

**ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN VEGETASI PADA LUAS  
LAHAN PERTANIAN TERHADAP PERKEMBANGAN  
AREA PERSAWAHAN DI WILAYAH TAMBAN  
MENGUNAKAN CITRA SENTINEL-2**

**TESIS**

**OLEH  
ARBAYAH  
NIM.230605220010**



**PROGRAM STUDI MAGISTER INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2025**

**ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN VEGETASI PADA LUAS  
LAHAN PERTANIAN TERHADAP PERKEMBANGAN  
AREA PERSAWAHAN DI WILAYAH TAMBAN  
MENGUNAKAN CITRA SENTINEL-2**

**TESIS**

**Diajukan kepada :  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam  
Memperoleh Gelar Magister Komputer (M.Kom)**

**Oleh:  
ARBAYAH  
NIM. 230605220010**

**PROGRAM STUDI MAGISTER INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2025**

**ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN VEGETASI PADA LUAS  
LAHAN PERTANIAN TERHADAP PERKEMBANGAN  
AREA PERSAWAHAN DI WILAYAH TAMBAN  
MENGUNAKAN CITRA SENTINEL-2**

**TESIS**

**Oleh:  
ARBAYAH  
NIM. 230605220010**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji :  
Tanggal:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

  
Prof. Dr. Sri Harini, M.Si  
NIP. 19731014 200112 2 0002

  
Dr. Usman Palagay, M.Si  
NIP. 196504142003121001

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Magister Informatika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



  
Prof. Dr. Muhammad Faisal, S.Kom. M.T  
NIP. 197405102005011007

**ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN VEGETASI PADA LUAS  
LAHAN PERTANIAN TERHADAP PERKEMBANGAN  
AREA PERSAWAHAN DI WILAYAH TAMBAN  
MENGUNAKAN CITRA SENTINEL-2**

**Oleh:  
ARBAYAH  
NIM. 230605220010**

Telah dipertahankan di Depan Dewan Penguji Tesis  
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Magister Komputer (M.Kom)  
Tanggal : .....

**Susunan Dewan Penguji**

- Penguji I : Prof. Dr. Ir. Muhammad Faisal, S.Kom, M.T  
NIP. 19740510 200501 1 007
- Penguji II : Dr. Ir. Yunifa Miftachul Arif, M.T  
NIP. 19830616 201101 1 004
- Pembimbing I : Prof. Dr. Sri Harini, M.Si  
NIP. 19731014 200112 2 0002
- Pembimbing II : Dr. Usman Palagay, M.Si  
NIP. 196504142003121001

Tanda Tangan

(  )

(  )

(  )

(  )

Mengetahui dan Mengesahkan  
Ketua Program Studi Magister Informatika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



Prof. Dr. Ir. Muhammad Faisal, S.Kom, M.T  
NIP. 197405102005011007

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arbayah  
NIM : 230605220010  
Program Studi : Magister Informatika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul tesis : “Analisis Perubahan Tutupan Vegetasi Pada luas Lahan  
Pertanian Terhadap Perkembangan area Persawahan  
di Wilayah Tamban Menggunakan citra Sentinel-2 ”

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tesis yang saya tulis ini adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, dan tidak ada bagian dari Tesis ini yang merupakan pengambilan data, tulisan, atau pemikiran orang lain yang saya klaim sebagai karya saya sendiri, kecuali jika tercantum sebagai kutipan dengan sumber yang jelas pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa Tesis ini merupakan hasil penjiplakan, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku."

Malang, 2025



Arbayah

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

*“tesis ini dipersembahkan untuk suamiku Budi Harso,S.Pd.M.Pd dan anak-anakku tercinta M.Zaini Nur Raihan, Muhammad Aufa Nurraiz yang menjadi support system ku”*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala limpahan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul: **“Analisis Perubahan Tutupan Vegetasi Pada Luas Lahan Pertanian Terhadap Perkembangan Area Persawahan di Wilayah Tamban Menggunakan Citra sentinel-2”**

Tesis ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Komputer pada Program Magister Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan luas lahan persawahan, keakuratan teknologi penginderaan jauh dan NDVI dalam memetakan perubahan lahan, serta mengevaluasi dampak perubahan tutupan vegetasi terhadap perkembangan persawahan di wilayah Tamban, yang mencakup luas lahan, intensitas tanam, dan produktivitas. Metode klasifikasi yang digunakan adalah K-Means untuk mengklasifikasikan lahan dalam mengidentifikasi perubahan luas lahan pertanian dengan memanfaatkan data citra dari Google Earth Engine. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem pendukung pemantauan lahan dan menjadi acuan bagi penelitian lanjutan di bidang penginderaan jauh.

Dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setulus-tulusnya kepada berbagai pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan bantuan selama proses penyusunan Tesis ini, terutama kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si, selaku dosen pembimbing utama, atas segala arahan, bimbingan dan motivasi yang diberikan sejak awal hingga terselesaikannya tesis ini.
2. Bapak Dr. Usman Palagay, M.Si selaku dosen pembimbing kedua, atas masukan berharga, kritik yang membangun, serta saran yang sangat membantu dalam penyempurnaan penelitian ini.

3. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Faisal, S.Kom., M.T, selaku Kepala Program Studi Magister Informatika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, seluruh dosen dan staff administrasi di Program Studi Magister Informatika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, atas ilmu, pengalaman dan bantuan yang telah diberikan selama masa studi.
4. Orang tua yang hebat, Ayahku Almarhum Sulaiman, Ibu Mastika serta Suami saya Budi Harso, S.Pd, M.Pd, Anak-anak tersayang M.Zaini Nur Raihan, Muhammad Aufa Nurraiz, atas doa dukungan moril, dan motivasi yang tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik.
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyusunan tesis ini.
6. Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang konstruktif sangat diharapkan demi perbaikan dan penyempurnaan di masa mendatang. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang remote sensing, K-means tentang tutupan vegetasi lahan sawah di tamban.

Malang, 2025

Arbayah

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
Abstrak.....	xiii
Abstract.....	xiv
المخلص.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Pernyataan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Manfaat Penelitian .....	4
BAB II STUDI PUSTAKA .....	5
2.1. Perubahan Luas Lahan Persawahan .....	5
2.2. Landasan Teori.....	12
2.2.1. Lahan Persawahan .....	12
2.2.2. Perkembangan Persawahan.....	13
2.2.3. Kecamatan Tamban Catur .....	14
2.2.4. Sejarah Pembentukan.....	15
2.2.5. Analisis Spasial.....	15
2.2.6. Data Spasial .....	19
2.2.7. <i>Remote Sensing</i> .....	20

2.2.8. Sistem Informasi Geografis .....	21
2.2.9. <i>Google Earth Engine</i> .....	22
2.2.10. <i>NDVI</i> .....	24
2.2.11. Sentinel-2 .....	26
2.3. Kerangka Teori .....	27
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>29</b>
3.1. Rancangan Penelitian .....	29
3.1.1. Pengumpulan Data .....	32
3.1.2. Preprocessing Citra .....	37
3.1.3. Perhitungan <i>NDVI</i> .....	38
3.1.4. <i>K-Means</i> .....	38
3.1.5. <i>Overlay</i> dan Kuantifikasi Perubahan .....	42
3.1.6. Validasi ( <i>Ground Truth</i> dan <i>Confusion Matrix</i> ) .....	43
3.1.7. Visualisasi .....	46
3.2. Instrumen Penelitian .....	47
3.2.1. <i>Dependent Variabel</i> .....	48
3.2.2. <i>Independent Variabel</i> .....	48
3.3. Proses Algoritma <i>K-Means</i> .....	49
3.3.1. <i>Input Data</i> .....	49
3.3.2. <i>Pre-processing</i> .....	50
3.3.3. <i>Klasifikasi K-Means</i> .....	50
3.3.4. <i>Validasi</i> .....	51
3.3.5. <i>Output</i> .....	51
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>52</b>
4.1. Analisis Data Lapangan dan Spasial .....	52
4.2. Hasil <i>Klasifikasi K-Means</i> .....	59
4.3. Perubahan Luas Lahan Sawah .....	62
4.4. Pembahasan .....	66
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>71</b>
<b>DAFTAR RUJUKAN .....</b>	<b>73</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Lahan Persawahan Tamban.....	12
Gambar 2. 2 Peta Administrasi Kecamatan Tamban Catur.....	14
Gambar 2. 3 Kerangka Teori.....	28
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	31
Gambar 3. 2 Data Lapangan AOI 1.....	33
Gambar 3. 3 Data Lapangan AOI 2.....	33
Gambar 3. 4 Data Lapangan AOI 3.....	34
Gambar 3. 5 Data Lapangan AOI 4.....	34
Gambar 3. 6 Data Lapangan AOI 5.....	35
Gambar 3. 7 Sampel Dataset.....	35
Gambar 3. 8 Citra Sawah Tamban Tahun 2020.....	36
Gambar 3. 9 Alur Proses Alogritma K-Means.....	49
Gambar 4. 1 Data Area sawah Anasilis Spasial.....	53
Gambar 4. 2 Peta Spasial Vegetasi Sawah Hasil Klasifikasi menggunakan K-Means.....	55
Gambar 4. 3 Trend Nilai NDVI AOI area Persawahawn.....	57
Gambar 4. 4 Grafik Perubahan Luas Lahan Pertanian.....	63

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1: Penelitian Terkait .....	10
Tabel 2. 2: Kelas Kisaran Nilai NDVI .....	25
Tabel 2. 3 : Karakteristik Band Citra Sentinel-2 .....	33
Tabel 3. 1 : Pengumpulan Data Informasi Sampel Penelitian Berdasarkan Data Lapangan.....	32
Tabel 3. 2 : Data Atribut.....	36
Tabel 3. 3 : Atribut Ground Truth .....	37
Tabel 4. 1 Responden/sampel Penelitian.....	52
Tabel 4. 2 : Perubahan Tutupan Lahan dan vegetasi serta Perkembangan Area Persawahaan.....	53
Tabel 4. 3 : Hasil validasi lapangan dengan koordinat.....	55
Tabel 4. 4 : Kelas Kisaran Nilai NDVI .....	58
Tabel 4. 5 : Hasil Analisis Sawah.....	59
Tabel 4. 6 : Hasil Analisis Non-Sawah .....	61
Tabel 4. 7 : Hasil klasifikasi.....	62
Tabel 4. 8 : Perubahan Luas Sawah Tahun 2020 – 2024 .....	66

## Abstrak

Arbayah.2025. **Analisis Perubahan Tutupan Vegetasi Pada Luas Lahan Pertanian Terhadap Perkembangan Area Persawahan di Wilayah Tamban Menggunakan Citra sentinel-2.** tesis. Program Studi Magister Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing (I) Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si (II) Dr. Usman Pagalay M.Si

**Kata Kunci:** *NDVI, Sentinel-2; Pementaan sawah; Penginderaan Jauh*

*Pemantauan perubahan luas sawah secara berkala sangat penting dalam mendukung ketahanan pangan dan perencanaan pembangunan pertanian berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dinamika sawah di wilayah Tamban, Kalimantan Tengah, dengan mengintegrasikan indeks vegetasi Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) dan metode klasifikasi K-Means berbasis citra Sentinel-2 pada periode 2020–2024. Proses penelitian mencakup beberapa tahapan, yaitu pra-pengolahan citra (masking awan), perhitungan NDVI, serta klasifikasi K-Means untuk membedakan sawah aktif dan non-sawah. Analisis dilakukan pada lima Area of Interest (AOI) dengan fokus pada perhitungan luas sawah dan pemantauan perubahan temporal. Validasi dilakukan dengan menggunakan titik sampel lapangan dan perhitungan confusion matrix untuk memperoleh nilai akurasi klasifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi NDVI dan K-Means dapat mengidentifikasi sawah secara akurat dengan pola spasial yang mengikuti petak lahan. Validasi menghasilkan nilai overall accuracy sebesar 98,69% dan kappa coefficient sebesar 97,21%, yang membuktikan reliabilitas metode ini. Dari hasil analisis temporal, terdapat perbedaan dinamika yang signifikan antar AOI. AOI 1 dan AOI 5 menunjukkan tren peningkatan luas sawah, mengindikasikan adanya optimalisasi lahan, sementara AOI 2 dan AOI 4 mengalami penurunan luas sawah yang konsisten, yang memerlukan perhatian khusus. AOI 3 menunjukkan pola fluktuatif, dengan potensi besar namun rentan terhadap faktor eksternal. Variasi dinamika ini menunjukkan bahwa kondisi biofisik, sosial-ekonomi, serta praktik pengelolaan lahan yang berbeda mempengaruhi perkembangan luas sawah di tingkat lokal. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan kombinasi NDVI dan K-Means efektif dalam memantau perubahan luas sawah. Pendekatan ini memberikan kontribusi yang signifikan dalam penyediaan informasi spasial untuk perencanaan pertanian, pengendalian alih fungsi lahan, dan pengelolaan sumber daya lahan yang berkelanjutan.*

## Abstract

Arbayah. 2025. **Analysis of Vegetation Cover Change on Agricultural Land Area and Its Impact on Rice Field Development in Tamban Region Using Sentinel-2 Imagery**. tesis. Master of Informatics Study Program, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang. Advisors (I) Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si (II) Dr. Usman Pagalay, M.Si.

**Keywords:** *NDVI, Sentinel-2, Rice Field Mapping, Remote Sensing.*

*Periodic monitoring of rice paddy area changes is crucial in supporting food security and sustainable agricultural development planning. This study aims to analyze the dynamics of rice fields in the Tamban region, Central Kalimantan, by integrating the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the K-Means unsupervised classification method based on Sentinel-2 imagery from 2020 to 2024. The research process includes several stages: image pre-processing (cloud masking), NDVI calculation, and K-Means classification to distinguish active rice fields from non-rice areas. The analysis was carried out on five Areas of Interest (AOI), focusing on rice field area calculations and temporal change monitoring. Validation was conducted using field sample points and confusion matrix calculations to obtain classification accuracy values. The results of the study indicate that the combination of NDVI and K-Means can accurately identify rice fields with spatial patterns that follow land parcels. The validation yielded an overall accuracy of 98.69% and a kappa coefficient of 97.21%, proving the reliability of this method. Temporal analysis revealed significant differences in dynamics across AOIs. AOI 1 and AOI 5 showed a trend of increasing rice field area, indicating land optimization, while AOI 2 and AOI 4 experienced consistent decreases in rice field area, requiring special attention. AOI 3 showed a fluctuating pattern, with substantial potential but also vulnerability to external factors. These variations highlight that the dynamics of rice fields at the local level are influenced by bio-physical, socio-economic conditions, and different land management practices. Overall, this study demonstrates that the combination of NDVI and K-Means is effective in monitoring changes in rice field areas. This approach provides valuable contributions to spatial information for agricultural planning, land-use change control, and sustainable land resource management.*

## الملخص

أربابه. 2025. تحليل تغيير غطاء النبات في منطقة الأراضي الزراعية وأثره على تطور أراضي الأرز في منطقة تامبان باستخدام صور سينتينيل-2. أطروحة. برنامج دراسات الماجستير في علوم المعلوماتية، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية في مالانغ. المشرفون (1) البروفيسورة د. جي. سري هاريني، ماجستير (2) الدكتور عثمان باجالاي، ماجستير

سينتينيل-2، رسم خرائط الأراضي الزراعية، الاستشعار عن بعد، NDVI: الكلمات المفتاحية

يُعدُّ الرصد الدوري للتغيرات في مساحة الأرز الزراعية أمراً بالغ الأهمية لدعم الأمن الغذائي والتخطيط للتنمية ، من كاليانتان الوسطى الزراعية المستدامة. تهدف هذه الدراسة إلى تحليل ديناميكيات الأرز في منطقة تامبان وطريقة (Normalized Difference Vegetation Index - NDVI) خلال دمج مؤشر الغطاء النباتي للفترة 2020-2024. تتضمن العملية (Sentinel-2) المعتمدة على صور سينتينيل 2-K-Means التصنيف ، بالإضافة إلى NDVI البحثية عدة مراحل، وهي: المعالجة المسبقة للصور (إخفاء السحب)، وحساب مؤشر للتمييز بين الأرز والنشاط والأراضي غير الزراعية. تم إجراء التحليل K-Means التصنيف باستخدام خوارزمية مع التركيز على حساب مساحة الأرز ومراقبة التغير الزمني. وتم التحقق من (AOIs) على خمس مناطق اهتمام للحصول على دقة (Confusion Matrix) النتائج باستخدام عينات نقطية ميدانية وحساب مصفوفة الخطأ يمكنه تحديد الأرز K-Means وخوارزمية NDVI التصنيف. أظهرت نتائج الدراسة أن الجمع بين مؤشر الزراعية بدقة مع نمط مكاني يتبع قطع الأراضي. أسفر التحقق عن تحقيق دقة إجمالية بلغت 98.69٪ ومعامل كابتا 97.21٪، مما يثبت موثوقية هذه الطريقة. ومن خلال نتائج التحليل الزمني، وُجد اختلاف كبير في الديناميكيات بين مناطق الاهتمام. أظهرت منطقة الاهتمام 1 ومنطقة الاهتمام 5 اتجاهًا نحو زيادة في مساحة الأرز، مما يشير ، أي تحقيق أقصى استفادة ممكنة منها ورفع كفاءتها (Optimal Land Use) إلى الاستخدام الأمثل للأراضي الإنتاجية، في حين شهدت منطقة الاهتمام 2 ومنطقة الاهتمام 4 انخفاضاً مستمراً في مساحة الأرز، الأمر الذي يتطلب اهتماماً خاصاً. وأظهرت منطقة الاهتمام 3 نمطاً متقلباً، بإمكانيات كبيرة ولكنها معرضة للعوامل الخارجية. تظهر هذه الاختلافات في الديناميكيات أن الظروف الفيزيائية-الحيوية والاجتماعية-الاقتصادية وممارسات إدارة الأراضي المختلفة تؤثر على تطور مساحة الأرز على المستوى المحلي. بشكل عام، تثبت هذه الدراسة أن استخدام فعال في رصد التغيرات في مساحة الأرز. يساهم هذا النهج K-Means وخوارزمية NDVI مزيج من مؤشر مساهمة كبيرة في توفير المعلومات المكانية للتخطيط الزراعي والتحكم في تحويل الأراضي والإدارة المستدامة للموارد الأرضية.

رسم (Sentinel-2)، القمر الصناعي سينتينيل 2-NDVI) الكلمات المفتاحية: مؤشر الفرق النباتي الطبيعي خريطة الأرز؛ الاستشعار عن بُعد

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Pertumbuhan populasi yang pesat berdampak signifikan pada penggunaan lahan, khususnya sektor pertanian. (Rossi Prabowo et al.,2020). Seiring meningkatnya kebutuhan pangan, ekspansi lahan pertanian menjadi penting untuk ketahanan pangan nasional. Namun, perubahan tutupan vegetasi akibat intensifikasi pertanian dan pengembangan infrastruktur seringkali tidak terdokumentasi dengan baik, mempersulit evaluasi kebijakan yang efektif. Perubahan penggunaan lahan sawah memiliki dampak yang signifikan terhadap masyarakat lokal. Manajemen lahan yang berkelanjutan sangat diperlukan untuk mengurangi dampak negatif seperti kebakaran dan degradasi ekosistem. (Onuegbu Francis E1 et al.,). Pembangunan pertanian, meski penting secara ekonomi, seringkali terhambat oleh faktor lingkungan seperti perubahan iklim dan konversi lahan. Oleh karena itu, pemantauan lahan menggunakan teknologi penginderaan jauh sangat penting untuk memperoleh data yang akurat dan tepat waktu.

Citra Sentinel-2 dari European Space Agency (ESA) menjadi solusi dalam memantau perubahan lahan sawah. Dengan resolusi spasial yang tinggi dan cakupan temporal yang sering, citra ini memungkinkan deteksi perubahan vegetasi secara lebih akurat. (Jesús Soriano-González et al.,2022). Penggunaan teknologi ini sangat relevan dalam pemetaan dan pengelolaan pertanian di wilayah Tamban, terutama dalam mendukung perencanaan pertanian yang berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perkembangan lahan sawah di Tamban dengan menggunakan citra Sentinel-2 dan mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi perubahan luas lahan sawah. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat ditemukan solusi yang tepat untuk menjaga keberlanjutan lahan pertanian dan mitigasi dampak negatif perubahan lahan. Teknologi penginderaan jauh seperti NDVI sangat berguna dalam mendeteksi perubahan vegetasi dan memetakan pola perubahan lahan sawah. (Meruga & Jasti, 2022). Analisis spasial menggunakan citra satelit memungkinkan pemantauan perubahan yang lebih tepat dan dapat membantu dalam mengidentifikasi area yang rentan terhadap konversi lahan. Studi

ini tidak hanya fokus pada pemetaan NDVI, tetapi juga mengevaluasi dampak perubahan luas lahan sawah terhadap lingkungan dan masyarakat. Dengan data berbasis citra Sentinel-2, penelitian ini bertujuan untuk memberikan rekomendasi bagi pembangunan berkelanjutan dan mendukung kebijakan tata ruang yang adaptif dan ramah lingkungan di wilayah Tamban.

Sejalan dengan nilai-nilai keberlanjutan dalam Islam menegaskan bahwa bumi dan hasil pertanian adalah karunia dari Allah Subhanahu Wa Ta'ala, yang memungkinkan manusia untuk menikmati hasil bumi melalui pertanian dan tanaman. Allah Subhanahu Wa Ta'ala berfirman dalam Al-Quran Surah Al-Mulk (67) ayat15 yang artinya:

هُوَ الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ خَضْرَاءً وَحَارَةً لَّكُمْ وَأَنْتُمْ فِيهَا مِنَ الزُّرُوعِ وَالْأَشْجَارِ فَكُلُوا مِنْهُ رَحْمَةً لَّكُمْ  
وَمَا أَنْتُمْ لَهُ بِمُذَكِّينَ

"Dia-lah yang menjadikan bumi subur dan kering untuk kalian, dan menumbuhkan padanya berbagai jenis tanaman dan pohon. Maka makanlah dari rezeki yang diberikan-Nya kepada kalian sebagai rahmat, dan kalian tidak akan mampu untuk menumbuhkannya." Surah Al-Mulk (67):15

Sayyid Qutb dalam *Fi Zilal al-Qur'an* menjelaskan bahwa kerusakan ekologis akibat eksploitasi sumber daya tanpa kendali adalah bentuk pelanggaran terhadap amanah tersebut. Qutb menegaskan bahwa setiap ciptaan di alam memiliki fungsi dan peran tertentu yang menunjukkan keteraturan dan keseimbangan, yang jika dirusak oleh manusia akan menimbulkan dampak negatif secara fisik dan spiritual. (Nablur Rahman Annibras & Muhammad Ahyama Afham, 2024).

Penelitian ini fokus pada wilayah Tamban dengan periode analisis 2020–2024, berbeda dengan penelitian terdahulu yang memiliki cakupan wilayah lebih luas. Penelitian sebelumnya umumnya menggunakan analisis spasial sederhana seperti overlay peta, citra satelit, dan NDVI, sementara penelitian ini menggabungkan NDVI dan analisis spasial berbasis citra Sentinel-2 yang diproses melalui Google Earth Engine untuk memperoleh hasil yang lebih akurat. (Tian mulyaqin et al.,2022).

Selain itu, validasi data pada penelitian terdahulu cenderung mengandalkan data sekunder dari citra satelit, sedangkan penelitian ini menggunakan data ground

truth berupa survei lapangan, koordinat GPS, dan wawancara dengan masyarakat, yang memperkuat validitas hasil analisis perubahan lahan sawah. Keberhasilan penelitian ini juga didukung oleh pemanfaatan teknologi pengolahan data citra, komputasi awan, dan teknik peningkatan akurasi analisis, yang meningkatkan efektivitas pemetaan NDVI dan relevansi penggunaan citra Sentinel-2 untuk memantau perubahan lahan sawah secara lebih detail dan akurat. ( Mahalakshmi Murugan et al.,2022).

### **1.2. Pernyataan Masalah**

Pernyataan masalah adalah:

1. Bagaimana perubahan luas lahan persawahan di wilayah Tamban pada tahun 2020-2024 berdasarkan citra satelit Sentinel-2?
2. Seberapa akurat penggunaan NDVI dan Sentinel-2 dalam menganalisis perubahan lahan sawah di wilayah Tamban?
3. Bagaimana pengaruh perubahan luas tutupan vegetasi terhadap perkembangan area persawahan di Tamban ditinjau dari aspek luas lahan, intensitas tanam, dan tingkat produktivitas?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian adalah:

1. Menganalisis luas perubahan penggunaan lahan persawahan di wilayah Tamban setiap tahunnya berdasarkan hasil analisis spasial menggunakan citra satelit Sentinel-2.
2. Menganalisis tingkat keakuratan teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*) dan indeks vegetasi ternormalisasi (NDVI) dalam menganalisis pola perubahan lahan persawahan di Tamban.
3. Mengevaluasi dampak perubahan luas tutupan vegetasi terhadap perkembangan persawahan di Tamban, yang meliputi aspek luas lahan, intensitas tanam, dan tingkat produktivitas.

