

**ANALISIS KESEHATAN HUTAN BERDASARKAN METODE
FOREST HEALTH MONITORING DAN *REMOTE SENSING*
DI TAMAN HUTAN RAYA BANTEN**

(Skripsi)

Oleh

**Wahyu Nurhadi Wibowo
2214151121**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

**ANALISIS KESEHATAN HUTAN BERDASARKAN METODE
FOREST HEALTH MONITORING DAN *REMOTE SENSING*
DI TAMAN HUTAN RAYA BANTEN**

Oleh

Wahyu Nurhadi Wibowo

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar SARJANA KEHUTANAN

Pada Jurusan Kehutanan

Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

ANALISIS KESEHATAN HUTAN BERDASARKAN METODE *FOREST HEALTH MONITORING* DAN *REMOTE SENSING* DI TAMAN HUTAN RAYA BANTEN

Oleh
Wahyu Nurhadi Wibowo

Tekanan aktivitas manusia dan faktor lingkungan di Taman Hutan Raya (Tahura) Banten yang merupakan kawasan penyangga ekosistem berpotensi menurunkan kesehatan hutan. Metode *Forest Health Monitoring* (FHM) mampu memberikan penilaian kondisi kawasan secara langsung di lapangan sedangkan *Remote Sensing* mampu menganalisis kondisi vegetasi secara cepat dan luas, sehingga perbandingan keduanya memberikan analisis kesehatan hutan yang lebih komprehensif. Penelitian ini bertujuan menganalisis kondisi kesehatan hutan menggunakan metode FHM dan *Remote Sensing*. Pengukuran dilakukan berdasarkan parameter indikator kondisi tajuk metode FHM menggunakan 8 Klaster plot (CL) yang mewakili kawasan Tahura. Analisis *Remote Sensing* dilakukan menggunakan citra *PlanetScope* berdasarkan indeks vegetasi *Normalized Difference Red Edge* (NDRE), *Chlorophyll Index Red Edge* (CIRE), *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI), dan *Normalized Difference Water Index* (NDWI). Perbandingan kedua metode dilakukan untuk menganalisis keterkaitan antara Nilai Akhir Kesehatan Hutan indikator parameter kondisi tajuk (NKH) dan indeks vegetasi NDRE. Hasil penelitian menunjukkan bahwa CL1 NKH 0,22 berkategori buruk, CL2 NKH 2,20 kategori baik, CL3 NKH 1,32 dan CL4 NKH 1,10 berkategori sedang, CL5 NKH 2,20 serta CL6, CL7 dan CL8 NKH 1,98 berkategori Baik. Analisis citra menunjukkan sebagian besar kawasan berada pada kategori vegetasi baik berdasarkan indeks NDRE seluas 930,42 Ha dan indeks CIRE seluas 1.596,00 Ha. Indeks SAVI didominasi kategori baik seluas 843,49 Ha, sedangkan NDWI menunjukkan dominasi kebasahan sedang seluas 839,90 Ha. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa nilai NKH dan NDRE memberikan gambaran kondisi kesehatan hutan yang relatif sejalan. Rata-rata nilai NKH sebesar 1,62 dan nilai NDRE 930,42 Ha menunjukkan kondisi kesehatan hutan pada kategori baik.

Kata kunci: *Forest Health Monitoring*, Penginderaan jauh, *PlanetScope*, NDRE; Taman Hutan Raya Banten.

