, 27(2). <https://doi.org/10.30596/agrium.v27i2.21261>
- Miarti, A., dan Legasari, L. (2022). Ketidakpastian Pengukuran Analisa Kadar Biuret, Kadar Nitrogen, dan Kadar Oil pada Pupuk Urea di Laboratorium Kontrol Produksi PT Pupuk Sriwidjaja Palembang. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 2(3), 861-874.
- Miao, C., dan Wang, Y. (2024). Interpolation of Non-Stationary Geo-Data Using Kriging With Sparse Representation of Covariance Function. *Computers and Geotechnics*, 169, 106183. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2024.106183>
- Mindari, W., Sulistyono, E., dan Kusuma, Z. (2018). *Kesuburan Tanah dan Pupuk*. Surabaya: UPN Veteran Jawa Timur.
- Mohamed, E. S., El Baroudy, A. A., El-Beshbeshy, T., Emam, M., Belal, A. A., Elfadaly, A., Aldosari, A. A., Ali, A. M., dan Lasaponara, R. (2020). Vis-Nir Spectroscopy and Satellite Landsat-8 Oli Data to Map Soil Nutrients in Arid Conditions: A Case Study of The Northwest Coast of Egypt. *Remote Sensing*, 12(22), 1–20. <https://doi.org/10.3390/rs12223716>
- Muhammad, I., Yang, L., Ahmad, S., Farooq, S., Al-Ghamdi, A. A., Khan, A., Zeeshan, M., Elshikh, M. S., Abbasi, A. M., dan Zhou, X. B. (2022). Nitrogen Fertilizer Modulates Plant Growth, Chlorophyll Pigments and Enzymatic Activities Under Different Irrigation Regimes. *Agronomy*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/agronomy12040845>
- Munfarid, W., Nabilah, K., Azkiyah, A., Hanifa, H., Indahsari, S. R., dan Suhendra, A. A. (2025). Sistem Deteksi NPK Tanah Portabel Berbasis Sensor Warna TCS3200 untuk Optimasi Lahan Perkotaan. *Sainteks*, 22(1), 39–52.
- Naguib, N. S., dan Daliman, S. (2022). Analysis Of NDVI and NDRE Indices Using Satellite Images for Crop Identification at Kelantan. *IOP Conference Series: Earth And Environmental Science*, 1102(1). [10.1088/1755-1315/1102/1/012054](https://doi.org/10.1088/1755-1315/1102/1/012054)

- Negovanović, S., Belingar, A., dan Topisirović, G. (2020). NDVI Remote Detection and Laboratory Soil Test Result Presentation in GIS Environment. *Hungarian Agricultural Engineering*, 7410(37), 14–20. <https://doi.org/10.17676/HAE.2020.37.14>
- Ngabito, A., dan Gaib, Y. O. (2025). Dampak Rotasi Tanaman Terhadap Kesuburan Tanah dan Produksi Tanaman di Lahan Pertanian Subur Tropis. *Innovative: Journal of Social Science Research*, 5(4), 3683-3691.
- Nopriani, L. S., Hanuf, A. A., dan Albarki, G. K. (2023). *Pengelolaan keasaman tanah dan pengapuran*. Malang : Universitas Brawijaya Press.
- Nugraha, A. A. S., dan Citra, A. I. P. (2021). Perbandingan Metode Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) dan Forest Canopy Density (FCD) untuk Identifikasi Tutupan Vegetasi (Kasus; Area Pembuatan Jalan Baru Singaraja-Mengwi). *Jurnal Geografi : Media Informasi Pengembangan dan Profesi Kegeografian*, 18(1), 1–8. <https://doi.org/10.15294/jg.v18i1.25367>
- Nugroho, G. A., Lutfi, M. W., dan Hanuf, A. A. (2023). *Pengelolaan N-tanah dan Pemupukan N*. Malang : Universitas Brawijaya Press.
- Nurhidayanti, M. (2025). Pengaruh Praktik Pertanian Terhadap Kualitas Tanah Dan Air. *Jurnal Pertanian Indonesia*, 1(1), 22-28
- Nurul, M., Prasiarnatri, N., Elvira, W. V., Safitri, W., dan Prabowo, R. (2021). Kondisi Tutupan Lahan di Kabupaten Tangerang Berdasarkan Indeks Vegetasi. *Jurnal Geosains dan Remote Sensing*, 2(1), 1–7. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2021.v2i1.39>
- Pandi, J. Y. S., Nopsagiarti, T., dan Okalia, D. (2023). Analisis C-Organik, Nitrogen, Rasio C/N Pupuk Organik Cair Dari Beberapa Jenis Tanaman Pupuk Hijau. *Green Swarnadwipa: Jurnal Pengembangan Ilmu Pertanian*, 12(1), 146-155.
- Perwira, W., Haitami, A., Ezward, C., Hadi, N., dan Moelyohadi, Y. (2025). Analisis Serapan Hara N, P, dan K pada Tiga Varietas Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) dengan Variasi Tingkat EC Menggunakan Sistem Irigasi Kapiler. *Jurnal Agro Indragiri*, 10(2), 1-10.
- Piotrowska-Długosz, A., Długosz, J., Gryta, A., & Frąć, M. (2022). Responses of N-Cycling Enzyme Activities And Functional Diversity Of Soil Microorganisms To Soil Depth, Pedogenic Processes And Cultivated Plants. *Agronomy*, 12(2), 264. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020264>
- Pirade, E. R., Kisworo, K., dan Madyaningrana, K. (2023). Pertumbuhan Bayam Brasil (*Alternanthera Sissoo Hort*) Secara Hidroponik dengan Pupuk Organik Cair dari