#### **1.4. Batasan Masalah**

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa batasan yang perlu diperhatikan untuk memperjelas ruang lingkup dan konteks dari perubahan luas lahan Persawahan :

1. Penelitian dilakukan pada wilayah administratif di Tamban, dengan fokus pada area lahan persawahan yang mengalami perubahan penggunaan.
2. Penelitian menganalisis perubahan penggunaan lahan persawahan berdasarkan data spasial yang dihasilkan dari citra satelit Sentinel-2, dengan periode tahun 2020 hingga 2024.
3. Fokus dampak yang dianalisis terbatas pada aspek sosial dan ekonomi masyarakat lokal.
4. Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis spasial berbasis data sekunder, termasuk pengolahan data citra satelit Sentinel-2 dan data spasial, yang dilengkapi dengan data primer hasil pengumpulan di lapangan. Data primer meliputi wawancara dengan masyarakat lokal dan observasi langsung untuk mendukung analisis sosial dan ekonomi secara lebih komprehensif.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Adapun beberapa manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini bermanfaat untuk pemantauan perubahan luas lahan persawahan di Tamban menggunakan teknologi penginderaan jauh berbasis citra satelit Sentinel-2, yang dapat mendukung pengelolaan pertanian yang lebih akurat dan efisien oleh pemerintah.
2. Bermanfaat bagi masyarakat dalam mengetahui dampak perubahan luas lahan persawahan terhadap sosial ekonomi di daerah sekitar tempat penelitian.
3. Sebagai referensi bagi penelitian lain dalam mengembangkan

## **BAB II**

### **STUDI PUSTAKA**

#### **2.1. Perubahan Luas Lahan Persawahan**

Penelitian yang dilakukan oleh (Puteri et al.,2022). Ini membahas adanya pengurangan luas lahan persawahan yang signifikan di Kecamatan Sukoharjo selama periode 2017–2022. Sebagian besar lahan yang dikonversi menjadi perumahan terletak di area yang memiliki aksesibilitas tinggi, seperti dekat jalan utama atau fasilitas umum. Faktor penyebab pertumbuhan penduduk yang pesat di Kecamatan Sukoharjo meningkatkan kebutuhan akan perumahan baru, pemilik lahan lebih tertarik menjual tanah untuk pengembangan perumahan karena memberikan keuntungan ekonomi yang lebih tinggi dibandingkan hasil dari pertanian, Urbanisasi yang semakin meluas membuat lahan persawahan tertekan oleh kebutuhan ruang untuk pembangunan fasilitas perkotaan, dan Tingginya biaya pengelolaan lahan pertanian menyebabkan petani memilih beralih profesi atau menjual lahan. Dampak yang ditimbulkan Konversi lahan mengurangi produksi pangan lokal, terutama sawah, yang berdampak pada ketahanan pangan di tingkat wilayah, Masyarakat yang sebelumnya bekerja sebagai petani mulai beralih ke sektor informal atau jasa akibat hilangnya lahan untuk bertani. Pengembangan perumahan di atas lahan persawahan menyebabkan perubahan tata guna lahan yang memengaruhi sistem hidrologi lokal, seperti meningkatnya risiko banjir karena berkurangnya daerah resapan air. Rekomendasi dari penelitian ini adalah perlunya regulasi zonasi yang ketat untuk melindungi lahan persawahan produktif dari alih fungsi yang tidak terkendali, Pengembangan teknologi dan insentif ekonomi bagi petani untuk meningkatkan perkembangan lahan persawahan agar tetap kompetitif dibandingkan sektor lain, dan Edukasi kepada masyarakat dan pemangku kebijakan mengenai pentingnya lahan persawahan bagi ketahanan pangan jangka panjang.

Penelitian yang dilakukan oleh (Tata Bangun et al., 2022). Menganalisis perubahan lahan persawahan menjadi perumahan di Kecamatan Sukoharjo tahun 2017–2022, menggunakan pendekatan kuantitatif dan spasial dengan data dari observasi lapangan dan wawancara mendalam. Analisis *Overlay* Peta Spasial

menunjukkan terdapat peningkatan luas lahan sawah sebesar 33,43 hektar selama periode 2017–2022, dan lahan persawahan mengalami penurunan yang signifikan, dengan konversi utama menjadi area perumahan. Faktor yang menyebabkan antara lain peningkatan jumlah penduduk di Kecamatan Sukoharjo meningkatkan kebutuhan akan perumahan, permintaan masyarakat terhadap hunian baru mendorong konversi lahan persawahan menjadi perumahan. Biaya tinggi dalam mengelola lahan pertanian membuat pemilik lahan lebih memilih menjual atau mengalihfungsikan lahan mereka, minimnya minat generasi muda untuk melanjutkan usaha pertanian keluarga menyebabkan alih fungsi lahan, penduduk beralih ke sektor ekonomi lain yang dianggap lebih menguntungkan dibanding pertanian, dan penawaran harga tinggi untuk lahan oleh pengembang perumahan menjadi insentif bagi pemilik lahan untuk menjual. Dampak yang ditimbulkan konversi lahan menyebabkan penyempitan area persawahan, yang dapat berdampak pada produksi pertanian lokal, alih fungsi lahan mempengaruhi status pekerjaan dan pendapatan masyarakat setempat, dengan beberapa beralih dari sektor pertanian ke sektor lain.

Penelitian yang dilakukan oleh (Arenita Ramesa Putri., 2022). Menganalisis dampak alih fungsi lahan persawahan terhadap kesejahteraan masyarakat Sukarame Bandar Lampung perspektif Maqasid Syariah. Hasil survei menunjukkan Di Kelurahan Sukarame, Bandar Lampung, terjadi konversi signifikan lahan persawahan menjadi fasilitas umum, infrastruktur, instansi pendidikan, perkantoran, perumahan, dan lokasi usaha dan Pembangunan perkantoran dan instansi pendidikan memicu masyarakat menjual lahan pertanian mereka untuk dialih fungsikan. Dampak terhadap terhadap kesejahteraan masyarakat antara lain Masyarakat yang sebelumnya berprofesi sebagai petani beralih menjadi pemilik kos, wiraswasta, pedagang, pemilik bengkel, atau pemilik warung dan toko sembako, Alih fungsi lahan berdampak pada perubahan sumber pendapatan masyarakat, dengan beberapa mengalami peningkatan kesejahteraan akibat profesi baru yang lebih menguntungkan. Dalam perspektif Maqasid Syariah, alih fungsi lahan ini dapat dilihat sebagai upaya mencapai kemaslahatan (kesejahteraan)

masyarakat, selama tidak melanggar prinsip-prinsip dasar syariah dan tetap mempertimbangkan aspek keberlanjutan lingkungan serta ketahanan pangan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Harrison et al., 2019), ini melibatkan lokakarya yang diadakan di University of Exeter (UoE) dan Borneo Nature Foundation (BNF) pada 18–19 Oktober 2017. Lokakarya ini mengumpulkan 34 ilmuwan, pekerja LSM, dan perwakilan pemerintah Indonesia untuk mengidentifikasi tantangan, solusi, dan arah masa depan konservasi dan restorasi hutan serta sawah di Indonesia, terutama di Kalimantan. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa tantangan konservasi mencakup aspek politik, ekonomi, hukum, sosial, logistik, dan penelitian yang berdampak pada empat tujuan restorasi sawah: pembasahan, revegetasi, revitalisasi, dan pengurangan kebakaran. Kesimpulannya, diperlukan pendekatan manajemen adaptif berbasis tantangan untuk meningkatkan keberhasilan konservasi, termasuk pentingnya mendukung dua tujuan restorasi utama, yaitu pembasahan dan pengurangan kebakaran, serta memperhatikan konteks sosial-politik lokal dan dukungan dari pemerintah serta masyarakat.

Penelitian yang dilakukan (Dohong et.al.,2018), menggunakan metode pengumpulan data dari sumber sekunder dan analisis spasial berbasis GIS untuk menentukan total luas perkebunan kelapa sawit di tanah mineral, sawah dangkal, dan sawah dalam di Proyek Eks-Pangan Nasional (EMRP) di Kalimantan Tengah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sekitar 43,46% dari total perkebunan kelapa sawit di EMRP berada di atas sawah dalam dengan potensi emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) akibat oksidasi sawah yang mencapai 133,31 hingga 310,02 MtCO<sub>2</sub>e selama siklus operasional 25 tahun. Kesimpulannya, kebijakan pengelolaan perkebunan kelapa sawit di atas sawah dalam harus diperketat untuk meminimalkan emisi CO<sub>2</sub>. Opsi kebijakan yang direkomendasikan mencakup penegakan peraturan mengenai perlindungan sawah dalam, larangan total terhadap penanaman kelapa sawit di atas lahan sawah, dan penerapan kebijakan alih lahan dari sawah ke tanah mineral.

Penelitian oleh (Diffa Alifia Nabila, 2023), menggunakan model CA-ANN untuk memprediksi dan menganalisis perubahan penggunaan lahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan luas pemukiman sebesar

287,342 hektar dan penurunan sawah sebesar 291,93 hektar. Model ini menunjukkan kinerja yang sangat baik, dengan tingkat akurasi prediksi tinggi yang diukur melalui Indeks Kappa sebesar 0,95621 dan tingkat kesesuaian sebesar 93,52%. Temuan ini menegaskan bahwa model CA-ANN efektif dalam memprediksi dan mengevaluasi perubahan penggunaan lahan dengan presisi tinggi.

Penelitian oleh (Boreel et al., 2023) menggunakan analisis spasial overlay untuk mengidentifikasi perubahan penggunaan lahan selama periode 2014 –2020 dan metode spatial metrics untuk mengevaluasi pola spasial lanskap. Hasil penelitian menunjukkan penurunan luas hutan sebesar 12,09%, peningkatan pemukiman sebesar 25,67%, dan peningkatan semak belukar hingga 202,12%. Selain itu, pola pemukiman menunjukkan kecenderungan semakin padat, terkonsentrasi, dan mengelompok. Temuan ini mencerminkan dinamika perubahan lahan yang signifikan di kawasan tersebut, dengan dampak potensial pada ekosistem dan tata ruang wilayah.

Penelitian yang dilakukan oleh (Ardli Swardana 2022) menggunakan metode analisis spasial dengan teknik *overlay* data penggunaan lahan. Metode ini memungkinkan peneliti untuk memadukan data spasial dari dua periode waktu guna mengidentifikasi perubahan cadangan karbon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan di Kesatuan Hidrologis Sawah (KHG) Pulau Rangsang telah menyebabkan emisi karbon sebesar 377.082 ton. Temuan ini menegaskan bahwa aktivitas perubahan lahan memiliki dampak signifikan terhadap cadangan karbon di wilayah tamban.

Dalam studi terkait analisis NDVI untuk prediksi potensi karbon, banyak penelitian yang menunjukkan hasil yang positif. Misalnya, sebuah penelitian yang dilakukan di hutan kering tropis Thailand menunjukkan bahwa analisis NDVI dapat digunakan untuk memperkirakan kandungan karbon di hutan kering tropis (Dasrizal et al., 2019). Selain itu, penelitian lain di hutan di Vietnam menunjukkan bahwa analisis NDVI dapat digunakan untuk memperkirakan stok karbon dan biomassa di hutan (Chan et al., 2021).

Selain itu, resiko yang mungkin muncul dalam penggunaan analisis NDVI adalah adanya kesalahan dalam pengambilan citra satelit yang digunakan sebagai

dasar analisis. Kesalahan ini dapat terjadi karena faktor cuaca, kualitas citra satelit yang buruk, atau faktor lain yang tidak dapat diprediksi. (Chander & Markham, 2003) mengemukakan faktor cuaca, seperti Awan, kabut, dan partikel atmosfer lainnya dapat mengaburkan citra satelit dan mempengaruhi kualitas data NDVI. Hal ini dapat menyebabkan kesalahan dalam interpretasi kondisi vegetasi. (C. Huang et al., 2002). Mengemukakan bahwa kualitas citra satelit berupa Resolusi spasial dan spektral citra satelit mempengaruhi ketepatan analisis NDVI. Citra dengan resolusi lebih rendah mungkin tidak dapat mendeteksi perubahan kecil dalam vegetasi atau mencakup variasi lokal yang penting. (Pettorelli et al., 2014). Mengemukakan faktor lain yang tidak dapat diprediksi berupa gangguan teknis pada sensor satelit, kesalahan dalam proses pengolahan data, dan perubahan dalam karakteristik spektral tanah atau vegetasi yang tidak diantisipasi dapat menyebabkan kesalahan dalam analisis NDVI.

Penelitian oleh (Savitri Ratanopad Suwanlee et al., 2021). Menunjukkan bahwa perubahan lahan pertanian di daerah aliran Sungai Chi, Thailand, selama 2001–2021 mencapai 18.957 km<sup>2</sup> (54,5% area) dengan kecenderungan peningkatan tanaman singkong dan karet serta penurunan sawah padi, yang dianalisis menggunakan citra Landsat multi-temporal dan algoritma *Random Forest* di *Google Earth Engine*. Sementara itu, penelitian (Geli Zhanget al., 2020). Menemukan bahwa penurunan luas sawah padi tidak secara langsung meningkatkan konsentrasi metana (XCH<sub>4</sub>), sehingga diperlukan penelitian lanjutan untuk menelusuri sumber emisi lain. Hasil ini menegaskan pentingnya peta tahunan sawah berbasis satelit dalam memahami dinamika spasial-temporal perubahan lahan pertanian di kawasan Asia monsun.

Berikut penelitian terkait yang digunakan untuk melakukan pengembangan dan implementasi penelitian ini :

Tabel 2. 1 Penelitian Terkait

No	Nama Penelitian	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Metode	Hasil
1	(Puteri et al.)	2022	Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Persawahan di Kecamatan Selogiri (2016–2022)	Survei deskriptif	Menunjukkan terjadinya penurunan lahan persawahan yang dimanfaatkan sebagai lahan pemukiman.
2	(Tata Bangun et al.)	2022	Analisis Perubahan Lahan Persawahan Menjadi Perumahan di Kecamatan Sukoharjo (2017–2022)	Observasi lapangan & analisis Spasial	menemukan bahwa Terdapat peningkatan luas lahan perumahan sebesar 33,43 hektar selama periode 2017–2022, dan Lahan persawahan mengalami penurunan yang signifikan, dengan konversi utama menjadi area perumahan.
3	(Arenika Ramesa Putri)	2022	Analisis Dampak Alih Fungsi Lahan Persawahan terhadap Kesejahteraan Masyarakat Sukarame Bandar Lampung Perspektif Maqasid Syariah	Observasi lapangan & analisis Spasial dengan SIG	Penelitian ini menekankan pentingnya perencanaan tata ruang yang seimbang antara kebutuhan pembangunan dan pelestarian lahan pertanian, serta perlunya kebijakan yang memastikan alih fungsi lahan tidak merugikan kesejahteraan masyarakat dan lingkungan.
4	(Sophia S. et al.)	2017	Penilaian Akurasi Klasifikasi Penggunaan Lahan/Penutupan Lahan Menggunakan Penginderaan Jauh dan GIS	Metode penelitian ini menggunakan teknik klasifikasi terawasi dengan citra satelit Landsat	Penelitian ini mengklasifikasikan penggunaan lahan di area studi menggunakan citra Landsat 8 dengan enam kategori utama: Pertanian (65%), Area Terbangun (18,3%), Perairan (4%), Hutan Campuran (5,2%), Semak (7%), dan Tanah Kosong/Telanjang (0,5%). Hasil klasifikasi menunjukkan akurasi keseluruhan 81,7% dengan koefisien Kappa

					0,722, menandakan kesepakatan substansial antara klasifikasi dan data lapangan
5	(Dohong., et al.)	2018	Carbon emissions from oil palm development on deep peat soil in Central Kalimantan Indonesia	Analisis Spasial berbasis GIS	mengungkapkan bahwa 43,46% perkebunan sawit di Kalimantan Tengah berada di sawah dalam, dengan emisi CO <sub>2</sub> yang signifikan, sehingga diperlukan larangan total sawit di sawah dalam dan
6	(Boreel et al.,)	2023	Perubahan Penggunaan Lahan dan Konfigurasi Pola Spasial Lansekap di Sekitar Kawasan Hutan Lindung Gunung Nona Ambon	Analisis spasial overlay untuk perubahan penggunaan lahan	Hutan berkurang 12,09%, pemukiman bertambah 25,67%, dan semak belukar meningkat 202,12%. Pola pemukiman semakin padat, terkonsentrasi, dan mengelompok.
7	Ardli Swardana	2022	Dinamika perubahan Cadangan karbon akibat perubahan pengguna lahan di khg pulau rangsang	menggunakan metode analisis spasial dengan teknik overlay data penggunaan lahan.	Menunjukkan emisi karbon sebesar 377.082 ton akibat perubahan lahan
8	(Savittri Ratanopad Suwanlee et.al.)	2021	Pemantauan Perubahan Lahan Pertanian dan Penutupan Lahan di Dasar Sungai Chi, Thailand (2001-2021)	Menggunakan data Landsat multi-temporal dan algoritma Random Forest di <i>Google Earth Engine</i> .	Pemetaan lima jenis tanaman (beras, singkong, karet, tebu). Perubahan lahan pertanian mencapai 18,957 km(54,5% area). Peningkatan area singkong dan karet, penurunan lahan beras.

9	(Geli Zhang et.al.)	2020	Identifikasi sawah padi dalam dinamika spasial-temporal konsentrasi metana atmosfer di Asia monsun	Data satelit menunjukkan konsistensi spasial antara area sawah padi serta tren penurunan area sawah padi sejak 2007	Penurunan area sawah padi tidak berkontribusi pada peningkatan XCH <sub>4</sub> , menunjukkan perlunya penyelidikan lebih lanjut terhadap sumber lain. Peta tahunan sawah padi berbasis satelit penting untuk memahami dinamika spasial dan temporal XCH <sub>4</sub> di Asia monsun.
---	---------------------	------	--	---	---

## 2.2. Landasan Teori

Landasan teori merupakan bagian dalam penelitian yang menguraikan konsep, teori, dan prinsip-prinsip yang menjadi dasar atau landasan untuk pelaksanaan penelitian yang dilakukan.

### 2.2.1. Lahan Persawahan

Lahan persawahan adalah jenis ekosistem yang terbentuk dari akumulasi material organik yang membusuk sebagian, terutama berasal dari vegetasi, dalam kondisi jenuh air selama ribuan tahun. Lahan sawah memiliki sifat unik, seperti kandungan karbon organik yang tinggi, kapasitas retensi air yang besar, dan kondisi anaerob yang memperlambat dekomposisi bahan organik Soemarwoto (1985)



Gambar 2. 1 Lahan Persawahan Tamban  
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Lahan ini memainkan peran penting dalam berbagai aspek lingkungan dan ekosistem, seperti :

1. **Penyimpanan Karbon :** Lahan sawah menyimpan sekitar 30% dari karbon tanah global, meskipun hanya mencakup 3% dari permukaan daratan dunia. Ketika terganggu, misalnya melalui pengeringan atau pembakaran, karbon yang tersimpan dapat dilepaskan ke atmosfer dalam bentuk gas rumah kaca, seperti karbon dioksida dan metana.
2. **Pengendalian Hidrologi:** Lahan sawah berfungsi sebagai penyerap air alami, mengurangi risiko banjir di musim hujan dan menyimpan air untuk musim kemarau.
3. **Keanekaragaman Hayati:** Lahan sawah menjadi habitat bagi banyak spesies endemik dan terancam punah.
4. **Penyedia Layanan Ekosistem:** Selain fungsi ekosistemnya, lahan sawah juga mendukung kehidupan masyarakat lokal melalui hasil seperti kayu, serat, dan pangan.

Namun, lahan sawah sering kali terancam oleh konversi untuk pertanian, perkebunan, dan pemukiman, terutama di negara tropis seperti Indonesia. Aktivitas ini tidak hanya merusak fungsi ekosistem, tetapi juga meningkatkan risiko kebakaran lahan dan mempercepat perubahan iklim.

### **2.2.2. Perkembangan Persawahan**

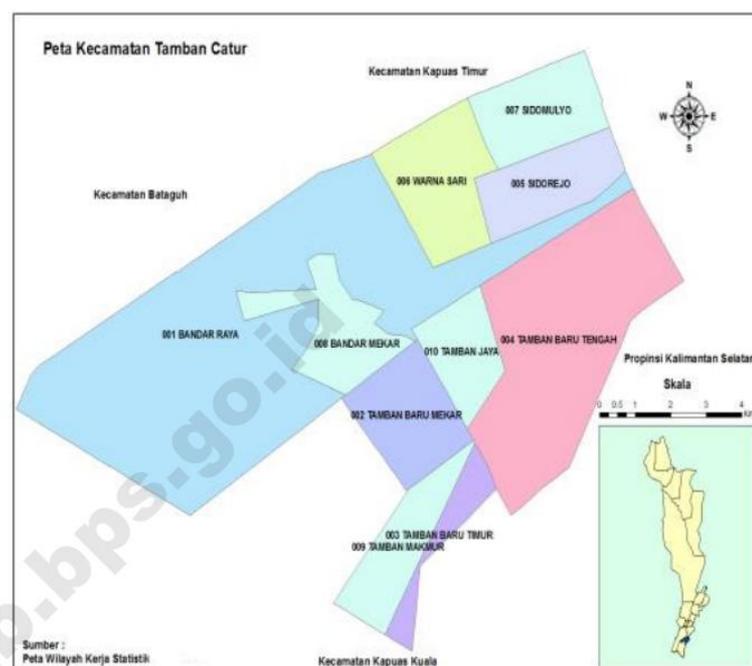
Perkembangan Persawahan adalah perubahan atau dinamika yang terjadi pada luas, distribusi, penggunaan, dan kondisi lahan sawah dari waktu ke waktu. Perkembangan ini dapat mencakup peningkatan, penurunan, atau perubahan fungsi lahan persawahan akibat faktor sosial, ekonomi, kebijakan, atau lingkungan. yang melibatkan perubahan penggunaan lahan, peningkatan jumlah unit hunian, serta dampak sosial dan lingkungan yang ditimbulkan. Proses ini sering kali dipicu oleh pertumbuhan populasi. Misalnya, penelitian oleh (Ardli Swardana 2022). Penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar penurunan luas sawah disebabkan oleh alih fungsi lahan, sementara upaya perlindungan dan intensifikasi diperlukan untuk menjaga ketahanan pangan dan keseimbangan ekosistem. (Rudiarto et al., 2022). Selain itu, Supriyono et al. menyoroti bahwa konversi lahan pertanian

menjadi perumahan dapat mengurangi daerah resapan air, yang berpotensi menyebabkan masalah lingkungan seperti banjir dan erosi tanah (Supriyono et al., 2022). Penelitian lain oleh Pratama et al. mengungkapkan bahwa perkembangan perumahan di Kecamatan Baruga tidak selalu memberikan dampak positif bagi masyarakat sekitar, menyoroti pentingnya mempertimbangkan aspek sosial dan ekonomi dalam perencanaan perumahan (Pratama et al., 2020). Dengan demikian, perkembangan perumahan tidak hanya berkaitan dengan aspek fisik dan ekonomi, tetapi juga harus mempertimbangkan dampak sosial dan lingkungan yang lebih luas.

### 2.2.3. Kecamatan Tamban Catur

Kecamatan Tamban Catur adalah salah satu dari 17 kecamatan yang terdapat di Kabupaten Kapuas. Luas wilayah Kecamatan Tamban Catur hanya mencakup 0,44 persen dari total luas Kabupaten Kapuas, yaitu sekitar 66,38 kilometer persegi. Berikut adalah letak geografis Kecamatan Tamban Catur:

- a. Sebelah timur berbatasan dengan Provinsi Kalimantan Selatan,
- b. Sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan Kapuas Kuala,
- c. Sebelah barat berbatasan dengan Kecamatan Bataguh.



Gambar 2. 2 Peta Administrasi Kecamatan Tamban Catur  
(Sumber : Peta Wilayah Kerja Statistik)

#### 2.2.4. Sejarah Pembentukan

Kabupaten Kapuas, dengan ibu kotanya Kuala Kapuas, merupakan satu-satunya kabupaten otonom yang berasal dari daerah Dayak Besar dan Swapraja Kotawaringin, yang termasuk dalam wilayah Karesidenan Kalimantan Selatan. Suku Dayak Ngaju adalah penduduk asli Kabupaten Kapuas, yang terbagi menjadi dua sub-suku: Suku Oloh Kapuas-Kahayan dan Oloh Otdanum. Berdasarkan cerita dalam "Tetek Tatum," nenek moyang suku Dayak Ngaju awalnya tinggal di sekitar Pegunungan Schwazener di pusat Kalimantan (Alang, 1981), sebelum akhirnya menyebar dan menetap di sepanjang tepi Sungai Kapuas dan Sungai Kahayan. Pada abad ke-16, dalam naskah *Negarakertagama* yang ditulis oleh pujangga Empu Prapaca dari Majapahit pada tahun 1365 M, disebutkan adanya pemukiman tersebut. Selanjutnya, dalam naskah *Hikayat Kapuas*, berita Tionghoa pada masa Dinasti Ming (1368-1644), serta piagam-piagam perjanjian antara Sultan Kapuasmasin dengan pemerintah Belanda pada abad ke-19, tercatat adanya pemukiman di sepanjang Sungai Kapuas dan Sungai Kahayan yang dikenal sebagai Lewu Juking. Lewu Juking adalah pemukiman berumah panjang yang terletak di muara Sungai Kapuas Murung (bagian barat delta Pulau Petak yang bermuara ke Laut Jawa), sekitar 10 km dari pesisir Laut Jawa, yang dipimpin oleh kepala suku bernama Raden Labih.

