

**ANALISIS PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN SAWAH
MENGUNAKAN ALGORITMA *SUPPORT VECTOR MACHINE* DAN
*MAXIMUM LIKELIHOOD CLASSIFICATION***

**(Studi Kasus: Perubahan Penggunaan Lahan Sawah Di Kecamatan Kota
Gajah Kabupaten Lampung Tengah Pada Tahun 2018 Dan 2023)**

(Skripsi)

Oleh

**AYESHA RAQIA TARIFA
NPM 2015071011**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

ANALISIS PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN SAWAH MENGUNAKAN ALGORITMA *SUPPORT VECTOR MACHINE* DAN *MAXIMUM LIKELIHOOD CLASSIFICATION* (Studi Kasus: Perubahan Penggunaan Lahan Sawah Di Kecamatan Kota Gajah Kabupaten Lampung Tengah Pada Tahun 2018 Dan 2023)

Oleh

AYESHA RAQIA TARIFA

Kecamatan Kota Gajah merupakan salah satu kecamatan yang ada di Kabupaten Lampung Tengah dan memiliki tujuh desa dengan luas wilayah 46,93 km². Perubahan penggunaan lahan yang sering terjadi yaitu lahan sawah menjadi lahan permukiman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan penggunaan lahan sawah di Kecamatan Kota Gajah tahun 2018 dan 2023, mengetahui faktor utama yang menyebabkan perubahan penggunaan lahan sawah tersebut, serta mengetahui efektivitas penggunaan GEE dan perangkat lunak pengolah data spasial dalam melakukan klasifikasi citra Sentinel-2A.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode klasifikasi terbimbing untuk melakukan klasifikasi penggunaan lahan dengan menggunakan data citra Sentinel-2A tahun 2018 dan 2023. Metode tersebut menggunakan algoritma *Maximum Likelihood Classification* (MLC) dan algoritma *Support Vector Machine* (SVM). Pengolahan data citra Sentinel-2A algoritma SVM dilakukan melalui perangkat lunak pengolah data spasial dan *Google Earth Engine* (GEE).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma SVM dan MLC efektif dalam mengklasifikasikan citra Sentinel-2A, SVM menghasilkan nilai *overall accuracy* 95,25% dan *kappa* statistik 91,75%, MLC menghasilkan nilai *overall accuracy* 92,5% dan *kappa* statistik 90%. Perubahan penggunaan lahan sawah menurun dari 3.536,15 ha menjadi 3.448,54 ha berkurang 2,48% dan lahan bangunan permukiman desa meningkat dari 682,46 ha menjadi 1.013,19 ha bertambah 48,5%. Faktor utama yang memengaruhi perubahan ini adalah aksesibilitas infrastruktur, yaitu keberadaan pusat kegiatan ekonomi dan fasilitas umum. Pertumbuhan penduduk di Kecamatan Kota Gajah juga berkontribusi terhadap perubahan ini, dengan jumlah penduduk meningkat dari 34.402 jiwa tahun 2017 menjadi 35.261 jiwa tahun 2021 bertambah 3,47%. Pemrosesan data spasial dilakukan dengan perangkat lunak pengolah data yang memerlukan waktu 84,12 menit dan tidak memerlukan koneksi internet, sedangkan *Google Earth Engine* (GEE) lebih efisien hanya memerlukan waktu 24,26 menit dengan koneksi internet.

Kata Kunci: Penggunaan Lahan Sawah, Sentinel-2A, SVM, MLC, Platform GEE

ABSTRACT

ANALYSIS OF LAND USE CHANGE IN PADDY FIELDS USING SUPPORT VECTOR MACHINE AND MAXIMUM LIKELIHOOD CLASSIFICATION ALGORITHMS

**(Case Study: Changes in the Use of Paddy Fields in Kota Gajah District,
Central Lampung Regency in 2018 and 2023)**

By

AYESHA RAQIA TARIFA

Kecamatan Kota Gajah is one of the sub-districts in Central Lampung Regency and has seven villages with an area of 46.93 km². Land use change that often occurs is paddy fields into residential land. This study aims to determine the changes in the use of paddy fields in Kota Gajah Sub-district in 2018 and 2023, determine the main factors that cause changes in the use of paddy fields, and determine the effectiveness of using GEE and spatial data processing software in classifying Sentinel-2A images. The method used in this research is a guided classification method to classify land use using Sentinel-2A image data in 2018 and 2023. The method uses the Maximum Likelihood Classification (MLC) algorithm and the Support Vector Machine (SVM) algorithm. Processing of Sentinel-2A image data using SVM algorithm was done through spatial data processing software and Google Earth Engine (GEE). The results showed that SVM and MLC algorithms were effective in classifying Sentinel-2A images, SVM produced an overall accuracy value of 95.25% and kappa statistics of 91.75%, MLC produced an overall accuracy value of 92.5% and kappa statistics of 90%. Land use change of paddy fields decreased from 3,536.15 ha to 3,448.54 ha, a decrease of 2.48%, and land for village settlement buildings increased from 682.46 ha to 1,013.19 ha, an increase of 48.5%. The main factor influencing this change is infrastructure accessibility, namely the presence of economic activity centers and public facilities. Population growth in Kota Gajah sub-district also contributed to this change, with the total population increasing from 34,402 people in 2017 to 35,261 people in 2021, an increase of 3.47%. Spatial data processing is done with data processing software that takes 84.12 minutes and does not require an internet connection, while Google Earth Engine (GEE) is more efficient, only taking 24.26 minutes with an internet connection.

Keywords: Agricultural Land Use, Sentinel-2A, SVM, MLC, GEE Platform

**ANALISIS PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN SAWAH
MENGUNAKAN ALGORITMA *SUPPORT VECTOR MACHINE* DAN
*MAXIMUM LIKELIHOOD CLASSIFICATION***

**(Studi Kasus: Perubahan Penggunaan Lahan Sawah Di Kecamatan Kota
Gajah Kabupaten Lampung Tengah Pada Tahun 2018 Dan 2023)**

Oleh

AYESHA RAQIA TARIFA

(Skripsi)

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : ANALISIS PERUBAHAN PENGGUNAAN
LAHAN SAWAH MENGGUNAKAN
ALGORITMA *SUPPORT VECTOR MACHINE*
DAN *MAXIMUM LIKELIHOOD*
CLASSIFICATION (Studi Kasus: Perubahan
Penggunaan Lahan Sawah Di Kecamatan Kota
Gajah Kabupaten Lampung Tengah Pada Tahun
2018 Dan 2023)

Nama Mahasiswa : Ayesha Raqia Tarifa
Nomor Pokok Mahasiswa : 2015071011
Jurusan : Teknik Geodesi dan Geomatika
Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

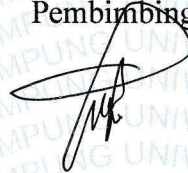
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I



Dr. Fajriyanto, S.T., M.T.
NIP 197203022006041002

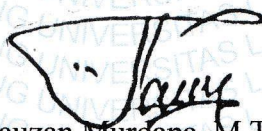
Pembimbing II



Tika Christy Novianti, S.T., M.Eng.
NIP 199211042022032008

MENGETAHUI

2. Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika



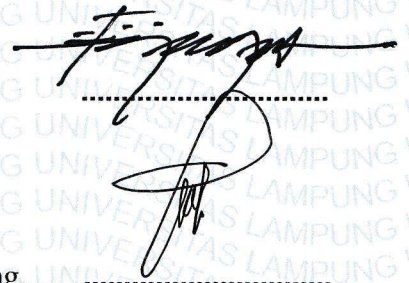
Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM
NIP 196410121992031002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Dr. Fajriyanto, S.T., M.T.



Sekretaris

: Tika Christy Novianti, S.T., M.Eng.



Anggota

: Eko Rahmadi, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.)

NIP 197509282001121002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 07 Oktober 2024

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ayesha Raqia Tarifa
Nomor Pokok Mahasiswa : 2015071011
Program Studi : Teknik Geodesi
Jurusan : Teknik Geodesi dan Geomatika
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis di dalam Skripsi ini adalah hasil karya yang saya kerjakan sendiri. Berdasarkan pengetahuan dan informasi yang saya dapatkan. Skripsi ini berisikan material yang saya buat sendiri dan hasil rujukan dari beberapa sumber lain seperti buku dan jurnal yang telah dipublikasikan sebelumnya dengan kata lain bukanlah hasil plagiat dari karya orang lain. Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, maka saya bersedia menanggung segala akibat yang ada dan sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 10 Oktober 2024

A 10,000 Rupiah postage stamp with a signature over it. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'SEPULUH RIBU RUPIAH', '10000', 'TEL. 02', 'METERAI TEMPEL', and '8F8ALX236673377'. The signature is written in black ink over the stamp.

Ayesha Raqia Tarifa

NPM 2015071011

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, pada tanggal 11 April 2002, sebagai anak kedua dari empat bersaudara, pasangan Bapak M. Rizza Apriano dan Ibu Afrianita.

Pendidikan penulis diawali bersekolah di Taman Kanak-Kanak Aisyiyah 2 pada tahun 2007 hingga 2008, Sekolah Dasar Negeri 2 Rawa Laut pada tahun 2008 hingga 2014, Sekolah Menengah Pertama Negeri 4 Bandar Lampung pada tahun 2014 hingga 2017, Sekolah Menengah Atas Negeri 9 Bandar Lampung pada tahun 2017 hingga 2020. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung pada tahun 2020 melalui jalur SNMPTN.

Selama menjadi mahasiswa di Jurusan Teknik Geodesi, penulis aktif dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Geodesi (HIMAGES) dan menjadi anggota Departemen Pendidikan pada tahun 2021 hingga 2022. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Purwodadi, Kecamatan Bangunrejo, Kabupaten Lampung Tengah selama 40 hari pada periode bulan Juni hingga Agustus 2023. Penulis juga telah melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Kantor Pertanahan Kota Depok Provinsi Jawa Barat selama 3 bulan pada bulan Agustus hingga November 2023.

Setelah melaksanakan Kerja Praktik, Penulis melakukan penelitian sebagai tugas akhir dengan judul “Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Sawah Kecamatan Kota Gajah Kabupaten Lampung Tengah Tahun 2018 dan 2023”.

PERSEMBAHAN

Puji dan Syukur Penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, telah memberikan kesehatan, kekuatan serta kesabaran kepada penulis pada saat melakukan penyusunan Skripsi ini.

Ku persembahkan Skripsi ini untuk:

Kedua Orang Tuaku (Bapak M. Rizza Apriano dan Ibu Afrianita) yang selalu memberikan doa, dukungan serta kasih sayang yang tiada henti kepada penulis hingga saat ini, Kakakku (Ghina Luthfiyyah Afifah) dan Kedua Adikku (Raisa Danesh Ara Izzati dan M. Brilliant Unggul Wicaksono) yang selalu memberikan semangat serta dukungan kepadaku.

M. Thirafi Hardita yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan dalam berbagai bentuk, memberikan motivasi untuk menyelesaikan Skripsi ini, serta menemaniku disaat momen sedih dan bahagia.

Teman-temanku terutama Nisrina Amanda Rizky, Shoffana Aulia Yazni, Nabila Dita Cahyani, Devy Achnasya Putri, serta teman-teman Teknik Geodesi dan Geomatika angkatan 2020 yang telah memberikan motivasi dan semangat kepada penulis.

Terima Kasih untuk segala doa, arahan, dukungan, dan semangat yang sudah diberikan kepada penulis.

MOTTO

“Maka ingatlah Kepada-Ku, Aku pun akan ingat kepadamu. Bersyukurlah kepada-Ku dan janganlah kamu ingkar kepada-Ku”

(Q.S Al-Baqarah:152)

“Maka bersabarlah kamu, sesungguhnya janji Allah itu benar”

(Q.S Ar-Rum:60)

Apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdimu, dan apa yang ditakdirkan untukmu tidak akan pernah melewatkanmu.

