

**DETEKSI CEPAT TUTUPAN LAHAN KOPI DI AREAL
AGROFORESTRI DENGAN MENGGUNAKAN DATA PENGINDERAAN
JAUH (Studi Kasus KPH Batutegi, Kabupaten Tanggamus, Provinsi
Lampung)**

(Skripsi)

Oleh

**ACHMAD RAFLY GYMNASIAR
2054151002**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

DETEKSI CEPAT TUTUPAN LAHAN KOPI DI AREAL AGROFORESTRI DENGAN MENGGUNAKAN DATA PENGINDERAAN JAUH (Studi Kasus KPH Batutegi, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung)

Oleh

ACHMAD RAFLY GYMNASTIAR

Agroforestri merupakan suatu sistem pertanian dimana pepohonan ditanam secara tumpang sari dengan satu atau lebih jenis tanaman semusim. Pepohonan dapat ditanam sebagai pagar mengelilingi petak lahan tanaman pangan, secara acak dalam petak lahan, atau dengan pola lain misalnya berbaris dalam larikan sehingga membentuk lorong/pagar. Salah satu model agroforestri yang dikembangkan di Indonesia adalah agroforestri kopi. Agroforestri kopi mampu menyediakan jasa ekosistem yang hampir sama dengan hutan, mewujudkan manfaat sosial, ekonomi dan lingkungan (konservasi). Penelitian ini bertujuan mendeteksi secara cepat yang paling akurat dengan menggunakan metode indeks vegetasi seperti NDVI, EVI, SAVI, NBR, TDVI dan menggunakan metode Object Oriented Classification (OOC). Hasil penelitian ini menunjukkan dari titik ground check di Gapoktan sinar harapan dan Gapoktan Trisno wana jaya bahwa dari kedua metode deteksi dari ketiga tutupan lahan hutan, Agroforestri, dan monokultur mendapatkan overall 97,17% dengan menggunakan OOC. Hasil luasan tutupan lahan di hutan tahun 2016 – 2022 mendapatkan sebesar 24743,24 Ha dengan mengalami penurunan signifikan 16763,34 Ha. Sedangkan tutupan lahan agroforestry dari tahun 2016 – 2022 mendapatkan 11486,20 Ha dengan mengalami kenaikan secara signifikan sebesar 19905,63 Ha. Tutupan lahan monokultur dari tahun 2016 – 2022 mendapatkan sebesar 13996,50 Ha sampai dengan 16935,25 Ha tutupan monokultur mengalami kenaikan dan penurunan. Dinamika disana yang cukup drastis perubahannya, dari kelas Hutan, Agroforestri, dan monokultur mengalami perubahan kenaikan dan penurunan. Perburuan liar dan penembangan pohon untuk membuka lahan kopi.

Kata kunci: Agroforestri kopi, Penginderaan Jauh, Indeks Vegetasi, Object Oriented Classification, KPH Batutegi

ABSTRACT

QUICK DETECTION OF COFFEE LAND COVERAGE IN AGROFORESTRY BY USING REMOTE SENSING DATA (Case Study of Forest Management Unit Batutegi, Tanggamus Regency, Lampung Province)

By

ACHMAD RAFLY GYMNASTIAR

Agroforestry is an agricultural system where trees are intercropped with one or more annual crops. Trees can be planted as fences around food crop plots, randomly within plots, or in other patterns such as lining up in rows to form aisles/fences. One of the agroforestry models developed in Indonesia is coffee agroforestry. Coffee agroforestry is capable of providing ecosystem services similar to forests, realising social, economic and environmental (conservation) benefits. This research aims to quickly detect the most accurate by using vegetation index methods such as NDVI, EVI, SAVI, NBR, TDVI and using the Object Oriented Classification (OOC) method. The results of this study show from the ground check points at Gapoktan Sinar Harapan and Gapoktan Trisno Wana Jaya that from both detection methods from the three land covers of forest, Agroforestry, and monoculture get an overall 97.17% using OOC. The results of the land cover area in the forest in 2016 - 2022 obtained 24743.24 Ha with a significant decrease of 16763.34 Ha. While agroforestry land cover from 2016 - 2022 obtained 11486.20 Ha with a significant increase of 19905.63 Ha. Monoculture land cover from 2016 - 2022 obtained 13996.50 Ha to 16935.25 Ha of monoculture cover experiencing an increase and decrease. The dynamics there are quite drastic changes, from the Forest, Agroforestry, and monoculture classes experiencing changes in increase and decrease. Poaching and felling of trees to clear land for coffee.

Kata kunci: Coffee Agroforestry, Remote Sensing, Vegetation index, Object Oriented Classification, Forest Management Unit Batutegi

**DETEKSI CEPAT TUTUPAN LAHAN KOPI DI AREAL AGROFORESTRI
DENGAN MENGGUNAKAN DATA PENGINDERAAN JAUH (Studi Kasus
KPH Batutegi, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung)**

Oleh

Achmad Rafly Gymnastiar

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Kehutanan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : **DETEKSI CEPAT TUTUPAN LAHAN KOPI DI
AREAL AGROFORESTRI DENGAN
MENGUNAKAN DATA PENGINDERAAN
JAUH (Studi Kasus KPH Batutegi, Kabupaten
Tanggamus, Provinsi Lampung)**

Nama Mahasiswa : **Achmad Rafly Gymnastiar**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2054151002**

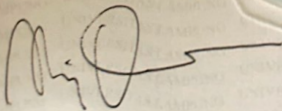
Jurusan : **Kehutanan**

Fakultas : **Pertanian**

Tanggal Pengajuan : **juni 2024**

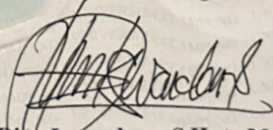
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



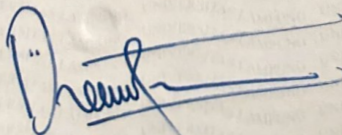
Dr. Arief Darmawan, S.Hut., M.Sc.
NIP 197907012008011009

2. Komisi Pembimbing



Dian Iswandaru, S.Hut., M.Sc.
NIP 198607052015041002

3. Ketua Jurusan Kehutanan

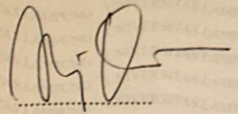


Dr. Bainah Sari Dewi, S.Hut., M.P., IPM.
NIP 197310121999032001A

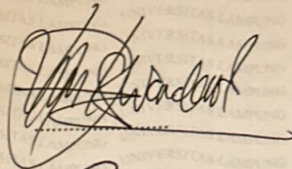
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

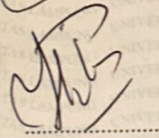
Ketua Komisi : **Dr. Arief Darmawan, S.Hut., M.Sc**



Sekretaris : **Dian Iswandaru, S.Hut., M.Sc.**



Penguji : **Hari Kaskoyo, S.Hut., M.P., Ph.D**



2. Dekan Fakultas Pertanian



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

NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **6 Juni 2024**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Achmad Rafly Gymnastiar

NPM : 2054151002

Menyatakan dengan sebenar-benarnya dan sesungguhnya-sungguhnya, bahwa skripsi saya yang berjudul

“DETEKSI CEPAT TUTUPAN LAHAN KOPI DI AREAL AGROFORESTRI DENGAN MENGGUNAKAN DATA PENGINDERAAN JAUH (Studi Kasus KPH Batutegi, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung)”

Adalah benar karya saya sendiri yang saya susun dengan norma dan etika akademik yang berlaku saat ini. Kemudian, saya juga tidak keberatan apabila sebagian dari skripsi ini digunakan oleh dosen dan/atau program studi untuk kepentingan publikasi. Jika di kemudian hari terbukti pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 19 Juli 2024

Yang menyatakan



Achmad Rafly Gymnastiar
NPM 2054151002

RIWAYAT HIDUP



Penulis ini bernama Achmad Rafly Gymnastiar dilahirkan di Kampung Duri Pulo, Jakarta Pusat, DKI Jakarta pada tanggal 18 juli 2002. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Anak dari bapak Achmad Yani dan Ibu Anis Fatmawati. Penulis menempuh pendidikan Taman Kanak – kanak (TK) di TK Aisyiyah 2 tahun 2006 – 2008 , Sekolah Dasar (SD) di SDN 11 Pagi grogol petamburan 2008 – 2017. Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 69 Jakarta Barat. dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 25 Jakarta Pusat tahun 2017 – 2020. Tahun 2020 penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur seleksi mandiri wilayah barat (SMMPTN Barat).

Selama penulis menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi didalam kampus. Penulis tersebut menjadi anggota organisasi Himpunan Mahasiswa Jurusan Kehutanan (Himasyulva) sebagai anggota. Penulis juga mengikuti kegiatan wajib yaitu KKN desa bumi agung, Kec. belalau, Kab. Lampung Barat selama 40 hari. Penulis mengikuti kegiatan PU atau Praktik Umum di Hutan pendidikan Universitas Gajah Mada (UGM) di KHDTK Wanagama, Gunung Kidul, Yogyakarta dan KHDTK getas yang berada di Blora Jawa Tengah pada agustus 2023 selama 20 hari. Selain itu penulis melakukan kerja sama dengan pihak PT Nestle dengan penelitian dan pengembangan “Aspek Pemantauan Lahan dan Keanekaragaman Hayati Pada Program Rehabilitasi Lahan Daerah Aliran Sungai di KPH Batutegi”. Penulis tersebut juga menjadi Asisten Dosen Pada mata kuliah Pemetaan dan Geomatika dasar Kehutanan pada semester Genap (2023); Penginderaan Jauh semester Genap (2024); Ekologi Landscape semester genap (2024). Penulis juga menghasilkan karya jurnal ilmiah dan menjadi kategori penelitian dan presentasi terbaik di seminar Internasional Media Konservasi

*Scientific Journal In Consevation, Environment & Ecotourism dengan Judul
“COFFEE PLANTATION DETECTION IN AGROFORESTRY AREA OF
BATUTEGI FOREST MANAGEMENT UNIT USING REMOTE SENSING
SATELLITE IMAGE”.*

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanallu Wa Ta'ala karena berkat rahmat dan hidayat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Deteksi Cepat Tutupan lahan Kopi Di Areal Agroforestri Dengan Menggunakan Data Penginderaan Jauh (Studi Kasus KPH Batutegi, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung)” sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Kehutanan. terselesaikannya penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak. Penulis dengan segala kerendahan hati mengucapkan terima kasih banyak kepada pihak yang telah membantu sebagai berikut:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., IPM., ASEAN Eng. selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Ibu Dr. Hj. Bainah Sari Dewi, S.Hut., M.P., IPM. selaku Ketua Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
4. Bapak Dian Iswandaru, S.Hut., M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik (PA) yang telah memberi saran dan arahan sehingga penulis termotivasi sehingga bisa menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Arief Darmawan, S.Hut., M.Sc. selaku pembimbing pertama atas semua bimbingan, nasihat dan pelajaran berharga selama melakukan penulisan skripsi.
6. Bapak Dian Iswandaru, S.Hut., M.Sc. selaku dosen pembimbing kedua atas semua bimbingan telah memberikan pengarahan, bimbingan dan petunjuk

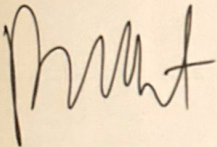
kepada penulis mulai dari awal penyusunan proposal penelitian sampai skripsi ini terselesaikan.

7. Bapak Dr. Hari Kaskoyo, S.Hut., M.P., selaku dosen penguji utama atas masukan penulisan, saran dan kritik yang bermanfaat untuk kesempurnaan skripsi ini.
8. Segenap bapak dan ibu dosen Jurusan Kehutanan yang telah memberikan wawasan dan ilmu pengetahuan kepada penulis selama masa perkuliahan di Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
9. Segenap pihak PT Nestle yang telah mendanai penelitian ini, serta segenap pengurus Gabungan Kelompok Tani Sinar Harapan dan Gabungan Kelompok Tani Trisno Wana Jaya di Desa Datar Lebuay, Kecamatan Ulu Belu, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung.
10. Kepada bapak Achmad Yani dan Anis Fatmawati selaku orang tua penulis yang telah memberikan dukungan, motivasi, nasihat dan material yang tidak akan terbalas sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi.
11. Adik kandung penulis Achmad Rayyan Hawari dan Riesta Auliyani yang telah memberi dukungan kepada penulis dalam proses penyelesaian skripsi ini.
12. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Jurusan Kehutanan (Himasyulva) Universitas Lampung.
13. Saudara seperjuangan angkatan 2020 (BEAVERS).
14. Kehutanan Sugeng yang telah memberikan semangat, hiburan dan dukungan kepada penulis.
15. Teman Seperbimbingan (Sayudi, Ruwaida Dzakiyyaah) yang telah berjuang bersama selama proses penyelesaian skripsi
16. Tim Nestle 2023 Achmad Rafly Gymmastiar, Lusiana Tursina Silaban, Rizky Reza Maulana, Frada Setia Mona, Lusiana Leni Maryani, Sayudi, Annisa, Fadela Yunika Sari, dan Brilian Arga Wiratama yang sudah membantu penulis dalam melakukan pengambilan data di lokasi penelitian.
17. Pemilik NIM 1951010387 yang senantiasa mendengarkan keluh kesah penulis dengan sabar, memberikan motivasi, pengingat dan menemani penulisan hingga akhir skripsi.