Penduduk Lewu Juking dan sekitarnya sering kali menjadi sasaran serangan dari rombongan bajak laut. Meskipun beberapa kali serangan tersebut berhasil dipukul mundur oleh penduduk, rasa tidak aman tetap menghantui mereka. Akibatnya, pada tahun 1800, banyak penduduk yang memutuskan untuk pindah ke tempat yang lebih aman, jauh dari ancaman bajak laut. Akibat perpindahan penduduk dari Lewu Juking dan sekitarnya, muncul berbagai pemukiman baru di sepanjang Sungai Kapuas dan Sungai Kapuas Murung. Di Sungai Kapuas Murung, muncul pemukiman Palingkau yang dipimpin oleh Dambung Tuan, pemukiman di Sungai Handiwung yang dipimpin oleh Dambung Dayu, serta pemukiman di Sungai Apui (seberang Palingkau) yang dipimpin oleh Raden Labih, yang kemudian digantikan oleh putranya, Tamanggung Ambu. Di tepi Sungai Kapuas, terdapat pemukiman baru seperti di Sungai Basarang yang dipimpin oleh Panglima

Tengko, Sungai Bapalas oleh Panglima Uyek, dan Sungai Kanamit yang dipimpin oleh Petinggi Sutil. Penyebaran penduduk di sepanjang tepian sungai ini tidak dapat dipastikan secara tepat waktu dan tempatnya. Kawasan di bagian hilir ini masih berupa rawa pasang surut, yang membuatnya tidak memungkinkan untuk menghasilkan rempah-rempah sebagai komoditas perdagangan.

Wilayah Kapuas-Kahayan bersama penduduknya telah lama terisolasi dari hubungan antara dunia luar. Pada bulan Februari 1860, untuk mengawasi lalu lintas perairan di kawasan Kapuas, pemerintah Belanda membangun sebuah benteng di ujung Murung, dekat muara Sungai Kapuas, yang terletak di sekitar rumah jabatan Bupati Kapuas saat ini. Dengan berdirinya benteng tersebut, nama "Kuala Kapuas" pun muncul, yang berasal dari sebutan penduduk setempat, yang sebelumnya menyebutnya dalam bahasa Dayak Ngaju sebagai "Tumbang Kapuas". Seiring dengan itu, pemerintah Belanda menempatkan seorang pejabat sebagai Gezaghebber (pemangku kuasa) yang juga merangkap jabatan sebagai komandan benteng, sehingga kawasan Kapuas-Kahayan tidak lagi berada di bawah pengawasan pemangku kuasa yang bertempat di Marabahan..

Selain itu, pemimpin Tamanggung Nicodemos Ambu ditunjuk menjadi kepala Distrik (Districtshoold). Sementara itu, di sebelah kampung, yaitu di Kampung Hampalung yang menjadi tempat tinggal kepala distrik pada waktu itu, yang terletak sekitar Sei Pasah. Sejak terbuatnya terusan Anjir Serapat pada 1861, kawasan ini perlahan-lahan beralih dari pemukiman rumah adat Betang menjadi desa. Selanjutnya, pada 1968, didirikan stasi zending di Barimba, diikuti dengan munculnya perkampungan orang Cina di antara Kampung Hampatung dan Barimba, serta terbentuknya perkampungan baru yang disebut Kampung Mambulau di sekitar Kampung Hampatung. Berdasarkan berbagai peristiwa dan keterangan tersebut, akhirnya ditetapkan sebagai acuan untuk memperingati hari jadi Kota Kuala Kapuas, yang berasal dari pemukiman Betang Sei Pasah yang merupakan pemukiman adat tertua di lingkungan batas kota Kuala Kapuas (yang masih utuh saat awal pembangunan kota ketika Temanggung Nicodemos Jayanegara memimpin).

Pada tanggal 1-2 Desember 1981 di Kuala Kapuas, dilakukan penyempurnaan buku sejarah Kabupaten Kapuas yang menetapkan hari jadi Kota Kuala Kapuas pada 21 Maret 1806, berdasarkan berdirinya Betang Sei Pasah pada tahun 1806. Pemerintahan Kabupaten Kapuas terbentuk setelah Proklamasi Republik Indonesia pada 17 Agustus 1945, ketika pasukan Australia datang untuk melucuti senjata Jepang, dipimpin oleh Kolonel Robson, yang juga turut membonceng rombongan orang Belanda dari organisasi bersenjata NICA di bawah pimpinan Mayor Van Assendep. Sebelum pasukan Australia meninggalkan Kapuasmasin pada 24 Oktober 1945, pihak NICA telah menyusun administrasi pemerintahan untuk wilayah Borneo Selatan, yang dipimpin oleh Residen Ablay hingga awal Desember 1945. Meskipun instruksi dari Belanda telah disampaikan kepada pejabat Indonesia, yaitu para mantan Guncho (Kepala Distrik) di Kuala Kapuas dan Kuala Kurun, untuk menjalankan tugas pemerintahan seperti biasa, wilayah Kapuas belum dijamah oleh pihak Belanda. Sebelumnya, jabatan para pejabat setempat (Hoold Van Plaatselijk Bestuur) dijabat oleh orang Belanda, Gezaghebber atau kontrolir. Pada 17 Desember 1945, pihak Belanda/NICA datang langsung ke Kuala Kapuas, melewati Pahlawan Rakyat oleh Haji Alwi, yang terletak sekitar dikilometer 9,8 Anjir Serapat.

Pada tahun 1964, dengan kekuasaan Belanda di Kalimantan, wilayah Kapuas mengalami perluasan dengan membentuk Distrik Kapuas Hilir yang beribu kota di Kuala Kapuas, Distrik Kahayan Tengah yang beribu kota di Pulang Pisau, dan Distrik Kahayan Hulu yang beribu kota di Tewah. Pada penghujung tahun 1946, tepatnya pada tanggal 27 Desember 1946. diKapuas terbentuk perwakilan daerah dayak besar, yaitu suatu badan pemerintah daerah yang meliputi kabupaten kapuas barito (tidak termasuk bentang alam kotawaringin) atas dasar Zelfbestuurs Regeling/Reheling (peraturan swapraja) tahun 1938 sebagai ketua adalah Groeneveld (eka asisten residen), wakil ketua Raden Cyrillus kersanegara dan sekretaris mahar mahir, asal pemilihan perwakilan dayak besar, terpilih menjadi ketua haji alwi, wakil ketua helmuth kunom, sekretaris Roosenshoen, anggota badan pengurus harian ialah merkasi dan sampit, Barthleman kiutn dari barito, a matarip dan Ed. Tundang dari kapuas Pada tanggal 14 April 1950 atas dasar tuntutan rakyat

yang dilandasi keyakinan sendiri untuk mengabdikan aspirasi rakyat, pihak perwakilan daerah dayak besar menentukan sikap peleburan diri secara resmi kedalam negara Republik Indonesia dengan surat keputusan menteri dalam negeri Nomor : C.17/15/3 tanggal 29 juni 1950, menentukan tentang daerah-daerah di Kalimantan yang sudah bergabung dalam Republik Indonesia dengan administrasi pemerintahannya terdiri dari 6 daerah kabupaten yaitu Kapuasmasin, Hulu sungai, kota baru, barito, kapuas dan kotawaringin, serta 3 daerah swapraja yaitu kutai,berau dan bulungan.

Pada akhir tahun 1950, Kepala Kantor Persiapan Kabupaten Kapuas, Wedana F. Dehen, memasuki tahap pensiun dan jabatan tersebut diserahkan kepada Markasi, yang merupakan mantan anggota perwakilan Daerah Dayak Besar. Kemudian, pada bulan Januari 1951, Markasi digantikan oleh Patih Barnstein Baboe. Pada tanggal 21 Maret 1951, di Kuala Kapuas, Kabupaten Kapuas resmi dibuat oleh Menteri Dalam Negeri, yang juga melantik para anggota Perwakilan Rakyat Daerah Sementara. Pada Ketika itu, Bupati belum terpilih, sehingga jabatan tersebut sementara dipegang oleh Patih Barnstein Baboe sebagai kepala eksekutif.

Pada awal Mei 1951, Raden Badrussapari dipilih menjadi Bupati Kepala Daerah Kabupaten Kapuas yang pertama. Pengukuhan dilakukan pada 9 Mei 1951 oleh Gubernur Murdjani atas nama Menteri Dalam Negeri. Masyarakat Kabupaten Kapuas menentukan setiap tanggal 21 Maret sebagai hari jadi Kabupaten Kapuas, yang juga bertepatan dengan peresmian pemerintah daerah Kabupaten Kapuas. Pada tahun 2002, Kabupaten Kapuas dibagi menjadi tiga kabupaten, yaitu Kabupaten Kapuas sebagai kabupaten pusat dengan ibu kota Kuala Kapuas, yang terdiri dari 12 kecamatan; Kabupaten Pulang Pisau dengan ibu kota Pulang Pisau, yang terdiri dari 6 kecamatan; dan Kabupaten Gunung Mas dengan ibu kota Kuala Kurun, yang terdiri dari 6 kecamatan. Untuk mendekatkan pelayanan kepada masyarakat, pemekaran kecamatan dan desa terus dilakukan, hingga pada akhir tahun 2015, Kabupaten Kapuas terdiri dari 17 kecamatan, 214 desa, dan 17 kelurahan. Letak geografis Kecamatan Tamban Catur adalah sebagai berikut:

- a. Di sebelah utara,berbatasan dengan Kecamatan Bataguh dan Kecamatan Kapuas Timur

- b. Di sebelah timur, berbatasan dengan Provinsi Kalimantan Selatan
- c. Di sebelah selatan, berbatasan dengan Kecamatan Kapuas Kuala
- d. Di sebelah barat, berbatasan dengan Kecamatan Bataguh. Luas Kecamatan Tamban Catur hanya sekitar 0,44 persen dari total wilayah Kabupaten Kapuas, yaitu 66,38 kilometer persegi. Berdasarkan data iklim, biasanya curah hujan di Kecamatan Tamban Catur mencapai 197 mm per bulan, dengan biasanya 11 hari hujan setiap bulannya. Desember merupakan bulan dengan jumlah hari hujan terbanyak, sementara Agustus dan September tercatat sebagai bulan tanpa hujan sepanjang tahun 2015.

#### **2.2.5. Analisis Spasial**

Analisis spasial merupakan suatu pendekatan yang digunakan untuk memahami fenomena yang berkaitan dengan lokasi dan distribusi objek di permukaan bumi. Dalam konteks ini, analisis spasial melibatkan pengolahan dan interpretasi data yang memiliki komponen geografis, sehingga dapat memberikan wawasan mengenai pola, hubungan, dan tren yang ada dalam data tersebut. Sebagai contoh, analisis spasial dapat digunakan untuk merencanakan penggunaan lahan yang berkelanjutan dengan mempertimbangkan berbagai aspek lingkungan dan sosial-ekonomi (Lasaiba, 2023). Selain itu, analisis ini juga berperan penting dalam bidang kesehatan masyarakat, seperti dalam penanggulangan penyakit tuberkulosis, di mana pemahaman tentang lokasi populasi yang berisiko dapat diperoleh melalui analisis cluster berbasis spasial (Wardani et al., 2013). Metode yang digunakan dalam analisis spasial sangat beragam, termasuk penggunaan Sistem Informasi Geografis (SIG) yang memungkinkan pemetaan dan analisis data spasial secara lebih efektif (Adil & Triwijoyo, 2021). Dengan demikian, analisis spasial tidak hanya terbatas pada pengolahan data, tetapi juga mencakup interpretasi yang mendalam untuk mendukung pengambilan keputusan yang berbasis lokasi (Ramadhani et al., 2021).

#### **2.2.6. Data Spasial**

Data spasial adalah data yang menggambarkan atribut atau karakteristik geografis dari suatu wilayah atau lokasi tertentu. Data ini mencakup informasi tentang lokasi, bentuk, dan relasi spasial antara objek-objek di dalamnya (Rakuasa,

2022). Alam konteks pemetaan dan remote sensing, data spasial merupakan komponen kunci yang diperoleh melalui berbagai teknologi, termasuk Sistem Informasi Geografis dan citra satelit. Sistem Informasi Geografis memainkan peran penting dalam pengumpulan, pengolahan, dan analisis data spasial yang diperlukan untuk perencanaan dan pengelolaan sumber daya. Sebagai contoh, Lasaiba menjelaskan bahwa pemetaan dan analisis data spasial sangat penting dalam perencanaan penggunaan lahan yang berkelanjutan, di mana data spasial dikumpulkan dari berbagai sumber seperti citra satelit dan peta untuk mendapatkan informasi yang relevan (Lasaiba, 2023).

### **2.2.7. Remote Sensing**

*Remote sensing* adalah teknologi yang digunakan untuk mendapatkan informasi tentang objek atau fenomena di permukaan Bumi tanpa harus berada di lokasi secara fisik. Metode ini melibatkan penggunaan sensor yang terletak di pesawat udara atau satelit untuk mengirimkan dan menerima sinyal elektromagnetik yang mencerminkan atau dipancarkan oleh objek atau permukaan yang diamati. Prinsip dasar dari remote sensing adalah bahwa objek atau permukaan menghasilkan, memantulkan, atau memancarkan energi elektromagnetik dalam berbagai panjang gelombang. Sensor yang digunakan dalam remote sensing mampu mendeteksi energi elektromagnetik ini dan mengubahnya menjadi data yang dapat dianalisis (Zhu et al., 2018).

Ada beberapa jenis sensor yang digunakan dalam remote sensing, termasuk sensor optik (seperti kamera), sensor termal (yang mendeteksi radiasi inframerah termal), dan sensor microwave (yang menggunakan gelombang mikro). Setiap jenis sensor memiliki karakteristik dan kemampuan yang berbeda, memungkinkan pengumpulan informasi yang beragam tentang permukaan Bumi Guo et al. (2020). Data yang dikumpulkan melalui remote sensing kemudian dianalisis dan diinterpretasikan untuk memahami fenomena atau objek yang diamati. Data ini dapat digunakan dalam berbagai bidang, termasuk pemetaan lahan, pemantauan lingkungan, pemantauan cuaca dan iklim, pemantauan bencana alam, dan pemantauan perubahan permukaan Bumi seiring waktu (Lechner et al., 2020).

Keuntungan utama dari remote sensing adalah kemampuannya untuk mengakses daerah yang sulit dijangkau atau berbahaya secara fisik, serta kemampuannya untuk mengumpulkan data dalam skala yang luas. *Remote sensing* juga dapat memberikan informasi yang aktual dan berkelanjutan tentang permukaan Bumi dengan menggunakan citra satelit yang diambil dalam periode waktu yang berbeda. Namun, remote sensing juga memiliki keterbatasan. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kualitas data termasuk kondisi cuaca, penghalang seperti awan atau vegetasi yang tebal, dan resolusi spasial dan spektral dari sensor yang digunakan. Selain itu, interpretasi data yang akurat memerlukan pemahaman yang baik tentang sifat fisik objek atau fenomena yang diamati.

#### **2.2.8. Sistem Informasi Geografis**

Satu dekade ini isu yang sedang hangat diperbincangkan diseluruh belahan bumi adalah isu tentang global warming atau pemanasan global. Fenomena alam terjadi akibat dampak dari aktivitas manusia dalam memanfaatkan sumber daya alam yang ada di dalam perut dan muka bumi. Salah satu contoh dampak yang secara nyata telah dirasakan oleh manusia adalah musim kemarau dan musim penghujan yang tidak dapat diprediksi waktunya, kecenderungan yang terjadi musim kemarau dan penghujan yang berkepanjangan. Dari upaya-upaya yang telah dilakukan oleh manusia munculah konsep Green Technology/ Teknologi Hijau atau dapat disebut juga *Clean Technology/Environmental Technology* (Ali et al., 2021). Salah satu dari green technology adalah pemanfaatan pembangkit bertenaga surya menggunakan solar panel.

Sistem Informasi Geografis adalah kumpulan perangkat keras komputer, perangkat lunak, dan data geografis untuk menangkap, menyimpan, memeriksa, mengelola, menganalisis, dan menampilkan informasi yang bereferensi spasial. Sejak Roger, F. Tomlinson menciptakan istilah " Sistem Informasi Geografis" pada tahun 1963, pertumbuhan penggunaan Sistem Informasi Geografis di industri, pemerintah, dan akademisi telah mendorong permintaan untuk pelatihan Sistem Informasi Geografis profesional. Saat ini, Sistem Informasi Geografis diajarkan di sebagian besar universitas dalam berbagai jurusan, mulai dari perencanaan hingga survei, kehutanan, dan arsitektur (Ma et al., 2022).

Sistem Informasi Geografis merupakan salah satu sistem informasi yang menekankan pada suatu unsur informasi dari suatu geografi yang berupa data spasial (keruangan). Sistem informasi geografis menurut (Huang & Zhou, 2022) sistem yang memproses dan mengolah data spasial dari banyak sumber. Penyimpanan pada sistem informasi geografis memungkinkan pengguna melakukan pemanggilan data untuk dapat di edit dan diperbaharui dimana data spasial yang disimpan dapat dimanipulasi dan dianalisis dan disajikan untuk pengelompokkan dan pemisahan, serta fungsi permodelan. Data yang disajikan untuk pelaporan dari basis data yang disimpan bias ditampilkan dalam bentuk table, grafis, dan peta. Data dalam sistem informasi geografis terbagi atas dua yaitu data spasial dan data non spasial (Sakti et al., 2022). Data spasial adalah data yang tersimpan didalam sistem berupa permukaan bumi contohnya yaitu jalan, hutan, kota, rumah, gedung, dan lain-lain. Model data spasial terbagi atas dua data yaitu model data vector dan model data raster. Model data vector berbentuk seperti gambar peta dalam bentuk feature point, line, dan surface sedangkan pada Model data raster, data ini sangat sederhana karena data yang tersimpan berupa data grid yang berupa bidang dari objek yang diambil. Model data raster merupakan data yang didapat merupakan hasil scanning citra satelit dalam bentuk citra digital. Data non spasial merupakan data yang disimpan dalam sistem informasi geografis dimana data menyimpan atribut dari penampakan-penampakan permukaan bumi.

### **2.2.9. Google Earth Engine**

*Google Earth Engine* adalah platform komputasi awan yang dikembangkan oleh *Google* untuk mengelola, memproses, dan menganalisis data geospasial dalam skala besar. Dalam beberapa tahun terakhir, *Google Earth Engine* telah menjadi alat yang sangat populer di kalangan ilmuwan, peneliti dan praktisi yang terlibat dalam analisis data geospasial dan pemodelan lingkungan. Platform ini menyediakan aksesibilitas yang luas terhadap data geospasial dari berbagai sumber, termasuk citra satelit, data cuaca, data iklim, data topografi, dan banyak lagi (Velasategui-Montoya et al., 2023).

Salah satu keunggulan utama *Google Earth Engine* adalah kemampuannya untuk mengelola dan memproses data geospasial dalam skala besar. Platform ini

menawarkan infrastruktur komputasi awan yang kuat yang memungkinkan pengguna untuk memproses data dengan cepat dan efisien. Dengan *Google Earth Engine*, para peneliti dapat mengakses dan menganalisis data dalam jumlah yang sangat besar, termasuk data multi-temporal yang meliputi rentang waktu yang panjang. Hal ini memungkinkan mereka untuk melacak perubahan dan tren dalam fenomena geospasial dengan lebih akurat (Uddin et al., 2019).

*Google Earth Engine* juga menawarkan berbagai fitur analisis yang kuat. Platform ini menyediakan kumpulan alat dan fungsi yang memungkinkan pengguna untuk melakukan analisis spasial, temporal, dan multidimensi. Misalnya, pengguna dapat menggunakan algoritma klasifikasi untuk mengidentifikasi dan memetakan fitur tertentu dalam citra satelit, melakukan analisis time series untuk melihat perubahan dalam fenomena geospasial dari waktu ke waktu, atau menggunakan model regresi untuk menghubungkan berbagai variabel dalam analisis (Crego et al., 2022).

Selain itu, *Google Earth Engine* menyediakan berbagai fitur visualisasi yang kuat. Pengguna dapat membuat peta interaktif yang kaya dengan menggunakan berbagai layer data geospasial. Hal ini memungkinkan visualisasi yang lebih baik dari pola-pola spasial dan temporal dalam data. *Google Earth Engine* juga mendukung representasi data dalam bentuk grafik dan diagram, sehingga pengguna dapat menggambarkan dan mempresentasikan temuan mereka secara efektif (Latue & Rakuasa, 2023).

Penggunaan *Google Earth Engine* juga memungkinkan kolaborasi dan berbagi data antara para pengguna. Platform ini menyediakan fitur berbagi yang memungkinkan pengguna untuk berbagi skrip, data, dan visualisasi dengan rekan kerja dan kolaborator lainnya. Hal ini mendukung kerja tim dan memperluas potensi kolaboratif dalam analisis dan pemodelan geospasial.

Selanjutnya, *Google Earth Engine* juga memungkinkan pemrograman menggunakan *JavaScript*. Pengguna dapat menggunakan kode *JavaScript* untuk mengakses data, memproses data, dan melakukan analisis di dalam *Google Earth Engine*. Bahasa pemrograman ini memberikan fleksibilitas dan kemampuan untuk

mengembangkan skrip yang kompleks dan memanfaatkan berbagai fungsi dan algoritma yang tersedia di dalam platform (Noi Phan et al., 2020).

Platform ini juga memiliki keunggulan dalam aksesibilitas data. *Google Earth Engine* menyediakan akses ke berbagai sumber data geospasial terkenal, termasuk data satelit dari berbagai sensor dan platform, data cuaca dan iklim, data topografi, dan banyak lagi. Data ini tersedia dalam bentuk terproses dan siap digunakan, sehingga pengguna tidak perlu menghabiskan waktu dan sumber daya untuk mengumpulkan dan memproses data tersebut secara mandiri (Souza et al., 2020).

Dalam konteks penelitian dan pemodelan lingkungan, *Google Earth Engine* telah digunakan dalam berbagai studi dan proyek. Misalnya, platform ini telah digunakan untuk memantau deforestasi, memetakan keanekaragaman hayati, memodelkan perubahan penggunaan lahan, mengestimasi emisi karbon, menganalisis perubahan iklim, dan banyak lagi. Dengan kemampuan analisis yang kuat dan aksesibilitas data yang luas, *Google Earth Engine* telah membuka pintu bagi penelitian yang lebih canggih dan pemodelan yang lebih akurat dalam berbagai bidang lingkungan.

#### **2.2.10. NDVI**

*NDVI* adalah indeks yang digunakan untuk mengukur kesehatan vegetasi berdasarkan pantulan cahaya pada spektrum NIR dan RED. *NDVI* sering digunakan dalam penginderaan jauh untuk memantau keberadaan, kepadatan, dan kesehatan vegetasi menggunakan citra satelit atau data penginderaan lainnya. merupakan sebuah transformasi citra penajaman spektral untuk menganalisis hal-hal yang berkaitan dengan vegetasi (Andini, Prasetyo, & Sukmono, 2018). *NDVI* yang diperoleh berdasarkan perbandingan antara pantulan sinar merah dan inframerah dekat dari spektrum elektromagnetik. Pada band sinar merah dan inframerah dekat, vegetasi dan non vegetasi dapat dibedakan dengan jelas. Menurut Shifoyati dan Kuncoro (2007) cara perhitungan *NDVI* adalah sebagai berikut :

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

Sumber : (Zhao, Q. et al., 2024)

Keterangan :

NIR = Near Infrared/ Inframerah dekat

Red = Sinar merah

- a. NIR: Cahaya dekat inframerah yang dipantulkan oleh daun dan Vegetasi yang sehat memantulkan lebih banyak cahaya NIR.
- b. Red: Cahaya merah yang digunakan dalam proses fotosintesis dan sebagian besar diserap oleh klorofil.

#### 1. Keunggulan dan Aplikasi

- Identifikasi Kawasan Terbagun: NDVI mampu membedakan area terbagun dari tutupan lahan lain seperti vegetasi atau badan air. Hal ini menjadikannya alat yang penting dalam studi urbanisasi (Tin & Mutitanon, 2021).
- Pemantauan Perubahan Lahan: Cocok untuk menganalisis ekspansi kota atau dampak pembangunan infrastruktur terhadap lingkungan dan tata ruang. Sebagai contoh, (Shofy & Wibowo, 2023). menunjukkan bahwa NDVI efektif dalam memetakan perubahan akibat pembangunan jalan tol.
- Perencanaan Tata Ruang Kota: Indeks ini memberikan informasi spasial yang relevan bagi pengelola tata ruang untuk memastikan pembangunan berkelanjutan (Supriyadi, 2023).

#### 2. Kendalan

Penelitian menunjukkan bahwa NDVI sangat efektif untuk memetakan kawasan urban dengan akurasi tinggi, terutama di lingkungan heterogen. Namun, indeks ini memiliki keterbatasan, terutama pada area dengan campuran permukaan seperti pasir atau vegetasi jarang, yang dapat memengaruhi interpretasi data (Supriyadi, 2023).

Hasil dari penghitungan ini kemudian dapat diklasifikasikan berdasarkan nilai yang terdapat pada Tabel berikut sebagai acuannya. Alasan pemilihan NDVI sebagai transformasi yang dimanfaatkan ialah, karena dari banyaknya penelitian yang memanfaatkan transformasi NDVI menyimpulkan bahwa NDVI adalah transformasi yang paling baik untuk mendeteksi adanya vegetasi (kerapatan vegetasi).