(Umar bin Khattab Ra)

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan program Pendidikan Strata 1 (S1) di Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Fakultas Teknik Universitas Lampung. Skripsi ini berjudul “Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Sawah di Kecamatan Kota Gajah Kabupaten Lampung Tengah pada Tahun 2018 dan 2023” penulis berupaya menerapkan segala sesuatu yang penulis dapatkan baik dari kegiatan perkuliahan maupun dari literatur yang berkaitan, dan arahan-arahan dari dosen pembimbing.

Pembuatan Skripsi tidak terlepas dari bantuan beberapa pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung.
3. Ibu Citra Dewi, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
4. Bapak Romi Fadly, S.T., M.Eng. selaku Koordinator Skripsi, Program Studi Teknik Geodesi Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. Fajriyanto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I Skripsi yang telah membimbing dan memberi arahan selama proses pembuatan proposal Skripsi.
6. Ibu Tika Christy Novianti, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II Skripsi yang telah membimbing dan memberi arahan selama proses pembuatan proposal Skripsi.

7. Bapak Eko Rahmadi, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Skripsi yang telah memberikan kritik dan saran.
8. Orang Tua dan Saudara-Saudari yang selalu memberikan dukungan, semangat, serta selalu mendoakan untuk kelancaran penyusunan Skripsi.
9. M. Thirafi Hardita yang selalu memberikan dukungan, semangat serta menemani selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan Skripsi.
10. Nisrina Amanda Rizky, Shoffana Aulia Yazni, Nabila Dita Cahyani, Devy Achnasya Putri, serta teman-teman Teknik Geodesi dan Geomatika angkatan 2020 yang telah memberikan dukungan, semangat, dan saran saat penyusunan Skripsi.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan dan penulisan Skripsi ini. Oleh sebab itu, penulis memohon maaf apabila Skripsi ini jauh dari kata sempurna. Semoga dikemudian hari Skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna bagi siapa pun yang membacanya.

Bandar Lampung, Oktober 2024

Penulis,

Ayesha Raqia Tarifa

NPM 2015071011

DAFTAR ISI

Halaman

SANWACANA	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Maksud dan Tujuan.....	3
1.3.1 Maksud.....	3
1.3.2 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Kerangka Pemikiran.....	5
1.7 Hipotesis	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Penggunaan Lahan.....	7
2.2 Lahan Sawah.....	8
2.3 Sentinel-2.....	8
2.4 Klasifikasi Terbimbing (<i>Supervised Classification</i>).....	10
2.4.1 <i>Maximum Likelihood Classification</i> (MLC).....	10
2.4.2 <i>Support Vector Machine</i> (SVM).....	11
2.5 <i>Training Sample</i>	11
2.6 Matriks Konfusi	12
2.7 Uji Validasi Lapangan (<i>Ground Truth</i>)	13
2.8 <i>Google Earth Engine</i> (GEE).....	14
2.9 Penelitian Terdahulu	15
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Lokasi Penelitian.....	19
3.2 Waktu Pelaksanaan Penelitian	20
3.3 Alat dan Bahan.....	20

3.3.1	Alat.....	20
3.3.2	Bahan.....	21
3.4	Diagram Alir Penelitian	22
3.5	Tahap Persiapan	23
3.5.1	Tahap Pengunduhan Data Citra melalui GEE.....	23
3.6	Tahap Pengolahan Data	24
3.6.1	Pengolahan dengan Perangkat Lunak Pengolah Data Spasial	24
3.6.2	Pengolahan dengan <i>Google Earth Engine</i>	26
3.6.3	Validasi Lapangan.....	28
3.6.4	Pembuatan Peta Penggunaan Lahan Tahun 2018 dan 2023.....	30
3.7	Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Sawah	30
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1	Klasifikasi Penggunaan Lahan dengan Perangkat Lunak Pengolah Data Spasial	31
4.1.1	<i>Maximum Likelihood Classification</i> Tahun 2018.....	31
4.1.2	<i>Support Vector Machine</i> Tahun 2018	34
4.1.3	<i>Maximum Likelihood Classification</i> Tahun 2023	37
4.1.4	<i>Support Vector Machine</i> Tahun 2023	40
4.2	Hasil Penggunaan Lahan melalui <i>Google Earth Engine</i>	43
4.2.1	SVM Tahun 2018 melalui <i>Google Earth Engine</i>	43
4.2.2	SVM Tahun 2023 melalui <i>Google Earth Engine</i>	46
4.3	Hasil Validasi Lapangan	49
4.3.1	Validasi Lapangan Penggunaan Lahan Tahun 2018	49
4.3.2	Validasi Lapangan Penggunaan Lahan Tahun 2023	52
4.4	Hasil Matriks Konfusi.....	57
4.4.1	Matriks Konfusi MLC Tahun 2018.....	57
4.4.2	Matriks Konfusi SVM Tahun 2018.....	58
4.4.3	Matriks Konfusi MLC Tahun 2023.....	59
4.4.4	Matriks Konfusi SVM Tahun 2023.....	59
4.4.5	Matriks Konfusi SVM Tahun 2018 melalui GEE.....	60
4.4.6	Matriks Konfusi SVM Tahun 2023 melalui GEE.....	61
4.5	Penggunaan Perangkat Lunak dan <i>Platform</i> Pengolah Data Spasial.....	62
4.6	Jumlah Penduduk dan Luas Lahan Sawah Kecamatan Kota Gajah	64
4.6.1	Jumlah Penduduk Kecamatan Kota Gajah.....	64
4.6.2	Luas Lahan Sawah Kecamatan Kota Gajah	66
4.7	Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Sawah Kecamatan Kota Gajah	68
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	72
5.1	Kesimpulan	72
5.2	Saran	73
	DAFTAR PUSTAKA	74
	LAMPIRAN A	79
	LAMPIRAN B	101

LAMPIRAN C.....	105
------------------------	------------

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Karakteristik Citra Sentinel-2A.....	9
2. Contoh Perhitungan Jumlah <i>Training Sample</i>	12
3. Matriks Konfusi	13
4. Penelitian terdahulu.....	16
5. Alat yang digunakan	21
6. Bahan yang digunakan	21
7. Kelas Penggunaan Lahan Tahun 2018 dengan Algoritma MLC	32
8. Kelas Penggunaan Lahan per Desa Tahun 2018 Algoritma MLC.....	33
9. Kelas Penggunaan Lahan Tahun 2018 dengan Algoritma SVM	35
10. Kelas Penggunaan Lahan per Desa Tahun 2018 Algoritma SVM.....	35
11. Kelas Penggunaan Lahan Tahun 2023 dengan Algoritma MLC	38
12. Kelas Penggunaan Lahan per Desa Tahun 2023 Algoritma MLC.....	38
13. Kelas Penggunaan Lahan Tahun 2023 dengan Algoritma SVM	41
14. Kelas Penggunaan Lahan per Desa Tahun 2023 dengan Algoritma SVM	41
15. Kelas Penggunaan Lahan Tahun 2018 dengan Algoritma SVM GEE	44
16. Kelas Penggunaan Lahan per Desa Tahun 2018 dengan SVM GEE.....	44
17. Kelas Penggunaan Lahan Tahun 2023 dengan SVM melalui GEE.....	47
Tabel 18. Kelas Penggunaan Lahan per Desa Tahun 2023 dengan SVM GEE....	47
19. Hasil Validasi Lapangan Klasifikasi MLC Tahun 2018	49
20. Hasil Validasi Lapangan Klasifikasi SVM Tahun 2018	51
21. Hasil Validasi Lapangan Klasifikasi MLC Tahun 2023	53
22. Hasil Validasi Lapangan Klasifikasi SVM Tahun 2023	55
23. Matriks Konfusi MLC Tahun 2018.....	57
24. Matriks Konfusi SVM Tahun 2018.....	58
25. Matriks Konfusi MLC Tahun 2023.....	59

26. Matriks Konfusi SVM Tahun 2023.....	60
27. Matriks Konfusi SVM Tahun 2018 melalui GEE.....	60
28. Matriks Konfusi SVM Tahun 2023 melalui GEE.....	61
29. Waktu Pengolahan Data Citra Sentinel-2A.....	62
30. Jumlah Penduduk Kecamatan Kota Gajah.....	64
31. Luas Lahan Sawah Kecamatan Kota Gajah.....	67
32. Luas Lahan Sawah LP2B Kecamatan Kota Gajah.....	68
33. Hasil Keseluruhan Validasi Lapangan Klasifikasi MLC Tahun 2018.....	80
34. Hasil Keseluruhan Validasi Lapangan Klasifikasi SVM Tahun 2018.....	84
35. Hasil Keseluruhan Validasi Lapangan Klasifikasi MLC Tahun 2023.....	88
36. Hasil Keseluruhan Validasi Lapangan Klasifikasi MLC Tahun 2023.....	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Ilustrasi <i>Support Vector</i>	11
2. Lokasi Penelitian.....	19
3. Diagram Alir Penelitian	22
4. Proses pembuatan <i>training sample</i>	25
5. Proses klasifikasi algoritma SVM.....	26
6. Proses <i>Classify Raster</i>	26
7. Proses menentukan titik uji akurasi.....	29
8. Proses perhitungan matriks konfusi	29
9. Peta Penggunaan Lahan Kecamatan Kota Gajah Tahun 2018 MLC.....	32
10. Peta Penggunaan Lahan Kecamatan Kota Gajah Tahun 2018 SVM.....	34
11. Peta Penggunaan Lahan Kecamatan Kota Gajah Tahun 2023 MLC.....	37
12. Peta Penggunaan Lahan Kecamatan Kota Gajah Tahun 2023 SVM.....	40
13. Peta Penggunaan Lahan Kecamatan Kota Gajah Tahun 2018 SVM GEE	43
14. Peta Penggunaan Lahan Kecamatan Kota Gajah Tahun 2023 SVM GEE	46
15. Grafik Jumlah Penduduk Kecamatan Kota Gajah	65
16. Grafik Lahan Sawah Kecamatan Kota Gajah	67
17. Grafik Lahan Sawah Berbasis LP2B Kecamatan Kota Gajah	68
18. Grafik Penggunaan Lahan Kecamatan Kota Gajah Tahun 2018	70
19. Grafik Penggunaan Lahan Kecamatan Kota Gajah Tahun 2023	70
20. Diskusi Bersama Penyuluh BPP Kecamatan Kota.....	102
21. Diskusi Bersama Kepala BPP Kecamatan Kota	102
22. Validasi Lapangan Penggunaan Lahan Sawah di Kecamatan Kota.....	103
23. Validasi Lapangan Penggunaan Lahan Bangunan Permukiman desa	103
24. Validasi Lapangan Penggunaan Lahan Waduk Irigasi	103
25. Validasi Lapangan Penggunaan Lahan Kebun Campuran.....	104

26. Validasi Lapangan Penggunaan Lahan Kolam Ikan Air.....	104
27. Validasi Lapangan Penggunaan Lahan Lapangan Diperkeras.....	104

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Lampung Tengah merupakan kabupaten terluas di Provinsi Lampung dengan luas yaitu 4.548,93 km² (BPS Provinsi Lampung, 2023). Pertumbuhan penduduk di Kabupaten Lampung Tengah juga mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Beberapa masalah sosial, ekonomi, dan lingkungan akan muncul sebagai akibat dari peningkatan pertumbuhan penduduk. Perubahan fungsi lahan persawahan dapat terjadi seiring dengan perkembangan dan pertumbuhan penduduk di suatu wilayah, yang dapat menyebabkan penurunan luas lahan persawahan di berbagai wilayah. Perubahan lahan persawahan juga terjadi disebabkan oleh peningkatan jumlah penduduk yang berdampak penambahan lahan permukiman setiap tahunnya (Destianto dan Pigawati, 2014).