18. Teman-teman, sahabat, dan kerabat yang telah banyak memberikan semangat serta dukungan penulis dalam akademik maupun non-akademik.
19. Serta seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu oleh penulis yang telah banyak membantu penulis selama melakukan perkuliahan dan proses skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa di dunia ini tidak ada yang sempurna sama halnya skripsi ini. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diperlukan dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat serta berguna bagi ilmu pengetahuan di masa yang akan datang.

Bandar Lampung, 19 Juli 2024



Achmad Raffly Gymnastiar

***“Dengan menyebut nama Allah, Kupersembahkan karya tulis ini
untuk kedua orang tua tersayangan
Bapak Achmad Yani dan Ibu Anis fatmawati”***

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
I.PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	3
1.4 Kerangka Pemikiran.....	4
II.TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Gambaran Umum Tempat Lokasi Penelitian.....	5
2.2 Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH).....	6
2.3 Agroforestri Kopi.....	7
2.4 Tutupan Lahan	7
2.5 Perubahan Tutupan Lahan.....	8
2.6 Penginderaan Jauh.....	9
2.7 <i>Object Oriented Classification</i> (OOC).....	10
2.8 <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI)	11
2.9 Nilai Ambang Batas (<i>Threshold</i>)	12
2.10 <i>Normalized Burn Ratio</i> (NBR)	13
2.11 <i>Soil Adjusted Vegetation Index</i> (SAVI)	13
2.12 <i>Enhanced Vegetation Index</i> (EVI)	14
2.13. <i>Transformed Difference Vegetation Index</i> (TDVI).....	14
III.METODE PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	17
3.3 Pengumpulan Data	17
3.3.1 Data Primer	17
3.3.2 Data Sekunder	20
3.4 Metode Analisis Data	20

3.4.1 Pra-Pengolahan Citra Satelit	20
3.4.2 Klasifikasi Citra	20
3.4.3 <i>Object Oriented Classification</i> (OOC)	21
3.4.4 Indeks Vegetasi	21
3.4.4.1 <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI)	22
3.4.4.2 <i>Enhanced Vegetation Index</i> (EVI)	23
3.4.4.3 <i>Soil-Adjusted Vegetation Index</i> (SAVI)	24
3.4.4.4 <i>Normalized Burn Ratio</i> (NBR)	25
3.4.4.5. <i>Transformed Difference Vegetation Index</i> (TDVI).....	26
IV.HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1. Klasifikasi Tutupan Lahan Areal Agroforestri di KPH Batutegi.....	27
4.2. Deteksi Tutupan Lahan Berdasarkan <i>Object Oriented Classification</i> ...	28
4.3. Indeks Vegetasi Deteksi Cepat Tutupan Lahan	32
4.4. Uji Akurasi (<i>accuracy assessment</i>).....	47
4.5. Perubahan Tutupan Lahan Agroforestri Kopi.....	50
4.6. Dinamika Hasil Pengamatan di KPH Batutegi	54
V.KESIMPULAN DAN SARAN	56
5.1. Kesimpulan	56
5.2. Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Penggunaan Kombinasi <i>Band</i> Untuk Studi Citra Landsat 8.....	12
Tabel 2. Pengkelasan SAVI	14
Tabel 3. Informasi waktu Citra Landsat 8.....	17
Tabel 4. Pengkelasan Nilai NDVI.....	23
Tabel 5. Pengkelasan Indeks NBR.....	26
Tabel 6. Kenampakan Objek Citra Klasifikasi Tutupan Lahan Di Areal KPH Batuteji.	27
Tabel 7. Parameter Digunakan Metode OOC	28
Tabel 8. Penilaian Indeks Vegetasi Berbagai Metode	33
Tabel 9. Nilai Akurasi Metode OOC Segmentasi 30.....	47
Tabel 10. Nilai Akurasi Metode OOC Segmentasi 50.....	48
Tabel 11. Nilai Akurasi Indeks Vegetasi	48
Tabel 12. Perbandingan Akurasi Tertinggi.	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar.1 Kerangka Pemikiran.....	4
Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian	16
Gambar 3. Komposit Citra Landsat 8 Tahun 2016	18
Gambar 4. Komposit Citra Landsat 8 Tahun 2018	18
Gambar 5. Komposit Citra Landsat 8 Tahun 2020	19
Gambar 6. Komposit Citra Landsat 8 Tahun 2022	19
Gambar 7. Kategori Kehijauan NDVI	23
Gambar 8. Parameter Digunakan Metode OOC: (A) Skala 50; dan (B) Skala 30	29
Gambar 9. Metode OOC Tahun 2022 Dengan Segmentasi 30	30
Gambar 10. Metode OOC Tahun 2022 Dengan Segmentasi 50	30
Gambar 11. Metode OOC Tahun 2020 Segmentasi 30	31
Gambar 12. Metode OOC Tahun 2020 Segmentasi 50	31
Gambar 13. Diagram Indeks Vegetasi Metode NDVI Pada Tahun 2020	35
Gambar 14. Diagram Indeks Vegetasi Metode SAVI Pada Tahun 2020.....	35
Gambar 15. Diagram Indeks Vegetasi Metode EVI Pada Tahun 2020	35
Gambar 16. Diagram Indeks Vegetasi Metode NBR Pada Tahun 2020.....	36
Gambar 17. Diagram Indeks Vegetasi Metode TDVI Pada Tahun 2020	36
Gambar 18. Diagram Indeks Vegetasi Metode NDVI Pada Tahun 2022	36
Gambar 19. Diagram Indeks Vegetasi Metode SAVI Pada Tahun 2022.....	37
Gambar 20. Diagram Indeks Vegetasi Metode EVI Pada Tahun 2022	37
Gambar 21. Diagram Indeks Vegetasi Metode NBR Pada Tahun 2022.....	37
Gambar 22. Diagram Indeks Vegetasi Metode TDVI Pada Tahun 2022	38
Gambar 23. Visualisasi Ambang Batas hutan (0,5-Standar Deviasi) TDVI.....	39
Gambar 24. Visualisasi Ambang Batas agroforestri (0,5-Standar Deviasi) TDVI.	40
Gambar 25. Visualisasi Ambang Batas monokultur (0,5-Standar Deviasi) TDVI.	40
Gambar 26. Visualisasi Ambang Batas hutan (1-Standar Deviasi) TDVI.....	41
Gambar 27. Visualisasi Ambang Batas agroforestri (1-Standar Deviasi) TDVI..	41

Gambar 28. Visualisasi Ambang Batas Monokultur (1-Standar Deviasi) TDVI..	42
Gambar 29. Visualisasi Ambang Batas Hutan (1,5-Standar Deviasi) TDVI.....	42
Gambar 30. Visualisasi Ambang Batas Agroforestri (1,5-Standar Deviasi) TDVI.	43
Gambar 31. Visualisasi Ambang Batas Monokultur (1,5-Standar Deviasi) TDVI.	43
Gambar 32. Visualisasi Ambang Batas Hutan (2-Standar Deviasi) TDVI.....	44
Gambar 33. Visualisasi Ambang Batas Agroforestri (2-Standar Deviasi) TDVI.	44
Gambar 34. Visualisasi Ambang Batas Monokultur (2-Standar Deviasi) TDVI..	45
Gambar 35. Visualisasi Ambang Batas Hutan (<i>minimum-maximum</i>) TDVI.....	45
Gambar 36. Visualisasi Ambang Batas Agroforestri (<i>minimum-maximum</i>) TDVI.	46
Gambar 37. Visualisasi Ambang Batas Monokultur (<i>minimum-maximum</i>)TDVI.	46
Gambar 38. Visualisasi Kombinasi Ambang Batas TDVI.	47
Gambar 39. Grafik Perubahan Luasan Tutupan Lahan.....	51
Gambar 40. Visualisasi Perubahan Tutupan Lahan Tahun 2016.....	51
Gambar 41. Visualisasi Perubahan Tutupan Lahan tahun 2018.	52
Gambar 42. Visualisasi Perubahan Tutupan Lahan tahun 2020.	52
Gambar 43. Visualisasi Perubahan Tutupan Lahan tahun 2022.	53
Gambar 44. Penebang Liar dan Pembukaan Lahan di KPH Batutegi	54

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Agroforestri merupakan suatu sistem penggunaan lahan yang menggabungkan antara sistem pertanian dan kehutanan di mana pepohonan ditanam secara tumpang sari dengan satu atau lebih jenis tanaman semusim. Pepohonan dapat ditanam sebagai pagar mengelilingi petak lahan tanaman pangan, secara acak dalam petak lahan, atau dengan pola lain misalnya berbaris dalam larikan sehingga membentuk lorong/pagar. Jenis-jenis pohon yang ditanam juga sangat beragam, dapat yang bernilai ekonomi tinggi misalnya kelapa, karet, cengkeh, kopi, kakao (coklat), nangka, belinjo, petai, jati dan mahoni atau yang bernilai ekonomi rendah seperti dadap, lamtoro dan kaliandra. Jenis tanaman semusim biasanya berkisar pada tanaman pangan yaitu padi (gogo), jagung, kedelai, kacang-kacangan, ubi kayu, sayur-sayuran dan rerumputan atau jenis-jenis tanaman lainnya (Widiyanto, 2013).

Salah satu model agroforestri yang dikembangkan di Indonesia adalah agroforestri kopi yang merupakan sistem pertanian komoditas kopi secara berkelanjutan. Model ini mampu menyediakan jasa ekosistem yang hampir menyerupai hutan, yaitu dapat mewujudkan manfaat lingkungan (konservasi), sosial, dan ekonomi yang berguna bagi masyarakat pengelola agroforestri kopi (Prasmatiwi *et al.*, 2010). Masyarakat memiliki ketergantungan yang cukup tinggi terhadap kawasan hutan untuk dijadikan sebagai tempat mencari nafkah. Masyarakat yang menjadi petani cukup memiliki persepsi yang baik terhadap kawasan hutan, akan tetapi terkadang belum diimplementasikan secara sesuai dalam teknik budidaya kopi (Munawaroh *et al.*, 2011). Keterlibatan masyarakat dalam agroforestri kopi membutuhkan adanya pelatihan dan pendidikan agar model ini dapat diimplementasikan secara berkelanjutan, Hal ini dapat meningkatkan

kesejahteraan petani serta mempertahankan tutupan lahan yang vegetasi cukup tinggi.

Tutupan lahan merupakan salah satu komponen penting dalam konteks pengelolaan suatu kawasan hutan, semakin baik jenis tutupan lahan atau vegetasi hutannya maka dapat diasumsikan bahwa kawasan hutan tersebut dalam keadaan baik. Tutupan lahan mengacu pada kondisi fisik dan biologis permukaan bumi, yang meliputi hutan, agroforestri, monokultur, pemukiman, dan badan air. Tutupan lahan dapat dideteksi secara otomatis menggunakan penginderaan jauh, sehingga dapat mengurangi kuantitas turun langsung ke lapangan yang dikenal sebagai deteksi cepat.

Deteksi cepat dapat memuat berbagai informasi spasial secara akurat, salah satunya untuk mengetahui perubahan tutupan lahan termasuk areal agroforestri secara multi waktu (Kurniawan, 2021). Deteksi cepat sangat penting dalam pengelolaan sumber daya alam, perencanaan tata ruang, dan pemantauan lingkungan. Menurut hasil penelitian Laura (2019), deteksi cepat dapat menggunakan metode klasifikasi berorientasi objek (OOC) dan indeks vegetasi (*Vegetation Indices Classification*), untuk memproses data penginderaan jauh.

Metode penginderaan jauh telah menjadi alat yang sangat berharga dan efisien dalam menyediakan data tentang tutupan lahan dan vegetasi dengan cepat, luas, akurat, dan mudah (Gong *et al.*, 2013). Teknologi penginderaan jauh berbasis satelit telah menjadi pilihan yang populer dan digunakan untuk berbagai tujuan. Teknologi ini memiliki beberapa keunggulan, seperti harganya yang terjangkau dan mudah diakses, kemampuan untuk memberikan data secara berkala untuk keperluan pemantauan, cakupan yang luas yang dapat mencakup wilayah terpencil, dan data yang tersedia dalam format digital yang dapat digunakan untuk berbagai tujuan seperti untuk melakukan pemantauan tutupan lahan agroforestri (Niagara *et al.*, 2020).

Penelitian ini menganalisis berbagai metode untuk mendeteksi tutupan lahan di areal agroforestri kopi menggunakan data penginderaan jauh. Penelitian deteksi cepat tutupan lahan kopi di areal agroforestri dengan menggunakan data penginderaan jauh dapat membantu meningkatkan pemahaman tentang tutupan lahan kopi, terutama bagaimana informasi tentang tutupan lahan kopi dapat

didapatkan dengan cepat dan akurat. Berdasarkan latar belakang di atas penulisan merumuskan masalah sebagai berikut:

1. Manakah metode yang paling akurat dalam deteksi cepat tutupan lahan kopi di areal agroforestri?
2. Bagaimana perbedaan klasifikasi kondisi setiap tutupan lahan kopi di areal agroforestri menggunakan penginderaan jauh?
3. Bagaimana dinamika tutupan lahan kopi di areal agroforestri?