Tabel 2. 2 Kelas Kisaran Nilai NDVI

Kelas	Nilai NDVI	Penutupan Lahan
-------	------------	-----------------

1	-0,9 – 0,00	Awan, Air
2	0,00 – 0,10	Area Terbuka, Pertambangan
3	0.10 -0.20	Padang Rumput
4	0,20 – 0,30	Semak Belukar
5	0,30 – 0,40	Belukar tua, Perkebunan Muda
6	0,40 – 0,50	Perkebunan Tua, Hutan Sekunder Muda
7	0,50 – 0,60	Hutan Sekunder Sedang
8	0,60 – 0,70	Hutan Sekunder Tua

### 2.2.11. Sentinel-2

Sentinel-2 adalah satelit penginderaan jauh yang merupakan bagian dari program Copernicus, yang diluncurkan oleh *European Space Agency* dengan tujuan untuk memantau Bumi secara global. Program ini menyediakan data yang digunakan untuk berbagai aplikasi, seperti pemantauan lingkungan, pertanian, perubahan iklim, dan bencana alam. Sentinel-2 memiliki kemampuan untuk mengamati permukaan Bumi dengan resolusi spasial tinggi dan dilengkapi dengan kamera multispektral yang dapat menangkap gambar dalam 13 pita spektral yang berbeda. Satelit ini dirancang untuk memantau perubahan penggunaan lahan, menganalisis kualitas air, memantau vegetasi, serta mendukung manajemen bencana. Dengan kemampuannya untuk mengidentifikasi berbagai elemen di permukaan Bumi, Sentinel-2 banyak digunakan dalam analisis pertanian presisi, pemetaan perubahan ekosistem, dan pengawasan kualitas lingkungan (*European Space Agency, 2020*).

Sentinel-2 dapat menangkap data dalam 13 pita spektral yang memungkinkan identifikasi berbagai objek di permukaan Bumi seperti vegetasi, air, tanah, dan bahan buatan manusia. Pita-pita ini mencakup rentang dari ultraviolet hingga infra merah dekat, memberikan informasi yang sangat beragam dan akurat tentang kondisi Bumi. Keunggulan utama dari Sentinel-2 adalah kemampuannya untuk menyediakan data multispektral dengan resolusi tinggi, yang sangat bermanfaat untuk berbagai aplikasi, termasuk pertanian presisi dan pemantauan deforestasi. Selain itu, data yang diperoleh dari satelit ini dapat diakses secara gratis melalui portal *Copernicus Open Access Hub*, yang memungkinkan para peneliti dan

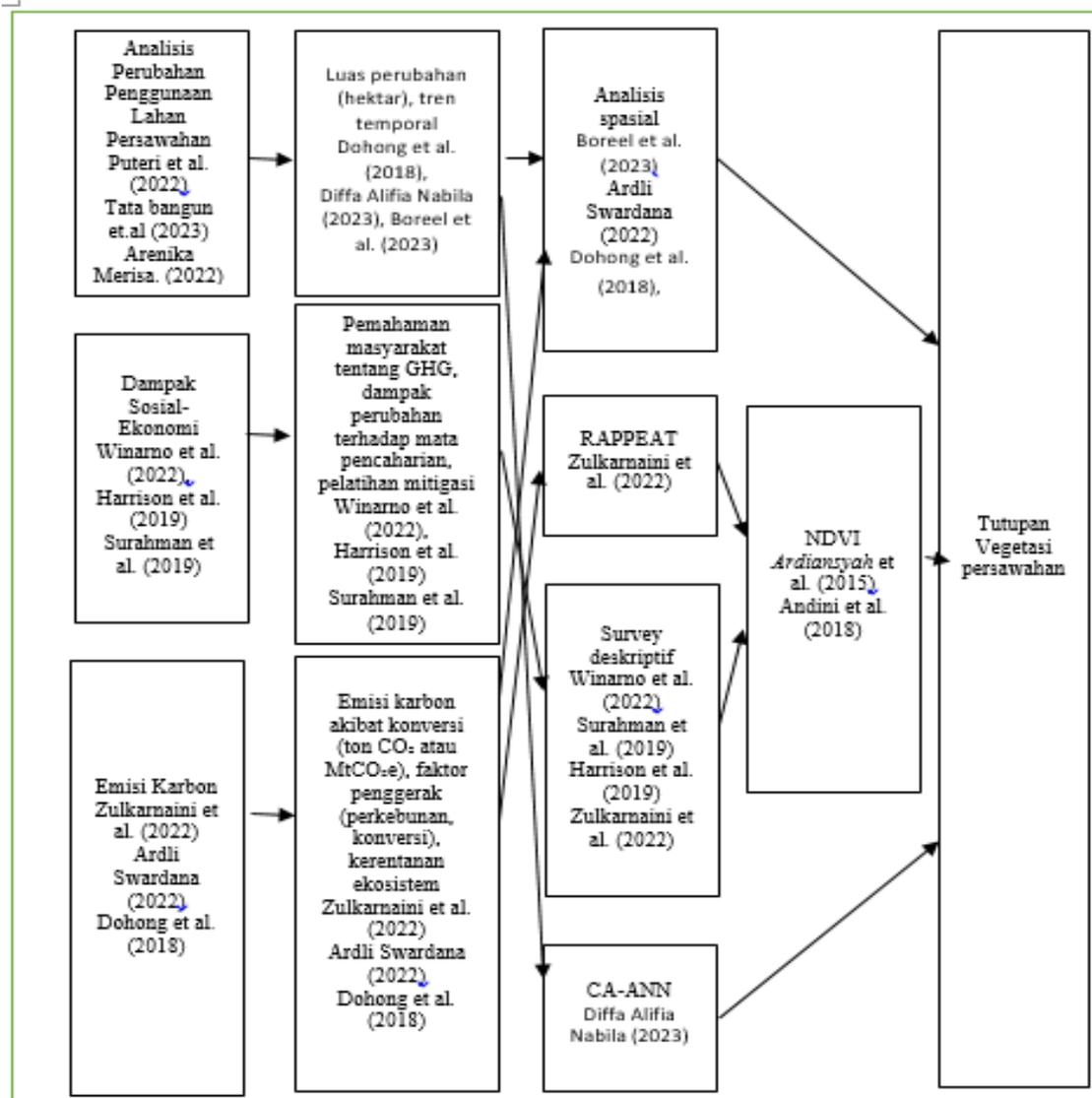
pengguna lain mengunduh data tersebut tanpa biaya. Dengan kemampuan ini, Sentinel-2 berperan penting dalam pengelolaan lingkungan, pertanian, dan pemantauan bencana alam, memberikan kontribusi besar dalam riset dan aplikasi praktis yang mendukung pengambilan keputusan terkait keberlanjutan dan pengelolaan sumber daya alam. Data dari Sentinel-2 memainkan peran yang sangat penting dalam memantau perubahan yang terjadi di permukaan Bumi dan memastikan bahwa keputusan-keputusan yang diambil didasarkan pada data yang akurat dan terperinci (*European Space Agency, 2020*).

Tabel 2. 3 : Karakteristik Band Citra Sentinel-2

Name	Scale	Pixel Size	Wavelength	Description
B1	0.0001	60 meters	443.9nm (S2A) / 442.3nm (S2B)	Aerosols
B2	0.0001	10 meters	496.6nm (S2A) / 492.1nm (S2B)	Blue
B3	0.0001	10 meters	560nm (S2A) / 559nm (S2B)	Green
B4	0.0001	10 meters	664.5nm (S2A) / 665nm (S2B)	Red
B5	0.0001	20 meters	703.9nm (S2A) / 703.8nm (S2B)	Red Edge 1
B6	0.0001	20 meters	740.2nm (S2A) / 739.1nm (S2B)	Red Edge 2
B7	0.0001	20 meters	782.5nm (S2A) / 779.7nm (S2B)	Red Edge 3
B8	0.0001	10 meters	835.1nm (S2A) / 833nm (S2B)	NIR
B8A	0.0001	20 meters	864.8nm (S2A) / 864nm (S2B)	Red Edge 4
B9	0.0001	60 meters	945nm (S2A) / 943.2nm (S2B)	Water vapor
B10	0.0001	60 meters	1373.5nm (S2A) / 1376.9nm (S2B)	Cirrus
B11	0.0001	20 meters	1613.7nm (S2A) / 1610.4nm (S2B)	SWIR 1
B12	0.0001	20 meters	2202.4nm (S2A) / 2185.7nm (S2B)	SWIR 2

### 2.3. Kerangka Teori

Penelitian Pada sub bab ini disajikan kerangka teori dari hasil studi literatur dengan cara mengkategorikan parameter atau variabel sebagai input data kerangka teori dan mencantumkan metode apa yang digunakan, serta output dari hasil kerangka teori tersebut. Kerangka teori dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Kerangka Teori

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Rancangan Penelitian

Penelitian ini dirancang untuk mengetahui dan mengevaluasi tingkat tutup sawah di Tamban Kabupaten Kapuas menggunakan analisis spasial. Proses penelitian melibatkan beberapa langkah utama sebagai berikut:

#### 1. Kajian Literatur

Melakukan tinjauan literatur mendalam terkait tingkat tutup lahan sawah dan metode analisis spasial yang relevan. Kajian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan studi sebelumnya, guna mendukung desain penelitian ini dan memberikan dasar teoritis yang kuat.

#### 2. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari: Dataset citra satelit Sentinel-2 yang mencakup wilayah Tamban dari tahun 2020 hingga 2024 dan Survei langsung ke Lapangan.

#### 3. Preprocessing Data

- Memilih saluran spektral yang tepat untuk perhitungan *NDVI* untuk citra sentinel-2. Indeks ini dihitung menggunakan dua band utama dari citra Sentinel-2:
- B4: Red (665 nm) dengan resolusi 10 meter.
- B8: NIR (842 nm) dengan resolusi 10 meter.

Nilai *NDVI* dihitung dengan rentang- 0.2 hingga 0,4,dimana:

- Nilai Positif (dekat + 0,2) : Mengidentifikasi area yang lebih banyak semak belukar
- Nilai Negatif (dekat -0,4) Mengidentifikasi area yang vegetasi atau Belukar tua, Perkebunan Muda
- Rumus:  $NDVI = \frac{(NIR-Red)}{(NIR+Red)}$
- *NDVI* berkisar dari -1 hingga +1.

- Nilai Negatif (-1 hingga 0): Umumnya menunjukkan air (nilai mendekati -1), awan, salju, atau daerah dengan tutupan vegetasi sangat rendah/tidak ada (misalnya, batuan, tanah gersang).
  - Nilai Mendekati 0: Menunjukkan area tanah kosong, perkotaan, atau vegetasi yang sangat jarang.
  - Nilai Positif (0 hingga +1): Menunjukkan adanya vegetasi. Semakin tinggi nilainya (mendekati +1), semakin padat dan sehat vegetasi tersebut. Misal, 0.2-0.3 untuk semak-semak, 0.6-0.8 untuk hutan hujan lebat atau lahan pertanian subur.
4. Analisis dan Interpretasi Data: Hasil eksperimen diolah untuk mengevaluasi tingkat perkembangan lahan sawah dari tahun 2020 sampai dengan 2024. Analisis dilakukan secara *mix method* yaitu analisis spasial dan analisis kualitatif untuk mengidentifikasi pola perubahan yang signifikan.

5. Perhitungan luas area

Rumus Perhitungan luas area :

$$L_C = N_C \times A_P \quad (2)$$

Sumber : (Tyukavina et al., 2025)

$L_C$  : Luas perubahan (misalnya, dalam  $Km^2$ )

- $N_C$ : Jumlah piksel dalam kategori perubahan tertentu
- $A_P$ : Luas area per piksel (biasanya 10 m x 10 m untuk Sentinel-2, yaitu 0,0001  $Km^2$ )
- Jika Anda mengklasifikasikan citra Sentinel-2 (resolusi 10 meter), maka setiap piksel mewakili area 10m×10m=100 meter persegi atau 0.0001  $km^2$  atau 0.01 hektar.
- Maka, luas area untuk suatu kelas tutupan lahan (misalnya, sawah) dihitung dengan rumus : Luas Area (hektar) =  
Jumlah Piksel Kelas Sawah×Luas Per Piksel (hektar)

Atau secara lebih umum:

Luas Area=Jumlah Piksel×(Resolusi Spasial)<sup>2</sup>

(Lillesand, T. M. Et al.,)

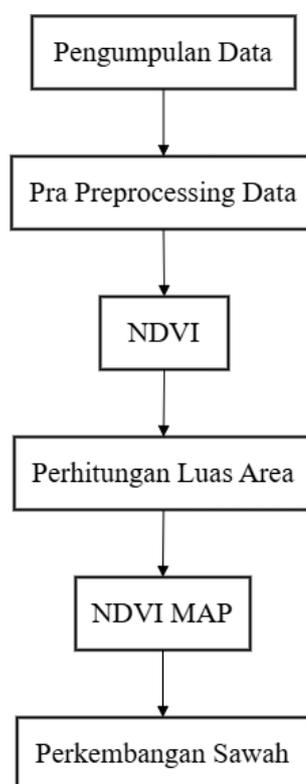
## 6. NDVI Map

### a. NDVI Map

- Hijau menunjukkan area vegetasi aktif (sawah subur)
- Warna kuning hingga coklat menunjukkan area non vegetasi

### b. Peta perubahan Lahan Sawah

- Merah : area Sawah yang hilang
- Biru : Area Sawah yang bertambah
- Putih : Tidak ada perubahan



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

Alur pada penelitian ini dimulai dari pengumpulan data meliputi indentifikasi masalah dan studi literatur yang sejenis dengan penelitian ini. Setelah itu tahap metode implementasi yang meliputi penggunaan NDVI dalam menghasilkan citra tingkat perkembangan lahan persawahans dari tahun 2020 sampai dengan 2024 dan di validasi ke lapangan dari hasil citra.

### 3.1.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan Data merupakan tahapan yang paling penting dalam melakukan sebuah penelitian. Pada penelitian ini Pengumpulan Data dilakukan dengan melibatkan data lapangan dengan data penggunaan citra satelit dimana data yang digunakan dari periode pengambilan mulai tahun 2020 sampai 2024.

Pengambilan Data yang dilakukan menggunakan Data lapangan sebagai berikut :

Tabel 3. 1 : Pengumpulan Data Informasi Sampel Penelitian Berdasarkan Data Lapangan

No	Kode Sampel	Nama	Tempat	Luas Lahan
1	AOI 1	Supian	Tamban Baru Mekar	0,43 Hektar
2	AOI 2	Mahmudah	Tamban Baru Mekar	0,60 Hektar
3	AOI 3	Salmani	Tamban Baru Mekar	2,00 Hektar
4	AOI 4	Sirajudin	Tamban Jaya	0,33 Hektar
5	AOI 5	Abdurrahim	Tamban Jaya	1,50 Hektar

Data yang tercatat di atas berisi informasi mengenai beberapa sampel dengan kolom-kolom yang mencakup "Kode Sampel," "Nama," "Tempat," dan "Luas Lahan." Kode sampel berfungsi sebagai identifikasi unik untuk setiap sampel, yang memudahkan pengelompokan atau pencatatan sampel tertentu, seperti yang terlihat pada kode AOI yang diikuti angka (misalnya, AOI 1, AOI 2, dan seterusnya). Kolom "Nama" menunjukkan individu yang terkait dengan masing-masing sampel atau lahan, seperti Supian, Mahmudah, Salmani, Sirajudin, dan Abdurrahim. "Tempat" mencantumkan lokasi atau daerah tempat lahan tersebut berada, dengan dua tempat yang tercatat, yaitu "Tamban Baru Mekar" dan "Tamban Jaya." Sementara itu, kolom "Luas Lahan" memberikan informasi mengenai ukuran lahan yang dimiliki atau dikelola oleh individu tersebut, dengan satuan hektar, di mana satu hektar setara dengan 10.000 meter persegi. Rincian luas lahan untuk masing-masing sampel adalah sebagai berikut: AOI 1 (Supian) memiliki luas 0,43 hektar, AOI 2 (Mahmudah) 0,60 hektar, AOI 3 (Salmani) 2,00 hektar, AOI 4 (Sirajudin) 0,33 hektar, dan AOI 5 (Abdurrahim) 1,50 hektar. Secara keseluruhan, data ini menggambarkan lima individu yang memiliki lahan di dua lokasi yang berbeda

dengan luas lahan yang bervariasi antara 0,33 hingga 2,00 hektar. Data ini dapat digunakan dalam konteks pertanian, pemetaan, atau penelitian yang berfokus pada penggunaan dan pengelolaan lahan di daerah tersebut. Foto sampel penelitian dapat dilihat pada gambar 3.2 – 3.6 berikut ini.



Gambar 3. 2 Data Lapangan AOI 1



Gambar 3. 3 Data Lapangan AOI 2



Gambar 3. 4 Data Lapangan AOI 3

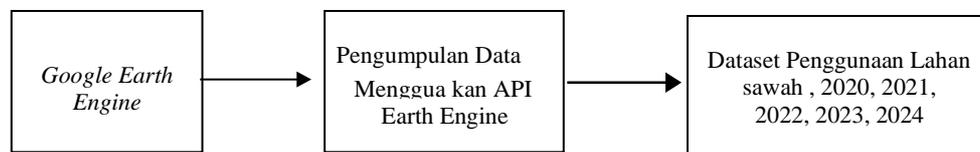


Gambar 3. 5 Data Lapangan AOI 4



Gambar 3. 6 Data Lapangan AOI 5

Pengambilan data citra satelit diolah dengan *Java Script* dengan *Google Earth Engine*, proses pengumpulan data ditunjukkan Gambar 3.2 sebagai berikut:



Gambar 3. 7 Sampel Dataset

Setelah pengambilan data dilakukan maka didapatkan dataset berupa citra perubahan lahan dari tahun 2020 - 2024, contoh seperti gambar dibawah ini :



Gambar 3. 8 Citra Sawah Tamban Tahun 2020

### a. Data Atribut

Atribut data juga disebut atribut atau fitur, adalah karakteristik spesifik dari entitas data. Atribut data dalam Ilmu Data atau *Machine Learning* adalah variabel yang menjelaskan tentang data record atau contoh. Setiap atribut menyimpan jenis data tertentu dan mewakili satu aspek entitas yang sedang dijelaskan. Detail atribut kumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan tabel 3.1:

Tabel 3. 2 : Data Atribut

No	Nama Atribut	Deskripsi
1	Band 4 RED)	Menyatakan untuk perhitungan NDVI
2	Band 8 (NIR)	Menyatakan untuk perhitungan NDVI
3	Resolusi Spasial	Menyatakan Tingkat ketelitian citra
4	Tanggal Perekaman	Menyatakan perioder analsis perubahan lahan
5	Area Cakupan	Menyatakan wilayah studi
6	Proyeksi Koordinat	Menyatakan Sistem referensi koordinat

### b. Ground Truth

*Ground truth* adalah data referensi yang diperoleh langsung dari pengamatan lapangan untuk memvalidasi hasil analisis citra satelit atau model spasial. Dalam konteks penelitian ini, ground truth mencakup informasi seperti koordinat lokasi,

klasifikasi penggunaan lahan (Misalnya : sawah, perumahan, atau pertanian), kondisi fisik lahan (basah, kering, atau terdegradasi), serta catatan observasi seperti jenis vegetasi atau aktivitas manusia. Data ini berperan penting untuk memastikan akurasi model dalam mengidentifikasi perubahan tutupan lahan. *Ground truth* biasanya dikumpulkan melalui survei lapangan menggunakan GPS, dokumentasi foto, atau wawancara dengan penduduk setempat, sehingga dapat digunakan untuk mengevaluasi performa model melalui *matriks error*, akurasi, dan *Koefisien Kappa*.

Tabel 3. 3 : Atribut Ground Truth

No	Nama Atribut	Penjelasan
1	Koordinat Lokasi	Menyatakan Latitude, Longitude
2	Klasifikasi Lahan	Menyatakan Jenis lahan, seperti "persawahan" atau "perumahan",
3	Luas Perubahan	Menyatakan perubahan lahan (Hektar).
4	Tanggal Observasi	Menyatakan Waktu observasi lapangan,
5	Pola Perubahan	Menyatakan pola perubahan, seperti "perubahan besar" atau "pengembangan bertahap".
6	Dampak	Menyatakan Dampak dari perubahan lahan

### 3.1.2. Preprocessing Citra

Preprocessing citra adalah serangkaian langkah yang dilakukan untuk mempersiapkan citra satelit agar siap dianalisis, dengan tujuan menghilangkan noise, memperbaiki kualitas citra, dan memastikan akurasi hasil analisis. Langkah-langkahnya meliputi koreksi radiometrik untuk mengatasi distorsi atmosfer dan sensor, serta koreksi geometrik untuk menghilangkan distorsi dari perbedaan sudut pandang sensor dan topografi. Pemotongan (clipping) digunakan untuk membatasi area yang akan dianalisis, sementara penyusunan ulang band meningkatkan kemampuan analisis, seperti pemetaan vegetasi dengan indeks vegetasi (NDVI, EVI, GNDVI). Proses lain termasuk penghilangan awan dan bayangan, penyaringan untuk mengurangi noise, serta koreksi terhadap efek topografi yang memengaruhi pengukuran. Klasifikasi citra juga digunakan untuk mengelompokkan area berdasarkan tutupan lahan atau objek tertentu. Berbagai alat seperti Google Earth Engine (GEE), SNAP, dan perangkat GIS digunakan dalam preprocessing ini, yang sangat penting untuk menghasilkan data yang akurat dan

bermanfaat dalam pemantauan perubahan lahan, seperti di sektor pertanian dan urbanisasi..

### 3.1.3. Perhitungan NDVI

Dibawah ini merupakan tahapan analisis spasial (perhitungan NDVI pada penelitian ini :

#### 1. Perhitungan *NDVI*

Nilai *NDVI* dihitung dengan rumus:

$$NDVI = \frac{(NIR-Red)}{(NIR+Red)} \quad (3)$$

Sumber : (Qi Zhao,et al., 2024)

*NDVI* menghasilkan nilai dalam rentang - 0,4 hingga +0,2 dimana nilai positif menunjukkan dominasi area padang rumput sementara nilai negatif mengindikasikan keberadaan vegetasi atau lahan persawahan. Hasil dari perhitungan ini adalah distribusi nilai *NDVI* yang memetakan Kategori berkembang lahan persawahan di wilayah studi

#### 2. *Thresholding* dan Klasifikasi perkembangan sawah

Setelah nilai *NDVI* dihitung, metode *thresholding* diterapkan untuk membagi wilayah menjadi area persawahan dan non area persawahan. Klasifikasi ini dilakukan dengan kriteria nilai *NDVI*, yaitu  $NDVI > 0.2$ , dan  $NDVI < -0.4$  untuk area persawahan. Proses ini menghasilkan peta tematik tutupan lahan yang merepresentasikan kondisi wilayah pada tahun 2020 – 2024,

### 3.1.4. K-Means

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis tutupan lahan persawahan menggunakan metode *K-Means Unsupervised Learning*. Metode yang diusulkan untuk pengolahan data adalah *K-means* metode ini diharapkan mampu memberikan gambaran menyeluruh mengenai performa model pada data citra satelit sentinel-2.

*K-means* adalah algoritma klasterisasi yang dapat digunakan untuk mengelompokkan data ke dalam beberapa kategori berdasarkan kesamaan antar data. Dalam konteks tutupan lahan persawahan, algoritma ini bisa diterapkan untuk mengklasifikasikan berbagai jenis tutupan lahan yang ada di daerah pertanian, misalnya untuk memetakan kawasan persawahan, hutan, lahan non-produktif, atau penggunaan lahan lainnya.

Tujuan Penggunaan K-means untuk Tutupan Lahan Persawahan:

- Mengidentifikasi dan memetakan area persawahan dalam citra satelit atau data geospasial lainnya.
- Mengelompokkan wilayah pertanian berdasarkan karakteristik tertentu seperti penggunaan lahan, kondisi vegetasi, atau pola pertumbuhan tanaman.

Langkah-Langkah Algoritma *K-means* untuk Tutupan Lahan Persawahan

#### 1. Inisialisasi Centroid

- Tentukan jumlah kluster KKK yang ingin digunakan untuk mengelompokkan tutupan lahan. Misalnya, kita ingin mengidentifikasi 3 jenis tutupan lahan (persawahan, hutan, dan lahan terbuka).
- Tentukan centroid awal untuk setiap kluster, yang dapat diinisialisasi secara acak atau menggunakan metode *K-means++*.

#### 2. Penugasan Data ke Kluster

- Setiap titik data (dalam hal ini, piksel citra satelit yang mewakili area lahan) akan dianalisis untuk menghitung jaraknya ke masing-masing centroid.
- Titik data akan dimasukkan ke dalam kluster yang memiliki centroid terdekat. Ukuran jarak yang digunakan biasanya adalah jarak Euclidean, yang mengukur kesamaan antara titik data berdasarkan fitur-fitur yang relevan (misalnya, indeks vegetasi atau spektrum warna).

#### 3. Penghitungan Ulang Centroid

- Setelah semua titik data dikelompokkan, centroid baru untuk setiap kluster dihitung sebagai rata-rata dari semua titik data dalam kluster tersebut.
- Proses ini diulang terus-menerus hingga tidak ada perubahan signifikan dalam posisi centroid, yang menunjukkan bahwa algoritma telah mencapai konvergensi.

#### 4. Evaluasi dan Interpretasi

- Setelah algoritma konvergen, hasil klusterisasi dapat digunakan untuk memetakan atau mengklasifikasikan tutupan lahan berdasarkan kluster yang terbentuk.