Kabupaten Lampung Tengah memiliki luas lahan sawah menurut jenis pengairannya sebesar 78.239 ha dan luas lahan panen sebesar 158.908 ha (Pemerintah Kabupaten Lampung Tengah, 2019). Lahan persawahan merupakan sumber kehidupan bagi masyarakat, terutama masyarakat di wilayah pedesaan atau pinggiran kota. Segala jenis kenampakan alam yang telah dikaitkan dengan aktivitas manusia dalam memanfaatkan lahan termasuk dalam pengertian penggunaan lahan (Hidayah dan Suharyo, 2018). Sawah merupakan lahan persawahan yang paling rentan terhadap perubahan penggunaan lahan (Dewi dan Rudiarto, 2013). Hal tersebut terjadi karena banyak wilayah persawahan banyak yang dekat dengan perkotaan sehingga banyak lahan persawahan yang berubah penggunaannya menjadi permukiman. Lahan sawah merupakan lahan yang paling sering beralih fungsi menjadi pemukiman (Rachman dkk., 2021). Akibat dari peralihan penggunaan lahan sawah tersebut dapat menyebabkan hasil produksi

tanaman pangan menurun dan menimbulkan masalah terkait kualitas lingkungan yang mengganggu keseimbangan ekosistem (Lapatandau dkk., 2017).

Kabupaten Lampung Tengah pada tahun 2022 merupakan kabupaten yang menempati peringkat pertama di Provinsi Lampung sebagai produsen beras tertinggi menghasilkan 325.712,45 ton beras (BPS Kabupaten Lampung Tengah, 2023). Kabupaten Lampung Tengah ditargetkan untuk meningkatkan produksi beras di Provinsi Lampung tiap tahunnya. Namun, pertumbuhan penduduknya pun terus meningkat setiap tahunnya seperti pada tahun 2022 meningkat sebanyak 1,55% dibandingkan tahun 2021 (BPS Kabupaten Lampung Tengah, 2023).

Kecamatan Kota Gajah merupakan salah satu kecamatan yang ada di Kabupaten Lampung Tengah dan memiliki tujuh dusun dengan luas wilayah sebesar 46,93 km². Kecamatan Kota Gajah pada tahun 2015 merupakan kecamatan yang memiliki produktivitas paling tinggi dan menjadi fokus lumbung padi di Lampung Tengah dengan produktivitas mencapai 69,04 kuintal/hektar. Kecamatan Kota Gajah dapat menjadi lumbung padi di Provinsi Lampung dikarenakan jenis pengairan sawahnya menggunakan irigasi tersier (saluran irigasi teknis Punggur Utara). Peningkatan jumlah penduduk di Kabupaten Lampung Tengah terutama di Kecamatan Kota Gajah dikhawatirkan dapat mempengaruhi produksi beras karena semakin padat penduduk maka kebutuhan akan lahan permukiman juga semakin meningkat dan dapat terjadi perubahan penggunaan lahan persawahan menjadi lahan permukiman.

Perkembangan teknologi dalam sistem informasi geografis sangat penting untuk menganalisis perubahan penggunaan lahan sawah yang terjadi di Kecamatan Kota Gajah Kabupaten Lampung Tengah. Penelitian ini dapat dilakukan untuk menganalisis perubahan penggunaan lahan sawah pada tahun 2018 dan tahun 2023 menggunakan data citra satelit Sentinel-2A tahun 2018 dan 2023. Penelitian ini juga menggunakan metode klasifikasi terbimbing *Maximum Likelihood Classification* (MLC) dan *Support Vector Machine* (SVM). Kedua metode tersebut digunakan karena telah terbukti menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Yani dkk. pada tahun 2022.

Maximum Likelihood Classification merupakan suatu metode klasifikasi terbimbing yang berdasarkan pada nilai-nilai piksel dari setiap objeknya sudah dikelompokkan ke dalam area *training sample* dari setiap objek tutupan lahan (Catur dkk., 2015). *Support Vector Machine* merupakan klasifikasi terbimbing non-parametrik, yang memisahkan dua kelas atau lebih dengan mencari *hyperplane* terbaik dengan memanfaatkan data pada titik pemisah dan untuk jumlah sampel yang terbatas (Zhu and Blumberg, 2002). Proses klasifikasi citra satelit menggunakan *support vector machine* dapat dilakukan melalui *google earth engine*. *Google earth engine* merupakan sebuah *platform* pemrosesan dan pengolahan data spasial berbasis *cloud computation* (Fariz dkk., 2021).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dengan latar belakang permasalahan yang ada, maka didapatkan rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perubahan luas penggunaan lahan sawah yang terjadi di Kecamatan Kota Gajah?
2. Bagaimana faktor utama yang memengaruhi terjadinya perubahan penggunaan lahan sawah di Kecamatan Kota Gajah?
3. Bagaimana efektivitas penggunaan *platform Google Earth Engine* dan perangkat lunak pengolah data spasial dalam melakukan klasifikasi penggunaan lahan citra Sentinel-2A?

1.3 Maksud dan Tujuan

1.3.1 Maksud

Maksud dilakukannya penelitian ini adalah melakukan analisis secara spasial perubahan penggunaan lahan sawah yang terjadi di Kecamatan Kota Gajah Kabupaten Lampung Tengah tahun 2018 dan tahun 2023 untuk perencanaan serta pembangunan wilayah dan tata ruang yang lebih baik.

1.3.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perubahan luas penggunaan lahan sawah yang terjadi di Kecamatan Kota Gajah Kabupaten Lampung Tengah.
2. Mengetahui faktor utama yang menyebabkan perubahan penggunaan lahan sawah di Kecamatan Kota Gajah.
3. Mengetahui efektivitas penggunaan *platform Google Earth Engine* dan perangkat lunak pengolah data spasial dalam melakukan klasifikasi penggunaan lahan citra Sentinel-2A.

1.4 Manfaat

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai masukan dan acuan bagi pemerintah Kabupaten Lampung Tengah dalam mengambil keputusan terkait upaya pengelolaan penggunaan lahan persawahan yang sesuai khususnya di Kecamatan Kota Gajah, serta dengan adanya penelitian ini pemerintah Kabupaten Lampung Tengah dapat mempertahankan dan melindungi wilayah yang menjadi lahan pertanian pangan berkelanjutan agar tidak dialih fungsikan menjadi penggunaan lahan lainnya.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan dalam analisa merupakan data sekunder tahun 2018 dan tahun 2023 yang diperoleh dari Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Lampung Tengah, Badan Pusat Statistik Kabupaten Lampung Tengah, Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura Kabupaten Lampung Tengah.
2. Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Kota Gajah Kabupaten Lampung Tengah Provinsi Lampung.

3. Penelitian ini menggunakan metode klasifikasi terbimbing *Maximum Likelihood Classification* (MLC) dan *Support Vector Machine* (SVM).
4. Pengolahan data citra satelit Sentinel-2A menggunakan perangkat lunak pengolah data spasial dan *platform Google Earth Engine*.
5. Penelitian dilakukan menggunakan data citra satelit Sentinel-2A, data kependudukan Kecamatan Kota Gajah, data mengenai lahan sawah Kecamatan Kota Gajah pada tahun 2018 dan tahun 2023.

1.6 Kerangka Pemikiran

Pertumbuhan penduduk yang setiap tahunnya meningkat dapat menyebabkan beberapa permasalahan salah satunya adalah perubahan penggunaan lahan. Pertumbuhan penduduk didasari oleh angka kelahiran, angka kematian, angka migrasi masuk, dan angka migrasi keluar. Perubahan penggunaan lahan yang sering terjadi yaitu lahan persawahan menjadi lahan permukiman atau lahan terbangun. Hal tersebut akan sangat mempengaruhi hasil produksi beras di suatu wilayah karena apabila lahan persawahan semakin berkurang maka hasil produksi beras juga akan semakin menurun sedangkan kebutuhan pangan akan tetap meningkat seiring dengan berjalannya waktu.

Penelitian ini menggunakan citra satelit Sentinel-2A untuk mengetahui informasi mengenai penggunaan lahan dengan mengklasifikasi citra menggunakan metode *Maximum Likelihood Classification* dan *Support Vector Machine*. Kedua metode tersebut dapat menghasilkan klasifikasi penggunaan lahan dengan nilai uji akurasi yang tinggi, sehingga dapat menghasilkan peta penggunaan lahan tahun 2018 dan 2023. Kedua peta tersebut selanjutnya dilakukan analisis mengenai perubahan penggunaan lahan yang terjadi di Kecamatan Kota Gajah pada tahun 2018 dan 2023.

1.7 Hipotesis

Meningkatnya jumlah penduduk dari tahun ke tahun dapat menyebabkan peningkatan akan kebutuhan lahan permukiman. Lahan yang biasa dialihkan

penggunaannya adalah lahan sawah. Kecamatan Kota Gajah merupakan salah satu wilayah kecamatan di Kabupaten Lampung Tengah yang sudah menjadi lumbung padi pada tahun 2015. Kabupaten Lampung Tengah menurut BPS Provinsi Lampung pada tahun 2022 adalah penghasil padi terbanyak dan juga memiliki jumlah penduduk terbanyak. Melihat adanya pertumbuhan jumlah penduduk yang semakin meningkat akan menyebabkan berkurangnya lahan sawah di Kecamatan Kota Gajah dan akan mempengaruhi hasil panen serta pasokan bahan pangan di Kabupaten Lampung Tengah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penggunaan Lahan

Lahan merupakan suatu bentangan alam, yang menjadi tempat bagi seluruh makhluk hidup untuk menjalani kehidupan dengan memanfaatkan sumber daya yang ada di dalamnya (Asfiati dan Zurkiyah, 2021). Penggunaan lahan adalah upaya manusia dalam memanfaatkan lahan dari waktu ke waktu untuk mencapai berbagai hasil. Penggunaan lahan umumnya mencakup berbagai jenis aktivitas manusia dalam memanfaatkannya (Hidayah dan Suharyo, 2018). Penggunaan lahan berkaitan erat dengan kegiatan manusia di berbagai bidang seperti permukiman, perkotaan, dan persawahan.

Penggunaan lahan ini biasanya merujuk pada pemanfaatan masa kini, sehingga aktivitas manusia di bumi ini bersifat dinamis dan sering melibatkan perubahan penggunaan lahan. Penggunaan lahan sangat penting untuk dilakukannya berbagai kegiatan perencanaan serta pengelolaan lahan yang berhubungan dengan permukaan bumi (M. Laka dkk., 2017). Bentuk dari berbagai macam penggunaan lahan di suatu wilayah yang berkaitan dengan peningkatan jumlah penduduk akan berdampak pada perubahan penggunaan lahan (Zalmita dkk., 2020).

Penggunaan lahan di suatu wilayah dapat diketahui dengan melakukan klasifikasi lahan melalui citra satelit dan dilakukan berdasarkan pembagian kelas-kelas penggunaan lahan. Pembagian kelas penggunaan lahan dibagi berdasarkan luas wilayah dan resolusi spasial dari citra satelit yang digunakan (SNI 7645-1, 2014). Penelitian ini menggunakan enam kelas penggunaan lahan yaitu sawah, bangunan permukiman desa, waduk irigasi, kolam ikan air tawar, kebun campuran, dan sarana olahraga.

2.2 Lahan Sawah

Lahan pertanian yang menjadi komoditas pangan utama di Indonesia adalah lahan sawah. Karakteristik lahan sawah ditandai dengan adanya pematang yang mengelilinginya untuk membatasi bidang lahan sawah satu dengan bidang sawah lainnya. Lahan sawah merupakan lahan pertanian yang biasanya ditemukan di wilayah dataran yang memiliki topografi landai (Fakultas Geografi UGM, 2017). Lahan sawah merupakan penggunaan lahan yang banyak mengalami konversi, terutama di sekitar pusat pembangunan perkotaan dan permukiman.

Lahan sawah dapat dipandang sebagai barang milik publik, karena selain memberikan keuntungan pribadi bagi pemiliknya, memberikan juga manfaat yang bersifat sosial (Angriani, 2017). Potensi lahan pada lahan sawah memvisualisasikan keadaan yang sesuai untuk penggunaan lahan sawah. Lahan sawah dikelola dengan sedemikian rupa untuk dilakukan budidaya tanaman padi sawah dan harus ada pengairan pada masa penanaman hingga pertumbuhan padi (Hamranani dkk., 2014). Menurut Suradisastra (2011) dalam Saputra (2020) Lahan sawah merupakan lahan pertanian yang menunjukkan produksi dan produktivitas serta alih fungsi lahan yang tinggi.