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan dari penelitian tersebut tujuannya adalah:

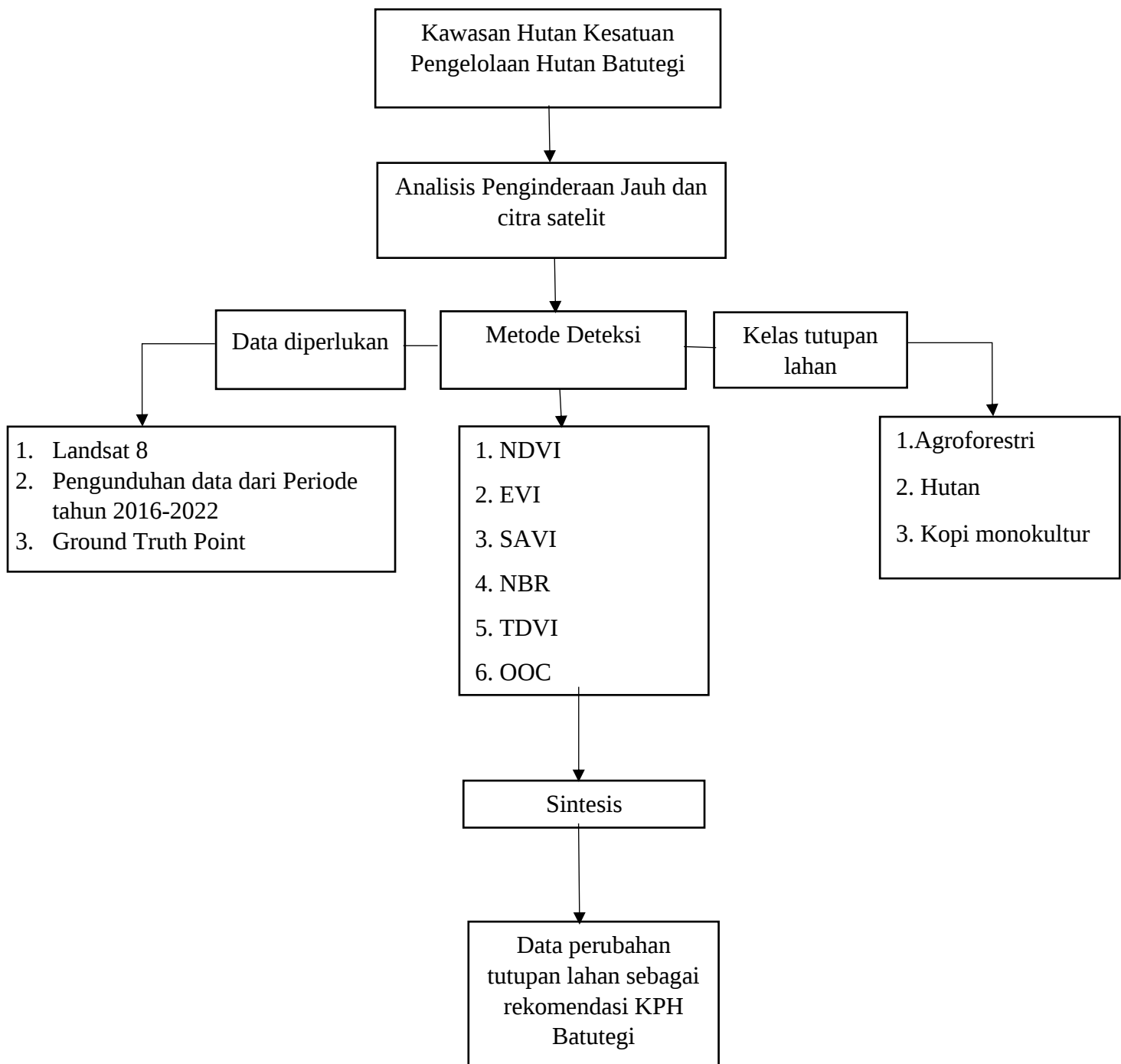
1. Mengetahui perbandingan metode yang paling akurat dalam mendeteksi cepat tutupan lahan kopi di areal agroforestri
2. Memetakan perbedaan klasifikasi disetiap tutupan lahan kopi di areal agroforestri
3. Menganalisis tutupan lahan kopi di areal agroforestri dalam jangka waktu 2016-2022

1.3 Manfaat Penelitian

Berdasarkan dari penelitian tersebut bisa mempunyai manfaat yaitu:

1. Sebagai referensi acuan untuk penelitian selanjutnya tentang deteksi cepat tutupan lahan kopi di areal agroforestri
2. Bisa dikaitkan untuk merumuskan upaya dalam pengelolaan
3. Penelitian deteksi cepat tutupan lahan dapat membantu dalam memahami dampak lingkungan dari perubahan penggunaan lahan
4. Penelitian perubahan tutupan lahan juga dapat digunakan untuk pemantauan perubahan yang terjadi dari waktu ke waktu.

1.4 Kerangka Pemikiran



Gambar.1 Kerangka pemikiran

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Tempat Lokasi Penelitian

Letak geografis Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Batutegi pada 104°27'-104°54' BT dan 5°5'-5°22' LS. KPH Batutegi meliputi sebagian kawasan Hutan Lindung Register 39 Kota Agung Utara, sebagian kawasan hutan lindung Register 22 Way Waya dan sebagian kawasan hutan lindung Register 32 Bukit Rindingan. Luas areal kelola KPH Batutegi 58.174 ha.

Kawasan KPH Batutegi sebagian besar merupakan *cacthment area* Bendungan Batutegi yang menjadi salah satu area penting di Provinsi Lampung. Areal ini terdiri dari kawasan hutan seluas 35.711 ha (82,28%) dan areal penggunaan lainnya seluas 7.693 ha (17,72). Batas-batas APL Batutegi adalah sebagai berikut:

1. Sebelah utara: Non Hutan (APL) dan KPH Unit VII
2. Sebelah selatan: Non Hutan (APL)
3. Sebelah barat: Non Hutan (APL) dan KPH Kota Agung Utara
4. Sebelah timur: Non Hutan (APL) dan KPH Unit VII

Dalam pengelolaan Tata hutan wilayah KPH Batutegi menjadi 2 yaitu:

- a. Blok Inti yang difungsikan sebagai perlindungan tata air dan perlindungan lainnya.
- b. Blok Pemanfaatan Hutan Lindung, difungsikan sebagai areal yang direncanakan untuk pemanfaatan terbatas sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan pemanfaatan hutan pada kawasan hutan yang berfungsi hutan lindung (Rencana Pengelolaan Hutan Jangka Panjang Batutegi, 2014).

2.2 Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH)

Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) merupakan sebuah kebijakan pemerintah untuk mewujudkan pemanfaatan hutan yang lestari dengan konsep pengelolaan hutan pada tingkat tapak. Selama ini pemanfaatan hutan dengan mekanisme perizinan pengusaha hutan yang tidak memiliki komitmen yang baik mengakibatkan hutan rusak, perambahan hingga menimbulkan konflik dalam kawasan hutan. Konsep pengelolaan hutan hingga tingkat tapak dimana pemerintah berperan sebagai pengelolaan hutan sekaligus penjaga hutan akan mampu mencapai tujuan pengelolaan hutan yang lestari (Kushartati, 2015). Pembangunan KPH di tujukan untuk menjawab kebutuhan akan perlunya untuk pengelolaan hutan di tingkat tapak dan organisasi pengelolanya untuk mencapai kelestarian. KPH diharapkan mampu menjadi pengelola ditingkat tapak untuk mencapai terwujudnya pengelolaan hutan yang berkelanjutan. Kebijakan KPH diharapkan berfungsi sebagai *enabling condition* terhadap upaya memperbaiki tata kelola hutan, memperlambat laju degradasi, mempercepat rehabilitasi hutan dan lahan, pelaksana optimalisasi pemanfaatan hutan, meningkatkan stabilitas pasokan hasil hutan dan menyediakan data dan informasi kawasan hutan. Organisasi yang berbentuk satuan perangkat daerah berjumlah 13 unit dan yang belum terbentuk organisasinya sebanyak 4 unit. Kehadiran KPH sebagai organisasi pengelolaan hutan ditingkat tapak adalah untuk memastikan bahwa klaim atas sumber daya hutan harus memperoleh perlindungan dari negara (merujuk pada legalitas), begitu klaim seseorang atau kelompok harus mampu membangkitkan atau menegakan kewajiban bagi orang atau kelompok lain untuk menghormati klaim tersebut (merujuk pada legitimasi), dan klaim atas sumber daya akan memerlukan biaya pengelolaan dan penegakan atas hak-hak (merujuk pada kemampuan pendanaan dan penyediaan sumber daya manusia yang memadai) (Rahmadanty *et al.*, 2021).

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) memutuskan prioritas kebijakan pengembangan pembangunan Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) yang tertuang dalam UU Nomor 41 tahun 1999. KPH serta sebagai bagian penguatan sistem pengurusan hutan Nasional serta pemerintah wilayah provinsi berlandaskan PP No 23 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Kehutanan. Pembangunan KPH difokuskan guna menanggapi kebutuhan unit pengelolaan

hutan di tingkat tapak serta pengelolaan organisasinya guna meraih kelestarian (Kartodihardjo, 2017).

2.3 Agroforestri Kopi

Agroforestri ialah pemanfaatan lahan secara maksimal serta lestari dengan metode mengkombinasikan aktivitas kehutanan serta pertanian pada unit pengelolaan lahan yang sama dengan mencermati keadaan kawasan fisik, sosial ekonomi serta budaya penduduk yang berfungsi. Setiana (2012), menyatakan bahwa, dengan kedudukan dan warga desa dekat hutan diharapkan bisa berfungsi aktif dalam usaha penyelamatan serta kelestarian lahan di hutan.

Hairiah *et al.* (2003), menyatakan bahwa sistem agroforestri memiliki lebih banyak keunggulan dibandingkan sistem yang lain, yaitu terciptanya kestabilan ekologi yang lebih tinggi, terciptanya kesinambungan ekonomi yang berimbas pada peningkatan kesejahteraan petani, tingkat kesesuaian yang lebih tinggi dengan budaya dan pengetahuan petani, serta terpenuhinya kestabilan politik akibat daya terima yang lebih luas di masyarakat. Pada tumbuhan kopi tanpa penaung, sepanjang periode pembungaan berlangsung kenaikan penyerapan karbohidrat oleh daun serta cabang guna mendukung proses penyusunan pembuahan. Dampaknya akar, cabang serta daun mengalami kerusakan. Tumbuhan penaung dalam prosesnya pematangan buah diperlambat sehingga sanggup mengurangi kelebihan pembuahan serta kerusakan pada akar, daun serta cabang. Salah satu sistem agroforestri yang paling signifikan adalah agroforestri berbasis kopi. Kehidupan tanaman yang bervariasi, termasuk tanaman bawah, tanaman kopi, dan tanaman peneduh, ditemukan dalam sistem agroforestri. Keanekaragaman tanaman dalam sistem agroforestri kopi memiliki fungsi ekosistem meliputi penyediaan, pengendalian, keberlanjutan, dan jasa lingkungan (Hayyun *et al.*, 2018).

2.4 Tutupan Lahan

Tutupan lahan yaitu kenampakan material wujud permukaan bumi. Tutupan lahan dapat menggambarkan keterkaitan antara proses alami serta proses sosial. Tutupan lahan dapat sediakan data yang sangat berguna untuk keperluan

permodelan dan juga untuk memahami fenomena alam yang berlangsung di permukaan bumi (Liang, 2008).

Penggunaan lahan merupakan aktivitas manusia yang ikut berkontribusi dalam perubahan suatu tutupan lahan yang terkait dengan bidang suatu tanah tertentu. Penggunaan lahan juga bisa dijadikan intervensi manusia pada suatu lahan untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Perubahan penggunaan lahan ini juga memiliki dampak potensial besar terhadap lingkungan biofisik dan sosial ekonomi masyarakat (Putri, 2017). Aktivitas ini menunjukkan kategori fisik dan biologis dari suatu permukaan tanah. Perubahan tutupan lahan ini diakibatkan oleh faktor fisik, iklim, sosial, dan ekonomi yang secara langsung mempengaruhi status sosial ekonomi masyarakat. Penggunaan lahan yang mempengaruhi perubahan tutupan lahan ini mengacu pada proses dinamika suatu tanah dari satu bentuk ke bentuk lainnya dalam suatu periode waktu tertentu (Ramadhana *et al.*, 2019).

Undang-undang No 41 tahun 1999 tentang Kehutanan pasal (18) pemerintah menetapkan dan mempertahankan untuk setiap daerah aliran sungai atau pulau, pemerintah menentukan dan mempertahankan jumlah kawasan hutan dan tutupan hutan yang sesuai untuk memaksimalkan manfaat bagi ekonomi, kesejahteraan sosial, dan ekologi masyarakat setempat. Minimal luasan hutan adalah 30% (tiga puluh persen) dari luas DAS dan/atau pulau yang diusulkan harus dipertahankan sebagai hutan.

2.5 Perubahan Tutupan Lahan

Perubahan tutupan lahan adalah peralihan dari bentuk dan lokasi penggunaan lahan lama ke bentuk dan lokasi penggunaan lahan baru, atau perubahan fungsi lahan pada waktu yang berbeda (Wahyuno *et al.*, 2001). Tutupan lahan merupakan salah satu jenis kondisi permukaan bumi saat ini, dan penggunaan lahan adalah penghubung antara aktivitas manusia atau fungsi ekonomi dengan bagian tertentu dari suatu negara (Lillesand *et al.*, 2009). Ilmu ini mempelajari proses sosial dan menyediakan informasi untuk memodelkan dan memahami fenomena alam di permukaan bumi (Sampurno dan Thoriq, 2016). Perubahan tutupan lahan di bumi sendiri merupakan suatu dinamika yang terjadi akibat alam dan aktivitas manusia. Wajah bumi tergantung oleh alam dan kegiatan manusia.