- Lindi Reaktor Biogas Feses Manusia. *Jurnal Galung Tropika*, 12(3), 306–318. <https://doi.org/10.31850/jgt.v12i3.1135>
- Pranantya, V., Kartikasari, A. N. I., Ardiansyah, A. F., dan Kaffa, N. S. (2024). Analisis Potensi Bahaya Alkalinitas dan Salinitas pada Mata Air untuk Kebutuhan Air Irigasi di Kota Batu. *Jurnal Kridatama Sains dan Teknologi*, 6(02), 691-701.
- Pratama, K., Citra, D., Satria, A., Pratama, P., Sukmono, A., dan Sabri, L. M. (2020). *Jurnal Geodesi Undip DINAMIKA TOTAL SUSPENDED SOLID PERAIRAN SEKITAR Jurnal Geodesi Undip*. 9(April).
- Primayuda, A. (2022). Identifying Pyrite Layer Depth and Its Association to Oil Palm (*Elaeis Guineensis* Jacq.) Health and Productivity (A Case Study at PT Sawit Sumbermas Sarana Tbk's Oil Palm Plantation). *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 24(1), 6–13. <https://doi.org/10.29244/jitl.24.1.6-13>
- Putra, D. A., Adam, D. H., Mustamu, N. E., dan Harahap, F. S. (2022). Analisis Status Nitrogen Tanah Dalam Kaitannya Dengan Serapan N oleh Tanaman Padi Sawah di Kelurahan Ujung Bandar, Kecamatan Rantau Selatan, Kabupaten Labuhan Batu. *Jurnal Pertanian Agros*, 24 91(1), 387–391.
- Riko, Y., Meha, A. I., dan Prasetyo, S. Y. J. (2019). Changes in Land Conversion Using NDVI, EVI, SAVI, and PCA on Landsat 8 Imagery (Case Study: City of Salatiga). *Indonesian Journal of Computing and Modeling*, 1(1), 25–30.
- Sari, A. N., Maulana, Yusra, Khusrizal, dan Akbar, H. (2022). Evaluasi Status Kesuburan Tanah Sawah Tadah Hujan dan Irigasi Di Kecamatan Nisam Kabupaten Aceh Utara. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroteknologi*, 1(2), 49-57. <https://doi.org/10.29103/jimatek.v1i2.8467>
- Septiana, M., Dewi. C., dan Anisa, R. (2024). Kajian Hubungan Luas Lahan Vegetasi Tegakan di Kota Bandar Lampung Terhadap Nilai Konsentrasi Nitrogen Doksida (NO₂) Menggunakan Penginderaan Jauh. *Datum : Journal of Geodesy and Geomatics*, 4(2),1-9. <https://doi.org/10.23960/datum.v4i2.6786>
- Setiawan, M. G., Suryani, S. O., Suhada, H. R., Wibowo, S., dan Hartono, A. (2024). Optimalisasi Subsidi Pupuk untuk Mendukung Ketahanan Pangan Nasional. *Policy Brief Pertanian, Kelautan, dan Biosains Tropika*, 6(4), 1077-1083. <https://doi.org/10.29244/agro-maritim.0604.1077-1083>
- Setiawan, M. S., dan Rijal, S. (2024). Penyusunan Model Volume Hutan Alam dengan Menggunakan Sentinel 2A di Hutan Pendidikan Universitas Hasanuddin. *Indonesian Tropical Geospatial*, 1(1), 1-13.
- Setiawan, Y., Prasetyo, L. B., Pawitan, H., Liyantono, L., Syartinilia, S., Wijayanto, A. K., Permatasari, P. A., Syafrudin, A. H., dan Hakim, P. R. (2018). Pemanfaatan Fusi Data Satelit Lapan-A3/Ipb dan Landsat 8 untuk Monitoring Lahan Sawah.

Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management), 8(1), 67–76.
<https://doi.org/10.29244/jpsl.8.1.67-76>

Shang, W., Jin, S., He, Y., Zhang, Y., dan Li, J. (2021). Spatial-Temporal Variations of Total Nitrogen and Phosphorus in Poyang, Dongting and Taihu Lakes from Landsat-8 Data. *Water (Switzerland)*, 13(12). <https://doi.org/10.3390/w13121704>

Simarmata, N., Wikantika, K., Tarigan, T. A., Aldyansyah, M., Tohir, R. K., Fauziah, A., dan Purnama, Y. (2021). Analisis Transformasi Indeks NDVI, NDWI dan SAVI untuk Identifikasi Kerapatan Vegetasi Mangrove Menggunakan Citra Sentinel di Pesisir Timur Provinsi Lampung. *JURNAL GEOGRAFI Geografi dan Pengajarannya*, 19(2), 69-79. <https://doi.org/10.26740/jggp.v19n2.p69-79>

Singgalen, Y. A. (2023). Analisis Indeks Vegetasi dan Perancangan Sistem Monitoring Kawasan Ekowisata Mangrove Berbasis Hyper Spectral of Remote Sensing dan Design Thinking Framework. *Journal of Information System Research (JOSH)*, 5(1), 1–13. <https://doi.org/10.47065/josh.v5i1.4005>

Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R dan D*. Bandung: Alfabeta.

Suprihatin, A., dan Amirrullah, J. (2018). Pengaruh Pola Rotasi Tanaman Terhadap Perbaikan Sifat Tanah Sawah Irigasi. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 12(1), 49-57. <https://doi.org/10.21082/jsdl.v12n1.2018.49-57>

Tando, E. (2019). Upaya Efisiensi dan Peningkatan Ketersediaan Nitrogen dalam Tanah Serta Serapan Nitrogen pada Tanaman Padi Sawah (*Oryza Sativa* L.). *Buana Sains*, 18(2), 171. <https://doi.org/10.33366/bs.v18i2.1190>

Vélez, S., Martínez-Peña, R., dan Castrillo, D. (2023). Beyond Vegetation: A Review Unveiling Additional Insights into Agriculture and Forestry Through The Application of Vegetation Indices. *J*, 6(3), 421-436. <https://doi.org/10.3390/j6030028>

Wang, S., Guan, K., Wang, Z., Ainsworth, E. A., Zheng, T., Townsend, P. A., Li, K., Moller, C., Wu, G., dan Jiang, C. (2021). Unique Contributions of Chlorophyll and Nitrogen to Predict Crop Photosynthetic Capacity from Leaf Spectroscopy. *Journal of Experimental Botany*, 72(2), 341–354. <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa432>

Wijaya, A. A., dan Wardati, I. (2024). Peningkatan produktivitas dan kualitas hasil tebu melalui aplikasi pupuk BASICROP di APTR Jatiroto, Kabupaten Jember. *Agrimas: Jurnal Pengabdian Masyarakat Bidang Pertanian*, 3(2), 59-68. <https://doi.org/10.25047/agrimas.v3i2.56>