ABSTRACT

FOREST HEALTH ANALYSIS BY METHOD FOREST HEALTH MONITORING AND REMOTE SENSING IN BANTEN FOREST PARK

By

Wahyu Nurhadi Wibowo

The pressure of human activities and environmental factors in the Banten Forest Park (Tahura), which is an ecosystem buffer area, has the potential to reduce forest health. The *Forest Health Monitoring* (FHM) method is able to provide an assessment of the condition of the area directly in the field whereas *Remote Sensing* is able to analyze the condition of vegetation quickly and extensively, so that the comparison of the two provides a more comprehensive analysis of forest health. This study aims to analyze forest health conditions using FHM and *Remote Sensing methods*. Measurements were carried out based on the indicator parameters of the FHM method header condition using 8 plot clusters (CL) representing the Tahura area. *Remote Sensing analysis* was carried out using *PlanetScope* imagery based on the *Normalized Difference Red Edge* (NDRE), *Chlorophyll Index Red Edge* (CIRE), *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI), and *Normalized Difference Water Index* (NDWI). A comparison of the two methods was carried out to analyze the relationship between the Forest Health Final Value, the crown condition parameter indicator (NKH) and the NDRE vegetation index. The results showed that CL1 NKH 0.22 was in the bad category, CL2 NKH 2.20 was in the good category, CL3 NKH 1.32 and CL4 NKH 1.10 were in the medium category, CL5 NKH 2.20 and CL6, CL7 and CL8 NKH 1.98 were in the Good category. Image analysis shows that most of the areas are in the vegetation category based on the NDRE index of 930.42 Ha and the CIRE index of 1,596.00 Ha. The SAVI index is dominated by the good category covering an area of 843.49 Ha, while NDWI shows the dominance of moderate wetness covering an area of 839.90 Ha. The results of the comparison show that the values of NKH and NDRE provide a relatively consistent picture of forest health conditions. The average NKH value of 1.62 and the NDRE value of 930.42 Ha showed that the forest health condition was in the good category.

Keywords: Forest Health Monitoring, Remote Sensing, PlanetScope, NDRE; Banten Forest Park.

Judul Penelitian

: **ANALISIS STATUS KESEHATAN**

HUTAN BERDASARKAN METODE

FOREST HEALTH MONITORING DAN

REMOTE SENSING DI TAMAN HUTAN

RAYA (TAHURA) BANTEN

Nama Mahasiswa

: **Wahyu Nurhadi Wibowo**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2214151121

Program Studi

: Kehutanan

Fakultas

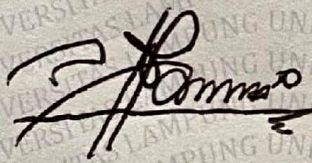
: Pertanian

MENYETUJUI

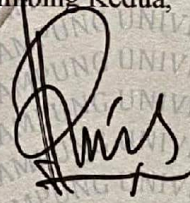
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing Pertama,

Pembimbing Kedua,

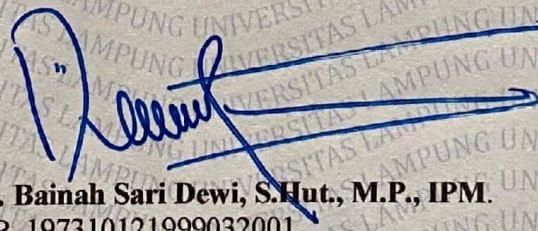


Prof. Dr. Rahmat Safe'i, S.Hut., M.Si.
NIP. 197601232006041001



Trio Santoso, S.Hut., M.Sc.
NIP. 198503102014041002

2. Ketua Jurusan Kehutanan,



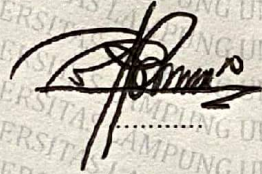
Dr. Bainah Sari Dewi, S.Hut., M.P., IPM.
NIP. 197310121999032001

MENGESAHKAN

1. Penguji

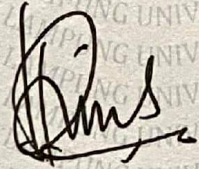
Ketua

Prof. Dr. Rahmat Safe'i, S.Hut., M.Si.



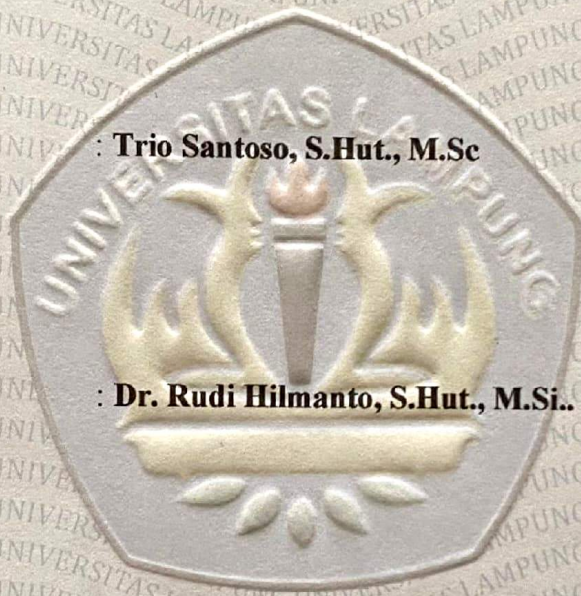
Sekretaris

Trio Santoso, S.Hut., M.Sc



Anggota

Dr. Rudi Hilmanto, S.Hut., M.Si.