Fenomena alam seperti bencana (banjir, kebakaran, letusan gunung) (Dzakiah dan Prasasti, 2019), suksesi vegetasi, aliran sungai, dan lain lain mampu merubah tutupan suatu lahan. Selain itu, kegiatan manusia seperti pertanian, pertambangan, perikanan, revegetasi juga mampu merubah tutupan suatu lahan. Perubahan pada lahan saat ini lebih banyak diakibatkan oleh kegiatan manusia daripada alamiah (Giri dan Chandra, 2012).

Perubahan tutupan lahan sangat berpengaruh signifikan terhadap perencanaan pengembangan wilayah dan juga terhadap fungsi ekosistem di semua skala spasial, dari global hingga lokal (Sugandhi *et al.*, 2022), oleh sebab itu penting untuk memahami hubungan antara fenomena sosial dan alam, terutama di wilayah perkotaan untuk meningkatkan keberlanjutan lanskap yang dinamis dan untuk memprediksi efek perencanaan penggunaan lahan (Salakory dan Rakuasa, 2022). Deteksi perubahan lahan merupakan langkah integral dalam memantau pertumbuhan fisik suatu wilayah (Liaqat *et al.*, 2021) tutupan lahan sebagai wujud dari proses interaksi yang dinamis antara aktivitas manusia dengan sumberdaya lahan yang terdistribusi secara spasial dari permukaan darat dan mengidentifikasi penutup biofisik dari medan, ini termasuk air daratan, lahan kosong atau infrastruktur manusia (Kovyazin *et al.*, 2020).

2.6 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan ilmu untuk mendapatkan, mengolah serta menginterpretasi citra yang sudah direkam yang berasal dari interaksi antara gelombang elektromagnetik dengan sesuatu objek. Penginderaan jauh merupakan ilmu serta seni untuk mendapatkan informasi tentang sesuatu objek, wilayah atau fenomena melalui analisis informasi yang diperoleh dengan sesuatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, wilayah ataupun fenomena yang dikaji. Penginderaan jauh membutuhkan informasi sekunder semacam peta tematik, informasi statistik serta informasi lapangan. Hasilnya akan mendapatkan data semacam bentangan lahan, tipe penutupan lahan, letak suatu tempat serta keadaan sumberdaya alam. Seluruh data tersebut bisa dimanfaatkan buat menolong proses pengambilan keputusan dalam pengembangan wilayah (Mangiri, 2018).

Penginderaan jauh digunakan untuk memperoleh informasi mengenai fenomena alam pada objek (permukaan bumi) yang diperoleh tanpa kontak langsung dengan objek permukaan bumi namun melalui pengukuran pantulan (*reflection*) ataupun pancaran (*emission*) gelombang elektromagnetik (Suwargana, 2013). Penginderaan jauh tidak hanya mencakup pengolahan data secara otomatis (komputerisasi) dan manual (interpretasi), namun digunakan juga untuk analisis citra dan penyajian data yang diperoleh (Jaya, 2010).

Citra satelit merupakan sumber data yang dapat dimanfaatkan dalam penginderaan jauh. NASA menjadi pelopor teknologi penginderaan jauh berbasis satelit. Landsat 8 merupakan kelanjutan dari misi Landsat yang dimulai sebagai satelit pemantau bumi pada tahun 1972 (Purwanto, 2016).

Sentinel-2 merupakan satelit yang diluncurkan oleh kerjasama antara *The European Commission* dan *European Space Agency* di dalam program *Global Monitoring for Environment and Security* (GMES). Sentinel-2 adalah satelit optik Eropa yang diluncurkan pada tahun 2015. Sentinel-2 adalah satelit pertama yang diluncurkan sebagai bagian dari program Copernicus oleh Badan Antariksa Eropa (ESA). Satelit ini memiliki beberapa citra multispektral beresolusi tinggi dengan spektrum 13 *band*. Satelit ini akan melakukan pekerjaan secara terestrial dengan menyediakan layanan termasuk pemantauan hutan, deteksi perubahan lahan, dan manajemen bencana. Satelit ini diluncurkan untuk memantau kondisi permukaan bumi, sehingga mampu memberikan informasi kondisi terkini bumi dari angkasa untuk aplikasi lingkungan dan keamanan. Sentinel-2 dibuat dengan tujuan untuk memastikan kelanjutan misi Landsat 5/7, SPOT-5, SPOT *Vegetation* dan *Envisat MERIS* yang sebentar lagi akan berakhir masa operasinya. Misi dalam menyediakan citra satelit beresolusi spasial dan temporal yang tinggi sehingga pengguna masih dapat memperoleh data pemindaian permukaan bumi terbaru (Verrelst *et al.*, 2012).

2.7 Object Oriented Classification (OOC)

Klasifikasi berbasis objek merupakan klasifikasi yang mengubah citra satelit menjadi beberapa objek yang berbeda untuk melakukan segmentasi (Cahyo *et al.*, 2022). Salah satu metode yang baru dikembangkan adalah metode berorientasi objek (*Object Oriented Classification*) yang disingkat OOC. Proses

klasifikasi dalam metode ini menggunakan prosedur segmentasi dengan sistem hirarki, sehingga suatu karakteristik objek dapat ditambah dengan kumpulan informasi tambahan dari objek yang diklasifikasikan seperti bentuk, tekstur, konteks dan informasi lain yang terkait dengan objek yang diklasifikasikan. Penggunaan informasi tambahan ini akan memperkaya informasi dalam klasifikasi, sehingga mengarah ke hasil klasifikasi yang lebih spesifik dan akurat. Perbedaan mendasar pada pendekatan ini dibandingkan dengan klasifikasi konvensional terletak pada unit dasar proses analisis citra berupa objek citra atau segmen, bukan piksel tunggal, serta tindakan klasifikasi yang harus diterapkan pada objek citra (Baatz dan Shape, 2000). Klasifikasi *object oriented* merupakan metode klasifikasi berdasarkan objek dari hasil segmentasi (Parsa, 2013). Menurut Marini *et al.* (2014), segmentasi multiresolusi merupakan proses pengelompokan objek berdasarkan homogenitas karakteristik piksel-piksel pada citra landsat. Menurut Setiani *et al.* (2016) dalam proses segmentasi multiresolusi dipengaruhi 3 parameter yaitu skala, bentuk dan kekompakan. Menurut hasil penelitian Alimudin (2017), klasifikasi berbasis objek dan piksel pada mangrove di Pulau Buano, Seram bagian barat yang menggunakan citra landsat 7ETM+ menghasilkan akurasi yang lebih baik menggunakan metode berbasis objek yaitu sebesar 88% sedangkan metode berbasis piksel hanya sebesar 64%. Penggunaan metode klasifikasi dengan menggunakan objek memiliki akurasi lebih baik dibandingkan klasifikasi menggunakan piksel, klasifikasi berbasis objek mempunyai kelebihan dengan homogenitas kelas yang tinggi (tidak adanya piksel bercampur), batas antara kelas yang tajam dan jelas, serta akurasi yang tinggi (Manalu *et al.*, 2016).

2.8 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif dengan interpretasi citra Landsat 8, menggunakan Sistem Informasi Geografi (SIG). *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) adalah perhitungan pada sebuah citra yang digunakan untuk mengetahui tingkat kehijauan sebagai awal pembagian daerah vegetasi. Aplikasi kanal atau band-band dalam citra landsat 8 adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Penggunaan Kombinasi Band Untuk Studi Citra Landsat 8

<i>Aplikation Study</i>	<i>Combination Band</i>
<i>Natural Color</i>	4 3 2
<i>False Color (urban)</i>	7 6 4
<i>Color Infrared (vegetation)</i>	5 4 3
<i>Agriculture</i>	6 5 2
<i>Atmospheric Penetration</i>	7 6 5
<i>Healthy Vegetation</i>	5 6 2
<i>Land/Water</i>	5 6 4
<i>Natural With Atmospheric Removal</i>	7 5 3
<i>Shortwave Infrared</i>	7 5 4
<i>Vegetation Analysis</i>	6 5 4

Sumber: *United States Geological Survey (USGS)*

Nilai NDVI dihitung dari selisih pixel - pixel antara kanal merah (RED) dan inframerah dekat (NIR) pada citra dengan rumus:

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \dots\dots\dots (1)$$

Persamaan Rumus Perhitungan Nilai Indeks Vegetasi

Keterangan:

NIR = Gelombang Citra *Band* 4 (Landsat 7) dan 5 (Landsat 8) (*Near Infrared*)

RED = Gelombang Citra *Band* 3 (Landsat 7) dan band 4 (landsat 8) (Gelombang Merah/*Red*) *band*

2.9 Nilai Ambang Batas (*Threshold*)

Threshold menunjukkan ketetapan nilai batas pada skala NDVI dalam citra untuk mengidentifikasi area kerapatan vegetasi. dalam penentuan nilai batas dapat berubah dengan berbagai faktor jenis tutupan lahan, tujuannya untuk mengamati karakteristik kawasan yang diamati. *Threshold* juga dapat memberi batasan atau pembatas ketika melakukan klasifikasi perubahan tutupan lahan. Pada umumnya, nilai *threshold* yang lebih rendah menunjukkan area yang kehilangan tutupan lahan, sementara nilai *threshold* yang lebih tinggi menunjukkan area yang mendapatkan tutupan lahan yang baru. Nilai ambang batas sangat menentukan terhadap tingkat

akurasi informasi area tutupan lahan atau kerapatan yang dihasilkan. Perhitungan nilai ambang batas dilakukan dengan menghitung nilai rerata (μ) dan standar deviasi (σ) masing-masing nilai reflektansi dan nilai indeks yang diperoleh dari citra landsat untuk seluruh area vegetasi (Amiluddin, 2015). *threshold* yang digunakan untuk penentuan area kehijauan dalam penelitian ini adalah:

$$\mu + 1 \sigma \quad (3.3)$$

$$\mu \quad (3.4)$$

$$\mu - 1 \sigma \quad (3.5)$$

Keterangan :

μ : Nilai Rata-rata

σ : Nilai Standar Deviasi

2.10 Normalized Burn Ratio (NBR)

Normalized Burn Ratio (NBR) merupakan indeks hasil ekstraksi dari citra landsat 8 atau sentinel 2 yang menggunakan panjang gelombang *SWIR* pada kanal 7. Terkait dengan kebakaran hutan dan lahan, nilai kanal 5 (spektrum panjang gelombang inframerah dekat/*Near Infra Red*; 0.845–0.885 μ m) berkorelasi tinggi dengan jumlah biomassa sedangkan kanal 7 (spektrum panjang gelombang inframerah pendek/*Short Wave Infra Red*; 2.100–2.300 μ m) berkorelasi dengan kadar air dalam tanah dan vegetasi. *Normalized Burn Ratio* (NBR) merupakan salah satu indeks untuk mendeteksi area terbakar. Nilai NBR dihitung dari selisih antara *Near Infra Red* (NIR) dan *Short Wave Infra Red* (SWIR) dibagi dengan jumlah antara keduanya. Kanal-kanal tersebut digunakan karena mampu menyajikan kontras terbaik antara vegetasi sehat dan vegetasi terbakar. Peningkatan nilai reflektansi band *SWIR* disebabkan oleh penurunan penyerapan air oleh kanopi kemudian diikuti dengan penurunan nilai reflektansi *band NIR* dapat terlihat pada daerah yang terbakar (Lanorte *et al.*, 2013).

2.11 Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)

Indeks vegetasi ini merupakan indeks vegetasi tanah yang disesuaikan, *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI) ini mirip dengan indeks vegetasi NDVI, namun pada indeks SAVI lebih menekankan pada efek piksel tanah. Menggunakan faktor penyesuaian kanopi latar belakang *L* yang merupakan fungsi dari kerapatan

vegetasi. Huete (1988), mengungkapkan, bahwa nilai optimal $L=0,5$ untuk memperhitungkan orde pertama variasi latar belakang tanah. Indeks ini paling baik digunakan di daerah dengan vegetasi yang relatif jarang dimana tanah terlihat melalui kanopi (Ariani, 2020).

$$SAVI = 1.5 * (NIR - RED) / NIR + Red + 0.5 \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

NIR: Band inframerah dekat untuk sebuah sel (*Band 8*)

RED: Band merah untuk sebuah sel (*Band 4*).