Lahan sawah yang pengairannya berasal dari irigasi disebut dengan sawah irigasi, sedangkan sawah yang pengairannya dari air hujan disebut lahan sawah tadah hujan (Wahyunto, 2014). Lahan sawah yang menggunakan pengairan dari sistem irigasi terencana mendapatkan pasokan air yang cukup selama proses masa tanam padi (Stenjem dkk., 2019). Sawah tadah hujan sangat bergantung pada curah hujan saja karena pengairannya hanya dapat dilakukan pada saat musim penghujan (Suryadi, 2020).

2.3 Sentinel-2

Sentinel-2 merupakan bagian dari program *Copernicus* yang diluncurkan oleh Komisi Eropa pada tanggal 23 Juni 2015, dan dirancang khusus untuk menyediakan banyak data citra. Satelit ini dilengkapi dengan sensor multispektral optoelektronik

yang mampu melakukan survei dengan resolusi 10 m, 20 m, dan 60 m di zona spektral tampak, inframerah dekat, dan inframerah gelombang pendek, serta dilengkapi dengan 13 saluran spektral. Orbitnya memiliki ketinggian rata-rata 785 km dan misi ini melibatkan dua satelit yang memungkinkan survei berulang setiap 5 hari di khatulistiwa dan setiap 2 hingga 3 hari di garis lintang tengah (*European Space Agency*).

Sentinel-2 terdiri dari dua satelit konstelasi yaitu Sentinel-2A dan Sentinel-2B yang mengorbit kutub pada orbit *sun-synchronous*. Data yang dihasilkan Sentinel-2 berupa data Level-1C (Reflektan TOA), data Level-2A (Reflektan BOA), dan terdiri dari 13 *band* spektral. Data Sentinel-2 sudah diproyeksikan ke sistem ortho UTM/WGS84. Citra Sentinel-2 sudah terkoreksi radiometrik, geometrik, dan orthorektifikasi dan registrasi spasial (*User Handbook*, 2015). Berikut ini adalah karakteristik dari *band-band* citra Sentinel-2A:

Tabel 1. Karakteristik Citra Sentinel-2A

<i>Band</i>	Resolusi Spasial	Panjang Gelombang Tengah	Keterangan
B1	60 m	443 nm	<i>Coastal Aerosol</i>
B2	10 m	490 nm	<i>Blue</i>
B3	10 m	560 nm	<i>Green</i>
B4	10 m	665 nm	<i>Red</i>
B5	20 m	705 nm	<i>Vegetation Red Edge</i>
B6	20 m	740 nm	<i>Vegetation Red Edge</i>
B7	20 m	783 nm	<i>Vegetation Red Edge</i>
B8	10 m	842 nm	<i>Near-Infrared</i>
B8A	20 m	865 nm	<i>Vegetation Red Edge</i>
B9	60 m	940 nm	<i>Short Wave Infrared</i>
B10	60 m	1375 nm	<i>Short Wave Infrared</i>
B11	20 m	1610 nm	<i>Short Wave Infrared</i>
B12	20 m	2190 nm	<i>Short Wave Infrared</i>

(*sumber: User Handbook, 2015*)

2.4 Klasifikasi Terbimbing (*Supervised Classification*)

Klasifikasi terbimbing merupakan proses di mana piksel pada citra satelit dikelompokkan ke dalam beberapa kelas tertentu berdasarkan statistik sampel nilai piksel (*training*) yang telah ditentukan oleh pengolah sebagai piksel acuan yang selanjutnya digunakan oleh komputer sebagai dasar untuk melakukan klasifikasi (Amal, 2023). Klasifikasi terbimbing dilakukan dengan beberapa algoritma yaitu:

2.4.1 *Maximum Likelihood Classification* (MLC)

Maximum Likelihood Classification merupakan klasifikasi yang mengacu pada pengelompokan nilai piksel berdasarkan objeknya dalam *training sample* untuk masing-masing objek (Asma, 2018). Pemilihan *training sample* berperan penting dalam proses MLC dikarenakan sampel yang tidak baik dapat menghasilkan klasifikasi yang tidak optimal dan berpengaruh pada hasil akurasi. *Maximum Likelihood Classification* (MLC) mengelaskan nilai piksel berdasarkan probabilitas suatu nilai piksel terhadap kelas tertentu dalam sampel piksel. Algoritma *Maximum Likelihood Classification* mengutamakan probabilitas maksimum dari kumpulan piksel citra yang akan diklasifikasikan.

Persamaan perhitungan metode *maximum likelihood* adalah sebagai berikut (Mau dkk., 2020):

$$P(i|X) = \frac{P(X|i)P(i)}{P(X)} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

$P(i|X)$ = peluang bersyarat dari suatu kelas i , yang dihitung dengan ketetapan bahwa vektor x tanpa syarat

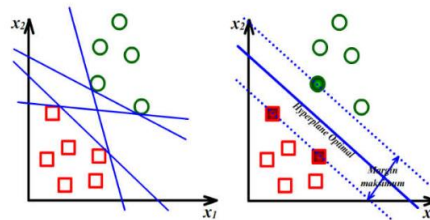
$P(X|i)$ = peluang bersyarat dari vektor x , yang dihitung dengan kelas yang tanpa syarat

$P(i)$ = peluang dari suatu kelas i yang muncul dari sebuah citra

$P(x)$ = peluang dari vektor x

2.4.2 Support Vector Machine (SVM)

Metode *machine learning* menggunakan algoritma *Support Vector Machine* (SVM). *Support Vector Machine* (SVM) merupakan klasifikasi terbimbing non-parametrik yang digunakan untuk mengklasifikasikan citra satelit yang digunakan dalam berbagai jenis pemetaan. *Support Vector Machine* berkerja dengan melakukan klasifikasi terhadap dua kelas atau lebih dengan mencari *hyperplane* terbaik (Azzahra dkk., 2023). Konsep dasar dari SVM adalah mencari *hyperplane* terbaik yang memiliki *margin* maksimal. *Hyperplane* terbaik diantara dua kelas didapatkan dengan melakukan pengukuran terhadap *margin hyperplane* tersebut dan mendapatkan titik maksimalnya (Pitoy, 2019). Fungsi dari *hyperplane* adalah sebagai pemisah dua kelas.



Gambar 1. Ilustrasi *Support Vector*
(sumber: Pitoy, 2019)

Gambar 1. Menunjukkan proses pencarian *margin hyperplane* terhadap dua kelas. *Margin* adalah jarak antara *hyperplane* dengan pola terdekat dari tiap-tiap kelas. Sedangkan pola yang letaknya terluar mendekati *hyperplane* tersebut dinamakan *support vector*. Proses dalam pencarian letak *hyperplane* optimal ini yang merupakan inti dari algoritma *support vector machine*.

2.5 Training Sample

Training sample merupakan proses pengidentifikasian prototipe kelas-kelas yang diwakilkan dengan piksel, bertujuan untuk menemukan ciri khas dari suatu kelas. Proses dalam menentukan *training sample* dilakukan dengan pengambilan titik objek di lapangan atau dengan melalui interpretasi citra satelit. Dalam melakukan klasifikasi MLC maupun SVM dibutuhkan *training sample*. Untuk menentukan

jumlah minimal *training sample* terdapat rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (Badan Informasi Geospasial, 2014):

$$A = TSM + \left(\frac{\text{luas (ha)}}{1.500} \right) \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

A = Jumlah sampel minimal

TSM = Total sampel minimal

Penentuan jumlah minimum *training sample* juga ditentukan oleh skala peta yang dibuat berdasarkan pada tabel contoh perhitungan di bawah ini:

Tabel 2. Contoh Perhitungan Jumlah *Training Sample*

Skala	Luas (ha)					
	500	1.000	5.000	10.000	20.000	100.000
1 : 25.000	50	51	53	57	63	117
1 : 50.000	30	31	33	37	43	97
1 : 250.000	20	21	23	27	33	87

(sumber: Badan Informasi Geospasial, 2014)

2.6 Matriks Konfusi

Uji akurasi yang digunakan adalah menggunakan matriks konfusi. Matriks konfusi menghitung akurasi suatu model dengan cara membandingkan dengan data referensi (Kurniantoro, 2021). Matriks konfusi menghasilkan akurasi keseluruhan (*overall accuracy*), akurasi penghasil peta (*producer's accuracy*), akurasi penggunaan peta (*user's accuracy*), dan akurasi kappa (*kappa accuracy*). Akurasi yang diperlukan dari *overall accuracy* adalah $\geq 80\%$ (Short, 1982 dalam Nawangwulan dkk., 2013). Bentuk matriks konfusi yang digunakan berdasarkan Jaya (2007) dalam Tyo dkk. (2021) dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. Matriks Konfusi

Klasifikasi	Referensi			Jumlah Piksel	Akurasi Pembuat
	A	B	C		
A	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{1+}	X_{11}/X_{1+}
B	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{2+}	X_{22}/X_{2+}
C	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{3+}	X_{33}/X_{3+}
Total Piksel	X_{1+}	X_{2+}	X_{3+}	N	
Akurasi Pengguna	X_{11}/X_{1+}	X_{22}/X_{2+}	X_{33}/X_{3+}	X_{ii}	

Secara sistematis akurasi di atas dinyatakan sebagai berikut:

$$User's\ accuracy = \frac{X_{11}}{X_{1+}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

$$Producer's\ accuracy = \frac{X_{11}}{X_{1+}} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

$$Overall\ accuracy = \frac{\sum_{i=1}^r X_{ii}}{N} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

$$Kappa\ accuracy = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r X_{1+} X_{+1}}{N^2 - \sum_{i=1}^r X_{1+} X_{+1}} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

X_{ii} = nilai diagonal matriks kontigensi baris ke-i dan kolom ke-i

X_{1+} = jumlah piksel dalam baris ke-i

X_{+1} = jumlah piksel dalam kolom ke-i

N = banyaknya piksel dalam contoh

2.7 Uji Validasi Lapangan (*Ground Truth*)

Uji validasi lapangan (*ground truth*) merupakan proses pengecekan yang dilakukan untuk mengetahui kebenaran hasil analisis, dan pengamatan jenis-jenis penggunaan lahan atau vegetasi yang ada di sekitarnya (Martono, 2008). Data hasil uji validasi lapangan (*ground truth*) digunakan untuk membantu dalam mengaitkan informasi citra satelit dengan keadaan sebenarnya ada di lapangan. *Ground truth* merupakan kegiatan pengambilan titik di lapangan yang dapat digunakan untuk membantu

meningkatkan kualitas dan akurasi hasil klasifikasi citra satelit (Purwandari dan Arymurthy, 2020)

Hasil yang diperoleh dari klasifikasi citra satelit perlu dilakukan pengujian untuk menilai keakuratan data dari masing-masing sampel uji setiap kelas. Pengujian tersebut dapat dilakukan dengan membandingkan hasil klasifikasi dengan keadaan yang sebenarnya di lapangan (*ground truth*) (Siregar dan Musadri Asbi, 2020). *Ground truth* adalah kegiatan yang dilakukan untuk mengkorelasikan piksel yang ada pada citra satelit dengan apa yang ada di lapangan dengan memverifikasi kebenaran dari sampel hasil klasifikasi citra satelit (Adisyah Putra dkk., 2023)

Cara yang dilakukan untuk pengambilan titik sampel pada uji validasi lapangan adalah dengan metode *stratified random sampling*. *Stratified Random Sampling* merupakan teknik *sampling* yang memisahkan populasi berdasarkan kelompok-kelompok yang tidak tumpah tindih, kemudian dari setiap kelompok diambil sampel secara acak sesuai dengan tujuan penelitian (Badan Informasi Geospasial, 2014). Metode ini mengambil jumlah titik sampel sesuai dengan luas kelas, yang terluas akan memiliki jumlah sampel terbanyak.