- Wijayanto, Y., dan Pamungkas, A. D. (2022). Spatial Variability of Total Nitrogen, Ph, and Organic Carbon in Organic and Inorganic Farming. *Forum Geografi*, 36(2), 118–125. <https://doi.org/10.23917/forgeo.v36i2.19550>
- Wijayanto, Y., Safitri, M., Purnamasari, I., Budiman, S. A., Saputra, T. W., Regar, A. F., dan Ristiyana, S. (2024). Estimating The Contents of Chlorophyll, Nitrogen, and Yields on Rice Through Sentinel-2 Vegetation Indices in Heterogeneous Land Management. *The Indonesian Journal of Geography*, 56(3), 357-367. <https://doi.org/10.22146/ijg.87159>
- Woda, T. N., dan Wijayanto, Y. (2023). Analisis Variabilitas Total Nitrogen Tanah dengan Menggunakan Geostatistika pada Lahan Perkebunan Tebu Studi Kasus di Tanggul Kulon Kabupaten Jember. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 6(3), 155. <https://doi.org/10.19184/bip.v6i3.40981>
- Wongkiew, S., Chaikaew, P., Takrattanasaran, N., dan Khamkajorn, T. (2022). Evaluation of Nutrient Characteristics and Bacterial Community in Agricultural Soil Groups for Sustainable Land Management. *Scientific Reports*, 12(1), 7368. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09818-1>
- Yamashita, H., Sonobe, R., Hirono, Y., Morita, A., dan Ikka, T. (2020). Dissection of Hyperspectral Reflectance to Estimate Nitrogen and Chlorophyll Contents in Tea Leaves Based on Machine Learning Algorithms. *Scientific Reports*, 10(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73745-2>
- Yulina, H., Ambarsari, W., dan Laila, F. (2023, September). Pengaruh bahan organik terhadap bobot isi, kadar air, N-total, C-organik tanah, dan hasil tanaman pakcoy di Kabupaten Indramayu. In *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan dan Pendidikan Vokasi Pertanian* (Vol. 4, No. 1, pp. 475-496). <https://doi.org/10.47687/snppvp.v4i1.672>
- Zaresefat, M., Derakhshani, R., dan Griffioen, J. (2024). Empirical Bayesian Kriging, A Robust Method for Spatial Data Interpolation of A Large Groundwater Quality Dataset from The Western Netherlands. *Water (Switzerland)*, 16(18). <https://doi.org/10.3390/w16182581>
- Zauhairah, S. F., Barus, B., Wahjunie, E. D., Tjahjono, B., dan Murtadho, A. (2022). Penentuan Pemetaan Kadar Air Tanah Optimal pada Lahan Perkebunan Kelapa Sawit (Studi Kasus: Kebun Cikasungka, PT Perkebunan Nusantara Viii, Cimulang, Bogor). *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 9(2), 447–456. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2022.009.2.26>
- Zhang, Q., Liu, M., Zhang, Y., Mao, D., Li, F., Wu, F., Song, J., Li, X., Kou, C., Li, C., dan Man, W. (2023). Comparison of Machine Learning Methods for Predicting Soil Total Nitrogen Content Using Landsat-8, Sentinel-1, and Sentinel-2 Images. *Remote Sensing*, 15(11). <https://doi.org/10.3390/rs15112907>

LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil analisis kimia



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS JEMBER - FAKULTAS PERTANIAN
 PROGRAM STUDI ILMU TANAH
 Jl. Kalimantan III/23 Jember 68121

Telp/Fax : (0331) 336142 Email : jasa_analisis.@unej.ac.id

HASIL ANALISA KIMIA

Asal contoh dari : Devita sari
 Kode : S 189 sd 220 A/2025
 Jenis : Tanah
 Status contoh : Disampling pemohon
 Tanggal terima : 03 Juni 2025

No	Kode sampel	Kode Lab	Hasil analisa							Ket
			Ka	Ntot	Corg	pH	DHL	P ₂ O ₅ olsen	K ₂ O	
			(%)			(1:2.5)	(µS/cm)	(ppm)	(me/100 g)	
1.	Titik 1	S 189/2025	6,54	0,19	1,41	7,9	232	12,59	0,43	
2.	Titik 2	S 190/2025	9,77	0,09	1,72	7,8	245	1,80	0,32	
3.	Titik 3	S 191/2025	9,40	0,39	2,22	7,6	253	0,83	0,24	
4.	Titik 4	S 192/2025	10,84	0,31	2,17	7,5	312	0,90	0,27	
5.	Titik 6	S 193/2025	9,27	0,15	1,54	7,5	249	1,25	0,41	
6.	Titik 7	S 194/2025	9,79	0,31	1,60	7,4	272	6,91	0,27	
7.	Titik 9	S 195/2025	7,58	0,20	1,66	7,4	265	14,27	0,27	
8.	Titik 10	S 196/2025	12,26	0,32	1,81	7,3	244	29,47	0,30	
9.	Titik 12	S 197/2025	8,16	0,30	1,63	7,2	246	37,88	0,33	
10.	Titik 14	S 198/2025	8,58	0,31	1,65	7,1	270	8,38	0,36	
11.	Titik 15	S 199/2025	12,12	0,30	2,17	7,0	312	0,92	0,29	
12.	Titik 16	S 200/2025	8,91	0,31	1,58	7,0	253	11,41	0,22	
13.	Titik 18	S 201/2025	9,75	0,23	1,32	6,9	354	4,78	0,32	
14.	Titik 19	S 202/2025	8,53	0,37	1,66	6,8	271	20,89	0,33	
15.	Titik 20	S 203/2025	7,73	0,30	1,32	6,8	298	0,75	0,25	
16.	Titik 21	S 204/2025	7,89	0,23	1,64	6,8	283	19,08	0,28	
17.	Titik 23	S 205/2025	10,67	0,47	3,30	6,7	358	25,87	0,35	
18.	Titik 24	S 206/2025	7,42	0,33	2,00	6,6	369	4,96	0,30	
19.	Titik 25	S 207/2025	5,87	0,22	1,96	6,8	246	9,59	0,25	
20.	Titik 26	S 208/2025	7,73	0,30	2,10	6,7	225	15,78	0,39	
21.	Titik 28	S 209/2025	5,80	0,30	1,97	6,7	217	8,94	0,29	
22.	Titik 29	S 210/2025	6,84	0,30	1,75	6,4	396	21,63	0,20	
23.	Titik 30	S 211/2025	9,48	0,31	2,37	6,3	366	1,92	0,28	