Tabel 2. Pengkelasan SAVI

Kelas	Kerapatan Vegetasi	Keterangan
1.	-0,36 s/d -0,01	Lahan tidak bervegetasi
2.	-0,01 s/d 0,10	Kehijauan sangat rendah
3.	0,10 s/d 0,36	Kehijauan rendah
4.	0,36 s/d 0,52	Kehijauan sedang
5.	0,52 s/d 0,78	Kehijauan tinggi

Sumber: (Sinaga, 2018)

2.12 *Enhanced Vegetation Index (EVI)*

Indeks vegetasi menghasilkan nilai akurasi yang berbeda terhadap nilai kerapatannya (Mitra *et al.*, 2011). Banyaknya algoritma dalam penentuan kerapatan tajuk tentunya merupakan tantangan tersendiri bagi peneliti untuk mengetahui sejauh mana suatu indeks vegetasi dapat menyajikan informasi vegetasi secara tepat. Penelitian ini menggunakan indeks *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) untuk mengetahui apakah citra sudah benar dan dapat dilakukan perhitungan *Enhanced Vegetation Index (EVI)*. *Enhanced Vegetation Index (EVI)* lebih tahan terhadap pengaruh komposisi aerosol atmosfer dan pengaruh variasi warna tanah. Rumus algoritma EVI dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$EVI = 2.5 \times \frac{(NIR - RED)}{(NIR + C_1 \times RED - C_2 \times BLUE + L)} \dots \dots \dots (3)$$

(Sumber: Huete *et al.*, 1997)

2.13. *Transformed Difference Vegetation Index (TDVI)*

Transformed Difference Vegetation Index (TDVI) merupakan indeks vegetasi cukup jarang atau baru diketahui sebagian orang telah dikembangkan

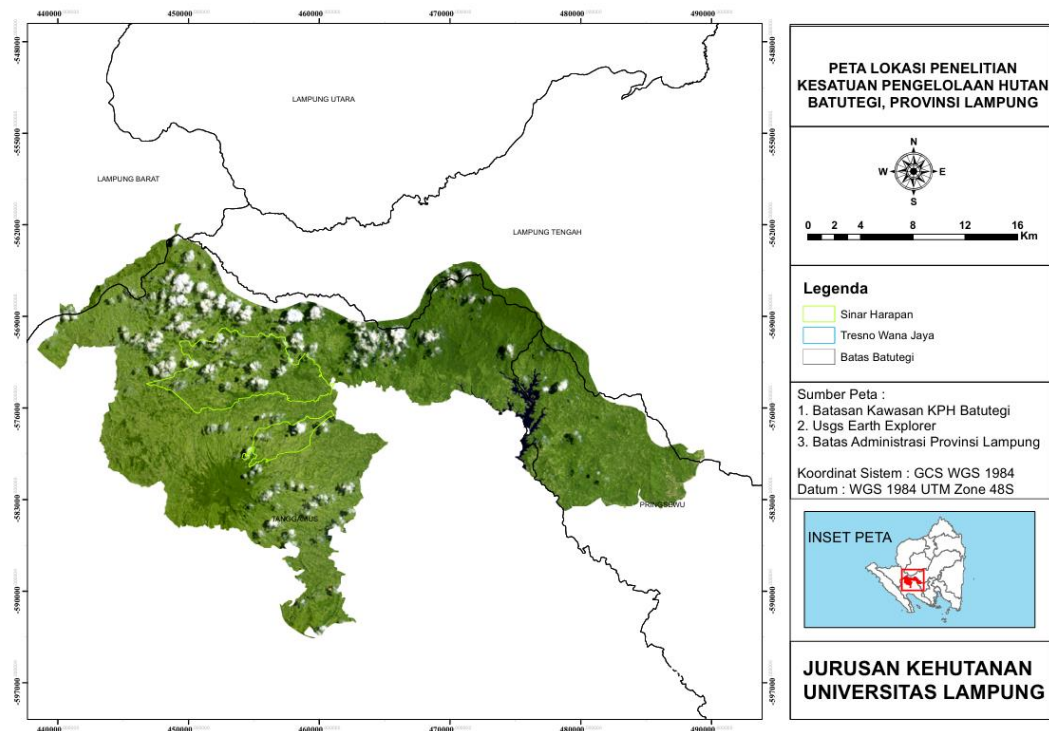
untuk menganalisis tutupan lahan. Indeks ini cukup memperlihatkan sensitivitasnya terhadap sifat tanah yang terdeforestasi yang cukup mirip dengan indeks tanah SAVI dan menganalisis tutupan lahan seperti NDVI. TDVI menunjukkan indeks yang cukup unggul menangkap vegetasi yang baik, dalam hal tutupan vegetasi rendah. Transformasi formula TDVI mengurangi efek saturasi yang sudah lakukan dengan NDVI, untuk membuat sensitif terhadap perubahan kerapatan vegetasi (Bannari *et al.*, 2002). TDVI memiliki rumus sebagai berikut:

$$TDVI = 1.5 \times \left(\frac{B5 - B4}{\sqrt{B5^2 + B4 + 0.5}} \right) \dots \dots \dots (4)$$

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada September tahun 2023. Lokasi Penelitian ini dilaksanakan di Kawasan Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Batutegi, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung. Agroforestri kopi di gapoktan meliputi tanaman hutan, MPTS (*Multi purpose Tree Species*), dan monokultur. Agroforestri kopi di Gapoktan Sinar Harapan berjarak 400 – 600 meter dari pemukiman, sedangkan di Gapoktan Trisno Wana Jaya berjarak 50-100 meter. Perbedaan jarak ini akan mempengaruhi nilai indeks vegetasi.



Sumber: Inageoportal, SHP batas Kawasan KPH Batutegi dibuat oleh Gymnastiar (2023)

Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Laptop, kamera, GPS (*Global Positioning System*), Handphone (Android), dan software pendukung meliputi *ArcGIS 10.8*, *Erdas Imagine*, *eCognition Developer*, *Microsoft excel*, serta alat pendukung lainnya. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data citra landsat 8.

3.3 Pengumpulan Data

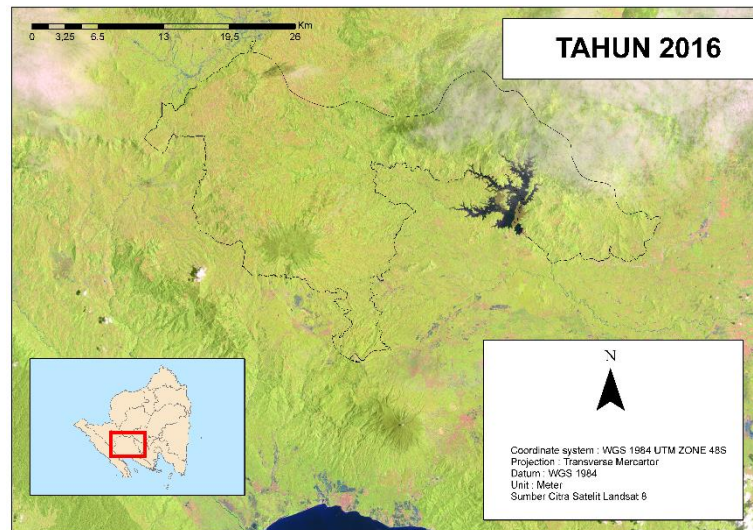
3.3.1 Data Primer

3.3.1.1 Pengunduhan Citra Satelit

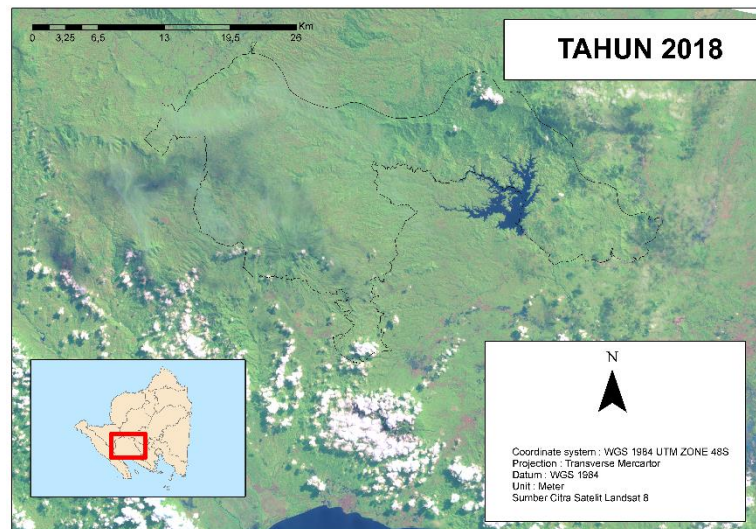
Sumber data yang digunakan adalah data primer meliputi data Citra Satelit landsat 8 kurun waktu dari tahun 2016, 2018, 2020 dan 2022 yang diunduh melalui website *United State Geological Survey* (USGS) pada *link* <http://earthexplorer.usgs.gov> untuk analisis perubahan tutupan lahan KPH Batutegi. Peta dasar (Peta Rupa Bumi Indonesia atau Peta RBI) diunduh dari Inageoportal. Batas wilayah kelola kawasan hutan KPH Batutegi dan peta-peta pengelolaan lainnya didapatkan dari instansi KPH Batutegi.

Tabel 3. Informasi waktu citra landsat 8

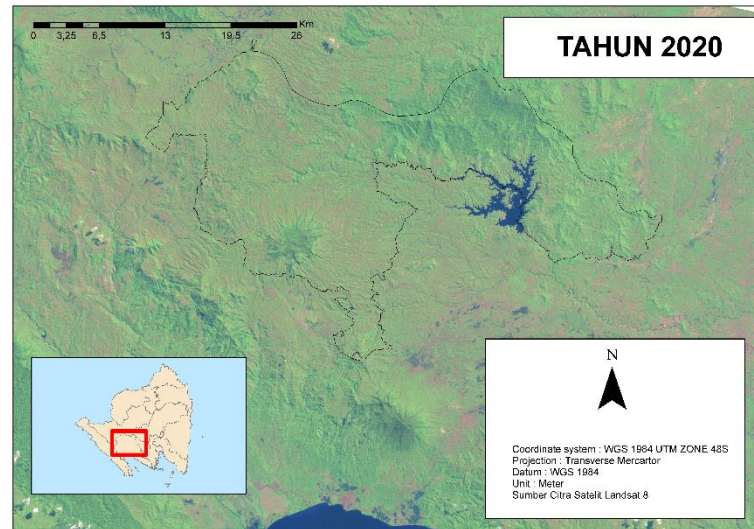
No.	Citra	Tahun	Tanggal	Bulan
1.	Landsat 8	2016	12	Juni
2.	Landsat 8	2018	14	Juli
3.	Landsat 8	2020	28	Juli
4.	Landsat 8	2022	30	Oktober



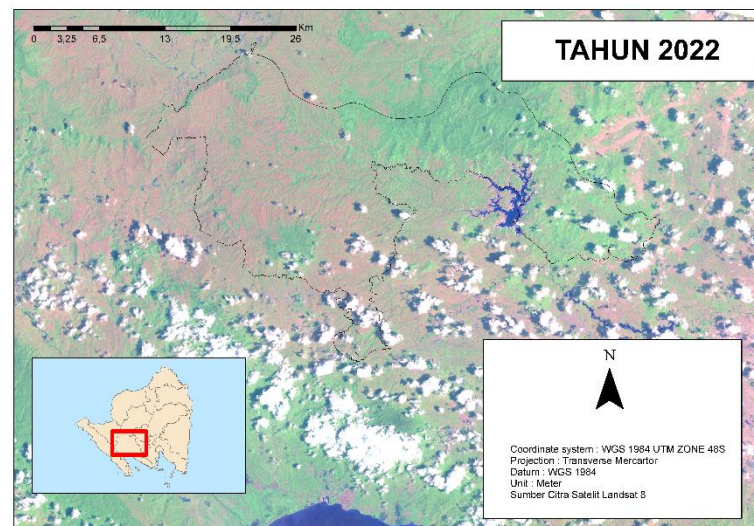
Gambar 3. Komposit Citra Landsat 8 Tahun 2016



Gambar 4. Komposit Citra Landsat 8 Tahun 2018



Gambar 5. Komposit Citra Landsat 8 Tahun 2020



Gambar 6. Komposit Citra Landsat 8 Tahun 2022

3.3.1.2 Data *Ground Truth Point* (GTP)

Data *Ground Truth Point* (GTP) merupakan data hasil dari pengambilan titik pada saat di lapangan dalam bentuk koordinat. Titik koordinat tersebut diambil dengan menggunakan *Global Positioning System* (GPS) yang bertujuan untuk pengujian tingkat akurasi

3.3.1.3 Landsat 8

Landsat 8 merupakan lanjutan dari citra landsat 7 karena pada karakteristik citra tersebut memiliki kemiripan seperti resolusi, pengkoreksian, maupun sifat sensor yang dimiliki. Sensor landsat 8 bisa disebut *Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS), satelit ini mempunyai jarak ketinggian dari

permukaan bumi 705 km yang mengelilingi bumi pada 99 menit dan siklus ulang 16 hari (USGS, 2020).

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder meliputi data yang mencakup, data yang telah tersedia baik dari studi literatur serta dokumentasi dan publikasi penelitian terkait dilakukan pengunduhan data secara online dari berbagai publikasi ilmiah. Ditambah dengan data luasan kawasan hutan KPH Batutegi, batas wilayah pengelolaan dan *resort* KPH Batutegi dari Rancangan Pengelolaan Hutan Jangka Panjang (RPHJP) Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Batutegi

3.4 Metode Analisis Data

3.4.1 Pra-Pengolahan Citra Satelit

Pra-pengolahan citra satelit adalah pembuatan citra komposit, koreksi geografik dan radiometrik, serta pemotongan citra. Dalam Pengkompositan (penggabungan) citra satelit yang sesuai dengan saluran *band* spektral dari citra satelit bertujuan untuk meningkatkan kualitas visual citra dan memudahkan dalam proses analisis citra. Penggabungan band citra disesuaikan dengan tipe citra satelit. Proses pengkompositan pada landsat 8 saluran menggunakan saluran *band* 2, 3, 4, 5, 6, 7. Proses pemotongan citra untuk mempermudah menganalisis wilayah tertentu yang kita teliti dengan cara menghilangkan beberapa area yang tidak dibutuhkan pada penelitian tersebut.