2.8 Google Earth Engine (GEE)

Google Earth Engine atau GEE merupakan *platform cloud computation* yang dirancang dan dikembangkan untuk melakukan proses dan penyimpanan *Big-data* Geospasial, termasuk citra satelit dan berbagai data vektor (Tamiminia et al., 2020). Keunggulan utama dari *platform* ini adalah tersedianya *Application Programming Interface* (APIs) yang menggunakan bahasa pemrograman *JavaScript* dan *Python*. *Google Earth Engine* mendukung berbagai analisis geospasial diantaranya pemetaan dan *monitoring* vegetasi, analisis tutupan lahan dan penggunaan lahan. Pengolahan citra satelit menggunakan GEE dilakukan dengan menyusun *script* pemrograman untuk menjalankan proses pengolahan data sesuai dengan kebutuhan pengguna (Wibowo, 2021). *Platform* GEE dibuat dengan tujuan untuk mengembangkan algoritma interaktif yang mendorong kemampuan *big data* dalam perkembangan teknologi penginderaan jauh.

Pengunduhan data citra satelit juga dapat dilakukan melalui platform GEE. Algoritma yang digunakan untuk menampilkan data citra satelit adalah `ee.ImageCollection`. Algoritma tersebut dijalankan bersamaan dengan algoritma `.filterDate` untuk menentukan jangka waktu perekaman citra, `ee.Filter.lt` yang berfungsi untuk menyeleksi citra satelit dengan persentase tutupan awan tertentu, `.map(maskS2clouds)` untuk menjalankan perintah menghilangkan tutupan awan, `.median()` adalah perintah untuk menyatukan nilai piksel dengan menggunakan nilai median antar pixel dan `.clip()` adalah perintah untuk melakukan pemotongan citra berdasarkan wilayah yang diinginkan (*Earth Engine Data Catalog*, 2017).

Platform GEE menyediakan beberapa fasilitas untuk melakukan klasifikasi terbimbing dengan metode *machine learning*, yaitu *Support Vector Machine* (SVM), *Random Forest Classification* (RFC), *Classification dan Regression Tree* (CART), dan *Naïve Bayes Classification* (NBC). Penelitian ini menggunakan klasifikasi terbimbing dengan algoritma *Support Vector Machine* (SVM), dalam *platform* GEE perintah yang digunakan untuk algoritma SVM adalah `ee.Classifier.libsvm`. Perintah tersebut dapat dijalankan dengan algoritma `ee.Classifier.libsvm().train()` (*Google Earth Engine Guides*, 2022).

2.9 Penelitian Terdahulu

Penelitian dilakukan tidak terlepas dari penelitian sebelumnya yang telah lebih dahulu menggunakan data serta metode yang sama. Penelitian sebelumnya dijadikan sebagai bahan referensi yang akan digunakan pada penelitian ini. Pada dasarnya penelitian ini memiliki persamaan dan perbedaan dengan penelitian terdahulu. Persamaannya adalah data yang digunakan merupakan data citra satelit dan penelitian ini menggunakan metode klasifikasi terbimbing dengan algoritma *maximum likelihood classification* untuk mengklasifikasikan penggunaan lahan pada citra satelit yang digunakan.

Perbedaan yang terdapat pada penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah cakupan wilayah penelitian, penggunaan citra satelit, dan penelitian ini spesifik membahas tentang perubahan penggunaan lahan sawah dengan menggunakan dua

algoritma klasifikasi terbimbing yaitu *maximum likelihood* dan *support vector machine*, sedangkan pada penelitian sebelumnya hanya menggunakan metode NDVI. Selain itu, peneliti juga melakukan pengolahan klasifikasi algoritma *support vector machine* di *platform Google Earth Engine*. Hal tersebut dilakukan untuk membandingkan hasil uji akurasi klasifikasi algoritma *support vector machine* yang diolah melalui perangkat lunak pengolah data spasial. Berikut adalah penelitian terdahulu yang menjadi referensi dalam penelitian ini.

Tabel 4. Penelitian terdahulu

Peneliti	Judul	Metode	Hasil
(Ramadhani dkk., 2021)	Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Kecamatan Kedondong, Kabupaten Pesawaran dengan Pemanfaatan Citra Landsat	Penelitian ini memanfaatkan Landsat 7 dan 8 yang diproses menggunakan metode <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI). Setelah Proses pengolahan data, dilakukan pengamatan lapang terhadap 30 titik sampel.	Analisis NDVI pada tahun 2020 menghasilkan peningkatan vegetasi dengan kerapatan rendah sebesar 9,1% dan kerapatan sedang sebesar 27,9% dari tahun 2000 hingga tahun 2020. Sementara itu, terjadi penurunan lahan terbuka sebesar 14,3%. Hasil evaluasi lapangan dan data hasil pengolahan menunjukkan tingkat keakuratan sebesar 95%.
(Hidayah dan Suharyo, 2018)	Analisa Perubahan Penggunaan Lahan Wilayah Pesisir Selat Madura Pemanfaatan Citra Landsat	Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah melakukan interpretasi terhadap hasil pengolahan citra satelit Landsat dengan teknik klasifikasi <i>supervised classification</i> menggunakan algoritma <i>maximum likelihood</i> .	Hasil penelitian mengungkapkan bahwa beberapa kelas penggunaan lahan mendominasi wilayah pesisir Selat Madura antara lain pemukiman, sawah, ladang, hutan pesisir dan tegalan. Uji Akurasi dilakukan dengan membandingkan analisis penggunaan lahan dari dengan hasil observasi lapangan menggunakan <i>Confusion Matrix</i> diperoleh nilai akurasi sebesar 86%.

(Lanjutan) Tabel 4. Penelitian Terdahulu

Peneliti	Judul	Metode	Hasil
(Dwinanto dkk., 2016)	Analisis Peningkatan Jumlah Penduduk Terhadap Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2016 sampai dengan 2020 Berbasis Citra Landsat 8OLI di Kecamatan Sumber Sari Dan Patrang	Penelitian ini menggunakan metode klasifikasi <i>supervised maximum likelihood</i> .	Akurasi penggunaan lahan menggunakan citra Landsat mencapai 91,43%, dengan kelas penggunaan lahan yang menunjukkan perubahan paling signifikan adalah lahan bangunan mencapai total luas perubahannya sebesar 443,717 hektar. Perubahan penggunaan lahan dalam lima tahun terakhir cenderung dari lahan pertanian ke non-pertanian karena meningkatnya kebutuhan untuk pemukiman, yang disebabkan oleh pertumbuhan jumlah penduduk yang tinggi.
(Rachman dkk., 2021)	Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Menggunakan Metode NDVI (<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>) pada Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan	Penelitian ini menggunakan Citra dari Landsat 7 dan 8 yang diolah dengan menggunakan metode NDVI (<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>).	Penelitian ini didapatkan hasil bahwa perubahan lahan menjadi lahan terbuka meningkat setiap tahunnya, sementara luas lahan dengan kerapatan vegetasi rendah hingga sedang menurun setiap tahunnya. Selama pengamatan lapangan penggunaan lahan yang bervariasi mulai dari pemukiman, pasar, serta berbagai kegiatan pertanian dan perkebunan.
(Asma, 2018)	Analisa Perubahan Lahan Tambak Menggunakan Metode <i>Maximum Likelihood</i> (Studi Kasus: Kota Banda Aceh)	Metode dalam penelitian ini menggunakan <i>Maximum Likelihood Classification</i> untuk menganalisis perubahan lahan tambak pada tahun yang ditentukan.	Analisis memperlihatkan bahwa terjadi perubahan luas lahan tambak tahun 2004, 2005, 2009, 2013 dan 2016. Pengurangan lahan tambak yang terjadi pada tahun 2005 dan 2009, sedangkan pada tahun 2013 terjadi penambahan luas lahan tambak dan terjadi penurunan luas lahan tambak kembali terjadi pada tahun 2016.

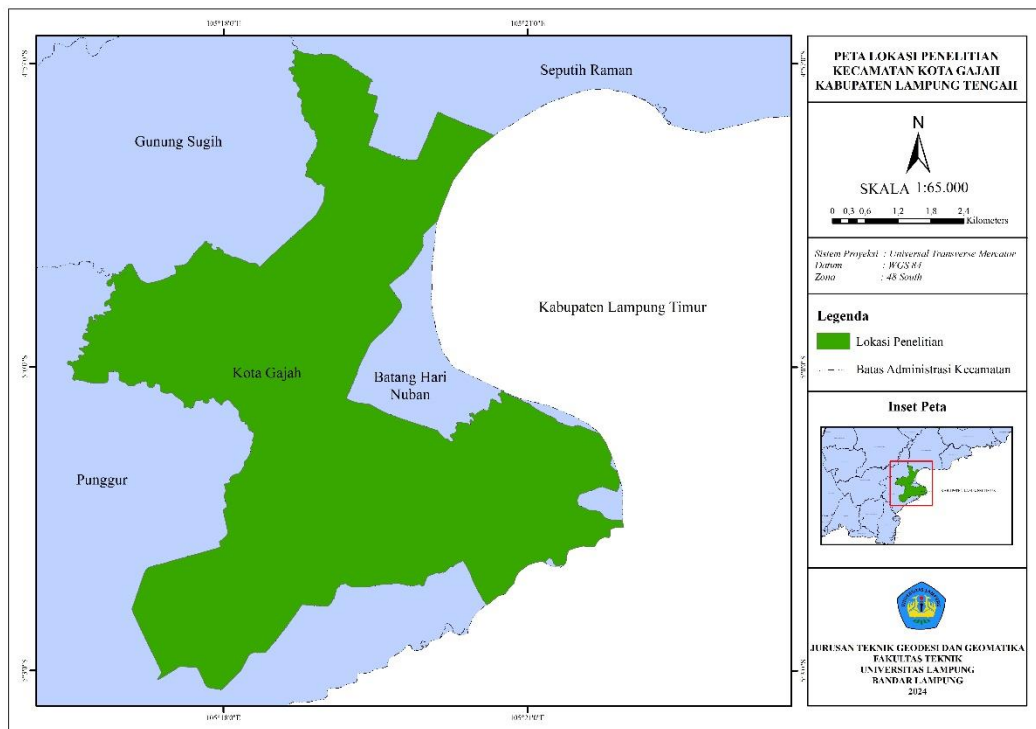
(Lanjutan) Tabel 4. Penelitian Terdahulu

Peneliti	Judul	Metode	Hasil
(Lapian dkk., 2023)	Identifikasi Perubahan Luasan Lahan di Wilayah Sub-DAS Cikeruh Menggunakan Citra Landsat 8 dengan <i>Google Earth Engine</i> (GEE)	Metode analisis yang digunakan dalam proses interpretasi citra adalah <i>Support Vector Machine</i> (SVM) tahun 2015 sampai tahun 2020.	Hasil analisis tutupan lahan menunjukkan bahwa peningkatan lahan terbangun dari tahun 2015 hingga 2020. Kenaikan luas untuk kelas lahan terbangun dari tahun 2015 hingga 2020 berdampak pada penurunan luas tutupan lahan lainnya, terutama tutupan lahan pertanian dan hutan yang menyebabkan berkurangnya daerah resapan air.
(Tarifa, Ayesha Raqia, 2024)	Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Sawah di Kecamatan Kota Gajah Kabupaten Lampung Tengah Tahun 2018 dan 2023	Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah <i>Maximum Likelihood</i> dan <i>Support Vector Machine</i> untuk menganalisis perubahan penggunaan lahan sawah pada tahun 2018 dan 2023 di Kecamatan Kota Gajah menggunakan citra satelit Sentinel-2A.	Hasil analisis yang didapatkan adalah jumlah penduduk yang terus meningkat mempengaruhi luas lahan sawah di Kecamatan Kota Gajah karena adanya perubahan penggunaan lahan sawah menjadi lahan pemukiman.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Kota Gajah, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung. Secara geografis Kecamatan Kota Gajah berbatasan wilayah dengan Kecamatan Gunung Sugih dan Kecamatan Seputih Raman di sebelah utara, Kecamatan Batanghari Nuban, Lampung Timur di sebelah timur, Kecamatan Punggur dan Pekalongan, Lampung Timur di sebelah selatan, dan Kecamatan Gunung Sugih dan Kecamatan Punggur di sebelah barat. Sebagian besar wilayah Kecamatan Kota Gajah didominasi dengan wilayah lahan pertanian.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