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER - FAKULTAS PERTANIAN
PROGRAM STUDI ILMU TANAH
Jl. Kalimantan III/23 Jember 68121

Telp/Fax : (0331) 336142 Email : jasa.analisis.@unej.ac.id

No	Kode sampel	Kode Lab	Hasil analisa							Ket
			Ka	Ntot	Corg	pH	DHL	P ₂ O ₅ olsen	K ₂ O	
			(%)			(1:2.5)	(μ S/cm)	(ppm)	(me/100 g)	
24.	Titik 31	S 212/2025	6,92	0,45	1,62	6,3	346	9,46	0,24	
25.	Titik 32A	S 213/2025	10,71	0,20	2,23	6,6	636	0,72	0,31	
26.	Titik 32B	S 214/2025	6,73	0,26	1,92	6,0	662	6,68	0,40	
27.	Titik 34	S 215/2025	7,95	0,38	2,20	6,1	274	15,76	0,26	
28.	Titik 36	S 216/2025	9,92	0,47	2,86	6,0	388	12,09	0,40	
29.	Titik 38	S 217/2025	8,19	0,27	1,77	6,1	314	12,10	0,32	
30.	Titik 39	S 218/2025	9,33	0,22	2,43	6,1	317	2,40	0,26	
31.	Titik 41	S 219/2025	12,14	0,32	1,75	5,8	274	0,98	0,22	
32.	Titik 42	S 220/2025	10,39	0,16	1,89	5,7	452	13,19	0,47	
33.	Titik 44	S 220A/2025	15,63	0,41	2,39	5,7	444	23,69	0,46	

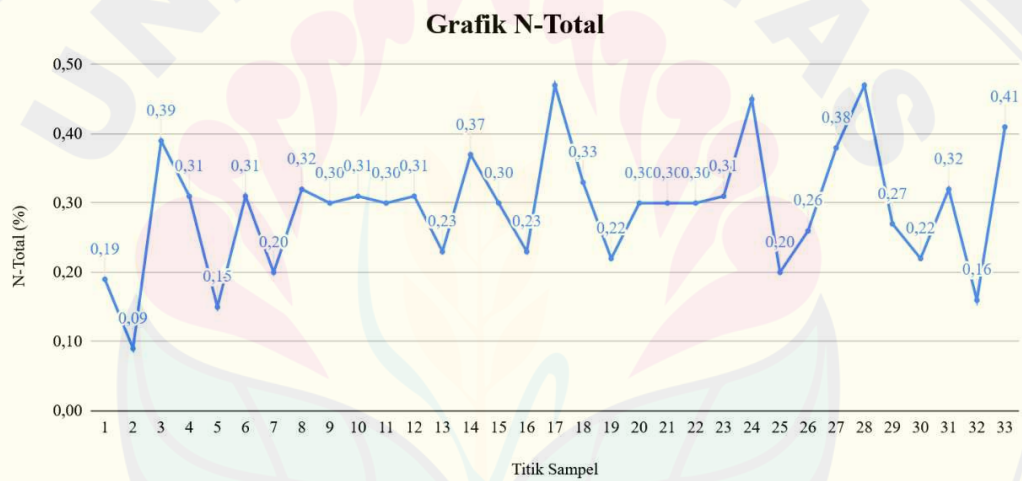
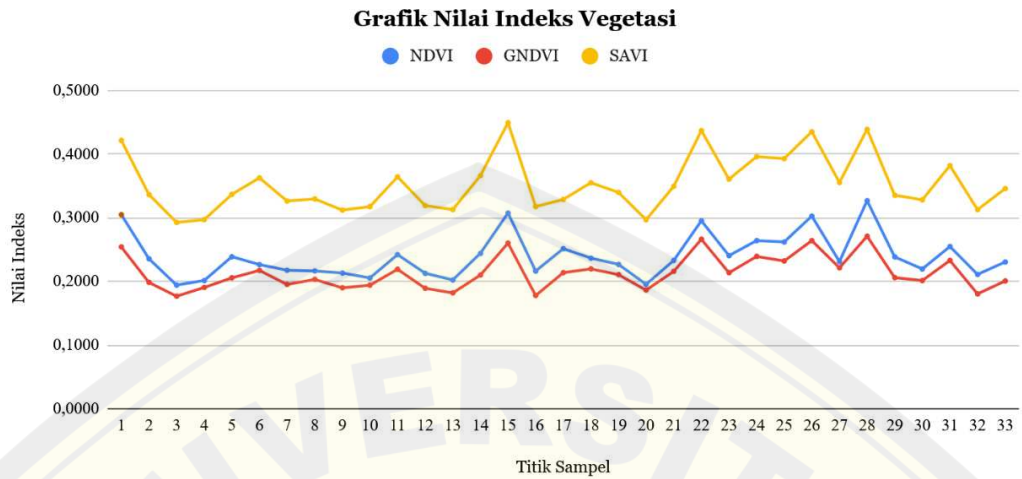