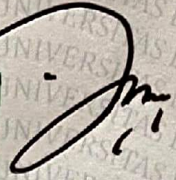


2. Dekan Fakultas Pertanian



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

NIP 196411181989021002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **9 Februari 2026**

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wahyu Nurhadi Wibowo
NPM : 2214151121
Jurusan : Kehutanan
Alamat Rumah : Kp. Pamatang, Desa. Banjarmasin, Kec. Carita,
Pandeglang, Banten

Menyatakan dengan sebenar-benarnya dan sungguh-sungguh bahwa skripsi saya yang berjudul:

“ANALISIS KESEHATAN HUTAN BERDASARKAN METODE *FOREST HEALTH MONITORING* DAN *REMOTE SENSING* DI TAMAN HUTAN RAYA BANTEN”

Adalah benar karya saya sendiri yang saya susun dengan mengikuti norma dan etika akademik yang berlaku. Selanjutnya, saya juga tidak keberatan apabila sebagian atau seluruh data pada skripsi ini digunakan oleh dosen dan/atau program studi untuk kepentingan publikasi. Jika di kemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar sarjana maupun tuntutan hukum.

Bandar Lampung, 9 Februari 2026

Yang membuat pernyataan



Wahyu Nurhadi Wibowo

2214151121

RIWAYAT HIDUP



Wahyu Nurhadi Wibowo dengan nama panggilan Wahyu merupakan anak ke-2 dari 3 bersaudara. Lahir di Pandeglang, 24 Januari 2004 dari pasangan Bapak Sutrisno dan Ibu Kimah Maryamah. Pendidikan dimulai dari TK Paud La Takhzan, kemudian melanjutkan di SDN Teluk 1 Labuan selama 6 Tahun hingga tahun 2016, Pendidikan selanjutnya di MTsN 2 Pandeglang banten yang ditempuh hingga tahun 2019, dan Sekolah Menengah Kejuruan di SMK Negeri 3 Pandeglang Pada Tahun 2022. Penulis melanjutkan pendidikan dan terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur penerimaan Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama masa perkuliahan, penulis aktif mengikuti kegiatan Akademik seperti kegiatan Ekspedisi Studi Hutan Observasi dan Eksplorasi (SHOREA) Himasyilva pada Tahun 2024 di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan serta dalam kegiatan Magang Reguler Di Taman Nasional Gunung Merbabu (TNGMb) pada Tahun 2024 yang memberikan berbagai pengalaman untuk penulis. Kegiatan lainnya yang dilaksanakan saat masa studi adalah Kuliah Kerja Nyata (KKN) dan Praktik Umum (PU). Kegiatan KKN dilaksanakan di Desa Nyapah Banyu Kec. Abung Pekurun, Kab. Lampung Utara. Sedangkan kegiatan Praktik Umum (PU) di Hutan Pendidikan Wanagama, yaitu Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Wanagama, Kecamatan Playen, Gunung Kidul, Yogyakarta serta Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Getas, Kecamatan Kradenan, Blora, Jawa Tengah.

Dengan Penuh Rasa Syukur atas Karunia Allah SWT dan segala kerendahan hati, skripsi ini saya persembahkan kepada kedua orang tua, Bapak Sutrisno serta Ibu Kimah Maryamah yang selalu memberikan doa, kepercayaan dan dukungan penuh sehingga saya dapat menyelesaikan studi. Terima kasih untuk semua doa yang sama besarnya dari seluruh teman-teman dalam perjalanan ini dengan segala bentuk canda, tawa dan supportnya.

Terima kasih juga untuk Universitas Lampung.

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan keberkahan dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Analisis Kesehatan Hutan Berdasarkan Metode *Forest Health Monitoring* Dan *Remote Sensing* Di Taman Hutan Raya Banten”. Penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, bantuan, dan bimbingan berbagai pihak yang terlibat. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

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.
2. Ibu Dr. Hj. Bainah Sari Dewi, S. Hut., M. P. selaku Ketua Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Bapak Prof. Dr. Rahmat Safe'i, S.Hut., M.Si. sebagai dosen pembimbing pertama telah memberikan bimbingan kepada penulis dengan penuh kesabaran dan pemahaman. Tanpa bantuan serta bimbingan beliau, tidak akan terlepas dari setiap nasihat, dorongan semangat, pengalaman, serta inspirasi yang terus-menerus diberikan kepada penulis.
4. Bapak Trio Santoso, S.Hut., M.Sc., selaku dosen pembimbing kedua penulis, yang selalu menemani langkah penulis sejak awal hingga akhir proses, baik dalam tahap pra turun lapang maupun penyelesaian skripsi, serta memberikan energi positif dalam membawa semangat penulis hingga menyelesaikan penulisan skripsi.