3.4.2 Klasifikasi Citra

Penelitian klasifikasi citra dalam bidang citra satelit sedang mengalami perkembangan. Dalam citra satelit, proses identifikasi objek merupakan proses yang penting karena memiliki manfaat yang besar, salah satunya adalah informasi yang didapatkan dari objek itu sendiri. Adapun contohnya yaitu sebuah informasi mengenai jenis dan luas dari area sumber pangan, area bangunan atau pemukiman, dan area perairan seperti sungai, waduk. Dengan mengetahui informasi dari objek tersebut, maka akan didapatkan informasi mengenai ketahanan pangan dari daerah dan waktu tertentu

3.4.3 *Object Oriented Classification (OOC)*

Salah satu metode yang baru dikembangkan adalah metode berorientasi objek (*Object Oriented Classification*) yang disingkat OOC. Proses klasifikasi dalam metode ini menggunakan prosedur segmentasi dengan sistem hirarki, sehingga suatu karakteristik objek dapat ditambah dengan kumpulan informasi tambahan dari objek yang diklasifikasikan seperti bentuk, tekstur, konteks dan informasi lain yang terkait dengan objek yang diklasifikasikan. Penggunaan informasi tambahan ini akan memperkaya informasi dalam klasifikasi, sehingga mengarah ke hasil klasifikasi yang lebih spesifik dan akurat. Perbedaan mendasar pada pendekatan ini dibandingkan dengan klasifikasi konvensional terletak pada unit dasar proses analisis citra berupa objek citra atau segmen, bukan piksel tunggal, serta tindakan klasifikasi yang harus diterapkan pada objek citra (Baatz & Shape 2000).

Penggunaan metode OOC menggunakan aplikasi *eCognition Developer*. Proses setelah pengkompositan dipecah menjadi segmentasi yang berobjek. Segmentasi ini memakai algoritma segmentasi multiresolusi (*multiresolution segmentation*). Proses segmentasi dibagi 2 skala, yaitu skala 30 segmentasi dan 50 skala segmentasi. Sampel kelas klasifikasi terdiri dari 6 sampel yaitu awan, bayangan awan, hutan, agroforestri, monokultur, badan air dengan menggunakan sistem *class hierarchy*.

3.4.4 Indeks Vegetasi

Indeks vegetasi menggunakan operasi penjumlahan, perkalian, dan pembagian untuk membuat saluran spektral, yang merupakan metode kuantitatif untuk menghitung biomassa atau kesehatan tanaman. Indeks vegetasi menghasilkan nilai yang dapat digunakan untuk mengukur persentase vegetasi. Keadaan suatu tempat digambarkan memiliki tingkat kehijauan yang tinggi, seperti area hutan yang lebat, dengan indeks vegetasi yang tinggi. Sebaliknya, jika indeks vegetasi rendah akan menunjukkan bahwa lahan yang diamati memiliki tingkat kehijauan yang rendah dan vegetasi yang jarang atau kondisi non vegetasi (Arhatin, 2007).

Penyebaran vegetasi digambarkan dengan indeks vegetasi, yaitu suatu rumus matematis yang menggabungkan berbagai band untuk menghasilkan citra baru (Danoedoro, 2012). Analisis vegetasi adalah proses yang digunakan untuk mengkarakterisasi komposisi dan suksesi vegetasi dalam bentuk atau struktur tanaman. Stratifikasi tanaman, bentuk pertumbuhan, dan penutupan tajuk merupakan komponen struktur vegetasi (Andini *et al.*, 2018). Pada indeks vegetasi NDVI, berbagai permukaan akan memantulkan berbagai jenis gelombang cahaya. Pada lahan yang hijau, proses fotosintesis akan menyerap banyak panjang gelombang merah matahari dan memantulkan lebih banyak gelombang inframerah dekatnya. Kurangnya vegetasi akan memantulkan lebih banyak panjang gelombang merah matahari dan lebih sedikit inframerah dekat.

3.4.4.1 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Indeks vegetasi merupakan nilai besaran vegetasi hijau yang didapat dari gelombang cahaya sensor satelit (Mangiri, 2018). Terdapat beberapa indeks vegetasi yang biasa dipakai dalam melihat sebaran tutupan lahan yang ada di suatu areal, misalnya *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Enhanced Vegetation Index* (EVI), *Difference Vegetation Index* (DVI), *Ratio Vegetation Index* (RVI) dan lain-lain. Berdasarkan beberapa algoritma indeks vegetasi tersebut, algoritma *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) adalah yang paling sering digunakan (Luvi *et al.*, 2021), karena NDVI digunakan untuk mengestimasi biomassa kandungan profil pada daun (Hafizh *et al.*, 2013). Indeks ini akan menunjukkan sebaran indeks warna hijau vegetasi atau aktivitas fotosintesis dari refleksi gelombang cahaya yang berbeda – beda (Andini *et al.*, 2018). Vegetasi yang bernilai tinggi akan menyerap sebagian besar gelombang merah (*RED*) sinar matahari dan memancarkan inframerah dekat (*NIR*) lebih tinggi (Artaningh *et al.*, 2020).

Indikator vegetasi yang paling umum digunakan untuk memantau perubahan tutupan lahan di suatu wilayah adalah *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Metode ini didasarkan pada perbedaan pantulan antara inframerah dan cahaya merah yang disebabkan oleh tumbuhan permukaan. Keuntungan dari NDVI adalah kemampuannya untuk mendeteksi vegetasi yang terdiri dari berbagai

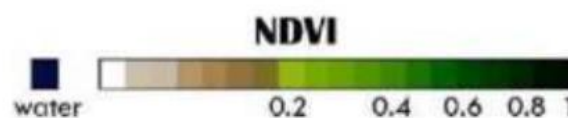
jenis tumbuhan yang berbeda, serta kemampuannya untuk mendeteksi cahaya yang telah diinduksi oleh faktor lain seperti tanah atau udara. dalam prinsipnya radiasi dari *chlorophyll* hijau daun sehingga akan di reflektansi rendah yaitu disebut algoritma dari struktur *spongy mesophyll*. Nilai -1,0 sampai 1,0 suatu penilai indeks NDVI (Faizal, 2015). Nilai NDVI dapat dihitung dengan Reklasifikasi NDVI, Reklasifikasi dihitung dengan cara melihat luasan klasifikasi dan mempunyai nilai rentang dengan dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 4. Pengkelasan Nilai NDVI

Kelas	Nilai NDVI	Tingkat Kehijauan/ Kondisi Lahan
1.	<-0,03	Lahan tidak bervegetasi
2.	-0,03 – 0,15	Lahan dengan vegetasi sangat rendah
3.	0,15 – 0,25	Lahan dengan vegetasi rendah
4.	0,26 – 0,35	Lahan dengan vegetasi sedang
5.	0,36 – 1	Lahan dengan vegetasi tinggi

Sumber : (Menteri Kehutanan Republik Indonesia, 2012)

Menentukan skala warna (*color map*) dapat dilihat dengan sesuai indeks vegetasi yang sudah dihitung dan memperoleh nilai reflektansi tersebut untuk memperoleh informasi lebih lanjut. NASA mengkategorikan tingkat kehijauan menggunakan skala tampak pada Gambar 7.



Gambar 7. Kategori Kehijauan NDVI

3.4.4.2 Enhanced Vegetation Index (EVI)

EVI (*Enhanced Vegetation Index*) adalah indeks vegetasi yang dioptimalkan yang dirancang untuk meningkatkan sinyal vegetasi dengan sensitivitas yang lebih baik di wilayah biomassa tinggi dan pemantauan pemantauan vegetasi yang lebih baik melalui pemisahan sinyal latar kanopi dan pengurangan pengaruh atmosfer. Deteksi fase pertumbuhan padi, EVI MODIS juga banyak digunakan sisi pertanian seperti perubahan lahan sawah (Muhammad *et al.*, 2016), deteksi kekeringan sawah (Aulia *et al.*, 2016), estimasi panen di sawah luas (Son *et al.*, 2014), deteksi padi di sawah campuran (Peng *et al.*, 2011), dan lain

sebagainya. Penggunaan EVI MODIS di sisi pertanian menjadi alasan perlunya pengkajian data EVI VIIRS untuk menjaga kontinuitas data EVI MODIS. Metode *Enhanced Vegetation Index* (EVI) dimana kedua metode ini merupakan indikator tingkat kepadatan, kerapatan hingga tingkat kehijauan suatu wilayah. Tingkat kehijauan

$$\text{EVI} = G \times \frac{\text{NIR} - \text{RED}}{\text{NIR} + (C_1 \times \text{RED} - C_2 \times \text{Blue}) + L} \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

NIR = Nilai reflektan kanal infra merah dekat

RED = Nilai reflektan kanal merah

BLUE = Nilai reflektan kanal biru

C_1 = Koefisien koreksi pengaruh atmosfer pada kanal merah

C_2 = Koefisien koreksi pengaruh atmosfer pada kanal biru

L = koreksi pencerahan latar belakang tanah

G = *gain factor*

EVI menggunakan informasi kanal cahaya biru. Variabel C_1 dan C_2 merupakan koefisien yang digunakan untuk melakukan koreksi terhadap persebaran aerosol pada band merah (*red*) terhadap band biru (*blue*). C_1 dan C_2 pada umumnya bernilai 6,0 dan 7,5. Nilai L adalah (*back ground correction*) merupakan faktor perataan tanah, pada umumnya bernilai 1. G merupakan *gain factor* yang bernilai 2,5.

3.4.4.3 Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI)

Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI) adalah alat yang berguna dalam pemantauan vegetasi dan pengelolaan sumber daya alam. Dengan mengatasi gangguan pengaruh tanah, SAVI memberikan estimasi yang lebih akurat tentang produktivitas vegetasi di berbagai kondisi tanah. Dalam kegiatan pemantauan lingkungan dan pengelolaan lahan, SAVI dapat digunakan untuk memahami perubahan ekosistem dan mengambil keputusan yang lebih baik dalam pengelolaan sumber daya alam. SAVI dirancang untuk mengatasi masalah ketidaklinieran indeks vegetasi tradisional seperti *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dalam kondisi yang memiliki lapisan tanah yang kuat. SAVI mengambil keuntungan dari penyerapan radiasi *NIR* (*Near Infrared*) oleh tanah dan

menggunakan informasi ini untuk memperbaiki estimasi vegetasi. SAVI dapat membantu dalam mengidentifikasi dan memetakan daerah yang mengalami degradasi tanah atau kekeringan. Hal ini dapat membantu dalam pengambilan keputusan yang tepat untuk pengelolaan lahan dan pertanian. SAVI dapat digunakan untuk memantau kesehatan dan produktivitas hutan. Dengan mengukur indeks vegetasi yang disesuaikan dengan tanah, SAVI dapat memberikan informasi yang lebih akurat tentang pertumbuhan vegetasi dan keragaman spesies di area hutan (Boehm *et al.*, 2002).

$$SAVI = (1+L) \frac{(NIR-Red)}{NIR+Red+L} \dots\dots\dots(6)$$

dimana:

NIR = *Band* inframerah dekat citra Landsat

Red = *Band* merah pada citra Landsat

L = konstanta yang digunakan 0,5

3.4.4.4 *Normalized Burn Ratio (NBR)*

Berdasarkan hasil-hasil penelitian sebelumnya dapat diketahui bahwa data penginderaan jauh yang digunakan untuk analisis *burned area* sebagian besar berbagai tingkat resolusi spasial seperti ATSR-2, MODIS, Landsat, VIIRS, SPOT-4/5 hingga *Ikonos* dan *Quickbird*. *Burned area* dapat dianalisis berdasarkan perubahan nilai reflektansi, indeks vegetasi, dan indeks - indeks lainnya yang dapat diekstraksi dari data optis seperti NBR (*Normalized Burn Ratio*). Variabel indeks kebakaran yang telah digunakan secara luas untuk mendeteksi *burned area* dikenal dengan sebutan *Normalized Burn Ratio (NBR)*. Secara konseptual, *burned area* dapat diidentifikasi dengan melihat adanya penurunan nilai NBR yang cukup drastis pada area tertentu saat setelah terbakar (Suwarsono, 2013)

$$NBR = \frac{(NIR-SWIR)}{(NIR+SWIR)}$$

Spektrum *NIR* sangat kuat mencerminkan tumbuhan sedangkan spektrum *SWIR* sangat kuat mencerminkan batang terbakar atau lahan terbuka. Kombinasi *NIR* dan *SWIR* sangat optimal untuk mengidentifikasi daerah dengan batang mati (kayu bekas luka/kulit kayu) dan bumi.