Prof.Dr.Ir. Tri Candra Setiawati, M.Si
NIP. 196505231993022001

Lampiran 2 Nilai indeks vegetasi

Titik Sampel	X	Y	NDVI	GNDVI	SAVI
1	113,740307	-8,135548	0,3046	0,2540	0,4213
2	113,737239	-8,145384	0,2354	0,1984	0,3364
3	113,694209	-8,189185	0,1941	0,1768	0,2926
4	113,718069	-8,158069	0,2014	0,1905	0,2969
5	113,742728	-8,138288	0,2387	0,2056	0,3366
6	113,739972	-8,148307	0,2263	0,2173	0,3626
7	113,747396	-8,150441	0,2175	0,1952	0,3262
8	113,753389	-8,147183	0,2163	0,2031	0,3295
9	113,750224	-8,152938	0,2131	0,1900	0,3120
10	113,727351	-8,152015	0,2054	0,1941	0,3174
11	113,740096	-8,150779	0,2420	0,2191	0,3642
12	113,743996	-8,158595	0,2127	0,1892	0,3190
13	113,742035	-8,164741	0,2022	0,1819	0,3128
14	113,747589	-8,164306	0,2440	0,2100	0,3660
15	113,749786	-8,176364	0,3073	0,2601	0,4492
16	113,735677	-8,180548	0,2162	0,1778	0,3174
17	113,723003	-8,197259	0,2513	0,2138	0,3286
18	113,716172	-8,204242	0,2366	0,2197	0,3549
19	113,710005	-8,206474	0,2266	0,2106	0,3398
20	113,701992	-8,204655	0,1953	0,1863	0,2967
21	113,740192	-8,194776	0,2329	0,2158	0,3493
22	113,740086	-8,188274	0,2951	0,2661	0,4368
23	113,751364	-8,189183	0,2404	0,2136	0,3605
24	113,735957	-8,203688	0,2640	0,2392	0,3959
25	113,709772	-8,188011	0,2619	0,2321	0,3929
26	113,735739	-8,191759	0,3025	0,2641	0,4350
27	113,718684	-8,192522	0,2310	0,2213	0,3553
28	113,728592	-8,196086	0,3267	0,2710	0,4388
29	113,728152	-8,172098	0,2384	0,2060	0,3354
30	113,732106	-8,175726	0,2195	0,2014	0,3281
31	113,747868	-8,182526	0,2546	0,2329	0,3818
32	113,744129	-8,172059	0,2109	0,1804	0,3127
33	113,737519	-8,153629	0,2304	0,2007	0,3456

Lampiran 3 Grafik indeks vegetasi dan N-total



Lampiran 4 Perhitungan korelasi dan regresi

a. Perhitungan 3 faktor indeks vegetasi tunggal

NDVI

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,1607
R Square	0,0258
Adjusted R Square	-0,0056
Standard Error	0,0897
Observations	33

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0,0066	0,0066	0,8223	0,3715
Residual	31	0,2493	0,0080		
Total	32	0,2559			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	0,1933	0,1115	1,7337	0,0929	-0,0341	0,4206	-0,0341	0,4206
X Variable 1	0,4183	0,4613	0,9068	0,3715	-0,5225	1,3592	-0,5225	1,3592

GNDVI

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,2321
R Square	0,0539
Adjusted R Square	
Standard Error	0,0233
Observations	33

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0,01379	0,01379	1,76482	0,19372
Residual	31	0,24215	0,00781		
Total	32	0,25593			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	0,1267	0,1263	1,0031	0,3236	-0,1310	0,3844	-0,1310	0,3844
X Variable 1	0,7811	0,5880	1,3285	0,1937	-0,4181	1,9804	-0,4181	1,9804

SAVI

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,1524
R Square	0,0232
Adjusted R Square	-0,0083
Standard Error	0,0898
Observations	33

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0,0059	0,0059	0,7369	0,3973
Residual	31	0,2500	0,0081		
Total	32	0,2559			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	0,1840	0,1284	1,4332	0,1618	-0,0778	0,4458	-0,0778	0,4458
X Variable 1	0,3098	0,3609	0,8584	0,3973	-0,4263	1,0460	-0,4263	1,0460

b. Perhitungan 3 faktor indeks vegetasi komposit

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,3863
R Square	0,1493
Adjusted R Square	0,0613
Standard Error	0,0866
Observations	33

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	3	0,0382	0,0127	1,6960	0,1897
Residual	29	0,2177	0,0075		
Total	32	0,2559			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	0,1335	0,1335	0,9997	0,3257	-0,1396	0,4065	-0,1396	0,4065
NDVI	-0,6909	1,6676	-0,4143	0,6817	-4,1014	2,7197	-4,1014	2,7197
GNDVI	5,1910	2,5312	2,0508	0,0494	0,0141	10,3679	0,0141	10,3679
SAVI	-2,2153	1,6194	-1,3680	0,1818	-5,5274	1,0967	-5,5274	1,0967

c. Perhitungan 7 faktor (indeks vegetasi dan analisis kimia)

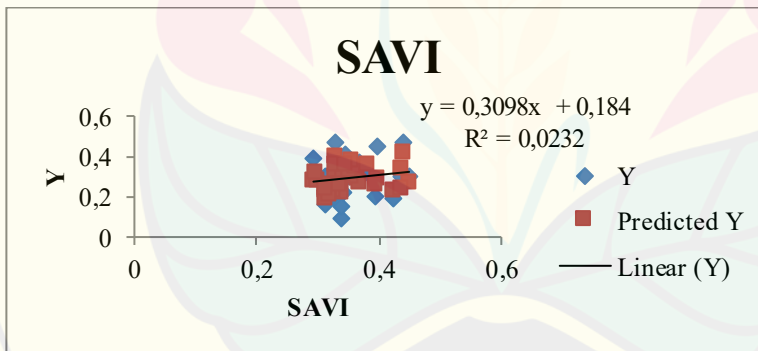
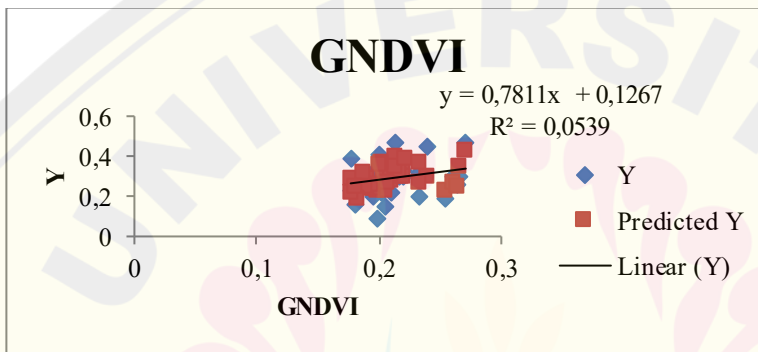
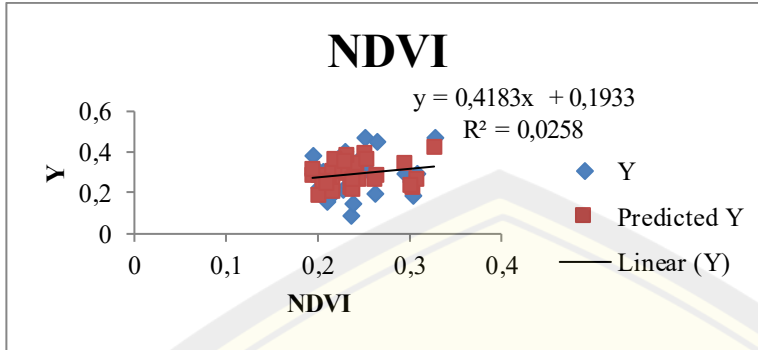
<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,6503
R Square	0,4229
Adjusted R Square	0,2613
Standard Error	0,0769
Observations	33