- Setiap kluster dapat dianalisis lebih lanjut untuk memahami jenis tutupan lahan yang terwakili, seperti persawahan, hutan, atau kawasan non-produktif.

Rumus *K-means* yang Digunakan dalam Analisis Tutupan Lahan Persawahan

a. Jarak Euclidean

Dalam K-means, jarak antar titik data dan centroid dihitung menggunakan rumus jarak Euclidean. Untuk dua titik data  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  dan centroid  $c = (c_1, c_2, \dots, c_n)$  jaraknya adalah:

$$d(x, c) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - c_i)^2} \quad (4)$$

Sumber : (Yuv Raj Pant, et al., 2025)

Di mana:

- $x_i$  adalah nilai fitur (misalnya intensitas warna, indeks vegetasi) pada data ke- $i$ ,
- $c_i$  adalah nilai fitur pada centroid ke- $i$ ,
- $n$  adalah jumlah fitur atau dimensi data.

b. Penghitungan Centroid

Setelah data dikelompokkan dalam kluster, centroid dihitung dengan cara rata-rata dari semua data yang ada dalam kluster tersebut:

$$C_j = \frac{1}{N_j} \sum_{i=1}^{n_j} X_i \quad (5)$$

Sumber : (Yuv Raj Pant, et al., 2025)

Di mana:

- $C_j$  adalah centroid kluster ke- $j$ ,
- $N_j$  adalah jumlah titik data dalam kluster ke- $j$ ,
- $X_i$  adalah titik data dalam kluster ke- $j$ .

c. Fungsi Objektif (Cost Function)

Fungsi objektif *K-means* yang ingin diminimalkan adalah jumlah total jarak kuadrat antara titik data dan centroid yang sesuai:

(6)

$$J = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n d(x_i, C_j)^2$$

Sumber : (Yuv Raj Pant,et al.,2025)

Di mana:

- J adalah nilai fungsi objektif,
- K adalah jumlah klaster,
- $C_j$  adalah klaster ke-j,
- $X_i$  adalah titik data dalam klaster ke-j,
- $C_j$  adalah centroid klaster ke-j.

Analisis Hasil *K-means* untuk Tutupan Lahan Persawahan

Setelah klasterisasi selesai, hasil dari *K-means* bisa dianalisis lebih lanjut untuk memahami berbagai jenis tutupan lahan:

#### 1. Identifikasi Tutupan Lahan Persawahan

Dalam citra satelit, persawahan biasanya memiliki karakteristik spektral tertentu yang membedakannya dari jenis tutupan lahan lainnya, seperti indeks vegetasi yang tinggi dan warna hijau khas. Klaster yang teridentifikasi dengan centroid yang mencerminkan karakteristik ini akan menunjukkan area persawahan.

#### 2. Pemetaan dan Visualisasi

Setiap klaster dapat dipetakan kembali ke area geografis yang sesuai. Citra yang dihasilkan dapat digunakan untuk analisis spasial atau untuk pemantauan penggunaan lahan dari waktu ke waktu. Misalnya, klaster persawahan bisa dianalisis untuk melihat perubahan luas area persawahan sepanjang tahun, yang sangat berguna untuk perencanaan pertanian dan pemantauan sumber daya alam

#### 3. Evaluasi Kualitas Klaster

Evaluasi kualitas klaster bisa dilakukan dengan mengukur seberapa baik data dalam satu klaster terkelompok (*cohesion*) dan seberapa jauh klaster-klaster tersebut saling terpisah (*separation*). Salah satu cara untuk mengukur kualitas klaster adalah dengan menggunakan *Silhouette Score*, yang memberikan nilai antara -1 dan 1. Nilai mendekati 1 menunjukkan klaster yang baik, sementara nilai mendekati -1 menunjukkan klaster yang buruk.

### 3.1.5. *Overlay* dan Kuantifikasi Perubahan

#### 1. *Overlay*

*Overlay* adalah metode analisis spasial yang digunakan untuk membandingkan citra satelit dari tahun ke tahun pada penelitian ini menggunakan *Google Earth Engine*. *Google Earth Engine* memungkinkan pengguna untuk melakukan ini dengan menggunakan fitur seperti *Timelapse* atau *Historical Imagery*, yang memungkinkan anda melihat perubahan di permukaan bumi selama beberapa periode waktu atau dekade dalam konteks penelitian ini, *overlay* dilakukan dengan membandingkan hasil klasifikasi perkembangan sawah pada tahun 2020 – 2024 proses *overlay* menghasilkan peta perubahan yang menunjukkan piksel mana saja yang mengalami transformasi, seperti dari lahan sawah area yang tetap stabil.

#### 2. Kuantifikasi Perubahan

Kuantifikasi dilakukan untuk menghitung luas area yang mengalami perubahan pada setiap kategori. Proses ini melibatkan penghitungan jumlah piksel pada setiap kelas perubahan, yang kemudian dikonversi ke satuan luas (misalnya, hektar atau kilometer persegi).

Rumus untuk Luas Perubahan:

$$L_C = N_C \times A_P \quad (7)$$

Sumber : (Song et al., 2023)

- $L_C$  : Luas perubahan (misalnya, dalam  $\text{Km}^2$ )
- $N_C$  : Jumlah piksel dalam kategori perubahan tertentu
- $A_P$  : Luas area per piksel (biasanya 10 m x 10 m untuk Sentinel-2, yaitu  $0,0001 \text{ Km}^2$ )

Rumus Total Perubahan:

$$\Delta L = L_{2020} - L_{2024} \quad (8)$$

Sumber : (Valencia-Gaspar et al., 2024)

- $\Delta L$  : Total perubahan luas area sawah
- $L_{2020}$  : Luas area kategori tertentu pada tahun 2020
- $L_{2024}$  : Luas area kategori tertentu pada 2024

Data ini kemudian divisualisasikan dalam bentuk peta perubahan dan tabel statistik, sehingga memberikan gambaran komprehensif mengenai dinamika perubahan perkembangan sawah selama 5 tahun terakhir

### 3.1.6. Validasi (Ground Truth dan Confusion Matrix)

Validasi model adalah langkah penting dalam penelitian berbasis analisis spasial untuk memastikan keakuratan dan reliabilitas hasil klasifikasi perkembangan lahan sawah. Pada penelitian ini, validasi dilakukan dengan mengintegrasikan survei lapangan (*ground truth*) dan analisis akurasi menggunakan pendekatan statistik. Proses ini dirancang untuk mengevaluasi sejauh mana hasil klasifikasi citra satelit Sentinel-2 mencerminkan kondisi sebenarnya di lapangan, khususnya tingkat perkembangan lahan sawah di Kabupaten Kapuas.

#### 1. Survei Lapangan sebagai *Ground Truth*

Survei lapangan dilakukan untuk mengumpulkan data referensi yang akurat dari lokasi-lokasi yang representatif di wilayah penelitian. Lokasi ini dipilih berdasarkan perkembangan persawahan, seperti area pesawahan, area produktif. Data *ground truth* mencakup koordinat geografis (diambil menggunakan perangkat GPS), foto kondisi lapangan, dan deskripsi perkembangan persawahan. Data ini kemudian dibandingkan dengan hasil klasifikasi citra satelit untuk memvalidasi setiap kategori perkembangan persawahan.

Metode *ground truth* sangat penting untuk mengidentifikasi kesalahan sistematis dalam klasifikasi, seperti salah deteksi (*misclassification*) atau pengelompokan yang tidak tepat. Selain itu, survei lapangan memberikan data empiris yang menjadi dasar dalam analisis kuantitatif dan interpretasi hasil.

#### 2. *Confusion Matrix* untuk Evaluasi Akurasi

Data *ground truth* digunakan untuk membangun *confusion matrix*, sebuah tabel kontingensi yang membandingkan prediksi klasifikasi dengan data referensi lapangan. *Confusion matrix* memberikan informasi tentang jumlah prediksi yang benar (*true positives*) dan salah (*false positives/negatives*) untuk setiap kelas perkembangan persawahan.

Parameter yang dievaluasi meliputi:

*Overall Accuracy (OA)*:

Mengukur persentase total prediksi yang benar terhadap semua data validasi.

Rumus:

$$OA = \frac{\text{Jumlah Prediksi Benar}}{\text{Jumlah Total Data}} \times 100\% \quad (9)$$

Sumber : (Manyothwne, T. 2025)

(yaitu jumlah prediksi benar dibagi total sampel)

Contoh numerik (langkah demi langkah):

Ambil matriks contoh:

$$M = \begin{bmatrix} 40 & 10 \\ 5 & 45 \end{bmatrix}$$

Jadi  $n_{00} = 40, n_{01} = 10, n_{10} = 5, n_{11} = 45$

Total  $N = 40 + 10 + 5 + 45 = 100$

Jumlah benar =  $n_{00} + n_{11} = 40 + 45 = 85$

Jadi

$$OA = \frac{85}{100} = 0,85.$$

Artinya akurasi keseluruhan 85%

a. *Producer Accuracy (PA)*:

Mengukur tingkat keberhasilan model dalam mendeteksi data referensi untuk setiap kelas tertentu. Rumus :

$$PA = \frac{\text{True positive}}{\text{Jumlah Referensi kelas}} \times 100 \quad (10)$$

Sumber : (Manyothwne, T. 2025)

b. *User's Accuracy (UA)*:

Mengukur keandalan prediksi untuk setiap kelas tertentu. Rumus:

$$UA = \frac{\text{True positive}}{\text{Jumlah Prediksi kelas}} \times 100 \quad (11)$$

Sumber : (Manyothwne, T. (2025)

c. *Koefisien Kappa* ( $\kappa$ ):

Statistik ini mengevaluasi kesepakatan antara klasifikasi model dan data lapangan dengan mempertimbangkan kemungkinan kesepakatan acak. Rumus:

$$K = \frac{Po - Pe}{1 - pe} \quad (12)$$

Sumber : (Manyothwne, T. 2025)

Di mana.

- $po$  = pengamatan persetujuan =  $OA$
- $pe$  = persetujuan yang diharapkan secara acak, dihitung dari marginal (baris  $\times$  kolom) proporsi.

$$\text{Perhitungan } Pe = \sum_e \frac{nc_+}{N} \cdot \frac{n_+c}{N}$$

di mana  $n_{c+}$  = total aktual kelas  $c$  (baris  $c$ ),

dan  $n_{+c}$  = total diprediksi kelas  $c$  (kolom  $c$ ).

Contoh numerik (lanjutan dari matriks di atas):

Hitung marginal:

- Baris (aktual):  $n_{0+} = n_{00} + n_{01} = 40 + 10 = 50$   
 $n_{1+} = n_{10} + n_{11} = 5 + 45 = 50$
- Kolom (prediksi):  $n_{+0} = n_{00} + n_{10} = 40 + 5 = 45$   
 $n_{+1} = n_{01} + n_{11} = 10 + 45 = 55$

Hitung  $pe$ :

$$Pe = \frac{n_{0+}}{N} \cdot \frac{n_{+0}}{N} + \frac{n_{1+}}{N} \cdot \frac{n_{+1}}{N}$$

$$Pe = \frac{50}{100} \cdot \frac{45}{100} + \frac{50}{100} \cdot \frac{55}{100}$$

$$Pe = 0,5 \times 0,45 + 0,5 \times 0,55$$

$$Pe = 0,225 + 0,275 = 0,5$$

$\kappa$  :

$$Po = OA = 0,5$$

$$K = \frac{0,85 - 0,5}{1 - 0,5} = \frac{0,35}{0,5} = 0,7$$

interpretasi:  $\kappa = 0.7$  menunjukkan kesepakatan yang baik (interpretasi umum: 0.61–0.80 = substantial agreement).

Hasil validasi, baik dari survei lapangan maupun analisis akurasi, menjadi dasar untuk menilai performa model klasifikasi. Jika akurasi model kurang memadai (misalnya, *overall accuracy* < 85% atau  $k < 0,8$ , maka dilakukan kalibrasi ulang, seperti penyesuaian threshold NDVI > - 0,4 untuk sawah atau pemilihan kanal spektral tambahan.

### 3. Faktor Pengaruh Lain (Other Influencing Factors)

#### a. Kondisi Sosial dan Ekonomi Masyarakat (Social and Economic Conditions of Local Communities):

Faktor sosial-ekonomi yang mempengaruhi keputusan penggunaan lahan, seperti kebijakan pemerintah, harga komoditas, dan akses ke teknologi. Pengukuran dapat diperoleh melalui wawancara lapangan dan data sekunder terkait kebijakan pertanian dan sosial-ekonomi.

#### b. Perubahan Iklim (Climate Change):

Perubahan iklim yang mempengaruhi pola curah hujan dan suhu, yang pada gilirannya mempengaruhi produktivitas lahan pertanian. Pengukuran dapat dianalisis dengan data cuaca historis yang diintegrasikan dengan data spasial untuk mempelajari dampaknya pada lahan sawah.

### 3.1.7. Visualisasi

Dalam penelitian ini, analisis dan visualisasi data merupakan tahap penting untuk menyajikan hasil tingkat tutupan sawah di Kabupaten Kapuas secara informatif dan mudah dipahami. Visualisasi yang digunakan mencakup peta tematik dan grafik statistik yang menunjukkan pola, tren, dan distribusi perubahan dari tahun 2020 hingga 2024.

#### 1. Analisis Data Spasial

Hasil dari *overlay* dan perhitungan indeks spasial, seperti *Normalized Difference* digunakan untuk menghasilkan peta perubahan lahan sawah. Analisis ini dilakukan melalui beberapa langkah:

- Klasifikasi Tutupan Lahan: Peta klasifikasi dari tahun 2020 dan 2024 dibandingkan untuk mengidentifikasi wilayah yang mengalami perubahan.
- Pola Perubahan: Analisis pola dilakukan untuk memahami distribusi spasial perubahan, seperti area persawahan, dan mengidentifikasi daerah dengan intensitas perubahan tertinggi.
- Distribusi Perubahan: Peta distribusi disusun untuk memetakan perubahan berdasarkan kelas-kelas tutupan lahan (misalnya, alami, peralihan, dan terbangun).

## 2. Visualisasi dalam Bentuk Peta

Peta tematik perubahan lahan digunakan untuk memvisualisasikan perubahan luas lahan sawah. Beberapa peta utama yang dibuat meliputi:

- Peta Tutupan Lahan (2020 dan 2024): Menampilkan kondisi awal dan akhir tutupan lahan untuk memberikan gambaran perubahan.
- Peta Perubahan Lahan sawah: Menunjukkan area yang stabil, berubah menjadi terbangun, atau mengalami restorasi.
- Peta Hotspot Perubahan: Memvisualisasikan area dengan tingkat perubahan tinggi, yang relevan untuk mitigasi dan intervensi kebijakan.

## 3. Visualisasi Statistik dalam Bentuk Grafik

Grafik statistik digunakan untuk melengkapi interpretasi data spasial, dengan menyajikan tren dan proporsi perubahan secara kuantitatif.

### 3.2. Instrumen Penelitian

Variabel dependen merupakan hasil atau fenomena yang dipengaruhi oleh variabel independen, sedangkan variabel independen adalah faktor-faktor yang secara langsung atau tidak langsung memengaruhi perubahan lahan sawah. Pemahaman tentang hubungan antara kedua jenis variabel ini membantu dalam menganalisis dampak dari berbagai faktor sosial, ekonomi, dan kebijakan terhadap dinamika lahan sawah di wilayah penelitian di Tamban.

Berikut adalah rincian variabel dependen dan independen dalam penelitian ini:

### **3.2.1. Dependent Variabel**

Perkembangan sawah

- Definisi: Tingkat lahan sawah yang diukur dari hasil sawah pertanian dari tahun 2020 hingga 2024.
- Satuan: Hektar (ha).
- Pengukuran: Diidentifikasi melalui analisis spasial menggunakan data citra satelit Sentinel-2

### **3.2.2. Independent Variabel**

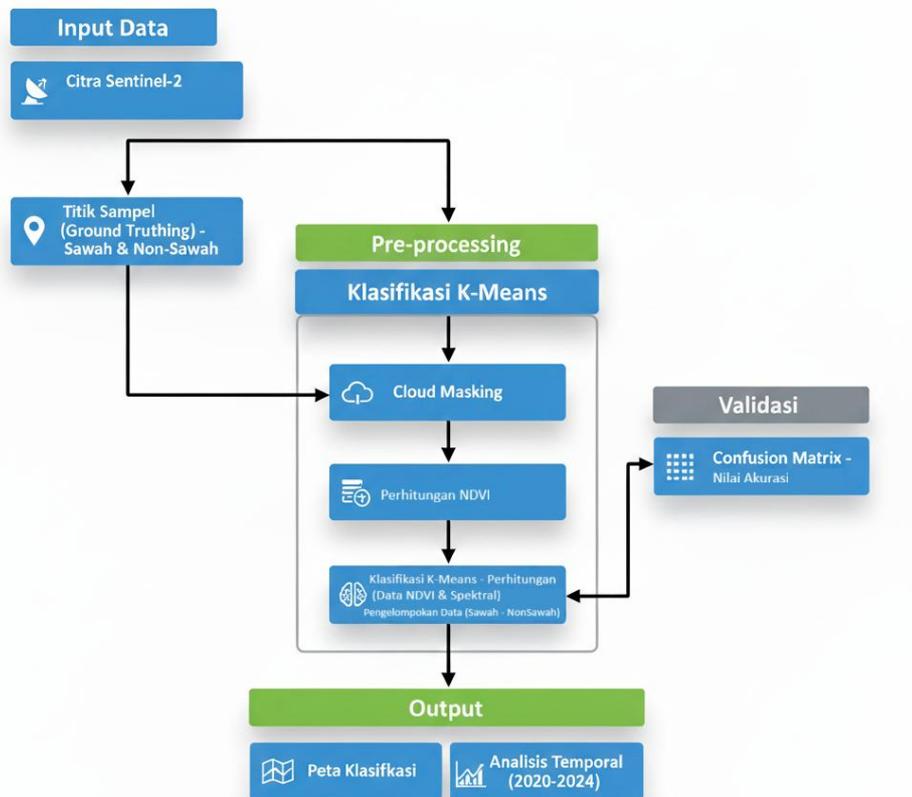
Faktor-faktor yang memengaruhi perubahan lahan sawah, meliputi:

Tingkat luas persawahan

- Definisi: peningkatan turun naik lahan sawah
- Satuan: Hektar (ha).
- Pengukuran: Diukur menggunakan citra satelit dan data wawancara dari pemilik sawah.

### 3.3. Proses Algoritma K-Means

Data sampel penelitian ini merupakan hasil dari dua wilayah Tamban, yaitu Tamban Baru Mekar dan Tamban Jaya, yang diambil dari tahun 2020 hingga 2024. Proses ini menggunakan lima sampel, berikut Gambar. Proses algoritma K-means



Gambar 3. 9 Alur Proses Alogritma K-Means

Proses alur algoritma K-Means untuk menganalisis perubahan tutupan vegetasi pada luas lahan persawahan menggunakan citra Sentinel-2:

#### 3.3.1. Input Data

- **Citra Sentinel-2:** Data citra satelit yang diperoleh dari satelit Sentinel-2 digunakan untuk memantau tutupan vegetasi. Citra ini memiliki resolusi tinggi dan digunakan untuk mendeteksi perubahan penggunaan lahan, seperti konversi lahan persawahan menjadi lahan non-sawah.
- **Titik Sampel (Ground Truthing):** Titik sampel ini berfungsi sebagai data referensi yang digunakan untuk memvalidasi hasil klasifikasi. Titik

sampel ini mewakili dua kelas utama: sawah dan non-sawah. Data ini sangat penting untuk melatih dan menguji akurasi model K-Means.

### 3.3.2. Pre-processing

- **Cloud Masking:** Citra Sentinel-2 yang digunakan dalam penelitian ini seringkali terpengaruh oleh awan yang menghalangi pandangan ke permukaan bumi. Oleh karena itu, dilakukan masking pada area yang terhalang awan untuk memastikan bahwa hanya data yang bebas dari awan yang diproses lebih lanjut.

```
// ===== CLOUD MASK =====
function maskS2clouds(image) {
  var qa = image.select('QA60');
  var cloudBitMask = 1 << 10;
  var cirrusBitMask = 1 << 11;
  var mask = qa.bitwiseAnd(cloudBitMask).eq(0)
    .and(qa.bitwiseAnd(cirrusBitMask).eq(0));
  return image.updateMask(mask).copyProperties(image,
    ['system:time_start']);
}
```

- **Perhitungan NDVI:** Selanjutnya, dilakukan perhitungan NDVI pada citra. NDVI adalah indikator yang digunakan untuk mengidentifikasi seberapa sehat vegetasi di suatu wilayah, dengan nilai yang lebih tinggi menunjukkan adanya vegetasi yang lebih padat, seperti sawah.

### 3.3.3. Klasifikasi K-Means

- **Klasifikasi K-Means:** Setelah preprocessing, data citra yang sudah dimasker dan dihitung NDVI-nya, kemudian diproses menggunakan algoritma K-Means untuk mengelompokkan citra ke dalam beberapa cluster (biasanya 5 cluster). K-Means akan mengelompokkan citra berdasarkan kemiripan nilai NDVI dan spektral, dan menghasilkan cluster yang mewakili area sawah dan non-sawah. Koding yang digunakan dalam proses klasifikasi K-Means

```
//=====UNSUPERVISED KMEANS SAWAH =====
function UnsupervisedSawah(year, AOI) {
  var citra = Citra(year, AOI);
  var citraCluster = citra.CA.addBands(citra.NDVI);
  var bandsCluster = ['B2','B3','B4','B8','NDVI'];
  var training = citraCluster.select(bandsCluster).sample({
```

```

region: AOI,
scale: 30,
numPixels: 5000,
seed: 42
});
var clusterer = ee.Clusterer.wekaKMeans(5).train(training);
var hasilCluster = citraCluster.select(bandsCluster).cluster(clusterer);
var sawahMask = citra.NDVI.gte(0.3).and(citra.NDVI.lte(0.8));
var sawahArea = hasilCluster.updateMask(sawahMask);
return {Cluster: hasilCluster, Sawah: sawahArea};
}

```

- **Pengelompokan Data (Sawah dan Non-Sawah):** Proses ini mengidentifikasi area yang memiliki karakteristik vegetasi yang sesuai dengan lahan sawah dan area yang tidak sesuai, yaitu lahan non-sawah. Cluster sawah akan memiliki nilai NDVI yang lebih tinggi.

#### 3.3.4. Validasi

- **Confusion Matrix:** Setelah hasil klasifikasi diperoleh, tahap selanjutnya adalah validasi hasil klasifikasi dengan menggunakan Confusion Matrix. Validasi ini dilakukan dengan membandingkan hasil klasifikasi K-Means dengan titik sampel (ground truthing) yang telah ditentukan sebelumnya. Confusion Matrix digunakan untuk menghitung nilai akurasi dan kappa coefficient, yang akan memberikan gambaran tentang seberapa baik model K-Means dalam mengklasifikasikan sawah dan non-sawah.

#### 3.3.5. Output

- **Peta Klasifikasi:** Hasil dari klasifikasi K-Means yang telah validasi akan dipetakan pada peta untuk memvisualisasikan area sawah dan non-sawah. Peta ini memberikan gambaran spasial yang jelas mengenai distribusi sawah dan non-sawah pada area yang dianalisis.
- **Analisis Temporal (2020-2024):** Selain peta klasifikasi, output lainnya adalah analisis temporal, yang mengamati perubahan luas sawah dari tahun ke tahun (2020–2024). Hal ini memungkinkan Anda untuk melihat tren perkembangan atau penyusutan lahan sawah dari waktu ke waktu.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Analisis Data Lapangan dan Spasial**

Penelitian ini dilakukan di wilayah administratif Kecamatan Tamban, yang terletak di Kabupaten Kapuas, Kalimantan Tengah, Indonesia. Kecamatan Tamban memiliki luas wilayah yang mencakup 66,38 km<sup>2</sup> (0,44% dari total luas Kabupaten Kapuas). Wilayah ini dikenal sebagai daerah agraris yang didominasi oleh sektor pertanian, terutama sawah. Data citra satelit yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra Sentinel-2, yang mencakup wilayah Tamban pada rentang waktu 2020 hingga 2024. Sedangkan data Responden dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Responden/sampel Penelitian

<b>No</b>	<b>Kode Sampel</b>	<b>Nama</b>	<b>Tempat</b>	<b>Luas Lahan</b>
1	AOI 1	Supian	Tamban Baru Mekar	0,43 Hektar
2	AOI 2	Mahmudah	Tamban Baru Mekar	0,60 Hektar
3	AOI 3	Salmani	Tamban Baru Mekar	2,00 Hektar
4	AOI 4	Sirajudin	Tamban Jaya	0,33 Hektar
5	AOI 5	Abdurrahim	Tamban Jaya	1,50 Hektar

Sumber : Data hasil Wawancara

Dari data diatas total luas lahan persawahan di wilayah yang diteliti adalah 4,86 Hektar, pemilik lahan terbesar adalah Salmani sebanyak 2,00 Hektar, terdapat 2 lokasi yaitu Tamban Baru Mekar dengan luas gabungan 1,03 Hektar dan Tamban Jaya dengan luas gabungan 1,83 Hektar. Dari data ini, kita bisa melihat variasi luas lahan sawah antara lokasi-lokasi yang terpilih. Wilayah Tamban Baru Mekar menunjukkan adanya dua titik dengan luas lebih kecil dibandingkan dengan Tamban Jaya, yang memiliki titik dengan luas lebih besar. Data spasial dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4. 1 Data Area sawah Analisis Spasial

Gambar di atas menunjukkan peta dengan beberapa area yang ditandai dengan warna berbeda. Peta ini tampaknya menunjukkan kawasan pertanian atau lahan dengan pembagian area yang berbeda, yang mungkin digunakan untuk tujuan pemetaan atau perencanaan lahan. Hal ini menunjukkan kemungkinan adanya ketergantungan terhadap faktor-faktor seperti ketersediaan air, pemanfaatan tanah, dan pengelolaan pertanian yang bervariasi di kedua tempat tersebut. Secara keseluruhan, data ini tidak menunjukkan tren perubahan tahunan, namun jika diintegrasikan dengan data citra satelit Sentinel-2 dan analisis NDVI, perubahan luas lahan persawahan bisa dilihat lebih lanjut berdasarkan pola pertumbuhan tanaman padi sepanjang tahun.