3.2 Waktu Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan dalam waktu empat bulan, yang dimulai pada bulan April sampai dengan bulan Agustus tahun 2024. Rincian waktu pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Waktu Pelaksanaan Penelitian

Kegiatan	Bulan				
	April	Mei	Juni	Juli	Agustus
Studi Literatur	■				
Penyusunan Proposal		■			
Persiapan Administrasi		■			
Pengumpulan Data			■		
Pengolahan Data			■	■	
Validasi Lapangan					■
Penyusunan Hasil					■

3.3 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Alat yang digunakan

Nama Alat	Keterangan
Laptop ASUS Intel Core i5 (NVIDIA GEFORCE)	Perangkat Keras
<i>Mouse</i>	
<i>Charger Laptop</i>	
Perangkat Lunak Pengolah Data Spasial	Perangkat Lunak
<i>Google Earth Pro</i>	
<i>Google Earth Engine</i>	
	Platform Pengolahan Data Citra Satelit

3.3.2 Bahan

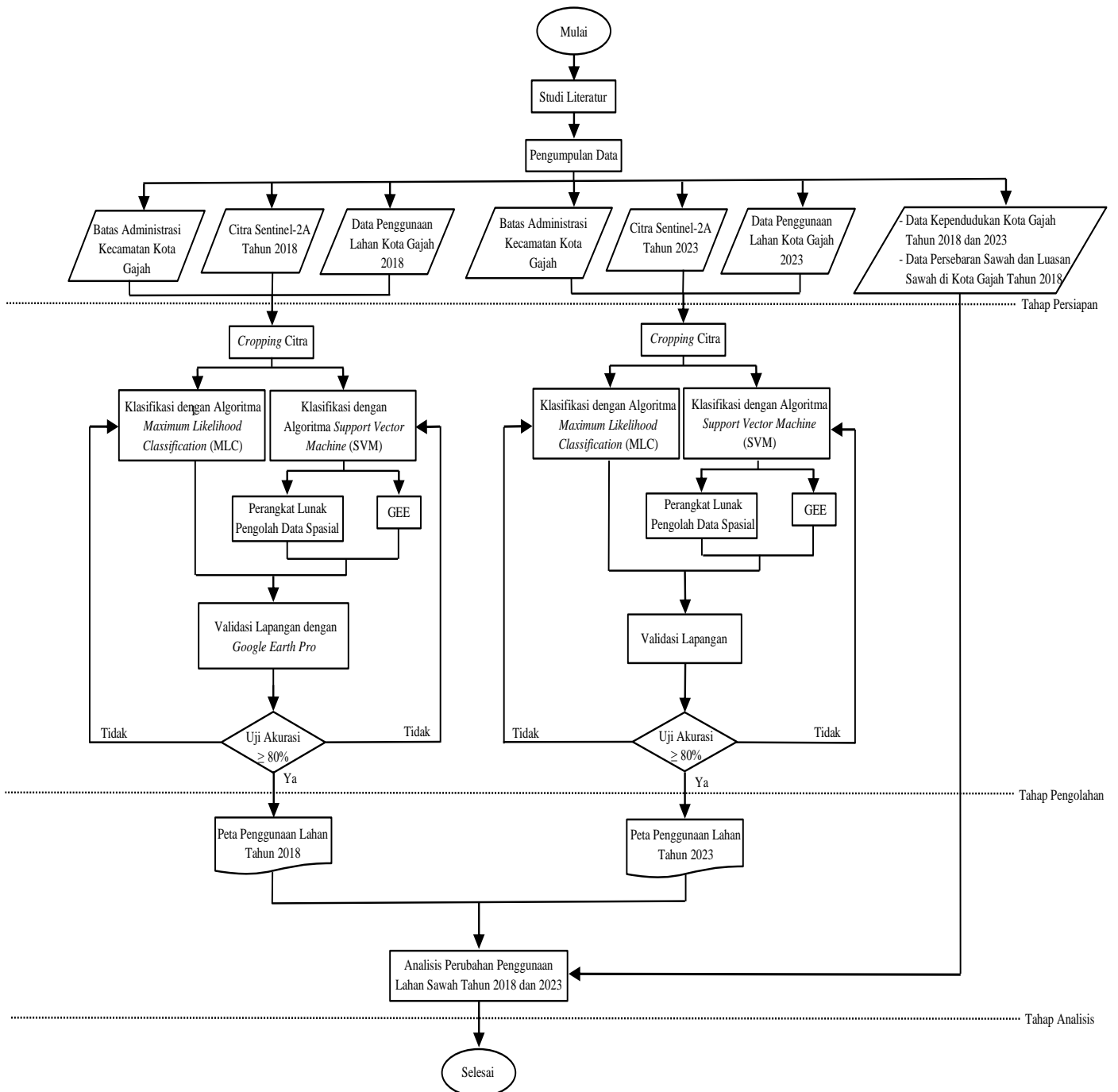
Bahan yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Bahan yang digunakan

Nama Bahan	Jenis Data	Sumber
Citra Satelit Sentinel-2A Tahun 2018 dan 2023	Raster	<i>Copernicus Data Space</i> tahun 2018 dan 2023 melalui <i>Google Earth Engine</i>
Data Kependudukan Tahun 2018 sampai dengan 2023	Atribut	BPS Kabupaten Lampung Tengah
Batas Administrasi Kecamatan Kota Gajah Tahun 2023, Penggunaan Lahan Tahun 2018 dan 2023,	Vektor	Bappeda Kabupaten Lampung Tengah
Data Pertanian (Luas Lahan Sawah Tahun 2018 sampai dengan 2023, Luas Lahan Sawah LP2B Tahun 2018 sampai dengan 2023)	Atribut	Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura Kabupaten Lampung Tengah

3.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir dalam kegiatan penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

3.5 Tahap Persiapan

Tahap persiapan dalam penelitian ini meliputi studi literatur dan pengumpulan data. Studi literatur dilakukan untuk mempelajari dan menambahkan referensi sehingga penulis mendapatkan pemahaman yang lebih baik mengenai topik yang akan diteliti serta referensi yang didapatkan berasal dari jurnal ilmiah. Pengumpulan data merupakan kegiatan dalam mencari data penelitian yang digunakan dari berbagai sumber. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data citra Sentinel-2A yang diunduh melalui laman resmi *Google Earth Engine* berdasarkan data dari *Copernicus Data Space*. Data citra Sentinel-2A yang digunakan tidak perlu dilakukan koreksi radiometrik dan atmosferik karena Sentinel-2A menggunakan sensor Sen2Cor. Sensor tersebut dirancang untuk melakukan koreksi atmosfer dan *terrain*. Sensor Sen2Cor juga menghasilkan nilai reflektan *Bottom Of Atmosphere* (BOA). Koreksi radiometrik pada citra Sentinel-2A dilakukan pada saat *processing baseline level 2A*.

Pada penelitian ini juga menggunakan data batas administrasi Kecamatan Kota Gajah, penggunaan lahan di Kabupaten Lampung Tengah yang diperoleh dari Bappeda Kabupaten Lampung Tengah, data kependudukan Kecamatan Kota Gajah yang diperoleh dari BPS Kabupaten Lampung Tengah dan data pertanian (luas lahan sawah dan luas lahan sawah berbasis LP2B) Kecamatan Kota Gajah yang diperoleh dari Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura Kabupaten Lampung Tengah.

3.5.1 Tahap Pengunduhan Data Citra melalui GEE

Pengunduhan data citra Sentinel-2A tahun 2018 dan tahun 2023 dapat dilakukan melalui *platform Google Earth Engine*. Untuk melakukan proses pengunduhan kita menggunakan *script* dengan bahasa pemrograman berupa *JavaScript*. Berikut ini adalah *script* yang peneliti gunakan untuk mengunduh data citra satelit.

```
Map.addLayer(table);
```

```
/**
```

```
* Function to mask clouds using the Sentinel-2 QA band
```

```

* @param { ee.Image } image Sentinel-2 image
* @return { ee.Image } cloud masked Sentinel-2 image
*/
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).divide(1);
}

var citra = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED")
  .filterDate('2023-02-01', '2023-05-31')
  // Pre-filter to get less cloudy granules.
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE',36))
  .map(maskS2clouds)
  .median()
  .clip(table);

var RGBTrue = citra.select(['B4', 'B3', 'B2']);
var RGBparam = { min : 0, max : 3000,};
Map.addLayer(RGBTrue, RGBparam, 'Sentinel Tahun 2023');

Map.centerObject(table, 15);

```

3.6 Tahap Pengolahan Data

Pada penelitian ini pengolahan data citra Sentinel-2A dilakukan menggunakan perangkat lunak pengolah data spasial dan *platform Google Earth Engine*.

3.6.1 Pengolahan dengan Perangkat Lunak Pengolah Data Spasial

Pengolahan data menggunakan perangkat lunak pengolah data spasial dimulai menentukan jumlah *training sample* untuk proses klasifikasi. Pengklasifikasian citra Sentinel-2A menggunakan algoritma *maximum likelihood* dan *support vector machine*, dan uji akurasi menggunakan matriks konfusi. Pengolahan data menggunakan perangkat lunak pengolah data spasial dengan algoritma *Support*

Vector Machine (SVM) dimulai dengan menginput data citra Sentinel-2A yang sebelumnya telah dilakukan *cropping* dengan batas administrasi Kecamatan Kota Gajah melalui platform GEE. Setelah itu, dilakukan penentuan *training sample* pada *tools Classification*. Kemudian *training sample* tersebut yang selanjutnya akan digunakan dalam proses klasifikasi algoritma SVM, lalu untuk proses klasifikasi dengan algoritma MLC dapat ditentukan kembali *training sample* yang akan digunakan.

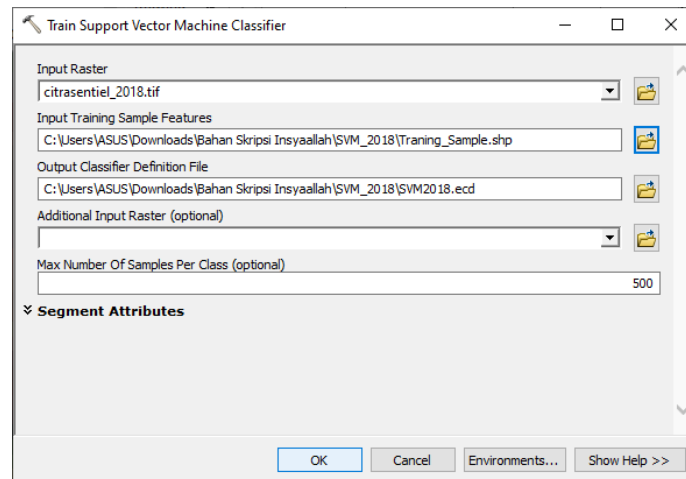
ID	Class Name	Value	Color	Count
1	Class 1	1		43
2	Class 2	2		43
3	Class 3	3		39
4	Class 4	4		48
5	Class 5	5		54
6	Class 6	6		68

ID	Class Name	Value	Color	Count
1	Sawah	1		295

ID	Class Name	Value	Color	Count
1	Sawah	1		295
2	Permukiman	2		72
3	Waduk Irigasi	3		9
4	Perkebunan	4		16
5	Kolan Ikan	5		7
6	Lahan Terbuka	6		6

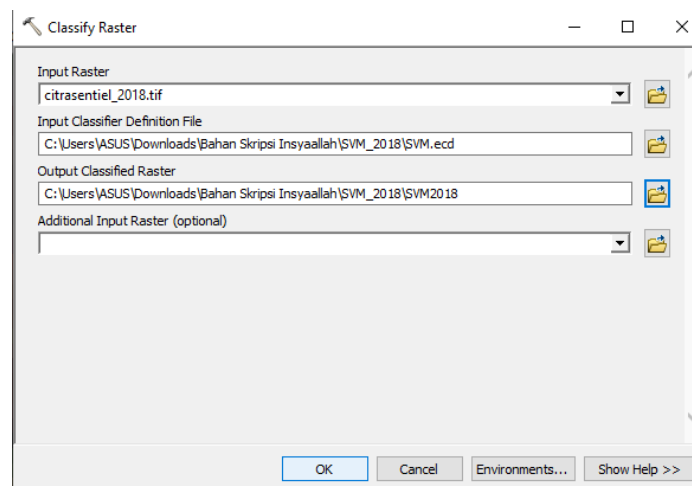
Gambar 4. Proses pembuatan *training sample*

Setelah proses penentuan *training sample*, dapat dilakukan proses klasifikasi dengan algoritma SVM dan algoritma MLC. Algoritma SVM dan MLC terdapat pada bagian *spatial analyst tools*, yaitu *segmentation and classification*. Klasifikasi dilakukan dengan *tools train support vector machine classifier*. Untuk melakukan klasifikasi dengan algoritma *Maximum Likelihood Classification* tahapan yang dilakukan sama dengan algoritma SVM yang membedakan hanya pada saat pemilihan *tools*, untuk MLC pilih *train maximum likelihood classifier*. Pada proses ini data yang digunakan adalah data raster citra sentinel-2A dan data vektor dari *training sample* kelas penggunaan lahan.