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	7	0,1082	0,0155	2,6169	0,0358
Residual	25	0,1477	0,0059		
Total	32	0,2559			

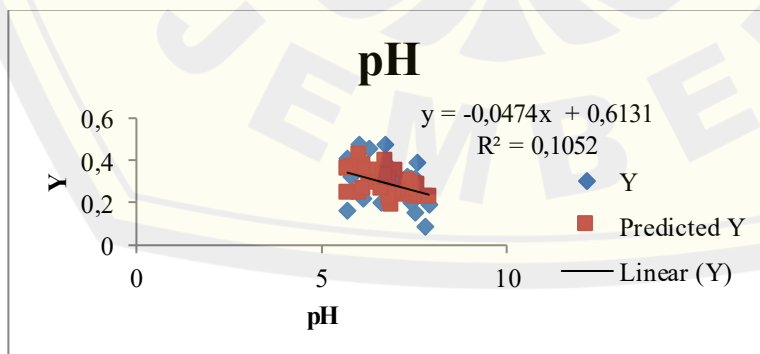
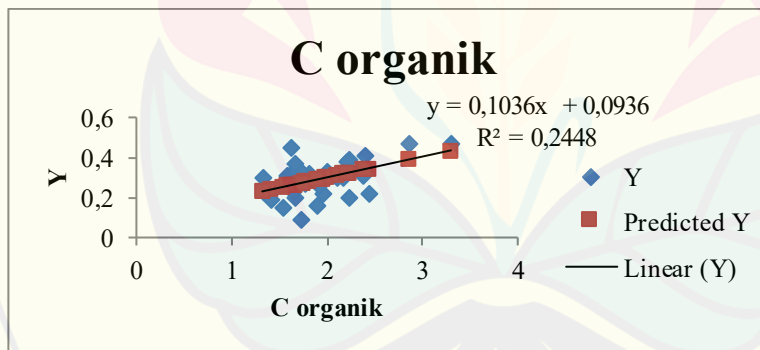
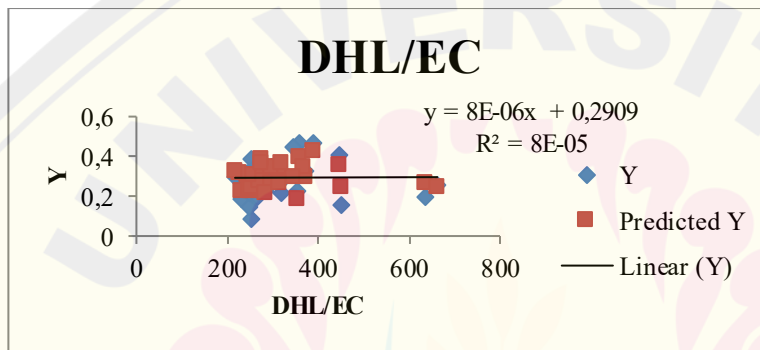
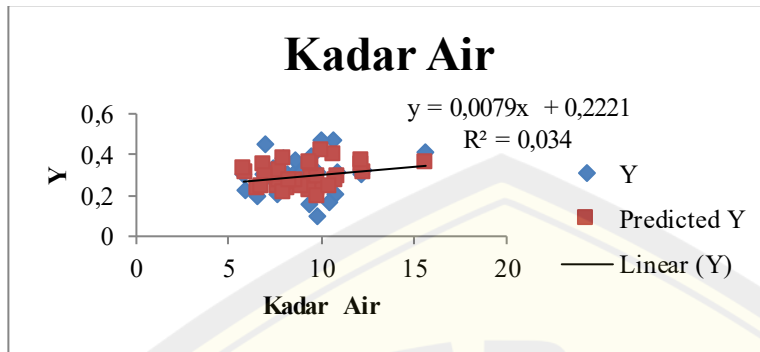
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	0,0861	0,3174	0,2714	0,7883	-0,5677	0,7399	-0,5677	0,7399
KA	0,0052	0,0078	0,6747	0,5061	-0,0107	0,0212	-0,0107	0,0212
DHL	-0,0003	0,0002	-1,8702	0,0732	-0,0007	0,0000	-0,0007	0,0000
C ORG	0,1103	0,0523	2,1081	0,0452	0,0025	0,2181	0,0025	0,2181
PH	-0,0308	0,0282	-1,0905	0,2859	-0,0889	0,0274	-0,0889	0,0274
NDVI	-1,7804	1,6301	-1,0922	0,2851	-5,1376	1,5768	-5,1376	1,5768
GNDVI	1,6665	2,8199	0,5910	0,5598	-4,1412	7,4742	-4,1412	7,4742
SAVI	0,9284	2,0980	0,4425	0,6619	-3,3925	5,2492	-3,3925	5,2492