Sedangkan perubahan tutupan lahan dan vegetasi serta perkembangan area persawahan dapat dilihat pada tabel. 4.2 berikut.

Tabel 4. 2 : Perubahan Tutupan Lahan dan vegetasi serta Perkembangan Area Persawahan

No	Kode Sampel	Jumlah Pohon	Tutupan vegetasi	Luas Sawah
1	AOI 1	Tetap	Berkurang	Tetap
2	AOI 2	Tetap	Berkurang	Tetap
3	AOI 3	Tetap	Berkurang	Bertambah
4	AOI 4	Tetap	Berkurang	Berkurang
5	AOI 5	Tetap	Berkurang	Tetap

(Sumber Data Hasil Wawancara)

Berdasarkan data diatas AOI 5, jumlah pohon tetap, tutupan vegetasi berkurang, tetapi luas sawah tetap. Seperti halnya AOI 1 dan AOI 2, meskipun tutupan vegetasi berkurang, penggunaan lahan untuk pertanian tetap berlanjut tanpa ada perubahan signifikan pada luas sawah. Penurunan tutupan vegetasi di AOI 5 bisa mencerminkan penurunan kualitas vegetasi atau berkurangnya keberagaman vegetasi alami. Meskipun demikian, stabilitas luas sawah menunjukkan bahwa area ini masih berfungsi sebagai lahan pertanian, yang mungkin dikelola dengan cara yang lebih intensif atau menggunakan teknologi pertanian yang berbeda.

Pola Perubahan Tutupan Vegetasi. Penurunan tutupan vegetasi terjadi di semua AOI, yang mungkin disebabkan oleh tekanan dari perubahan penggunaan lahan atau pengelolaan lahan yang kurang berkelanjutan. Perubahan Luas Sawah menunjukkan bahwa AOI 3 menunjukkan ekspansi sawah yang positif, AOI 4 mengalami penurunan luas sawah, yang mengindikasikan adanya alih fungsi lahan yang lebih besar, dan AOI 1, 2, dan 5 menunjukkan stabilitas dalam luas sawah meskipun terjadi penurunan tutupan vegetasi. Implikasi sosial dan ekonomi terjadi penurunan tutupan vegetasi dan luas sawah, terutama di AOI 4, dapat mempengaruhi ketahanan pangan dan kesejahteraan masyarakat lokal, yang perlu mendapatkan perhatian khusus dalam perencanaan tata ruang dan kebijakan pengelolaan lahan berkelanjutan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan citra Sentinel-2 pada periode 2020 hingga 2024 mampu memberikan gambaran yang jelas mengenai dinamika perubahan tutupan lahan sawah di wilayah penelitian. Analisis NDVI memperlihatkan variasi tingkat kerapatan vegetasi yang cukup signifikan antar tahun, sementara penerapan metode *K-Means Unsupervised Learning* berhasil mengelompokkan piksel citra berdasarkan kemiripan spektral sehingga klasifikasi lahan sawah dan non-sawah menjadi lebih akurat. Integrasi kedua pendekatan ini memperlihatkan pola spasial yang konsisten dengan kondisi lapangan, di mana area persawahan aktif teridentifikasi memiliki nilai NDVI tinggi dan membentuk kluster vegetasi padat. Sebaliknya, lahan non-sawah, baik berupa permukiman, lahan terbuka, maupun badan air, terkelompok dalam kluster dengan nilai NDVI rendah. Dengan demikian, hasil ini menjadi dasar untuk analisis lebih lanjut terkait

kuantifikasi luas sawah, identifikasi perubahan penggunaan lahan, serta evaluasi faktor-faktor yang memengaruhi dinamika persawahan di Wilayah Tamban. Berikut adalah hasil klasifikasi yang dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Peta Spasial Vegetasi Sawah Hasil Klasifikasi menggunakan K-Means

Hasil klasifikasi unsupervised dengan algoritma *K-means* memperlihatkan kemampuan dalam membedakan area sawah dari non-sawah secara cukup jelas. Citra hasil klasifikasi menunjukkan pola spasial yang mengikuti bentuk petak sawah, dengan perbedaan warna antar klaster yang menandakan variasi kondisi vegetasi. Variasi ini konsisten dengan fase pertumbuhan padi, mulai dari lahan tergenang dengan vegetasi minim hingga petak sawah dengan kerapatan tajuk tinggi. Hasil dari data spasial dilakukan validasi lapangan dengan koordinat pada tabel 4. 3 berikut :

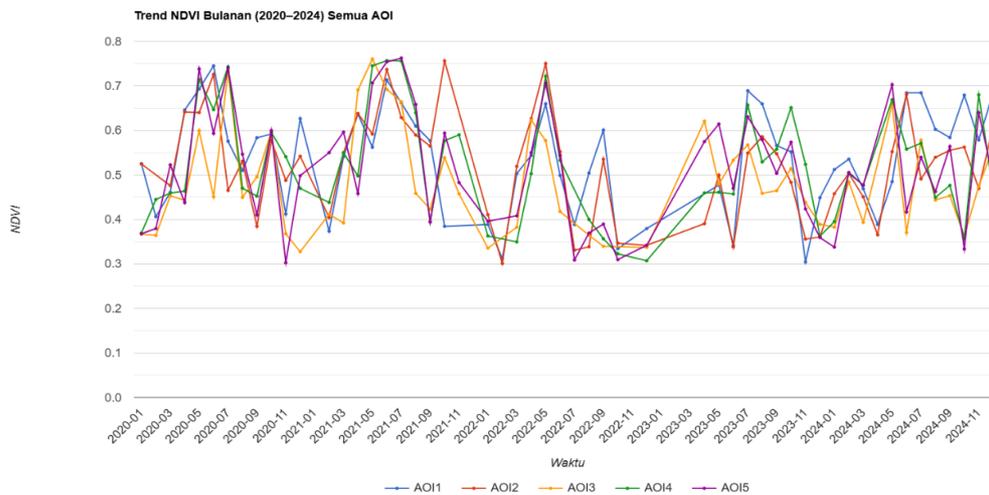
Tabel 4. 3 : Hasil validasi lapangan dengan koordinat

NO	SAMPEL	LAT	LONG	TAHUN (Kg)				
				2020	2021	2022	2023	2024
1	AOI 1	"3240959933333330"	"11437578465"	100	100	12	4	80
2	AOI 2	"32206327"	"114382981"	80	120	16	104	108
3	AOI 3	"-3,2367"	"114,3788"	160	120	120	240	240
4	AOI 4	"3235113616666660"	"114,39500185"	48	40	56	56	80
5	AOI 5	"323736686666666"	"114394497683333000"	80	80	56	80	80

Pada AOI 1, meskipun luas sawah tetap stabil, terjadi penurunan tutupan vegetasi yang dapat memengaruhi kualitas tanah dan hasil pertanian. Validasi

lapangan menunjukkan produksi yang relatif konstan pada periode 2020-2024, meskipun ada penurunan yang signifikan pada tahun 2022 dan 2023. Penurunan vegetasi alami di AOI 1 bisa berhubungan dengan hilangnya elemen yang mendukung keberlanjutan pertanian, seperti pohon dan tanaman penutup tanah, yang berdampak pada penurunan hasil produksi. Di sisi lain, AOI 2 menunjukkan fluktuasi produksi yang lebih besar, dengan penurunan signifikan pada tahun 2022 dan 2023. Meskipun luas sawah tidak berubah, penurunan tutupan vegetasi di area ini mungkin mengurangi ketersediaan air dan kualitas tanah yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman padi. AOI 3, yang mengalami peningkatan luas sawah, mencatatkan hasil yang lebih baik dengan produksi yang meningkat pada tahun 2023 dan 2024. Perluasan lahan dapat meningkatkan kapasitas pertanian, meskipun penurunan tutupan vegetasi di daerah ini menunjukkan konversi lahan yang mungkin mengorbankan vegetasi alami. Di AOI 4, penurunan luas sawah dan vegetasi beriringan, menunjukkan adanya konversi lahan yang mengurangi area pertanian. Hal ini berdampak negatif pada hasil produksi, yang cenderung lebih rendah pada 2022-2023 dengan sedikit peningkatan pada 2024. Terakhir, AOI 5 menunjukkan produksi yang relatif stabil meskipun tutupan vegetasi berkurang, yang menunjukkan bahwa meskipun luas sawah tetap, perubahan vegetasi dapat mempengaruhi keseimbangan ekosistem yang mendukung pertanian. Secara keseluruhan, penurunan tutupan vegetasi di seluruh AOI menunjukkan dampak negatif terhadap keberlanjutan pertanian, dengan potensi penurunan kualitas tanah, ketersediaan air, dan kerusakan ekosistem yang mengarah pada penurunan hasil pertanian dalam jangka panjang.

Analisis berdasarkan nilai NDVI menunjukkan bahwa klaster dengan nilai rendah cenderung mewakili sawah pada fase awal, saat permukaan masih didominasi air atau vegetasi jarang. Sebaliknya, klaster dengan nilai NDVI tinggi berkorelasi dengan fase vegetatif lanjut, ketika tanaman padi telah membentuk kanopi yang rapat. Pola ini terlihat nyata pada distribusi klaster yang membentuk gradasi warna sesuai perbedaan fase tanam antarpetak dalam satu hamparan. Hasil berdasarkan AOI dari titik koordinat yang diambil dari nilai trend analisis NDVI AOI area persawahan seperti gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Trend Nilai NDVI AOI area Persawahawn

Berdasarkan grafik tren NDVI bulanan pada lima Area of Interest (AOI1–AOI5) dari tahun 2020 hingga 2024, terlihat adanya fluktuasi nilai vegetasi yang cukup signifikan sepanjang periode pengamatan. Secara umum, nilai NDVI berada pada kisaran 0.3 hingga 0.75, yang menunjukkan kondisi vegetasi persawahan bervariasi antara sedang hingga baik. Puncak nilai NDVI biasanya terjadi pada pertengahan tahun, sekitar bulan April hingga Agustus, yang berkorelasi dengan fase pertumbuhan tanaman padi saat musim tanam. Sebaliknya, penurunan NDVI terjadi pada akhir tahun hingga awal tahun berikutnya (sekitar Desember–Februari), yang dapat dikaitkan dengan fase panen atau lahan bera.

Perbandingan antar AOI menunjukkan pola yang relatif serupa, meskipun terdapat perbedaan kecil dalam intensitas puncak dan lembah NDVI. AOI2 dan AOI5 cenderung menunjukkan variasi yang lebih tinggi dengan fluktuasi tajam, sedangkan AOI3 dan AOI4 terlihat lebih stabil meski tetap mengikuti pola musiman. Secara keseluruhan, tren NDVI dari 2020 hingga 2024 tidak menunjukkan penurunan drastis, melainkan mempertahankan kestabilan dengan siklus musiman yang konsisten, sehingga mengindikasikan keberlanjutan aktivitas pertanian padi di area persawahan tersebut.

Hasil dari penghitungan ini kemudian dapat diklasifikasikan berdasarkan nilai yang terdapat pada Tabel berikut sebagai acuannya.

Tabel 4. 4 : Kelas Kisaran Nilai NDVI

Kelas	Nilai NDVI	Penutupan Lahan
1	-0,9 – 0,00	Awan, Air
2	0,00 – 0,10	Area Terbuka, Pertambangan
3	0,10 -0,20	Padang Rumput
4	0,20 – 0,30	Semak Belukar
5	0,30 – 0,40	Belukar tua, Perkebunan Muda
6	0,40 – 0,50	Perkebunan Tua, Hutan Sekunder Muda
7	0,50 – 0,60	Hutan Sekunder Sedang
8	0,60 – 0,70	Hutan Sekunder Tua

Rentang nilai NDVI antara 0,40 hingga 0,50 (Kelas 6) menunjukkan vegetasi yang masih muda atau hutan sekunder yang sedang dalam fase pemulihan, meskipun terdapat perkebunan tua di area tersebut. Pada kelas ini, vegetasi masih cukup jarang dan terdiri dari tanaman dengan pertumbuhan sedang, dengan jenis tanaman yang lebih homogen dan didominasi oleh spesies yang lebih sederhana atau tanaman yang lebih muda. Hal ini menggambarkan bahwa daerah tersebut masih dalam tahap regenerasi atau belum mencapai kematangan vegetasi yang tinggi.

Pada rentang nilai NDVI 0,50 hingga 0,60 (Kelas 7), vegetasi menunjukkan perkembangan yang lebih padat dan bervariasi dibandingkan dengan kelas sebelumnya. Hutan sekunder pada kelas ini telah berkembang lebih lanjut, meskipun belum sepenuhnya mencapai kematangan hutan primer. Vegetasi di area ini memiliki lapisan yang lebih kompleks dengan berbagai jenis pohon yang tumbuh bersama, serta beberapa lapisan tumbuhan mulai terbentuk. Ini menjadikan vegetasi lebih rapat dan heterogen, dengan pohon-pohon yang lebih besar dan lebih tua dibandingkan dengan hutan sekunder muda.

Selanjutnya, pada rentang nilai NDVI antara 0,60 hingga 0,70 (Kelas 8), vegetasi sangat padat, subur, dan mendekati kondisi hutan alami. Hutan sekunder pada kelas ini telah mencapai kematangan tinggi dan hampir menyerupai hutan primer. Pohon-pohon yang ada di dalamnya lebih tinggi, lebih besar, dan lebih beragam. Kualitas tanah di area ini lebih subur dibandingkan dengan kelas

sebelumnya, dan hutan ini umumnya lebih stabil serta lebih tahan terhadap perubahan atau gangguan eksternal karena sudah dalam tahap matang dalam siklus hidup hutan sekunder. Secara keseluruhan, semakin tinggi nilai NDVI, semakin subur dan padat vegetasi di suatu area. Ini mencerminkan kesehatan dan kematangan ekosistem di lokasi tersebut. Pada kelas yang lebih rendah, vegetasi masih dalam tahap pemulihan atau perkembangan, sedangkan pada kelas yang lebih tinggi, vegetasi sudah sangat subur dan memiliki struktur yang hampir menyerupai hutan alami.

#### 4.2. Hasil Klasifikasi *K-Means*

Hasil segmentasi dapat dinilai efektif karena kluster yang terbentuk tidak menyebar secara acak, melainkan mengikuti batas petak sawah. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi band spektral (B2, B3, B4, B8) dengan indeks vegetasi mampu menangkap variasi kondisi agronomis sawah secara representatif. Berikut adalah hasil analisis menggunakan google earth engine.

berikut adalah tabel yang menggambarkan hasil analisis berdasarkan data poligon dengan koordinat dan klasifikasi yang diberikan dalam script di bawah ini:

Tabel 4. 5 : Hasil Analisis Sawah

No	Kelas	Koordinat Polygon (Titik)	Kelas (1= sawah)
1	Sawah	[[114.39288554379925,-3.235709192037357], [114.39451632688031,-3.238537085321362], [114.40361437985882,-3.231938655385537], [114.40172610471234,-3.229196438109885], [114.39288554379925,-3.235709192037357]]	1
2	Sawah	[[114.37898097226605,-3.2369945990541398], [114.38344416806683,-3.2424789839932053], [114.39254222104535,-3.236823211546118], [114.38644824216351,-3.226968381120764], [114.38292918393597,-3.228682271546161], [114.38121257016644,-3.231767267022863], [114.37889514157757,-3.237851536159273], [114.37898097226605,-3.2369945990541398]]	1
3	Sawah	[[114.37194285581097,-3.2433359164546776], [114.37529025266156,-3.244878393054986], [114.37855181882367,-3.2381086171494378], [114.38086924741253,-3.231681572830667], [114.37812266538128,-3.2303104647715366], [114.37194285581097,-3.2433359164546776]]	1

Tabel yang diberikan menunjukkan data koordinat untuk area yang diklasifikasikan sebagai sawah (kelas 1), di mana setiap baris mewakili sebuah area sawah yang didefinisikan oleh koordinat titik yang membentuk poligon di peta. Kolom pertama menunjukkan nomor urut untuk setiap area yang dianalisis, dengan tiga area yang diberi nomor urut dari 1 hingga 3. Kolom kedua, yaitu Kelas, menunjukkan bahwa semua area dalam tabel ini diberi label Sawah (kelas 1), yang berarti setiap area yang terdaftar dalam tabel ini merupakan area persawahan. Kolom ketiga berisi koordinat titik-titik yang membentuk poligon, yang menggambarkan batas suatu area sawah. Poligon pertama terdiri dari lima koordinat yang membentuk area sawah pertama, dengan titik pertama dan terakhir memiliki nilai yang sama, menandakan bahwa poligon ini tertutup. Poligon kedua terdiri dari delapan koordinat yang membentuk area sawah kedua, yang lebih kompleks dan menunjukkan area yang lebih besar atau berbentuk tidak teratur. Poligon ketiga terdiri dari enam koordinat yang membentuk area sawah ketiga. Kolom terakhir mengkonfirmasi bahwa nilai 1 pada kelas menunjukkan bahwa area yang didefinisikan oleh koordinat tersebut adalah sawah. Secara keseluruhan, tabel ini menunjukkan tiga area sawah yang didefinisikan oleh koordinat poligon dengan label kelas 1, yang digunakan dalam analisis spasial. Data ini dapat digunakan untuk memetakan dan mengklasifikasikan lahan sawah pada citra satelit atau peta, serta membantu dalam pemantauan dan perencanaan penggunaan lahan.

Berdasarkan data yang tersedia, tiga poligon yang dianalisis seluruhnya diklasifikasikan sebagai lahan non sawah (kelas 0) dan tersebar pada wilayah yang saling berdekatan, sehingga mengindikasikan satu kesatuan kawasan penggunaan lahan. Perbedaan jumlah titik koordinat pada setiap poligon menunjukkan variasi kompleksitas bentuk, di mana poligon dengan titik lebih sedikit cenderung merepresentasikan area yang lebih luas dan homogen, sedangkan poligon dengan titik lebih banyak menggambarkan batas lahan yang lebih detail dan terfragmentasi. Tabel hasil analisis non sawah adalah tabel yang menggambarkan hasil analisis berdasarkan data poligon dengan koordinat dan klasifikasi untuk Non-sawah (Kelas 0) dari data yang diberikan dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut ini :

Tabel 4. 6 : Hasil Analisis Non-Sawah

No	Kelas	Koordinat Polygon (Titik)	Kelas (0 = Non - Sawah)
1	Non sawah	[[114.35263095090374,-3.2384513917014757], [114.34627947995648,-3.2347665591888837], [114.33366236875042,-3.243421609660889], [114.33932719418988,-3.2493344233384964], [114.35263095090374,-3.2384513917014757]]	0
2	Non sawah	[[114.41677250055392,-3.2706614782080305], [114.41795267252047,-3.2702330236957105], [114.41807068971713,-3.269568918839828], [114.41773809579928,-3.269536784722733], [114.41686906007845,-3.270179466868796], [114.41662229684908,-3.2694939392316957], [114.41615022806246,-3.268754854223056], [114.4157425322922,-3.268990504574799], [114.41677250055392,-3.2706614782080305]]	0
3	Non sawah	[[114.42046322015841,-3.2761135458805324], [114.42097820428927,-3.275931453726154], [114.42072071222384,-3.275053126398633], [114.42045249132235,-3.2747853435235714], [114.42122496751864,-3.2737891905996706], [114.42059196619113,-3.273607098022597], [114.4197765746506,-3.273928437842152], [114.41901482729037,-3.273071531427629], [114.4186071315201,-3.2733178920968737], [114.42046322015841,-3.2761135458805324]]	0

Tabel yang diberikan menunjukkan data koordinat untuk area yang diklasifikasikan sebagai Non-sawah (kelas 0). Setiap baris dalam tabel ini mewakili satu area non-sawah yang didefinisikan oleh koordinat titik yang membentuk poligon di peta. Kolom pertama menunjukkan nomor urut untuk setiap area yang dianalisis, dengan tiga area non-sawah yang diberi nomor urut dari 1 hingga 3. Kolom kedua, yaitu Kelas, menunjukkan bahwa semua area diberi label Non sawah (kelas 0), yang berarti setiap area yang terdaftar dalam tabel ini bukan merupakan area sawah. Kolom ketiga berisi koordinat titik-titik yang membentuk poligon, menggambarkan batas suatu area non-sawah pada peta. Poligon pertama terdiri dari lima koordinat yang membentuk area non-sawah pertama, poligon kedua terdiri dari delapan koordinat yang lebih kompleks, menunjukkan area yang lebih besar atau

berbentuk tidak teratur, sementara poligon ketiga terdiri dari sepuluh koordinat yang membentuk area non-sawah ketiga. Kolom terakhir menjelaskan bahwa nilai 0 pada kelas menunjukkan bahwa area yang didefinisikan oleh koordinat tersebut adalah non-sawah. Secara keseluruhan, tabel ini menunjukkan tiga area non-sawah yang didefinisikan oleh koordinat poligon dengan label kelas 0, yang digunakan untuk analisis spasial. Data ini dapat digunakan untuk memetakan dan mengklasifikasikan lahan non-sawah pada citra satelit atau peta, serta membantu dalam pemantauan dan perencanaan penggunaan lahan.

Walaupun terdapat beberapa area kecil non-sawah yang terklasifikasi mirip sawah, secara keseluruhan hasil klasifikasi tetap dapat memetakan distribusi sawah aktif dengan tingkat akurasi yang dapat dipertanggungjawabkan. Klasifikasi citra dianggap akurat jika hasil perhitungan confusion matrik  $\geq 80\%$ . Hasil klasifikasi dapat dilihat pada tabel. 4.7 berikut :

Tabel 4. 7 : Hasil klasifikasi

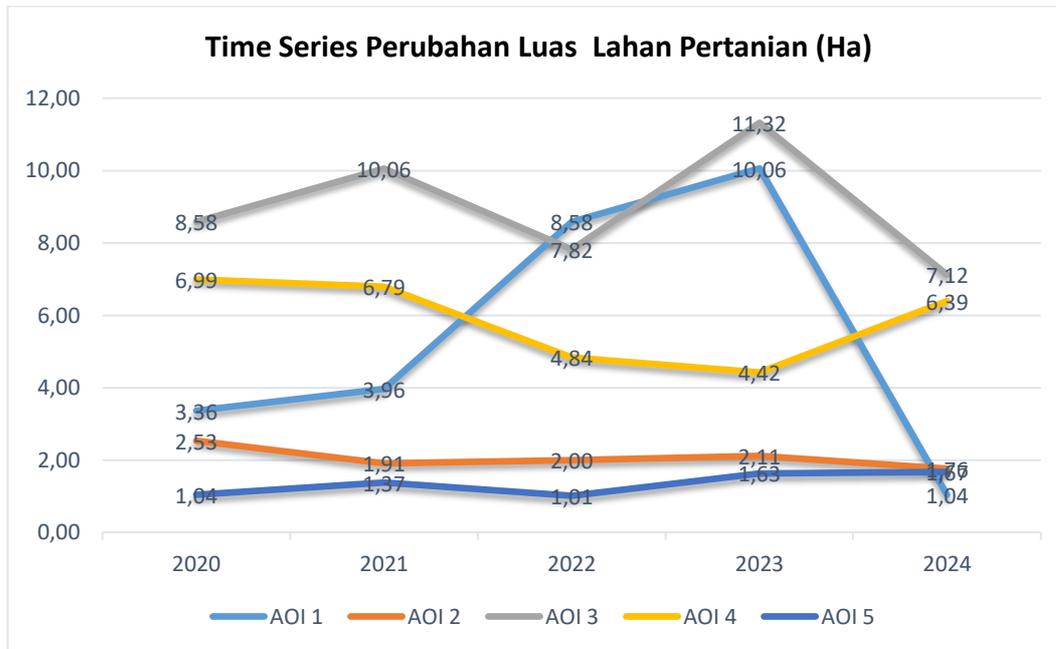
No	Classification	Overall Accuracy (%)	Kappa Coefficient (%)
1	K. Mean	98,69	97,21

Tabel 4.7 menunjukkan hasil klasifikasi menggunakan metode *K-Mean*, yang bertujuan untuk mengelompokkan data berdasarkan karakteristik tertentu. Dua metrik utama digunakan untuk menilai kinerja klasifikasi, yaitu *Overall Accuracy* dan *Kappa Coefficient*. *Overall Accuracy* mengukur sejauh mana model klasifikasi mampu memprediksi data dengan benar dibandingkan dengan seluruh dataset yang diuji. Dalam hal ini, model K. Mean mencapai 98,69% akurasi, yang berarti sekitar 98,69% data yang diklasifikasikan sesuai dengan label yang benar. Sedangkan *Kappa Coefficient* digunakan untuk mengukur tingkat kesepakatan antara prediksi model dengan kelas asli, mengoreksi kemungkinan kesepakatan yang terjadi hanya karena kebetulan. Nilai *Kappa Coefficient* sebesar 97,21% menunjukkan bahwa ada tingkat kesepakatan yang sangat tinggi antara hasil klasifikasi dan kelas yang sebenarnya, dengan koreksi terhadap kebetulan.