Tabel 5. Pengkelasan Indeks NBR

NBR	Tingkat Keparahan
$< -0,25$	Pertumbuhan kembali pasca kebakaran yang tinggi
$-0,25$ hingga $-0,1$	Pertumbuhan kembali pasca kebakaran yang rendah
$-0,1$ hingga $+0,1$	Tidak kebakaran
$0,1$ hingga $0,27$	Lahan terbakar dengan keparahan rendah
$0,27$ hingga $0,44$	Tingkat keparahan sedang - rendah
$0,44$ hingga $0,66$	Tingkat keparahan sedang - tinggi
$>0,66$	Lahan terbakar dengan keparahan tinggi

3.4.4.5. *Transformed Difference Vegetation Index (TDVI)*

Transformed Difference Vegetation Index (TDVI) adalah indeks penginderaan jauh yang berharga dengan sensitivitas yang ditingkatkan terhadap perubahan vegetasi, sehingga berguna untuk berbagai aplikasi di bidang pertanian, ekologi, dan pemantauan lingkungan. TDVI banyak digunakan dalam aplikasi penginderaan jauh untuk klasifikasi tutupan lahan, pemetaan penggunaan lahan, dan pemantauan vegetasi. TDVI yang dikombinasikan dengan indeks lain untuk klasifikasi tutupan lahan dan menemukan bahwa TDVI efektif dalam membedakan jenis tutupan lahan yang berbeda.

$$TDVI = 1,5 \times \left(\frac{B5 - B4}{\sqrt{B5^2 + B4 + 0,5}} \right) \dots \dots \dots (7)$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Simpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Metode yang paling akurat adalah OOC dan indeks vegetasi TDVI untuk mendeteksi sebaran tutupan lahan hutan, agroforestri, dan monokultur. Metode OOC memiliki nilai *overall accuracy* yang paling tinggi yaitu 97,17 %, sedangkan nilai indeks vegetasi mendapatkan nilai sebesar 81,37%.
2. Klasifikasi tutupan lahan pada periode 2016 hingga 2022 menunjukkan perubahan yang signifikan. Tutupan lahan hutan mengalami penurunan drastis dengan total kehilangan sebesar 7.979,9 Ha. Penurunan ini terutama disebabkan oleh meningkatnya aktivitas penebangan hutan liar. Sementara itu, tutupan lahan agroforestri mengalami peningkatan. Pada tahun 2016, luas lahan agroforestri tercatat sekitar 11.486,20 Ha, dan meningkat menjadi 19.905,63 Ha pada tahun 2022. Selain itu, tutupan lahan monokultur juga menunjukkan pertumbuhan, dari 13.780,36 Ha pada tahun 2016 menjadi 16.935,25 Ha pada tahun 2022. Secara keseluruhan, meskipun terjadi peningkatan pada tutupan lahan agroforestri dan monokultur, penurunan signifikan pada tutupan lahan hutan menimbulkan kekhawatiran serius terkait konservasi hutan dan dampak ekologis yang ditimbulkannya.
3. Perubahan tutupan lahan pada tahun 2016 – 2022 di KPH Batutegei mengalami dinamika perubahan yang cukup drastis, dari kelas Hutan, Agroforestri, dan monokultur mengalami perubahan kenaikan dan penurunan. Perburuan liar dan penebangan pohon untuk membuka lahan kopi di sana cukup tinggi sehingga perlu adanya kesadaran masyarakat untuk menjaga Areal KPH Batutegei.

5.2. Saran

Saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut kaitannya untuk mendeteksi tutupan lahan hutan, agroforestri, dan monokultur dengan menggunakan citra yang resolusinya cukup tinggi.
2. perlunya menggunakan indeks vegetasi yang belum diperkenalkan oleh peneliti sebelum nya untuk penelitian selanjutnya.
3. Perlunya pengawasan dari pengelola KPH Batutegi dan kesadaran masyarakat agar menjaga tutupan lahan menjadi lebih baik.
4. Perlu dilakukan sosialisasi kepada masyarakat secara bertahap dan tetap sasaran agar mengetahui fungsi hutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhiatma, R., Widiatmaka, Lubis, I. 2020. Perubahan dan prediksi penggunaan/penutupan lahan di Kabupaten Lampung selatan. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*. 10(2): 234–246.
- Adinda, R., Rusdi, M. dan Sugianto, S. 2020. Pemanfaatan indeks vegetasi ndvi terhadap siklus phenology tanaman padi pada musim gadu. 2017. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, Vol.5, No.2, hal. 301–309. <http://doi.org/10.17969/jimfp.v5i2.14873>.
- Adrian, Nugratama, S., .2020. Estimasi besaran emisi karbon Di Kabupaten Banyumas (Studi Kasus Tahun 2005-2016). *GEOGRAPHIA Jurnal Ilmiah Pendidikan Geografi*. 1(1), 32-45.
- Alfatikha, M., Herwanti, S., Febryano, I.G., Yuwono, S.B. 2020. Identifikasi jenis tanaman agroforestri untuk mendukung ketahanan pangan rumah tangga di Desa Pulau Pahawang. *Journal of Forestry Research*, 3(2), 55-63.
- Alimudin, S. 2017. Klasifikasi mangrove berbasis objek dan piksel menggunakan Citra Landsat 7etm+ Di Teluk Valentine, Pulau Buano, Seram Bagian Barat. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 43 p.
- Amiluddin, A., Wahyuningsih. 2015. *Studi tentang kekeringan hidrologi menggunakan metode ambang batas (Threshold Level Method) Studi Kasus UPT PSDA di Kediri, Surabaya, dan Pamekasan*. Universitas Jember: Jember.
- Andini, S. W., Prasetyo, Y., Sukmono, A. 2018. Analisis sebaran vegetasi dengan citra satelit sentinel menggunakan metode ndvi dan segmentasi (Studi Kasus: Kabupaten Demak). *Jurnal Geodesi Undip*. 7(1): 14–24.
- Aprianto, D., Wulandari, C. dan Masruri, N.W. 2016. Karbon tersimpan pada kawasan sistem agroforestry di register 39 datar setuju KPHL Batutegi Kabupaten Tanggamus. *J. Sylva Lestari*, 4(1), 21-30.
- Ariani, D., Prasetyo, Y., dan Sasmito, B. 2020 . Estimasi tingkat produktivitas padi berdasarkan algoritma NDVI, SAVI, dan SAVI menggunakan citra sentinel-2 multitemporal (Studi Kasus: Kabupaten Pekalongan, Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi Undip*, 9(1), 207–216.
- Artaningh, F., Septi, T., Sihotang, E., Dimara, A. 2020. Analisis data sentinel-2 untuk mendukung pariwisata Kawasan Wakatobi. *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia*. 2(02): 25–31.
- Arhatin, R.E. 2007. Pengkajian algoritma indeks vegetasi dan metode klasifikasi Mangrove dari data satelit Landsat-5 TM dan Landsat-7 ETM+ : Studi Kasus

- di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur. *tesis*. Bogor : Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Asgar, L. P. W. dan Bonita, M. K. 2019. Studi pendapatan masyarakat pengelola hutan kemasyarakatan (Hkm) di Desa Senggigi Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Silva Samalas*. 2(2): 126-129.
- Aulia, M. R., Liyantono, Setiawan, Y., & Fatikhunnada, A. 2016. Drought detection of west java's paddy field using modis evi satellite images (case study: Rancaekek and Rancaekek Wetan). *Procedia Environmental Sciences*, 33, 646–653. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.119>
- A'yun, Q., Agung B., Udiana W. 2013. *Analisa kelayakan penggunaan citra satelit world view-2 untuk updating peta skala 1:1000*. Surabaya: ITS.
- Baatz, M. & A. Shape. 2000. *Multiresolution segmentation-an optimization approach for high quality multiscale image segmentation*. in: strobl, angewandte geographische informationsverarbeitung wichmann, heidelberg optimization approach for high quality multiscale image segmentation. In: Strobl, Angewandte Geographische Informationsverarbeitung Wichmann, Heidelberg.
- Baatz, M., Benz, U., Dehghani, S., Heynen, M., Höltje, A., Hoffmann, P., Willhauck, G. 2004. *eCognition: User Guide 4: Definiens Imaging GmbH*. Germany: Munchen.
- Bannari, A., Asalhi, H. and Teillet, P.M. 2002. Transformed difference vegetation index (tdvi) for vegetation cover mapping. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Toronto, Ontario, Canada, 24-28 June 2002, 3053-3055.
- Bashit, N. 2019. Analisis lahan kritis berdasarkan kerapatan tajuk pohon menggunakan citra sentinel 2. *Jurnal Geodesi dan Geomatika* 2(1): 71–79.
- Boehm, H. D. V., Siegert, F., & Liews, S. C. 2002. Remote sensing and aerial survey of vegetation cover change in lowland peat swamp of Central Kalimantan during the 1997 and 2002 fires. *Proceeding of the International Symposium on Land Management and Biodiversity in Southeast Asia*.
- Cahyo, A.T., Darmawan, A., Iswandaru, D. and Setiawan, A., 2022. Pendugaan karbon stok di atas permukaan tanah pada hutan mangrove di Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Hutan Tropis*, 10(3):268-276.
- Danoedoro, P. 2012. *Pengolahan citra digital*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Darkono,s., 2006. *skripsi*. Pontianak: Fakultas Kehutanan, Universitas Tanjungpura.
- Darmawan, A., Prasetyo, L.B., dan Tsuyuki, S. 2009. Monitoring agricultural expansion during the economic crisis in indonesia: a case study of the rawa danau nature reserve. *J. Japan Society of Forest Planning*. 14:53-66.

- Dede, M., Pramulatsih, G. P., Widiawaty, M. A., Ramadhan, Y. R., Ati, A. 2019. Dinamika suhu permukaan dan kerapatan vegetasi di kota Cirebon. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 6(1), 23-30.
- Dzakiah, I.F., Prasasti, I. 2019. Analisis perubahan tutupan lahan akibat bencana menggunakan citra Landsat 8. *Seminar Nasional Infrastruktur Berkelanjutan 2019 Era Revolusi Industri 4.0*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITN Malang.
- Faizal, A., Wahid, F., Kurniawan, T. 2015. Analisis perubahan kerapatan hutan menggunakan metode ndvi dan evi di kabupaten sintang, Kalimantan Barat. *Jurnal Kehutanan Tropika*, 3(1), 54-58.
- Fitri, A., Ulfa, A. 2015. Perencanaan penerapan konsep zero run-off dan agroforestri berdasarkan kajian debit sungai di sub das belik, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 26(3).
- Giri, Chandra P. 2012. Remote sensing of land use and land cover principles and application. CRC Press.
- Gitelson, A.A., Viña, A., Verma, S.B., Rundquist, D.C., Arkebauer, T.J., Keydan, G., & Leavitt, B. (2005). Remote estimation of leaf area index and green leaf biomass in maize canopies. *Geophysical Research Letters*, 32(6).
- Gong, P., Wang, J., Yu, L., Zhao, Y., Zhao, Y., Liang, L., Niu, Z., Huang, X., Fu, H., Liu, S., Li, C., Li, X., Fu, W., Liu, C., Xu, Y., Wang, X., Cheng, Q., Hu, L., Yao, W., Chen, J. 2013. Finer resolution observation and monitoring of global land cover: First mapping results with Landsat TM and ETM+ data. *International Journal of Remote Sensing*. 34(7): 2607–2654.
- Hafizh S, A., Cahyono, A. B., Wibowo, A. 2013. Penggunaan algoritma ndvi dan evi pada citra multispektral untuk analisa pertumbuhan padi (Studi Kasus: Kabupaten Indramayu, Jawa Barat). *Geoid*. 9(1): 7.
- Haggar, J., R. Munguia, M. Barrios, A. Ponce. E. de M. F. Virginio, M. Bolan, S. Romero, M. Merlo, G. Soto, P. Moraga, and C. Staver. 2011. Coffee agroecosystem performance under full sun, shade, conventional and organic management regimes in Central America, *Agroforest Syst* 82: 285–301.
- Hairiah K. Widiyanto. Utami SR. Suprayogo D. Sunaryo. Sitompul SM. Lusiana B. Maulia R. van Noordwijk M. Cadisch D. 2000. *Pengelolaan tanah masam secara biologi*. DFID-ICRAF Bogor.
- Hairiah, K, Sardjono, MA, Sabarmirdin, S. 2003. *Pengantar agroforestri. Indonesia world agroforestry centre (ICRAF), Southeast Asia Regional Office*. PO Box 161 Bogor, Indonesia.
- Hayyun DA, Megantara EN, Parikesit. 2018. Kajian layanan ekosistem pada sistem agroforestri berbasis kopi di desa Cisero, Garut. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan* 2(3): 200-219.
- Hidayat, H. 2019. *Deforestasi dan ketahanan sosial*. yayasan pustaka obor indonesia. Jakarta.

- Huete, A. R., Liu, H. Q., Batchily, K., & Leeuwen van, W. (1997). A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 59, 440–451.
- Huete, A.R. (1988) A soil adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25, 295-309. [http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257\(88\)90106-X](http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257(88)90106-X)
- Husodo, T., Ali, Y., Mardiyah, S. R., Shanida, S. S., Abdoellah, O. S., dan Wulandari, I. 2021. Perubahan lahan vegetasi berbasis citra satelit di DAS Citarum, Bandung, Jawa Barat. *Majalah Geografi Indonesia*, 35(1), 54-63.
- Jaya, INS. 2010. Analisis citra digital perspektif penginderaan jauh untuk pengelolaan sumber daya alam. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Jensen, J. R., 2007. *Remote sensing of the environment*. Second edition pearson prentice hall.
- Jensen, J.R. 1986. Introductory digital image processing. Prentice-Hall. New Jersey.
- Jiang, Z., Huete, A. R., Didan, K., & Miura, T. (2018). Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. *Remote Sensing of Environment*, 215, 465-481.
- Kartodihardjo, H. 2017. *Di balik krisis ekosistem: pemikiran tentang kehutanan dan lingkungan hidup*. Buku. LP3ES. 504 hlm.
- Kovyazin, V. F., Romanchikov, A. Y., Anh, D. T. L., Hung, D. V., & Hung, V. Van. (2020). Predicting forest land cover changes in Ba Be National Park of Vietnam. *{IOP} Conference Series: Earth and Environmental Science*, 574, 12038. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/574/1/012038>
- Kurniawan, W. (2021). Model deteksi cepat sebaran sawit menggunakan teknologi penginderaan jauh. *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung). Di akses dari <http://digilib.unila.ac.id>
- Kushartati Bidiningsih, Sulistya Ekawati, Gamin, Sylviani, Elvida Yosefi Suryandari dan Fentie Salaka. 2015. Tipologi dan strategi pengembangan kesatuan pengelolaan hutan di Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan. *Jurnal Analis Kebijakan Kehutanan*.
- Kusworo, 1998. Estimasi salinitas tanah dalam kaitannya dengan kelembaban tanah permukaan pada data digital landsat Tm multispektral Daerah Dataran Aluvial Pantai Brebes Jawa Tengah. *Skripsi*. Fakultas Geografi, UGM, Yogyakarta.
- Lanorte A, Danese M, Lasaponara R. 2013. Multiscale mapping of burn area and severity using multisensor satellite data and spatial autocorrelation analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 20: 42–51.