Lampiran 5 Grafik regresi

a. Indeks Vegetasi






b. Unsur Lain Pengaruh N-Total


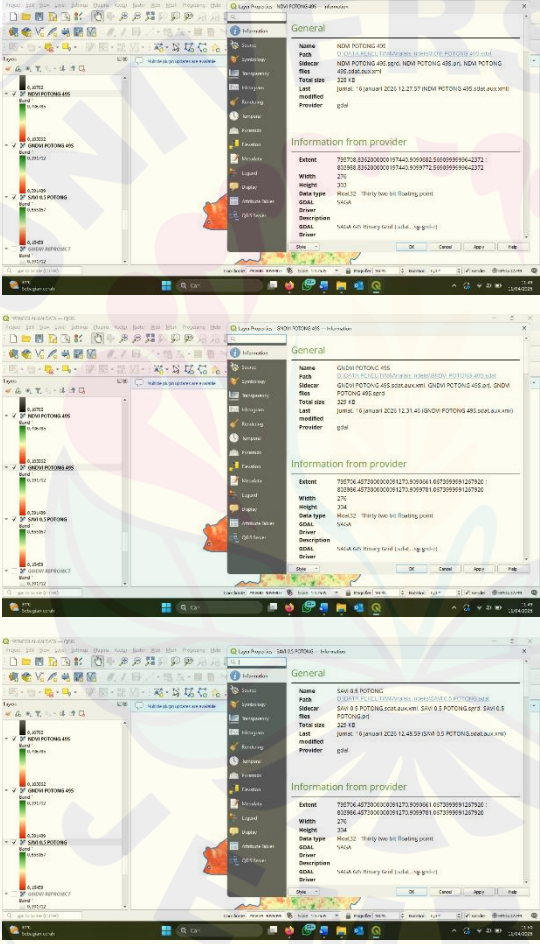


Lampiran 6 Dokumentasi

a. Dokumentasi Penelitian

No	Dokumentasi	Kegiatan
1.		Wawancara petani
2.		Pengambilan sampel
3.		Sampel tanah yang di dapat

4.		Pengeringan sampel tanah
5.		Penghalusan sampel tanah
6.		Pengayakan tanah 0,5 mm

<p>7.</p>		<p>Sampel tanah</p>
<p>8.</p>		<p>Analisis Indeks Vegetasi</p>

b. Dokumentasi Lahan Pertanian








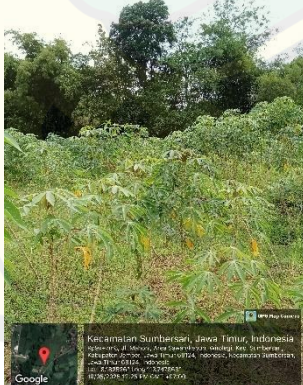
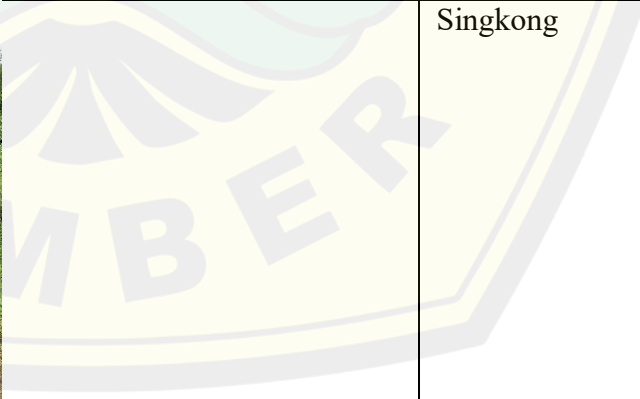
Titik	Dokumentasi		Tanaman
1			Cabai
2			Cabai
3			Jagung
4			Jagung
5			Cabai

<p>11</p>		<p>Padi</p>
<p>12</p>		<p>Padi</p>
<p>13</p>		<p>Padi</p>
<p>14</p>		<p>Padi</p>

<p>15</p>		<p>Padi</p>
<p>16</p>		<p>Okra</p>
<p>17</p>		<p>Jagung</p>
<p>18</p>		<p>Padi</p>

19			Padi
20			Padi
21			Tembakau
22			Tembakau

<p>23</p>	 <p>Kecamatan Sumsbersari, Jawa Timur, Indonesia Jember, Jawa Timur, Indonesia Kabupaten Jember, Jawa Timur, Indonesia Lat: 8.189781, Long: 113.721054 7/2/2023 03:10 AM GMT+07:00 23.5 °C 8.3 m/s 96.4 km/h</p>	 <p>Kecamatan Sumsbersari, Jawa Timur, Indonesia Jember, Jawa Timur, Indonesia Kabupaten Jember, Jawa Timur, Indonesia Lat: 8.189781, Long: 113.721054 7/2/2023 03:14 PM GMT+07:00 23.5 °C 8.3 m/s 96.4 km/h</p>	<p>Padi</p>
<p>24</p>	 <p>Kecamatan Sumsbersari, Jawa Timur, Indonesia Kecamatan Sumsbersari, Jawa Timur, Indonesia Kabupaten Jember, Jawa Timur, Indonesia Lat: 8.207888, Long: 113.720950 7/2/2023 05:01 AM GMT+07:00 23.5 °C 2.0 m/s 96.2 km/h 41%</p>	 <p>Kecamatan Sumsbersari, Jawa Timur, Indonesia Kecamatan Sumsbersari, Jawa Timur, Indonesia Kabupaten Jember, Jawa Timur, Indonesia Lat: 8.207888, Long: 113.720950 7/2/2023 05:04 AM GMT+07:00 23.5 °C 2.0 m/s 96.2 km/h 41%</p>	<p>Padi</p>
<p>25</p>	 <p>Kabupaten Jember, Jawa Timur, Indonesia Jalan Perumahan D'Kebonsari Village, Sumsbersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur 68124, Indonesia Lat: 8.188911, Long: 113.709772 05/18/2023 10:57 AM GMT+07:00 Note: Captured by GPS Map Camera</p>		<p>Jagung</p>
<p>26</p>	 <p>Kecamatan Sumsbersari, Jawa Timur, Indonesia RT09/004 J. Leliperti Harjono Eq. Magasari, Sumberkotaged Village, Kecamatan Sumsbersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur 68124, Indonesia Lat: 8.187758, Long: 113.720759 7/2/2023 04:14 AM GMT+07:00</p>	 <p>Kecamatan Sumsbersari, Jawa Timur, Indonesia RT09/004 J. Leliperti Harjono Eq. Magasari, Sumberkotaged Village, Kecamatan Sumsbersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur 68124, Indonesia Lat: 8.187758, Long: 113.720759 7/2/2023 04:14 AM GMT+07:00</p>	<p>Jagung</p>