### 4.3. Perubahan Luas Lahan Sawah

Dengan demikian, K-means terbukti menjadi pendekatan awal yang relevan untuk mengidentifikasi sawah dan membedakan fase pertumbuhan tanaman padi.

Peta hasil klasifikasi tidak hanya menampilkan sebaran spasial sawah, tetapi juga variasi internal pada tingkat petak. Hal ini memperkuat peran penginderaan jauh sebagai metode efisien dalam analisis lahan sawah berbasis citra satelit. Hasil analisis luasan lahan sawah dari analisis citra sentinel-2 yang digunakan dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Grafik Perubahan Luas Lahan Pertanian

Perubahan tutupan lahan pertanian dari tahun ke tahun memberikan gambaran penting mengenai dinamika pemanfaatan ruang dan keberlanjutan praktik agrikultur di suatu wilayah. Berdasarkan hasil perhitungan luas lahan pada lima Area of Interest (AOI) dalam periode 2020 hingga 2024, terlihat bahwa dinamika yang terjadi tidak bersifat linier, melainkan menunjukkan fluktuasi dengan pola yang berbeda di setiap AOI. Analisis ini penting untuk memahami bagaimana lahan pertanian mengalami tekanan maupun peningkatan, baik akibat faktor alamiah maupun intervensi manusia.

AOI 1 memperlihatkan tren yang relatif stabil dengan kecenderungan meningkat sepanjang periode penelitian. Pada tahun 2020, luas lahan yang tercatat adalah 3,36 hektar. Angka ini kemudian mengalami sedikit penurunan pada tahun 2022 menjadi 3,29 hektar, namun secara umum tren yang terbentuk bersifat positif. Pada akhir periode, yaitu tahun 2024, luas lahan meningkat hingga 4,32 hektar.

Peningkatan ini mengindikasikan adanya ekspansi lahan pertanian atau optimalisasi pemanfaatan lahan yang sebelumnya kurang produktif. Dalam konteks sawah, hal ini bisa dikaitkan dengan keberhasilan petani dalam membuka kembali lahan yang sempat terbengkalai, atau adanya program intensifikasi yang berhasil meningkatkan produktivitas lahan. Dinamika AOI 1 ini memberi sinyal positif, bahwa meskipun terjadi fluktuasi kecil, kecenderungan jangka panjang adalah peningkatan luasan sawah aktif.

Sebaliknya, AOI 2 menunjukkan pola yang kontras dengan AOI 1. Pada tahun 2020, luas lahan yang tercatat adalah 2,53 hektar, namun angka ini terus mengalami penurunan hingga mencapai 1,76 hektar pada tahun 2024. Tren menurun ini mengindikasikan adanya penyusutan lahan pertanian yang cukup konsisten. Penyebabnya dapat beragam, mulai dari alih fungsi lahan ke sektor non-pertanian, degradasi kualitas tanah, hingga faktor sosial-ekonomi seperti perubahan minat generasi muda terhadap pekerjaan di sektor pertanian. Penurunan luas lahan pertanian pada AOI 2 perlu mendapat perhatian lebih, karena jika tren ini terus berlanjut, dapat mengurangi potensi produksi pangan di wilayah tersebut.

AOI 3 merupakan area yang memperlihatkan fluktuasi paling dinamis sepanjang periode penelitian. Pada awal pengamatan, tahun 2020, luas lahan sebesar 8,58 hektar. Angka ini mengalami peningkatan cukup besar hingga mencapai puncaknya pada tahun 2023 dengan luas 11,32 hektar. Namun, pada tahun berikutnya terjadi penurunan yang cukup tajam menjadi hanya 7,12 hektar. Fluktuasi ini mengindikasikan bahwa AOI 3 memiliki dinamika penggunaan lahan yang tinggi. Perubahan ini bisa dikaitkan dengan rotasi tanaman, variasi musim tanam, atau pengaruh lingkungan seperti ketersediaan air. Kecenderungan meningkat yang kemudian diikuti penurunan drastis menunjukkan bahwa meskipun area ini memiliki potensi besar dalam mendukung produksi pertanian, keberlanjutannya masih rentan terhadap berbagai faktor eksternal. AOI 3 dapat dianggap sebagai wilayah yang produktif namun memerlukan strategi pengelolaan yang lebih baik agar pemanfaatannya lebih stabil.

Sementara itu, AOI 4 juga menunjukkan penurunan signifikan meskipun tidak sepenuhnya konsisten. Pada tahun 2020, luas lahan yang tercatat sebesar 6,99

hektar. Angka ini terus menurun hingga titik terendah pada 2023 yaitu 4,42 hektar. Namun, pada tahun 2024, terjadi sedikit pemulihan dengan kenaikan menjadi 6,39 hektar. Pola ini menunjukkan adanya tekanan kuat terhadap lahan pertanian di AOI 4, yang kemudian diikuti dengan upaya pemulihan atau pemanfaatan kembali sebagian lahan pada tahun terakhir pengamatan. Penurunan yang drastis di tengah periode dapat diartikan sebagai dampak faktor eksternal, misalnya perubahan pola curah hujan, keterbatasan akses input pertanian, atau alih fungsi sementara. Meski pada 2024 terlihat adanya peningkatan kembali, namun tren ini tetap mengindikasikan kerentanan tinggi dalam pemanfaatan lahan di AOI 4.

AOI 5 memperlihatkan pola yang relatif stabil dengan sedikit kecenderungan meningkat. Pada tahun 2020, luas lahan yang tercatat adalah 1,04 hektar, kemudian pada tahun 2024 meningkat menjadi 1,67 hektar. Walaupun perubahan absolutnya tidak sebesar AOI lain, pola ini tetap menunjukkan adanya peningkatan positif pada skala kecil. AOI 5 dapat dianggap sebagai area dengan lahan terbatas namun dikelola secara konsisten. Peningkatan kecil namun berkelanjutan ini menunjukkan adanya keberhasilan dalam mempertahankan produktivitas lahan, bahkan dengan luas yang terbatas.

Jika dianalisis secara keseluruhan, kelima AOI memperlihatkan variasi pola yang cukup kompleks. AOI 1 dan AOI 5 cenderung mengalami peningkatan, menunjukkan adanya ekspansi atau optimalisasi lahan pertanian. AOI 2 dan AOI 4 menunjukkan tren penurunan, yang mengindikasikan adanya tantangan serius terkait keberlanjutan lahan pertanian di wilayah tersebut. AOI 3 menjadi area yang sangat dinamis, dengan potensi besar namun rentan terhadap fluktuasi. Variasi pola ini menegaskan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan lahan pertanian tidak bersifat homogen, melainkan dipengaruhi oleh kondisi lokal masing-masing AOI, baik dari sisi biofisik maupun sosial-ekonomi.

Dari perspektif spasial, variasi ini juga dapat mencerminkan perbedaan kondisi ekologi dan manajemen lahan antar wilayah. Area dengan tren positif kemungkinan mendapat dukungan berupa ketersediaan air, akses input pertanian, serta kebijakan yang mendukung. Sebaliknya, area dengan tren negatif dapat dipengaruhi oleh tekanan alih fungsi lahan, keterbatasan tenaga kerja, maupun

kondisi tanah yang menurun. Oleh karena itu, strategi pengelolaan lahan pertanian di masa depan perlu mempertimbangkan variasi ini. AOI yang mengalami peningkatan perlu terus dipertahankan dan diperkuat, sedangkan AOI yang menurun memerlukan intervensi khusus agar dapat pulih dan tidak terus kehilangan potensi pertaniannya.

Secara keseluruhan, analisis perubahan luas lahan pertanian pada lima AOI ini memberikan gambaran nyata tentang kompleksitas dinamika pertanian di tingkat lokal. Temuan ini menegaskan pentingnya pemantauan berkelanjutan terhadap penggunaan lahan, baik untuk mendukung kebijakan pangan, perencanaan ruang, maupun strategi adaptasi terhadap perubahan iklim dan tekanan sosial-ekonomi. Pada periode 2020 hingga 2024, terjadi fluktuasi luas tutupan vegetasi yang menyebabkan penurunan luas lahan persawahan. Hal ini mengindikasikan adanya konversi lahan sawah menjadi area dengan tutupan vegetasi yang lebih dominan, baik vegetasi alami maupun non-pertanian. Fenomena tersebut memberikan dampak signifikan terhadap sektor pertanian, khususnya berkurangnya luas persawahan di Tamban. Perubahan luas sawah akibat tutupan vegetasi dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut ini.

*Tabel 4. 8. Perubahan Luas Sawah Tahun 2020 – 2024*

AOI	Luas Sawah 2020 (hektar)	Luas Sawah 2021 (hektar)	Luas Sawah 2022 (hektar)	Luas Sawah 2023 (hektar)	Luas Sawah 2024 (hektar)	Perubahan (hektar)
AOI 1	7.074	6.254	5.724	6.799	6.166	– 0.858
AOI 2	5.230	1.906	1.998	2.098	1.760	– 3.470
AOI 3	8.581	10.063	7.816	11.419	7.121	– 1.460
AOI 4	6.989	6.797	4.836	4.422	6.399	– 0.590
AOI 5	1.035	1.373	1.005	1.626	1.666	– 0.631

#### **4.4. Pembahasan**

Hasil penelitian ini menegaskan bahwa kombinasi analisis *NDVI* dengan klasifikasi *unsupervised K-Means* terbukti efektif dalam mengidentifikasi dan memetakan sawah aktif di wilayah Tamban. Penggunaan *NDVI* sebagai indikator kesehatan vegetasi memberikan dasar yang kuat untuk membedakan area sawah dari non-sawah, mengingat indeks ini sensitif terhadap perbedaan kerapatan dan kehijauan vegetasi. Melalui integrasi dengan metode *K-Means*, citra satelit dapat

diklasifikasikan ke dalam kelompok-kelompok yang merepresentasikan kategori tutupan lahan berbeda secara lebih terstruktur. Citra hasil klasifikasi menunjukkan kemampuan untuk memetakan sawah dengan pola spasial yang jelas mengikuti bentuk petak pertanian. Tidak hanya itu, hasil ini juga berhasil merefleksikan fase pertumbuhan padi, mulai dari kondisi awal berupa lahan tergenang, fase perkecambahan, hingga fase vegetatif lanjut yang ditandai oleh peningkatan nilai *NDVI*. Keakuratan dalam menangkap dinamika pertumbuhan ini menunjukkan keunggulan pendekatan berbasis penginderaan jauh dibanding metode observasi lapangan yang lebih memakan waktu dan biaya.

Analisis luasan sawah berdasarkan lima (AOI) memberikan gambaran yang lebih mendalam mengenai dinamika penggunaan lahan di tingkat lokal. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa AOI 1 dan AOI 5 mengalami tren peningkatan luas sawah dari waktu ke waktu. Hal ini mengindikasikan adanya optimalisasi pemanfaatan lahan pertanian, yang bisa jadi dipengaruhi oleh perbaikan infrastruktur irigasi maupun peningkatan kesadaran masyarakat terhadap intensifikasi pertanian. Sebaliknya, AOI 2 dan AOI 4 menunjukkan penurunan luasan sawah secara konsisten. Fenomena ini perlu mendapatkan perhatian lebih, sebab menurunnya luasan sawah dapat berkaitan dengan faktor degradasi lahan, perubahan fungsi lahan menuju permukiman atau perkebunan, maupun keterbatasan akses air irigasi. Adapun AOI 3 memperlihatkan dinamika yang paling fluktuatif. Meskipun memiliki potensi produksi yang besar, kondisi lahan pada AOI 3 tampak lebih rentan terhadap faktor eksternal seperti variabilitas iklim, perubahan curah hujan, atau gangguan hama. Temuan ini menegaskan bahwa dinamika sawah di tingkat mikro dipengaruhi oleh kombinasi faktor ekologi, sosial-ekonomi, serta praktik manajemen lahan yang berbeda antar wilayah.

Secara keseluruhan, pendekatan berbasis *NDVI* dan *K-Means* tidak hanya berhasil memetakan sawah dengan akurasi spasial yang tinggi, tetapi juga memberikan gambaran komprehensif mengenai perubahan tutupan sawah di wilayah penelitian. Informasi semacam ini memiliki nilai strategis dalam mendukung perencanaan pertanian dan kebijakan pengelolaan lahan berkelanjutan, terutama di daerah yang bergantung pada padi sebagai komoditas utama. Dengan

adanya peta sawah yang lebih representatif, pemerintah daerah maupun pemangku kepentingan dapat merumuskan langkah-langkah pengelolaan lahan yang lebih adaptif terhadap kondisi lokal.

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan dari berbagai studi terdahulu yang mengkaji efektivitas NDVI dan metode klasifikasi dalam pemetaan lahan pertanian. Penelitian oleh (Zhang et al., 2022) menekankan bahwa NDVI memiliki sensitivitas tinggi dalam mendeteksi variasi fenologi tanaman padi di Asia Tenggara. Dengan memanfaatkan citra Landsat multitemporal, mereka berhasil melacak perubahan luas tanam padi dalam skala regional, sekaligus memvalidasi bahwa NDVI mampu merepresentasikan fase pertumbuhan tanaman dengan baik. Temuan tersebut mendukung hasil penelitian di Tamban, di mana NDVI digunakan untuk membedakan fase sawah dari awal tanam hingga fase vegetatif lanjut. Kesamaan hasil ini memperkuat keyakinan bahwa NDVI merupakan alat monitoring yang andal, baik pada skala lokal maupun regional.

Selain itu, membuktikan bahwa algoritma unsupervised *K-Means* dapat digunakan secara efektif untuk klasifikasi lahan pertanian pada citra satelit. Dalam studi mereka di Asia Selatan, *K-Means* terbukti konsisten dalam membedakan sawah aktif dari non-sawah, meskipun terdapat heterogenitas lanskap yang tinggi. Penerapan algoritma ini juga memperlihatkan keunggulan dalam pengelompokan citra tanpa memerlukan data latih yang banyak, sehingga lebih efisien untuk kondisi wilayah dengan keterbatasan data lapangan. Hal ini selaras dengan temuan penelitian di Tamban, di mana *K-Means* mampu menghasilkan peta sawah dengan pola spasial yang sesuai dengan bentuk petak aktual, sehingga mendukung keandalan metode ini sebagai solusi praktis untuk pemetaan berbasis citra satelit.

Penelitian ini menambahkan perspektif penting bahwa pemantauan sawah berbasis NDVI perlu memperhatikan aspek temporal, karena dinamika pertumbuhan padi sangat dipengaruhi oleh siklus tanam dan variabilitas lingkungan. Dengan menggunakan citra MODIS multitemporal, mereka berhasil memetakan sistem pertanian padi di Asia Selatan dan Asia Tenggara, serta menekankan bahwa variasi tutupan sawah tidak hanya ditentukan oleh kondisi biofisik, tetapi juga oleh faktor sosial-ekonomi dan kebijakan tata guna lahan.

Temuan ini sangat relevan dengan hasil di Tamban, khususnya terkait variasi antar AOI yang menunjukkan adanya pengaruh faktor ekologi, manajemen lahan, hingga aspek sosial-ekonomi. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan kembali bahwa pemetaan sawah berbasis NDVI dan K-Means bukan hanya sekadar teknis, tetapi juga berimplikasi luas terhadap kebijakan pengelolaan sumber daya lahan lebih jauh. Penerapan NDVI dan klasifikasi K-Means di Tamban memberikan kontribusi signifikan dalam konteks keberlanjutan pertanian. Optimalisasi lahan pada AOI tertentu menunjukkan potensi peningkatan produksi pangan, sementara penurunan luas sawah pada AOI lainnya menjadi peringatan bagi perencana kebijakan mengenai ancaman alih fungsi lahan atau degradasi lingkungan. Pola fluktuatif di AOI 3 menegaskan pentingnya adaptasi kebijakan pertanian terhadap variabilitas iklim, misalnya melalui penguatan sistem irigasi atau diversifikasi varietas padi yang lebih tahan terhadap perubahan lingkungan. Dengan kata lain, informasi spasial dan temporal yang dihasilkan dari penelitian ini dapat dijadikan dasar untuk penyusunan strategi ketahanan pangan di wilayah tersebut.

Implikasi praktis dari penelitian ini mencakup tiga aspek utama. Pertama, dari sisi metodologi, penelitian ini membuktikan bahwa kombinasi NDVI dan *K-Means* dapat diadopsi sebagai kerangka kerja standar dalam pemetaan sawah berbasis citra satelit, baik untuk penelitian akademis maupun untuk aplikasi praktis oleh lembaga pemerintah. Kedua, dari sisi kebijakan, hasil pemetaan dapat dimanfaatkan untuk memantau alih fungsi lahan, mengidentifikasi daerah yang memerlukan intervensi, serta merumuskan kebijakan tata ruang yang lebih tepat sasaran. Ketiga, dari sisi keberlanjutan, penelitian ini memberikan dasar bagi upaya konservasi lahan pertanian agar tidak tergerus oleh ekspansi sektor non-pertanian, sekaligus memastikan keberlanjutan produksi pangan di masa depan.

Hadits Sahih Al-Bukhari 2320 mengajarkan bahwa menanam tanaman dan mengelola lahan yang memberikan manfaat bagi makhluk hidup adalah amalan yang penuh pahala. Dalam konteks persawahan, ini berarti bahwa pengelolaan dan perluasan lahan pertanian yang dilakukan dengan niat yang baik untuk memberikan manfaat bagi masyarakat dan lingkungan akan menjadi sumber pahala yang terus mengalir, baik untuk pemilik lahan maupun untuk orang-orang yang mendapatkan

manfaat dari hasil pertanian tersebut. Oleh karena itu, luas persawahan yang terus berkembang dan dipelihara dengan baik dapat menjadi sumber pahala yang berkelanjutan dan berdampak positif bagi banyak orang dan makhluk hidup.

Hadist Sahih Al-Bukhari 2320 yang berbunyi :

حَدَّثَنَا قُتَيْبَةُ بْنُ سَعِيدٍ، حَدَّثَنَا أَبُو عَوَانَةَ، ح وَحَدَّثَنِي عَبْدُ الرَّحْمَنِ بْنُ الْمُبَارَكِ، حَدَّثَنَا أَبُو عَوَانَةَ، عَنْ قَتَادَةَ  
عَنْ أَنَسٍ - رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ - قَالَ قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ " مَا مِنْ مُسْلِمٍ يَغْرِسُ غَرْسًا، أَوْ  
يَزْرَعُ زَرْعًا، فَيَأْكُلُ مِنْهُ طَيْرٌ أَوْ إِنْسَانٌ أَوْ بَيْهِيمَةٌ، إِلَّا كَانَ لَهُ بِهِ صَدَقَةٌ " . وَقَالَ لَنَا مُسْلِمٌ حَدَّثَنَا أَبَانُ، حَدَّثَنَا  
قَتَادَةُ حَدَّثَنَا أَنَسٌ، عَنِ النَّبِيِّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ

Artinya :“Tidaklah seorang Muslim menanam pohon atau menabur benih, kemudian ada burung, manusia, atau hewan yang memakan dari hasilnya, kecuali itu akan menjadi sedekah baginya.” **(HR. Muslim).**

Hadits Sahih al-Bukhari 2320 mengajarkan bahwa menanam tanaman dan mengelola lahan yang memberikan manfaat bagi makhluk hidup adalah amalan yang penuh pahala. Dalam konteks persawahan, setiap hektar lahan yang dikelola tidak hanya berfungsi untuk menyediakan pangan bagi manusia, tetapi juga memberikan manfaat bagi berbagai makhluk hidup, seperti burung, hewan, dan manusia. Luas persawahan yang semakin berkembang dan produktif dapat dilihat sebagai upaya untuk mendapatkan pahala jariyah, karena tanaman yang dihasilkan akan terus memberi manfaat bagi lingkungan dan masyarakat. Dengan demikian, semakin luas persawahan yang dikelola dengan baik, semakin besar potensi pahala yang dapat diperoleh oleh pemiliknya. Selain itu, pengelolaan persawahan secara berkelanjutan dengan perhatian terhadap kelestarian alam, seperti pengelolaan air dan pemeliharaan ekosistem, menjadikan luas persawahan sebagai sumber manfaat yang berkelanjutan, bahkan sebagai sedekah yang terus mengalir. Peningkatan luas persawahan juga berkontribusi pada peningkatan kesejahteraan masyarakat, karena dapat menyediakan pangan yang bermanfaat bagi banyak orang. Setiap hasil pertanian yang dihasilkan dari persawahan, seperti padi, akan memberikan manfaat lebih banyak lagi, dan setiap manfaat tersebut dianggap sebagai sedekah yang mengalir, memberikan pahala terus-menerus bagi yang menanamnya.

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1. Kesimpulan**

Dari pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Hasil analisis spasial menggunakan citra satelit Sentinel-2 (2020-2024) menunjukkan perubahan luas lahan persawahan di wilayah Tamban dengan fluktuasi tahunan yang dipengaruhi oleh pertumbuhan tanaman padi dan perubahan musiman. Metode K-Means berhasil mengklasifikasikan area persawahan dan non-sawah dengan akurat. Citra satelit mengidentifikasi area persawahan aktif melalui nilai NDVI tinggi, sementara non-sawah terkelompok dengan NDVI rendah. Penggunaan indeks NDVI dan citra Sentinel-2 menghasilkan klasifikasi lahan yang akurat dan validasi lapangan menunjukkan kesesuaian yang signifikan. Tren perubahan lahan dapat mengidentifikasi potensi konversi sawah menjadi non-sawah dan sebaliknya. Teknologi ini efektif dalam memantau perubahan penggunaan lahan dan menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi dinamika pertanian.
- b. Perubahan tutupan vegetasi di wilayah persawahan Tamban berpengaruh besar terhadap perkembangan lahan, intensitas tanam, dan produktivitas. Peningkatan tutupan vegetasi yang sehat sejalan dengan peningkatan luas lahan produktif dan stabilitas intensitas tanam. Sebaliknya, penurunan tutupan vegetasi atau alih fungsi lahan berdampak pada penurunan produktivitas. Oleh karena itu, pengelolaan lahan yang berkelanjutan sangat penting. Pemantauan perubahan tutupan vegetasi secara rutin juga diperlukan untuk menjaga keberlanjutan pertanian. Upaya ini mendukung stabilitas produktivitas di wilayah Tamban. Pengelolaan yang baik akan memastikan pertanian yang produktif dan berkelanjutan.
- c. Penelitian ini menunjukkan fluktuasi signifikan pada perubahan penggunaan lahan persawahan di Tamban antara 2020-2024, dengan beberapa area mengalami ekspansi dan lainnya penurunan. Kombinasi NDVI dan K-Means menghasilkan akurasi 98,69% dan koefisien Kappa 97,21%, membuktikan kehandalan metode ini. Perubahan tutup vegetasi berpengaruh langsung terhadap

produktivitas pertanian. Peningkatan tutupan vegetasi terkait dengan ekspansi sawah, sedangkan penurunan tutupan vegetasi mengurangi luas sawah dan menurunkan hasil pertanian.

## **5.2 Saran**

Dari hasil analisis yang dilakukan pada perubahan tutupan vegetasi dan luas lahan persawahan di wilayah Tamban menggunakan citra satelit Sentinel-2, terdapat beberapa saran untuk penulis dan pembaca. Penulis disarankan untuk melakukan pemantauan perubahan penggunaan lahan secara berkala, memperbaharui data, dan memperluas cakupan wilayah guna memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai tren perubahan lahan. Selain itu, integrasi data sosial-ekonomi, seperti wawancara dengan masyarakat lokal, dapat memperkaya pemahaman mengenai dampak perubahan lahan terhadap kehidupan masyarakat dan keberlanjutan pertanian. Pengembangan model proyeksi untuk perubahan penggunaan lahan di masa depan juga sangat bermanfaat untuk merancang kebijakan pertanian yang lebih adaptif dan ramah lingkungan. Penulis juga dapat mengeksplorasi teknologi seperti deep learning untuk meningkatkan akurasi klasifikasi perubahan lahan. Untuk pembaca, terutama pembuat kebijakan, penting untuk memahami dampak konversi lahan persawahan menjadi non-sawah yang tidak hanya mempengaruhi produktivitas pertanian, tetapi juga keberlanjutan ekosistem dan kesejahteraan masyarakat. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar untuk merumuskan kebijakan pengelolaan lahan yang berkelanjutan dan adaptif terhadap perubahan iklim. Pembaca yang tertarik pada teknologi penginderaan jauh juga dapat mengaplikasikan teknik ini untuk memantau perubahan lahan di wilayah lain, mengingat keakuratan dan efisiensinya. Dengan adanya saran-saran ini, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam perencanaan tata ruang yang lebih berkelanjutan dan pengelolaan lahan pertanian yang lebih efektif di masa depan.