- Laura, C. T. 2019. Analisis perubahan tutupan Repong Damar di Pesisir Barat Lampung menggunakan data penginderaan jauh dan sistem informasi geografis. *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
- Lewerissa E. 2015. Interaksi masyarakat sekitar hutan terhadap pemanfaatan sumberdaya hutan di desa Wangogira, Kecamatan Tobelo Barat. *Jurnal Agroforestry*. 10(1): 45-56.
- Liang, L. 2008. *Finer resolution observation and monitoring of global land cover: first mapping results with Landsat TM and ETM+ data*. International Journal of Remote Sensing. 34: 2607-2654.
- Liaqat, M. U., Mohamed, M. M., Chowdhury, R., Elmahdy, S. I., Khan, Q., & Ansari, R. (2021). Impact of land use/land cover changes on groundwater resources in Al Ain region of the United Arab Emirates using remote sensing and GIS techniques. *Groundwater for Sustainable Development*, 14, 100587. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gsd.2021.100587>
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., 1979. *Remote sensing and image interpretation*, John Wiley & Sons. Inc., Canada.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., Chipman, J.W. 2009. *Remote sensing and image interpretation*. US: Wiley.
- Lopez Garcia, M.J., and Caselles, V, 1991. Mapping burns and natural reforestation using thematic mapper data. *Geocarto International* 6 : 31-37.
- Luvi, L. R. D., Yuliantina, A., Dewi, R., Pahlevi, M. Z., Kusumawardhani, N. A. 2021. Komparasi luas tutupan lahan di Kota Bandar Lampung berdasarkan algoritma NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) dan EVI (Enhanced Vegetation Index). *Jurnal Geosains dan Remote Sensing*. 2(1): 16–24.
- Mahendra, F. 2009. *Sistem agroforestry dan aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Mangiri, I. 2018. Analisis tata guna lahan di kabupaten Soppeng berbasis gis menggunakan citra sentinel 2. *Skripsi*. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Hasanudin. Makasar. 81 hlm.
- Marini, Y., Emiyati, Hawariyah, S., Hartuti, M. 2014. Perbandingan metode klasifikasi supervised maximum likelihood dengan klasifikasi berbasis objek untuk inventarisasi lahan Tambak di Kabupaten Maros. *Prosiding. Semnas PJ*. 512-515.
- Matos, F., Wolfgramm, R., Goncalves, F., Cavatte, P., Ventrella, M., and DaMatta, F. 2009. Phenotypic plasticity in response to light in the coffee tree. *Environmental and experimental biology*, 67(2), 421-427.
- Mitra, A., Sengupta, K., and Banerjee, K. 2011. Standing biomass and carbon storage of above-ground structures in dominant mangrove trees in the Sundarbans. *Journal of Forest Ecology and Management*, 261(7), 1325-1335.

- Muhammad, M., Liyantono, Setiawan, Y., dan Fatikhunnada, A. (2016). Analysis of the dynamics pattern of paddy field utilization using modis image in East Java. *Procedia Environmental Sciences*, 33, 44–53. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.055>
- Manalu, R. J., Sutanto, A., Trisakti, B. 2016. Perbandingan metode klasifikasi penutup lahan berbasis piksel dan berbasis obyek menggunakan data piasar-12. *Jurnal Penginderaan Jauh Dan Pengolahan Data Citra Digital*, 13(1), 49–60. <https://doi.org/10.30536/j.pjpdcd.2016.v13.a2561>
- Munawaroh E., Saporita, R., dan Purwanto, Y. (2011). *Ketergantungan masyarakat pada hasil hutan non kayu di Malinau Kalimantan Timur: Suatu Analisis Etnobotani dan Implikasinya Bagi Konservasi Hutan*. Bogor: LIPI.
- Niagara, Y., Ernawati, dan Purwandari, E.P. 2020. Pemanfaatan citra penginderaan jauh untuk pemetaan klasifikasi tutupan lahan menggunakan metode unsupervised k-means berbasis web gis. *Jurnal Informatika*. 8(1): 100–110.
- Novasari, D., Qurniati, R., Duryat. 2020. Keragaman jenis tanaman pada sistem pengelolaan hutan kemasyarakatan. *Jurnal Belantara*, 3(1), 41-47.
- Paembonan, S. A. 2012. *Hutan tanaman dan serapan karbon*. Makassar: Masagena Press.
- Parsa, I. M. 2013. Kajian pendekatan teori probabilitas untuk pemetaan lahan sawah berbasis perubahan penutup lahan citra landsat multiwaktu (Studi Kasus Daerah Tanggamus, Lampung). *Jurnal Penginderaan Jauh*, 10(2), 113-121.
- Peng, C., Ma, Z., Lei, X. *et al.* 2011. A drought-induced pervasive increase in tree mortality across Canada's boreal forests. *Nature Clim Change*. 1, 467–471. <https://doi.org/10.1038/nclimate1293>
- Prahasta, E. 2008. *Remote sensing: praktis penginderaan jauh dan pengolahan citra digital dengan perangkat lunak er mapper*, Informatika, bandung.
- Prasmatiwi, F.E., Irham, A. Suryantini, dan Jamhari. 2010. Analisis keberlanjutan usahatani kopi di kawasan hutan Kabupaten Lampung Barat dengan pendekatan nilai ekonomi lingkungan. *Pelita Perkebunan* 26(1) : 57-69
- Purwanto, A. 2016. Pemanfaatan citra Landsat 8 untuk identifikasi Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) di kecamatan silat hilir kabupaten Kapuas Hulu. *Edukasi: Jurnal Pendidikan*, 13(1), 27-36.
- Putri, R. A. 2017. Analisis perubahan tutupan lahan daerah aliran sungai Rawapening Dengan Sentinel 1A Tahun 2015 - 2016. *Skripsi*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. 101 hlm.
- Rahmadanty, A., Handayani, I. A. K. R., Najicha, F. U. 2020. Kebijakan pembangunan Kesatuan Pengelolaan Hutan di Indonesia: suatu terobosan dalam menciptakan Pengelolaan Hutan Lestari. Fakultas Hukum Universitas Sebelas Maret. *Jurnal Hukum Al Adl*

- Ramadhana, M. Z. A. J., Lakshitaa, N. M., Muharramaa, D., Ahsania, M. F., Prihantob, Y. 2019. Prediksi tutupan lahan daerah terdampak tsunami dan perubahan muka pantai dengan gis di area terdampak tsunami Palu, Sulawesi, Indonesia. *Semnas Geometika 2019: Geomatics Scientific Meeting on Coastal Management to Support SDG*. 117–122.
- Rizaldi, A., Darmawan, A., Kaskoyo, H., dan Mubarok, H. 2021. Identifikasi perubahan tutupan lahan sebagai dasar strategi pengelolaan hutan (studi kasus Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung Batutegei Lampung). *Seminar Nasional*. Fakultas Kehutanan Universitas Kuningan. Jawa Barat.
- Salakory, M., Rakuasa, H. 2022. Modeling of cellular automata markov chain for predicting the carrying capacity of ambon city. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (JPSL)*, 12(2), 372– 387. <https://doi.org/https://doi.org/10.29244/jpsl.12.2.372-387>.
- Sampurno, R. M., dan Thoriq, A. 2016. Klasifikasi tutupan lahan menggunakan citra landsat 8 operational land imager (oli) di Kabupaten Sumedang (Land Cover Classification Using Landsat 8 Operational Land Imager (Oli) Data In Sumedang Regency). *Jurnal Teknotan* Vol, 10(2).
- Setiana, H. 2012. Strategi pengembangan kelembagaan bidang Agroforestry Di Wilayah Bkph Tanggung Kph Semarang. *thesis*, Program Pascasarjana Undip.
- Setiani, A., Prasetyo, Y. dan Subiyanto, S. 2016. Optimalisasi parameter segmentasi berbasis algoritma multiresolusi untuk identifikasi kawasan industri antara citra satelit landsat dan alos palsar. *J. Geodesi Undip*. 5(4):112-121.
- Sinaga, H. 2018. Analisis ketersediaan ruang terbuka hijau dengan metode Normalized Difference Vegetation Index Dan Soil Adjusted Vegetation Index menggunakan Citra Satelit Sentinel-2a (Studi Kasus: Kabupaten Demak). *Jurnal Geodesi Undip*, 7(1), 202–211.
- Son, N. T., Chen, C. F., Chen, C. R., Minh, V. Q., and Trung, N. H. 2014. A comparative analysis of multitemporal MODIS EVI and NDVI data for large-scale rice yield estimation. *Agricultural and Forest Meteorology*, 197, 52–64.
- Sudiana, D. dan Diasmara, E. 2008. *Analisis indeks vegetasi menggunakan data satelit noaa/avhrr dan terra/aqua-modis*, *Seminar On Intelligent Technology And Its Application*. 2008. Isbn 978-979 -8897-24-5.
- Sugandhi, N., Supriatna, S., Kusratmoko, E., & Rakuasa, H. 2022. Prediksi perubahan tutupan lahan di Kecamatan Sirimau, Kota Ambon Menggunakan Celular AutomataMarkov Chain. *JPG (Jurnal Pendidikan Geografi)*, 9(2), 104–118. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20527/jpg.v9i2.13880>.
- Sukmawati, W., Arkeman, Y., Maarif, S. 2014. Inovasi sistem agroforestry dalam meningkatkan produktivitas kardkkam. *Jurnal Teknik Industri*, 4(1), 58–64. doi: 10.25105/jti.v4i1.1563.

- Sumilia., Akhir, N. Syarif, Z. 2019. Plant diversity in various agroforestry system based on cocoa in Pasaman, West Sumatra. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB)*, 4(2), 402-406. doi: 10.22161/ijeab/4.2.22.
- Supriadi, H., dan Pranowo, B. 2015. *Prospek pengembangan agroforestri berbasis kopi di Indonesia*. Perspektif 14 (2): 135 -150.
- Suwargana, N. 2013. *Resolusi spasial, temporal dan spektral pada citra satelit landsat, spot dan ikonos*. Lembaga Penerbangan Antariksa Nasional. 1(2): 167– 174.
- Suwarsono. 2013. *Pengembangan Model Identifikasi Daerah Kebakaran Hutan dan Lahan (Burned Area) Menggunakan Citra Modis di Kalimantan*. Jakarta: Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional.
- Taugourdeau, S., G. le Maire, J. Avelino, J.R. Jones, L.G. Ramirez, M.J. Quesada, F. Charbonnier, F. Gómez-Delgado, J.M. Harmand, B. Rapidel, P. Vaast, and O. Roupsard. 2014. *Leaf area index as an indicator of ecosystem services and management practices: An application for coffee agroforestry*. Agriculture, Ecosystems and Environment 192:19–37.
- Tunggadewi AT, Syaufina L dan Puspaningsih N, 2014. Pemanfaatan penginderaan jauh untuk estimasi stok karbon di area reklamasi PT. Antam Ubpe, Pongkor, Kabupaten Bogor. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 4 (1): 49–59.
- Van noordwijk m., Lusiana b., 2000. *Wanulcas version 2.0. background on a model of water nutrient and light capture in agroforestri systems*. international centre for research in agroforestri (icraf), bogor, indonesia.
- Verrelst, J., Muñoz, J., Alonso, L., Delegido, J., Rivera, J. P., Camps-Valls, G., & Moreno, J. (2012). Machine learning regression algorithms for biophysical parameter retrieval: Opportunities for Sentinel-2 and-3. *Remote Sensing of Environment*, 118, 127–139.
- Wahyuno. 2001. *Analisis perubahan penggunaan lahan*. Yogyakarta : UGM.
- Weng, Q. 2012. *Remote Sensing and GIS Integration: Theories, Methods, and Applications*. McGraw Hill.
- Widiyanto A. 2013. *Agroforestry dan Peranannya dalam Mempertahankan Fungsi Hidrologi dan Konservasi*.
- Wulandari, C., Landicho, L.D., Cabahug, R.E.D. Baliton, R.S., Banuwa, R.S., Herwanti, S., Biono, P. 2019. Food security status agroforestry landscapes of way betung watershed, indonesia and molawin dampalit subwatershed, Philippines. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 25(3), 164-172.
- Wulder, M. A., dan S. E. Franklin. 2006. *Understanding Forest Disturbance and Spatial Pattern*. New York.