27			Tembakau
28			Padi
29			Padi
30			Padi
31			Singkong

<p>32</p>			<p>Padi</p>
<p>33</p>			<p>Padi</p>

Lampiran 7 Hasil wawancara

Hasil Wawancara Petani

Titik Sampel	Koordinat	Nama	Jenis Lahan	Jenis Tanaman	Kondisi Tanaman	Rotasi Tanaman	Jenis Pupuk	Teknik Pengairan	Kejadian Banjir
1	113.740307 -8.135548	Bosi	Sawah	Cabai	Baik	Cabai-Jagung- Tembakau	Urea, Za	Non Teknis	Tidak Pernah
2	113.73724 -8.145384	Sura'i	Sawah	Cabai	Kurang Baik	Jagung-Cabai- Tomat	Urea, Za, Phonska	Teknis	Tidak Pernah
3	113.694209 -8.189185	Modin	Sawah	Jagung	Sudah Panen	Jagung-Padi	Urea, Phonska	Teknis	Tidak Pernah
4	113.718069 -8.158069	Mami	Sawah	Padi	Baik	Padi-Padi-Jagung	Phonska, Urea, TSP	Non Teknis	Tidak Pernah
5	113.742728 -8.138288	Sutikno	Sawah	Cabai	Baik	Cabai-Tomat	Npk (Mutiara) Ultradap	Non Teknis	Tidak Pernah
6	113.739972 -8.148307	Safi'i	Sawah	Padi	Baik	Padi-Padi-Jagung	Hx Nitro, Urea	Non Teknis	Tidak Pernah
7	113.747396 -8.150441	Munadi	Sawah	Mentimun	Kurang baik	Blewah- Mentimun	Npk (Mutiara), Phonska	Non Teknis	Tidak Pernah
8	113.75339 -8.147183	Ali	Sawah	Padi	Tidak Seragam	Padi-Padi- Tembakau	Urea, Phonska	Non Teknis	Tidak Pernah
9	113.750224 -8.152938	Mahrus	Sawah	Padi	Baik	Padi-Padi- Tembakau	Urea, Phonska	Non Teknis	Tidak Pernah
10	113.727351 -8.152015	Samian	Sawah	Jagung	Baik	Padi-Padi-Jagung	Urea, Phonska	Non Teknis	Tidak Pernah

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

Titik Sampel	Koordinat	Nama	Jenis Lahan	Jenis Tanaman	Kondisi Tanaman	Rotasi Tanaman	Jenis Pupuk	Teknik Pengairan	Keadaan Banjir
11	113.740096 -8.15078	Dul	Sawah	Padi	Baik	Padi-Jagung	-	Teknis	Tidak Pernah
12	113.743996 -8.158595	Erma	Sawah	Padi	Baik	Padi-Padi-Padi	Urea, Sp36, Kcl	Teknis	Tidak Pernah
13	113.742035 -8.164741	Berel	Sawah	Padi	Lahan kering	Padi-Jagung-Tembakau	Urea, Phonska	Teknis	Tidak Pernah
14	113.74759 -8.164306	Raji	Sawah	Padi	Baik	Padi-Padi-Padi	Urea	Teknis	Tidak Pernah
15	113.749786 -8.176364	Nur	Sawah	Padi	Tanaman Menguning	Padi-Jagung-Tembakau	Urea, Phonska	Teknis	Tidak Pernah
16	113.735677 -8.180548	Syahri	Sawah	Okra	Baik	Okra-Okra-Okra	Urea, Phonska, Za	Teknis	Tidak Pernah
17	113.723003 -8.197259	Rofi	Sawah	Jagung	Banyak Tikus	Padi-Jagung	Urea, Phonska/Za	Teknis	Tidak Pernah
18	113.716172 -8.204242	Ari	Sawah	Jagung (Kemitraan)	Kurang baik	Padi- Jagung	Urea, Phonska, Yaramila, Npk	Teknis	Tidak Pernah
19	113.710005 -8.206474	Khadijah	Sawah	Padi	Baik	Padi-Jagunng	Urea, Phonska, Pupuk Organik	Teknis	Tidak Pernah
20	113.701992 -8.204655	Rosi	Sawah	Padi	Baik	Jagung- Padi	Phonska Urea	Teknis	Tidak Pernah
21	113.740192 -8.194776	Yusuf	Sawah	Tembakau	Baik	Tembakau, Padi, Jagung	Urea, Phonska, Pupuk Organik	Teknis	Pernah
22	113.740086 -8.188274	Rus	Sawah	Tembakau	Baik	Jagung-Padi-Tembakau	Npk, Za, Phonska	Teknis	Tidak Pernah

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

Titik Sampel	Koordinat	Nama	Jenis Lahan	Jenis Tanaman	Kondisi Tanaman	Rotasi Tanaman	Jenis Pupuk	Teknik Pengairan	Kejadian Banjir
23	113.751364 -8.189183	Sunarno	Sawah	Padi	Baik	Padi-Padi-Padi	Urea, Phonska	Teknis	Tidak Pernah
24	113.735957 -8.203688	Samidin	Sawah	Padi	Baik	Padi- Jagung	Urea, Phonska	Teknis	Tidak Pernah
25	113.709772 -8.188011	Masut	Kebun	Ketela Pohon	Baik	Ketela Pohon- Pisang	Npk, Za, Limbah Bambu	Non Teknis	Tidak Pernah
26	113.735739 -8.191759	Eni	Sawah	Jagung	Baik	Jagung-Padi	Urea, Phonska	Teknis	Tidak Pernah
27	113.718684 -8.192522	Sin	Sawah	Tembakau	Baik	Padi-Tembakau	Urea, Phonska	Teknis	Tidak Pernah
28	113.728592 -8.196086	Didik	Sawah	Padi	Baik	Padi-Tembakau	Urea, Phonska	Teknis	Tidak Pernah
29	113.728152 -8.172098	Samsul	Sawah	Padi	Baik	Padi-Padi-Jagung	Urea, Phonska	Teknis	Tidak Pernah
30	113.732106 -8.175726	Karib	Sawah	Padi	Baik	Padi-Padi-Jagung/ Tembakau	Urea, Phonska	Teknis	Tidak Pernah
31	113.747868 -8.182526	Supyan	Sawah	Singkong	Kurang Baik	Singkong	Phonska, Pupuk Kandang	Non Teknis	Tidak Pernah
32	113.744129 -8.17206	Dayat	Sawah	Padi	Baik	Padi-Padi-Padi	Urea, Phonska	Teknis	Tidak Pernah
33	113.737519 -8.153633	Om	Sawah	Padi	Baik	Padi-Padi-Padi	Urea, Phonska	Teknis	Tidak Pernah