Gambar 5. Proses klasifikasi algoritma SVM

Setelah berhasil melakukan klasifikasi algoritma SVM dan MLC, untuk menampakan hasil klasifikasi tersebut pada *layer map*, harus dilakukan *classify raster* pada bagian *segmentation and classification*.



Gambar 6. Proses *Classify Raster*

3.6.2 Pengolahan dengan *Google Earth Engine*

Pengolahan data menggunakan *Google Earth Engine* dilakukan untuk proses *cropping* citra Sentinel-2A dan pengklasifikasian citra Sentinel-2A menggunakan algoritma *support vector machine*. Selain itu dilakukan juga proses uji akurasi hasil klasifikasi citra menggunakan matriks konfusi. Hasil uji akurasi yang dihasilkan

melalui pengolahan dengan *Google Earth Engine* akan dibandingkan dengan hasil uji akurasi yang diolah dengan perangkat lunak pengolah data spasial.

Setelah menampilkan data citra sentinel 2A sesuai dengan tahun dan wilayah penelitian, dapat dilakukan klasifikasi terbimbing dengan algoritma *Support Vector Machine*. Menjalankan algoritma SVM pada *Google Earth Engine* dapat menggunakan model `ee.Classifier.libsvm`. Sebelum melakukan klasifikasi, pertama harus ditentukan terlebih dahulu *training sample* dari masing-masing penggunaan lahan dengan menggunakan *script*:

```
var aoi = sawah.merge(permukiman).merge(waduk_irigasi).merge(kolam_ikan)
.merge(kebun_campuran).merge(sarana_olahraga);

var bands = ['B2','B3','B4', 'B8'];

var RGBTrue = citra.select(bands).sampleRegions({
collection: aoi,
properties: ['lc'],
scale: 10
});
```

Setelah membuat *training sample*, selanjutnya dilakukan klasifikasi terbimbing algoritma SVM dengan *script*:

```
var classifier = ee.Classifier.libsvm().train({
features: RGBTrue,
classProperty: 'lc',
inputProperties: bands
});

var classified = citra.select(bands).classify(classifier);

Map.addLayer(classified,
{min: 0, max: 5, palette:['lightgreen','red','darkblue','blue','darkgreen','brown']},
'classification');
```

Untuk melakukan uji akurasi pada klasifikasi terbimbing algoritma SVM dan hasil matriks konfusi dapat menggunakan *script* sebagai berikut:

```
var uji_aoi = Uji_Akurasi_Sawah.merge(Uji_Akurasi_Permukiman).
merge(Uji_Akurasi_Irigasi).merge(Uji_Akurasi_Kolam_Ikan).merge(Uji_Akurasi
_Kebun).merge(Uji_Akurasi_Lapangan);
```

```

var validasi = classified.sampleRegions({
  collection: uji_aoi,
  properties: ['lc'],
  scale: 10,
});
print(validasi);

var akurasi = validasi.errorMatrix('lc', 'classification');
print('Confusion matrix', akurasi);
print('Overall accuracy: ', akurasi.accuracy());
print('Kappa statistic', akurasi.kappa());

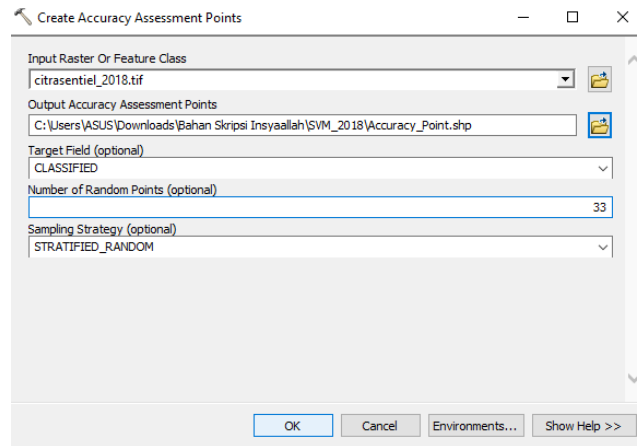
var class_areas = ee.Image.pixelArea().divide(1000*1000).addBands(classified)
.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.sum().group({
    groupField: 1,
    groupName: 'code',
  }),
  geometry: table,
  maxPixels : 500000000,
  scale: 10,
}).get('groups');

print(class_areas);

```

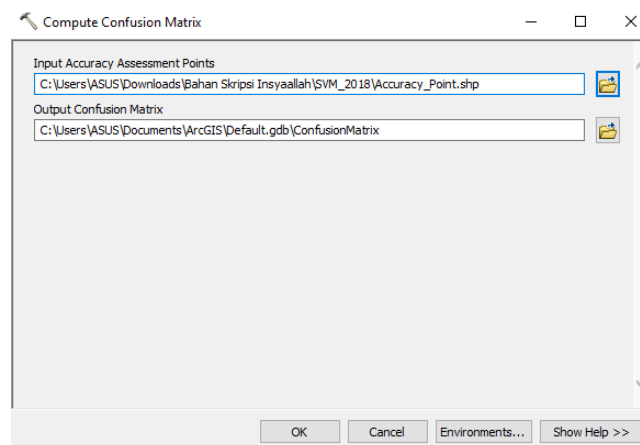
3.6.3 Validasi Lapangan

Selain uji akurasi matriks konfusi, perlu dilakukan validasi lapangan yang bertujuan untuk memastikan kebenaran hasil klasifikasi penggunaan lahan citra Sentinel-2A. Validasi lapangan dilakukan dengan uji validasi (*ground truth*) yang persebaran titik sampelnya sudah ditentukan menggunakan metode *stratified random sampling* sesuai dengan pembagian kelas klasifikasi penggunaan lahan. Apabila semua proses klasifikasi algoritma SVM dan MLC telah berhasil dilakukan, maka selanjutnya adalah menentukan titik-titik sampel untuk uji validasi lapangan dengan metode *stratified random sampling*. Pada bagian *segmentation and classification*, gunakan *tools create accuracy assessment point*, di bagian *number of random points* dapat diisi berdasarkan ketentuan titik sample pada SNI 7645-1 tahun 2014 dan *sampling strategy* dapat dipilih *stratified_random*.



Gambar 7. Proses menentukan titik uji akurasi

Apabila proses penentuan titik-titik sample uji akurasi sudah berhasil dilakukan, maka selanjutnya melakukan validasi lapangan. Validasi lapangan pada klasifikasi penggunaan lahan tahun 2018 dilakukan dengan melalui *Google Earth Pro* dengan bantuan *tools historical imagery* untuk memilih tampilan citra satelit berdasarkan dengan tahun yang diinginkan. Sedangkan validasi lapangan pada klasifikasi penggunaan lahan tahun 2023 dilakukan dengan langsung mendatangi titik-titik sample tersebut ke wilayah Kecamatan Kota Gajah. Setelah proses validasi lapangan, dapat dilakukan perhitungan matrik konfusi. Perhitungan matriks konfusi dilakukan pada bagian *segmentations and classification* yaitu *compute confusion matrix*, lalu *input data accuracy assessment point* yang sudah dilakukan sebelumnya.



Gambar 8. Proses perhitungan matriks konfusi

3.6.4 Pembuatan Peta Penggunaan Lahan Tahun 2018 dan 2023

Setelah proses klasifikasi citra Sentinel-2A, dilakukan uji akurasi menggunakan matriks konfusi dan uji validasi lapangan. Apabila nilai uji akurasi yang dihasilkan lebih dari 80% dan uji validasi lapangan sesuai dengan hasil klasifikasi penggunaan lahan maka data klasifikasi penggunaan lahan dapat dibuat peta penggunaan lahan.

3.7 Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Sawah

Perubahan penggunaan lahan sawah dapat diketahui dengan cara menganalisis perbandingan hasil klasifikasi penggunaan lahan tahun 2018 dan 2023 dan dalam melakukan analisis tersebut juga menggunakan data kependudukan yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Lampung Tengah untuk mengetahui faktor yang menjadi perubahan lahan sawah di Kecamatan Kota Gajah. Setelah proses analisis tersebut, akan terlihat hasil perubahan penggunaan lahan sawah yang terjadi di Kecamatan Kota Gajah tahun 2018 dan tahun 2023 serta faktor utama yang menyebabkan perubahan tersebut.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan analisis penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perubahan penggunaan lahan sawah di Kecamatan Kota Gajah diklasifikasikan menggunakan citra Sentinel-2A dengan algoritma SVM dan MLC. Kedua algoritma tersebut efektif dalam mengklasifikasikan citra, terbukti dari hasil nilai uji akurasi tinggi yang dihasilkan. SVM mencapai 95,25% untuk nilai *overall accuracy* dan *kappa* statistik 91,75%, sementara MLC menghasilkan nilai *overall accuracy* 92,5% dan *kappa* statistik 90%. Kedua algoritma tersebut memiliki cara kerja yang baik dalam mengklasifikasi citra Sentinel-2A di wilayah Kecamatan Kota Gajah sehingga hasil dari klasifikasi tersebut sesuai dengan keadaan yang sebenarnya. Perubahan penggunaan lahan yang terjadi di Kecamatan Kota Gajah berdasarkan hasil klasifikasi citra Sentinel-2A dengan algoritma MLC dan SVM adalah penggunaan lahan sawah menjadi penggunaan lahan bangunan permukiman desa. Perubahan penggunaan lahan sawah menurun yaitu dari 3.536,15 ha menjadi 3.448,54 ha atau berkurang sebanyak 2,48%. Peningkatan penggunaan lahan bangunan permukiman desa yaitu dari 682,46 ha menjadi 1.013,19 ha atau bertambah 48,5%.
2. Terdapat faktor utama yang menyebabkan perubahan penggunaan lahan yaitu aksesibilitas infrastruktur di Kecamatan Kota Gajah terutama di Desa Kota Gajah, Desa Purworejo, Desa Nambah Rejo, dan Desa Sri Tejo Kencono. Aksesibilitas tersebut adalah adanya pusat kegiatan ekonomi di Pasar Kota Gajah dan fasilitas umum yang tersedia seperti puskesmas,

sekolah, kantor kecamatan dan lapangan olahraga serta di lewati oleh jalan lintas kecamatan. Faktor inilah yang menjadi daya tarik untuk penduduk menetap dan membangun permukiman baru di wilayah tersebut. Pembangunan permukiman baru dapat terjadi seiring dengan peningkatan jumlah penduduk di Kecamatan Kota Gajah. Peningkatan jumlah penduduk yang terjadi di Kecamatan Kota Gajah yaitu dari 34.402 jiwa pada tahun 2017 menjadi 35.261 jiwa pada tahun 2021 meningkat 1189 jiwa atau sebesar 3,47%.