## DAFTAR RUJUKAN

- [1] D. S. Sari, K. S. Lubis, B. Hidayat, and T. Sabrina, “Jurnal Pertanian Tropik Jurnal Pertanian Tropik,” *Pengaruh Penambahan Berbagai Komposisi Bahan Organik Terhadap Karakteristik Hidrot. Sebagai Media Tanam*, vol. 6, no. 2, pp. 180–189, 2019, doi: 10.32734/jpt.v9i2.
- [2] R. A. Tarigan, S. N. Marbun, and A. Rahman, “Exploration and Diseases Identification of the Leaf Spots on Palm Oil in Tapanuli Tengah Regency,” *J. Pertan. Trop.*, vol. 10, no. 3, pp. 1–6, 2024, doi: 10.32734/jpt.v10i3.15710.
- [3] M. Masganti, K. Anwar, and M. A. Susanti, “Potensi dan Pemanfaatan Lahan Gambut Dangkal untuk Pertanian,” *J. Sumberd. Lahan*, vol. 11, no. 1, p. 43, 2020, doi: 10.21082/jsdl.v11n1.2017.43-52.
- [4] K. Dawi, D. Haryono, A. Yuliastini, and A. Astono, “Restorative Justice Paradigm of Kanayat’n Dayak Customary Law on Environmental Damage Caused by Shifting Cultivation,” *J. Anal. Huk.*, vol. 5, no. 2, pp. 245–252, 2022, doi: 10.38043/jah.v5i2.3918.
- [5] Munsyi, A. Nugroho, A. Jauhari, and M. R. Faisal, “Urban Heat Island Spatial Model for Climate Village Program Planning,” *J. Appl. Data Sci.*, vol. 5, no. 2, pp. 546–558, 2024, doi: 10.47738/jads.v5i2.223.
- [6] L. Taati, Sunardi, I. Syaughiah, and A. Jauhari, “Assessing Drought Risk in Forest Zones Near Coal Mines with Temperature Vegetation Dryness Index,” *J. Appl. Data Sci.*, vol. 5, no. 2, pp. 559–570, 2024, doi: 10.47738/jads.v5i2.220.
- [7] S. Guha, H. Govil, and P. Diwan, “Monitoring LST-NDVI Relationship Using Premonsoon Landsat Datasets,” *Adv. Meteorol.*, 2020, doi: 10.1155/2020/4539684.
- [8] D. Sudiana *et al.*, “Monitoring the Distribution of Mangrove Area using Synthetic Aperture Radar (SAR) and Optic Remote Sensing Data Fusion based on Deep Learning in Kotabaru Regency, Indonesia,” *Evergreen*, vol. 11, no. 1, pp. 536–546, 2024, doi: 10.5109/7172320.
- [9] W. Noviliansari, S. D. Kurnia, and M. A. Yulianandha, “Penggunaan Metode Ndvi (NDVI) Dan Savi (Soil Adjusted Vegetation Index) Untuk Mengetahui Ketersediaan Ruang Terbuka Hujau Terhadap Pemenuhan Kebutuhan Oksigen (Studi Kasus: Kota Yogyakarta),” *J. Tek. Sipil ITM*, 2020, [Online]. Available: <http://eprints.itn.ac.id/4597/>
- [10] H. D. Nirwana, A. R. Saidy, G. M. Hatta, and A. Nugroho, “Design of a Green City with Lower Carbon Based on Vegetation in Banjarbaru using Sentinel-2,” *J. Appl. Data Sci.*, vol. 5, no. 2, pp. 583–599, 2024, doi: 10.47738/jads.v5i2.218.
- [11] K. Onáčillová, M. Gally, D. Paluba, A. Péliová, O. Tokarčík, and D. Laubertová, “Combining Landsat 8 and Sentinel-2 Data in Google Earth Engine to Derive Higher Resolution Land Surface Temperature Maps in Urban Environment,” *Remote Sens.*, vol. 14, no. 16, 2022, doi: 10.3390/rs14164076.
- [12] U. Gessner, S. Reinermann, S. Asam, and C. Kuenzer, “Vegetation Stress Monitor—Assessment of Drought and Temperature-Related Effects on

- Vegetation in Germany Analyzing MODIS Time Series over 23 Years,” *Remote Sens.*, vol. 15, no. 22, 2023, doi: 10.3390/rs15225428.
- [13] T. Zubaidah and N. Karnaningroem, “K-means Method for Clustering Water Quality Status on the Rivers of Banjarmasin,” *ResearchGate*, 2017, [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/326127579\\_K-means\\_method\\_for\\_clustering\\_water\\_quality\\_status\\_on\\_the\\_rivers\\_of\\_Banjarmasin\\_Indonesia](https://www.researchgate.net/publication/326127579_K-means_method_for_clustering_water_quality_status_on_the_rivers_of_Banjarmasin_Indonesia)
- [14] X. Xiao *et al.*, “Mapping paddy rice agriculture in South and Southeast Asia using multi-temporal MODIS images,” *Remote Sens. Environ.*, vol. 100, no. 1, pp. 95–113, 2006, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.10.004>.
- [15] W. Nijland, D. K. Bolton, N. C. Coops, and G. Stenhouse, “Imaging phenology; scaling from camera plots to landscapes,” *Remote Sens. Environ.*, vol. 177, pp. 13–20, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.02.018>.
- [16] S. Wang and Q. Bao, “Decorrelated unbiased converted measurement for bistatic radar tracking,” *J. Appl. Remote Sens.*, vol. 15, no. 1, p. 16507, Jan. 2021, doi: 10.1117/1.JRS.15.016507.
- [17] M. Iryanti, R. Nurjanah, Waslaluiddin, and M. Arifin, “Landslide mapping using K-Means cluster by NDVI data in Garut, West Java, Indonesia,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2900, p. 12020, Nov. 2024, doi: 10.1088/1742-6596/2900/1/012020.

## LAMPIRAN

### Lampiran foto Pengambilan Data di Lapangan







## Lampiran Angket Penelitian

### Lampiran 1. Angket Penelitian

#### ANGKET PENELITIAN

No. Responden : 1  
Nama Responden : Syroni  
Umur Responden : 50  
Jenis Kelamin : DP (Lingkari yang sesuai)  
Alamat : Tamban baru mekar (T.H. Murni)

#### Petunjuk Pengisian :

1. Pengisian angket ini sama sekali tidak mempengaruhi status dan pekerjaan anda. Hasil penelitian angket ini hanya digunakan untuk kepentingan penelitian tesis sebagai tugas akhir pada program Magister Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Malik Ibrahlim Malang dengan judul "ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN VEGETASI PADA LUAS LAHAN PERTANIAN TERHADAP PERKEMBANGAN AREA PERSAWAHAN DI WILAYAH TAMBAN MENGGUNAKAN CITRA SENTINEL-2"
2. Bacalah setiap pertanyaan atau pernyataan dengan teliti.
3. Berilah tanda checklist (✓) pada kolom pilihan jawaban pertanyaan atau pernyataan pada setiap angket menurut pendapat Anda.
4. Terima Kasih atas Kesiapan Anda dalam mengisi angket ini.

#### A. Pertanyaan Terkait lahan pertanian

1. Berapa lama Anda tinggal di Tamban ?
  - 10 – 15 Tahun
  - 16 – 20 tahun
  - 21 – 25 tahun
  - 26 – 30 tahun
  - 31 – 35 tahun
  - 36 – 40 tahun
  - 41 – 45 tahun
  - 46 – 50 tahun
  - > 51 tahun
2. Pekerjaan Sampingan selain pekerjaan utama sebagai petani ?
  - Buruh
  - Pedagang
  - Pearangkat desa
  - Tukang
  - Lainnya .....

3. Letak persawaan yang menjadi tempat bertani ?

Hdl murni

4. Luas lahan pertanian yang dimiliki

13 buangan /

5. Hasil panen padi

Tahun	
2020	125
2021	125
2022	10
2023	01
2024	100

B. Pertanyaan Terkait Perubahan Tutupan Lahan dan Vegetasi

1. Menurut pengamatan Anda, bagaimana perubahan jumlah pohon atau tumbuhan di lahan pertanian dalam 5 tahun terakhir? Ikada tumpang seperti biasa

2. Apakah Anda pernah melihat lahan pertanian yang sebelumnya digunakan untuk kebun atau tegalan sekarang diubah menjadi sawah? bade tatal sudah jadi lahan sawah

3. Menurut pendapat Anda, apa faktor utama yang menyebabkan perubahan tersebut?

ada, irigasi air tidak ada perlu di buat / pengangkutan ke sungai

4. Apakah Anda setuju bahwa tutupan vegetasi (misalnya: pepohonan di tepi sawah atau di kebun) di wilayah Tamban semakin berkurang?

berkurang  
pohonan / ditumbang

**D. Pertanyaan Terkait Perkembangan Area Persawahan**

1. Apakah Anda mengamati adanya penambahan luas area persawahan di wilayah Tamban dalam 5-10 tahun terakhir? *tidak ada penambahan sawah*
2. Bagaimana ketersediaan air untuk irigasi sawah di tempat Anda saat ini *tidak ada air karena air bisa tapi turunnya air ke sungai lambat*
3. Menurut Anda, apa dampak dari perkembangan area persawahan di wilayah Tamban? *banyak penyakit (tumro)*

**E. Saran dan Masukan**

1. Apakah ada hal lain yang ingin Anda sampaikan terkait perubahan lahan pertanian dan perkembangan area persawahan di wilayah Tamban?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Lampiran 1. Angket Penelitian

ANGKET PENELITIAN

No. Responden : 2  
Nama Responden : mahmudah  
Umur Responden : 46 R  
Jenis Kelamin : L (Lingkari yang sesuai)  
Alamat : .....

Petunjuk Pengisian :

1. Pengisian angket ini sama sekali tidak mempengaruhi status dan pekerjaan anda. Hasil penelitian angket ini hanya digunakan untuk kepentingan penelitian tesis sebagai tugas akhir pada program Magister Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Malik Ibrahlim Malang dengan judul "ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN VEGETASI PADA LUAS LAHAN PERTANIAN TERHADAP PERKEMBANGAN AREA PERSAWAHAN DI WILAYAH TAMBAN MENGGUNAKAN CITRA SENTINEL-2"
2. Bacalah setiap pertanyaan atau pernyataan dengan teliti.
3. Berilah tanda checklist (✓) pada kolom pilihan jawaban pertanyaan atau pernyataan pada setiap angket menurut pendapat Anda.
4. Terima Kasih atas Kesediaan Anda dalam mengisi angket ini.

A. Pertanyaan Terkait lahan pertanian

1. Berapa lama Anda tinggal di Tamban ? .

- 10 – 15 Tahun
- 16 – 20 tahun
- 21 – 25 tahun
- 26 – 30 tahun
- 31 – 35 tahun
- 36 – 40 tahun
- 41 – 45 tahun
- 46 – 50 tahun
- > 51 tahun

2. Pekerjaan Sampingan selain pekerjaan utama sebagai petani ?

- Buruh
- Pedagang
- Pearangkat desa
- Tukang
- Lainnya ...kahun.....

3. Letak persawaan yang menjadi tempat bertani ?

Hadil Murni

4. Luas lahan pertanian yang dimiliki

18 borong /

5. Hasil panen padi

Tahun	
2020	<del>150</del> 100
2021	<del>150</del> 150
2022	<del>150</del> 20
2023	130
2024	135

B. Pertanyaan Terkait Perubahan Tutupan Lahan dan Vegetasi

1. Menurut pengamatan Anda, bagaimana perubahan jumlah pohon atau tumbuhan di lahan pertanian dalam 5 tahun terakhir? Kada kurban

2. Apakah Anda pernah melihat lahan pertanian yang sebelumnya digunakan untuk kebun atau tegalan sekarang diubah menjadi sawah? Tidak ada

3. Menurut pendapat Anda, apa faktor utama yang menyebabkan perubahan tersebut? Aliran air tidak stabil

4. Apakah Anda setuju bahwa tutupan vegetasi (misalnya: pepohonan di tepi sawah atau di kebun) di wilayah Tamban semakin berkurang? Semakin berkurang pepohonan ditepi sawah

**D. Pertanyaan Terkait Perkembangan Area Persawahan**

1. Apakah Anda mengamati adanya penambahan luas area persawahan di wilayah Tamban dalam 5-10 tahun terakhir? *Kuda Pertambahan*
2. Bagaimana ketersediaan air untuk irigasi sawah di tempat Anda saat ini *di Sungai Bantu /*
3. Menurut Anda, apa dampak dari perkembangan area persawahan di wilayah Tamban? *tidak ada dampaknya*

**E. Saran dan Masukan**

1. Apakah ada hal lain yang ingin Anda sampaikan terkait perubahan lahan pertanian dan perkembangan area persawahan di wilayah Tamban?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Lampiran 1. Angket Penelitian

ANGKET PENELITIAN

No. Responden : 3  
Nama Responden : *Salmani*  
Umur Responden : 45  
Jenis Kelamin :  P (Lingkari yang sesuai)  
Alamat : .....

Petunjuk Pengisian :

1. Pengisian angket ini sama sekali tidak mempengaruhi status dan pekerjaan anda. Hasil penelitian angket ini hanya digunakan untuk kepentingan penelitian tesis sebagai tugas akhir pada program Magister Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Malik Ibrahimi Malang dengan judul **“ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN VEGETASI PADA LUAS LAHAN PERTANIAN TERHADAP PERKEMBANGAN AREA PERSAWAHAN DI WILAYAH TAMBAN MENGGUNAKAN CITRA SENTINEL-2”**
2. Bacalah setiap pertanyaan atau pernyataan dengan teliti.
3. Berilah tanda checklist (✓) pada kolom pilihan jawaban pertanyaan atau pernyataan pada setiap angket menurut pendapat Anda.
4. Terima Kasih atas Kesediaan Anda dalam mengisi angket ini.

A. Pertanyaan Terkait lahan pertanian

1. Berapa lama Anda tinggal di Tamban ? .

- 10 – 15 Tahun
- 16 – 20 tahun
- 21 – 25 tahun
- 26 – 30 tahun
- 31 – 35 tahun
- 36 – 40 tahun
- 41 – 45 tahun
- 46 – 50 tahun
- > 51 tahun

2. Pekerjaan Sampingan selain pekerjaan utama sebagai petani ?

- Buruh
- Pedagang
- Pearangkat desa
- Tukang
- Lainnya .....

3. Letak persawahan yang menjadi tempat bertani?

± 2 hektar Tamban Baru Neger

(Hampir murni)

4. Luas lahan pertanian yang dimiliki

± 2 hektar

5. Hasil panen padi

Tahun		
2020	155	200
2021		150
2022		150
2023	600	300
2024	300	300

B. Pertanyaan Terkait Perubahan Tutupan Lahan dan Vegetasi

1. Menurut pengamatan Anda, bagaimana perubahan jumlah pohon atau tumbuhan di lahan pertanian dalam 5 tahun terakhir?

tidak ada perubahan

2. Apakah Anda pernah melihat lahan pertanian yang sebelumnya digunakan untuk kebun atau tegalan sekarang diubah menjadi sawah?

tidak ada

3. Menurut pendapat Anda, apa faktor utama yang menyebabkan perubahan tersebut?

tidak ada perubahan

4. Apakah Anda setuju bahwa tutupan vegetasi (misalnya: pepohonan di tepi sawah atau di kebun) di wilayah Tamban semakin berkurang?

**D. Pertanyaan Terkait Perkembangan Area Persawahan**

1. Apakah Anda mengamati adanya penambahan luas area persawahan di wilayah Tamban dalam 5-10 tahun terakhir? *ada*
2. Bagaimana ketersediaan air untuk irigasi sawah di tempat Anda saat ini  
*Melimpah*
3. Menurut Anda, apa dampak dari perkembangan area persawahan di wilayah Tamban? *baik*

**E. Saran dan Masukan**

1. Apakah ada hal lain yang ingin Anda sampaikan terkait perubahan lahan pertanian dan perkembangan area persawahan di wilayah Tamban?  
*kondisi air pasang surut*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Lampiran 1. Angket Penelitian

**ANGKET PENELITIAN**

No. Responden : 91  
Nama Responden : STRAJUDIN  
Umur Responden : 60 Tahun  
Jenis Kelamin :  L (Lingkari yang sesuai)  
Alamat : .....

Petunjuk Pengisian :

1. Pengisian angket ini sama sekali tidak mempengaruhi status dan pekerjaan anda. Hasil penelitian angket ini hanya digunakan untuk kepentingan penelitian tesis sebagai tugas akhir pada program Magister Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Malik Ibrahlim Malang dengan judul **“ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN VEGETASI PADA LUAS LAHAN PERTANIAN TERHADAP PERKEMBANGAN AREA PERSAWAHAN DI WILAYAH TAMBAN MENGGUNAKAN CITRA SENTINEL-2”**
2. Bacalah setiap pertanyaan atau pernyataan dengan teliti.
3. Berilah tanda checklist (✓) pada kolom pilihan jawaban pertanyaan atau pernyataan pada setiap angket menurut pendapat Anda.
4. Terima Kasih atas Kesiapan Anda dalam mengisi angket ini.

A. Pertanyaan Terkait lahan pertanian

1. Berapa lama Anda tinggal di Tamban ? .
  - 10 – 15 Tahun
  - 16 – 20 tahun
  - 21 – 25 tahun
  - 26 – 30 tahun
  - 31 – 35 tahun
  - 36 – 40 tahun
  - 41 – 45 tahun
  - 46 – 50 tahun
  - > 51 tahun
2. Pekerjaan Sampingan selain pekerjaan utama sebagai petani ?
  - Buruh
  - Pedagang
  - Pearangkat desa
  - Tukang
  - Lainnya .....

3. Letak persawaan yang menjadi tempat bertani ?

-Handel Kandangon RT 01 RW 01, Desa Tamban Jaya

4. Luas lahan pertanian yang dimiliki

10 Bolong

5. Hasil panen padi

Tahun	
2020	60
2021	50
2022	70
2023	70
2024	100

B. Pertanyaan Terkait Perubahan Tutupan Lahan dan Vegetasi

1. Menurut pengamatan Anda, bagaimana perubahan jumlah pohon atau tumbuhan di lahan pertanian dalam 5 tahun terakhir?

- Ada perubahan karena ditanami pepohonan seperti pohon pisang, kelapa, limau, nenas

2. Apakah Anda pernah melihat lahan pertanian yang sebelumnya digunakan untuk kebun atau tegalan sekarang diubah menjadi sawah?

- iya, lahan sawah yang sekarang sebelumnya adalah perkebunan kelapa

3. Menurut pendapat Anda, apa faktor utama yang menyebabkan perubahan tersebut?

- karena perkebunan kelapa tersebut tidak menghasilkan lagi, jadi dibuka lahan menjadi sawah

4. Apakah Anda setuju bahwa tutupan vegetasi (misalnya: pepohonan di tepi sawah atau di kebun) di wilayah Tamban semakin berkurang?

- Sejujurnya, pepohonan di tepi sawah atau di kebun sudah mulai berkurang

**D. Pertanyaan Terkait Perkembangan Area Persawahan**

1. Apakah Anda mengamati adanya penambahan luas area persawahan di wilayah Tamban dalam 5-10 tahun terakhir?

- iya, dalam 5-10 tahun terakhir banyak pembukaan lahan persawahan

2. Bagaimana ketersediaan air untuk irigasi sawah di tempat Anda saat ini

- irigasi di sawah saya ketersediaan airnya bagus, karena pasang surut air ~~di~~ sungai dan air hujan

3. Menurut Anda, apa dampak dari perkembangan area persawahan di wilayah Tamban?

- Dampaknya yang sebelumnya lahan kosong ataupun kebun yang tidak menghabiskan sekarang menjadi persawahan yang menghasilkan

**E. Saran dan Masukan**

1. Apakah ada hal lain yang ingin Anda sampaikan terkait perubahan lahan pertanian dan perkembangan area persawahan di wilayah Tamban?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Lampiran 1. Angket Penelitian

**ANGKET PENELITIAN**

No. Responden : 5  
Nama Responden : Akdurrahman.....  
Umur Responden : 35  
Jenis Kelamin :  P (Lingkari yang sesuai)  
Alamat : D.S. .... Takribatun Jember.....

Petunjuk Pengisian :

1. Pengisian angket ini sama sekali tidak mempengaruhi status dan pekerjaan anda. Hasil penelitian angket ini hanya digunakan untuk kepentingan penelitian tesis sebagai tugas akhir pada program Magister Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Malik Ibrahimi Malang dengan judul **“ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN VEGETASI PADA LUAS LAHAN PERTANIAN TERHADAP PERKEMBANGAN AREA PERSAWAHAN DI WILAYAH TAMBAN MENGGUNAKAN CITRA SENTINEL-2”**
2. Bacalah setiap pertanyaan atau pernyataan dengan teliti.
3. Berilah tanda checklist (✓) pada kolom pilihan jawaban pertanyaan atau pernyataan pada setiap angket menurut pendapat Anda.
4. Terima Kasih atas Kesediaan Anda dalam mengisi angket ini.

A. Pertanyaan Terkait lahan pertanian

1. Berapa lama Anda tinggal di Tamban ? .

- 10 – 15 Tahun
- 16 – 20 tahun
- 21 – 25 tahun
- 26 – 30 tahun
- 31 – 35 tahun
- 36 – 40 tahun
- 41 – 45 tahun
- 46 – 50 tahun
- > 51 tahun

2. Pekerjaan Sampingan selain pekerjaan utama sebagai petani ?

- Buruh
- Pedagang
- Pearangkat desa
- Tukang
- Lainnya .....

3. Letak persawaan yang menjadi tempat bertani? *Tanah Tamban*

4. Luas lahan pertanian yang dimiliki *15 hektar*

5. Hasil panen padi

Tahun	
2020	<i>100</i>
2021	<i>100</i>
2022	<i>70</i>
2023	<i>100</i>
2024	<i>80</i>

B. Pertanyaan Terkait Perubahan Tutupan Lahan dan Vegetasi

1. Menurut pengamatan Anda, bagaimana perubahan jumlah pohon atau tumbuhan di lahan pertanian dalam 5 tahun terakhir?
2. Apakah Anda pernah melihat lahan pertanian yang sebelumnya digunakan untuk kebun atau tegalan sekarang diubah menjadi sawah? *Tidak*
3. Menurut pendapat Anda, apa faktor utama yang menyebabkan perubahan tersebut?  
*Seburangannya tidak mematuhi*
4. Apakah Anda setuju bahwa tutupan vegetasi (misalnya: pepohonan di tepi sawah atau di kebun) di wilayah Tamban semakin berkurang?



Lampiran 1. Angket Penelitian

ANGKET PENELITIAN

No. Responden : 7  
Nama Responden : Hj. Paudah ..... Lat - 3.234983°  
Umur Responden : Long - 114.379700°  
Jenis Kelamin : L/P (Lingkari yang sesuai)  
Alamat : Handil Kandangan..

Petunjuk Pengisian :

1. Pengisian angket ini sama sekali tidak mempengaruhi status dan pekerjaan anda. Hasil penelitian angket ini hanya digunakan untuk kepentingan penelitian tesis sebagai tugas akhir pada program Magister Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Malik Ibrahlim Malang dengan judul "ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN VEGETASI PADA LUAS LAHAN PERTANIAN TERHADAP PERKEMBANGAN AREA PERSAWAHAN DI WILAYAH TAMBAN MENGGUNAKAN CITRA SENTINEL-2"
2. Bacalah setiap pertanyaan atau pernyataan dengan teliti.
3. Berilah tanda checklist (✓) pada kolom pilihan jawaban pertanyaan atau pernyataan pada setiap angket menurut pendapat Anda.
4. Terima Kasih atas Kesiediaan Anda dalam mengisi angket ini.

A. Pertanyaan Terkait lahan pertanian

1. Berapa lama Anda tinggal di Tamban ? .

- 10 – 15 Tahun
- 16 – 20 tahun
- 21 – 25 tahun
- 26 – 30 tahun
- 31 – 35 tahun
- 36 – 40 tahun
- 41 – 45 tahun
- 46 – 50 tahun
- > 51 tahun

2. Pekerjaan Sampingan selain pekerjaan utama sebagai petani ?

- Buruh
- Pedagang
- Pearangkat desa
- Tukang
- Lainnya .....

3. Lotak persawaan yang menjadi tempat bertani ?

Handi Murni

4. Luas lahan pertanian yang dimiliki

16 bronan

5. Hasil panen padi

Tahun	
2020	60
2021	<del>80</del> 100
2022	<del>100</del> 80
2023	100
2024	130

B. Pertanyaan Terkait Perubahan Tutupan Lahan dan Vegetasi

1. Menurut pengamatan Anda, bagaimana perubahan jumlah pohon atau tumbuhan di lahan pertanian dalam 5 tahun terakhir? Rumput bertambah

2. Apakah Anda pernah melihat lahan pertanian yang sebelumnya digunakan untuk kebun atau tegalan sekarang diubah menjadi sawah? Tidak ada

3. Menurut pendapat Anda, apa faktor utama yang menyebabkan perubahan tersebut? Akibat Tanah Lumpur dari Rada yg dulu

4. Apakah Anda setuju bahwa tutupan vegetasi (misalnya: pepohonan di tepi sawah atau di kebun) di wilayah Tamban semakin berkurang? Alahan yg terbukaan dan yg taung

**D. Pertanyaan Terkait Perkembangan Area Persawahan**

1. Apakah Anda mengamati adanya penambahan luas area persawahan di wilayah Tamban dalam 5-10 tahun terakhir? *ada bertambah lahan*
2. Bagaimana ketersediaan air untuk irigasi sawah di tempat Anda saat ini *Pasang Sirtu*
3. Menurut Anda, apa dampak dari perkembangan area persawahan di wilayah Tamban? *bagus saja*

**E. Saran dan Masukan**

1. Apakah ada hal lain yang ingin Anda sampaikan terkait perubahan lahan pertanian dan perkembangan area persawahan di wilayah Tamban?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---