3. Perangkat lunak pengolah data spasial memiliki cara kerja yang kompleks dalam melakukan klasifikasi citra dan membutuhkan waktu yang lama yaitu sekitar 84,12 menit untuk melakukan pengolahan data, namun tidak perlu terkoneksi dengan jaringan internet. Sedangkan *platform Google Earth Engine* memiliki cara kerja yang juga kompleks dalam melakukan klasifikasi citra, namun pengunduhan data serta pengolahan data melalui GEE dapat dilakukan di waktu yang bersamaan (lebih efisien), waktu pengolahan datanya yaitu 24,26 menit, hanya saja memerlukan jaringan internet dalam proses tersebut.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian ini, terdapat saran yang dapat peneliti berikan yaitu:

1. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya juga lebih memperhatikan jangka waktu pada saat mengunduh data citra satelit. Pemilihan jangka waktu sangat berpengaruh dengan kenampakan visual citra satelit yang sesuai dengan keadaan sebenarnya. Maka harus diperhatikan lagi pada saat memilih waktu untuk mengunduh data citra satelit.
2. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya agar lebih memperhatikan pada saat pembuatan *training sample* sebelum melakukan klasifikasi citra. Pembuatan *training sample* sangat berpengaruh pada hasil klasifikasi citra, apabila *training sample* yang dibuat terlalu sedikit maka hasilnya kurang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisyah Putra, M., Sasmito, B., dan Hadi, F. 2023. Evaluasi Perkembangan dan Kesesuaian Kawasan Ruang Terbuka Hijau terhadap RTRW Kota Bekasi (Studi Kasus: Kec. Jatisampura, Kota Bekasi). *Jurnal Geodesi Undip*, 12(3), 291–300.
- Amal, Y. I. 2023. *Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Kota Bandar Lampung Tahun 2017 dan 2022 Menggunakan Citra Landsat 8*. Universitas Lampung.
- Angriani, V. 2017. *Analisis Tingkat Pengetahuan Petani Terhadap Manfaat Lahan Sawah di Kabupaten Serdang Bedagai*. 1–81.
- Asfiati, S., dan Zurkiyah. 2021. Pola Penggunaan Lahan Terhadap Sistem Pergerakan Lalu Lintas Di Kecamatan Medan Perjuangan, Kota Medan. *Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU*, 4(1), 206–216.
- Asma, N. 2018. Evaluasi Lahan Tambak Wilayah Pesisir Jepara Untuk Pemanfaatan Budidaya Ikan Kerapu. In *Skripsi : Teknik Informatika FMIPA UNSYIAH*.
- Azzahra, E., Hidayat, H., dan Bioresita, F. 2023. Penerapan Algoritma Support Vector Machine dalam Analisis Perubahan Tutupan Lahan Akibat Letusan Gunung Semeru Tahun 2021 (Studi Kasus : Kecamatan Pronojiwo). *Jurnal Teknik ITS*, 12(2).
- Badan Informasi Geospasial. 2014. Peraturan BIG Nomor 3 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Mangrove. In *Badan Informasi Geospasial*.
- Badan Standardisasi Nasional. 2014. SNI 7645-1:2014 Klasifikasi penutup lahan - Bagian 1 : Skala kecil dan menengah. *Bsn*, 7645-1(Konfirmasi), 1–51.
- BPS Kabupaten Lampung Tengah. 2023. *5 Kabupaten dengan Produksi Beras Tertinggi di Lampung*.
- BPS Kabupaten Lampung Tengah. 2023. *Kecamatan Kota Gajah Dalam Angka Tahun 2023*.

- BPS Kabupaten Lampung Tengah. 2023. *Statistik Kependudukan Lampung Tengah 2022*.
- BPS Provinsi Lampung. 2023. *Luas Wilayah (km²), 2021-2023*.
- Catur, U., Yudhatama, D., dan Mukhoriyah. 2015. Identifikasi Lahan Tambang Timah Menggunakan Metode Klasifikasi Terbimbing Maximum Likelihood Pada Citra Landsat 8. *Majalah Ilmiah Globe Volume, 17(1)*, 9–15. www.bdpjn-catalog.lapan.go.id
- Destianto, R., dan Pigawati, B. 2014. Analisis Keterkaitan Perubahan Lahan Pertanian Terhadap Ketahanan Pangan Kabupaten Magelang Berbasis Model Spatio Temporal Sig. *Geoplanning: Journal of Geomatics and Planning, 1(1)*, 21–32.
- Dewi, N. K. ., dan Rudiarto, I. 2013. Identifikasi Alih Fungsi Lahan Pertanian dan Kondisi Sosial Ekonomi Masyarakat Daerah Pinggiran. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan, 1*, 175–188.
- Dinas Pertanian Kabupaten Lampung Tengah. 2023. *Data Lahan Sawah*.
- Dwinanto, A. A. P. ., Munibah, K. ., dan Sudadi, U. 2016. Model Perubahan Dan Arah Penggunaan Lahan Untuk Mendukung Ketersediaan Beras Di Kabupaten Brebes Dan Kabupaten Cilacap. *Tataloka, 18(3)*, 157–171.
- Earth Engine Data Catalog. 2017. *Harmonized Sentinel-2 MSI: MultiSpectral Instrument, Level-2A*.
- European Space Agency. *Panduan Misi Sentinel-2*.
- Fakultas Geografi UGM. 2017. *Mengenal Laham Sawah dan Memahami Multifungsinya Bagi Manusia Dan Lingkungannya*.
- Fariz, T. R., Daeni, F., dan Sultan, H. 2021. *Pemetaan Perubahan Penutup Lahan Di Sub-DAS Kreo Menggunakan Machine Learning Pada Google Earth Engine Mapping Land Cover Changes in Kreo Sub-Watershed Using Machine Learning in Google Earth Engine. 8*, 85–92.
- Google Earth Engine Guides. 2022. *Supervised Classification*.
- Hamranani, G., Priyono, K. D., dan Taryono. 2014. *Analisis Potensi Lahan Pertanian Sawah Berdasarkan Indeks Potensi Lahan Sawah Di Kabupaten Wonosobo. 2014(June)*, 1–2.
- Hidayah, Z., dan Suharyo, O. S. 2018. Analisa Perubahan Penggunaan Lahan Wilayah Pesisir Selat Madura. *Rekayasa, 11(1)*, 19.

- Kurniantoro, R. 2021. Analisis Pengaruh Perubahan Kawasan Terbangun Menggunakan Algoritma Endisi Terhadap Suhu Permukaan Tanah. *Jurnal Geodesi Undip*, 6, 1–10.
- Lapatandau, Y. A., Rumagit, G. A. J., dan Pakasi, C. B. D. 2017. Alih Fungsi Lahan Pertanian Di Kabupaten Minahasa Utara. *Agri-Sosioekonomi*, 13(2A), 1. <https://doi.org/10.35791/agrsosek.13.2a.2017.16548>
- Lapian, A. R., Suryadi, E., dan Amaru, K. 2023. Identifikasi Perubahan Luasan Lahan di Wilayah Sub-DAS Cikeruh Menggunakan Citra Landsat 8 dengan Google Earth Engine (GEE). *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 8(2), 63–73.
- M. Laka, B., Sideng, U., dan Amal. 2017. Perubahan Penggunaan Lahan Di Kecamatan Sirimau Kota Ambon. *Jurnal Geoelebes*, 1(2), 43.
- Martono, D. N. 2008. Aplikasi Teknologi Penginderaan Jauh Dan Uji Validasinya Untuk Deteksi Penyebaran Lahan Sawah Dan Penggunaan Penutupan Lahan. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2008 (SNATI 2008)*, 2008 (Snati), 1907–5022.
- Mau, S. D. I., Ndapamury, A. M., Dima, V. A. K., Prasetyo, S. Y. J., dan Fibriani, C. 2020. Analisis Ruang Terbuka Hijau pada Kota Surabaya Menggunakan Citra Landsat 8 dan Metode Maximum Likelihood. *Indonesian Journal of Modelling and Computing*, 3(1), 24–29.
- Nawangwulan, Bambang Sudarsono, I., dan Sasmito, B. 2013. Analisis Pengaruh Lahan Pertanian Terhadap Hasil Produk Tanaman Pangan Di Kabupaten Pati. *Jurnal Geodesi Undip*, 2(2), 127–140.
- Pemerintah Kab. Lampung Tengah. 2019. *Luas Panen, Produksi, dan Produktivitas Padi Menurut Kecamatan (ha)*, 2018.
- Pitoy, C. 2019. Metode Support Vector Machines Pada Klusterisasi K-Means Data Nonlinear Separable. *Frontiers: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 71–77.
- Purwandari, E. P., dan Arymurthy, A. M. 2020. Analisis Topologi Dan Populasi Penduduk Pemukiman Miskin Menggunakan Teknologi Remote Sensing. 3(1), 641.
- Rachman, F., Ramadhani, W. S., dan Rahmat, A. 2021. Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Menggunakan Metode NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) pada Kecamatan Natar , Kabupaten Lampung Selatan. 2(1), 17–23.

- Ramadhani, W. S., Pratama, D. L., Rahmat, A., dan Istiawati, N. F. 2021. *Analisis Perubahan Penggunaan Lahan di Kecamatan Kedondong , Kabupaten Pesawaran dengan Pemanfaatan Citra Landsat Land Use Change Analysis in Kedondong subdistrict , Pesawaran District with Utilization of Landsat Images. 01(01), 58–69.*
- Saputra, A. 2020. Pemberdayaan Kelompok Tani Dalam Meningkatkan Kualitas Hasil Pertanian Di Desa Tegal Kunir Lor Kecamatan Mauk Kabupaten Tangerang. *Lembaran Masyarakat: Jurnal Pengembangan Masyarakat Islam, 6(1), 29.*
- Siregar, D. I., dan Musadri Asbi, A. 2020. Pemanfaatan Citra Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) Untuk Klasifikasi Tutupan Lahan Di Taman Nasional Gunung Merbabu. *Wahana Forestra: Jurnal Kehutanan, 15(2), 28–39.*
- Stenjem, R. S., Thompson, A. M., Karthikeyan, K. G., Lepore, B. J., Kendall, A. D., dan Hyndman, D. W. 2019. Quantity and quality of water percolating below the root zone of three biofuel feedstock crop systems. *Agricultural Water Management, 221(May), 109–119.*
- Suryadi, M. 2020. *Analisis usahatani padi sawah tadah hujan di desa teluk lanus kecamatan sungai apit kabupaten siak.*
- Tamiminia, H., Salehi, B., Mahdianpari, M., Quackenbush, L., Adeli, S., and Brisco, B. 2020. Google Earth Engine for geo-big data applications: A meta-analysis and systematic review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 164(April), 152–170.*
- Tyo, A. Z. A., Bambang, S., dan Amarrohman, F. J. 2021. *Jurnal Geodesi Undip Januari 2021 SEMARANG-BATANG Jurnal Geodesi Undip Januari 2021. 11–20.*
- User Handbook. 2015. Sentinel-2 User Handbook. In *Industrial and Engineering Chemistry* (Vol. 48, Issue 9).
- Wahyunto, dan F. W. 2014. Lahan Sawah Sebagai Pendukung Ketahanan Pangan serta Strategi Pencapaian Kemandirian Pangan. *Jurnal Sumberdaya Lahan, 8(3), 17–30.*
- Wibowo, A. 2021. *Aplikasi Google Earth Engine. 19(2).*
- Yani, N., Sulistiawaty, dan Usman. 2022. Perbandingan Metode Klasifikasi Maximum Likelihood dan Support Vector Machine dalam Pemetaan Genangan Banjir (Studi Area: Kawasan Danau Tempe). *Indonesian Journal of Fundamental Sciences, 8(1), 9–17.*

- Zalmita, N., Alvira, Y., dan Furqan, M. H. 2020. Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Menggunakan Sistem Informasi Geografis (Sig) Di Gampong Alue Naga Kecamatan Syiah Kuala Tahun 2004-2019. *Jurnal Geografi*, 9(1), 1.
- Zhu, G., and Blumberg, D. G. 2002. Classification using ASTER data and SVM algorithms: The case study of Beer Sheva, Israel. *Remote Sensing of Environment*, 80(2), 233–240.