5. Bapak Dr. Rudi Hilmanto, S.Hut., M.Si., sebagai dosen penguji penulis yang telah memberikan masukan dan bimbingan, menyemangati, serta memberikan saran-saran yang bermakna kepada penulis.
6. Ibu Rusita, S.Hut., M.P. selaku pembimbing akademik penulis yang telah banyak membantu dalam masa perkuliahan.
7. Segenap Bapak/Ibu Dosen Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang telah memberikan seluruh pengetahuan yang bermanfaat.
8. Orang tua penulis Bapak Sutrisno dan Ibu Kimah Maryamah yang telah memberikan kasih sayang, selalu memberikan dukungan pada seluruh kegiatan yang dilakukan penulis, memberikan kebebasan sekaligus kepercayaan pada penulis dan doa penuh tanpa henti pada setiap sujudnya, sehingga penulis dapat melangkah maju dan mampu menyelesaikan studi ini dengan penuh semangat dan motivasi.
9. Sahabat seperjuangan Tim Kesehatan Hutan 2022 yaitu Dini Ratna Sari, Novi Yunita Larasati, Andina Putri Wijayanti, Bilkist Maudy Utari, Nur Hidayat dan Andre Bosco T Sidabutar yang selalu membantu dalam pengambilan data serta penulisan skripsi.
10. Pada para pemain inti terimakasih telah menemani penulis dalam proses skripsi, menyiksa kaki untuk mencari inspirasi, pergi hilang dan mendaki. Pada semua yang menyenangkan, semoga tidak pernah berubah, terima kasih sudah datang sebagai tawa, senang dan suka.
11. Saudara Kehutanan UNILA angkatan 2022 (Rexterion) dan seluruh keluarga besar Himasyiva Unila.
12. Terima kasih untuk siapa pun yang sudah bersedia memberi doa, semangat dan bantuan. Semoga tawamu lama.

Bandar Lampung, 4 Maret 2026



Wahyu Nurhadi Wibowo

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang dan Masalah	1
1.2. Tujuan.....	4
1.3. Kerangka Pikiran.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Kondisi Umum	8
2.2. Kesehatan Hutan.....	11
2.3. Penginderaan Jauh (<i>Remote Sensing</i>).....	11
2.4. Indeks Vegetasi	13
III. METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1. Waktu dan Tempat	16
3.2. Alat dan Objek Penelitian.....	16
3.3. Jenis dan Sumber Data	16
3.4. Teknik Pengambilan Data dan Pengolahan Data	18
3.4.1 Penetapan Klaster Plot FHM.....	18
3.4.2. Penilaian Status Kesehatan Hutan Pada Parameter Indikator Kondisi Tajuk Pohon.....	19
3.4.3. Analisis Indeks Vegetasi	24
3.4.4. Perbandingan Parameter Indikator Kondisi Tajuk Dan Indeks Vegetasi	28
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	29

4.1. Penetapan Klaster Plot FHM	29
4.2. Penilaian Status Kesehatan Hutan Pada Parameter Indikator Kondisi Tajuk Pohon.....	34
4.2.1. Penilaian Parameter Indikator Kondisi Tajuk	34
4.2.2. Nilai Tertimbang Indikator Kesehatan Hutan	36
4.2.3. Nilai Skor Parameter Indikator Kondisi Tajuk	37
4.2.4. Nilai Akhir Status Kesehatan Hutan	38
4.3. Analisis Indeks Vegetasi Kesehatan Hutan Tahura Banten	40
4.3.1. NDRE (<i>Normalized Difference Red Edge</i>)	41
4.3.2. CIRE (<i>Chlorophyll Index Red Edge</i>)	43
4.3.3. SAVI (<i>Soil Adjusted Vegetation Index</i>)	45
4.3.4. NDWI (<i>Normalized Difference Water Index</i>)	47
4.4. Perbandingan Status Kesehatan Hutan Berdasarkan Parameter Indikator Kondisi Tajuk dengan Indeks Vegetasi.....	49
V. KESIMPULAN DAN SARAN	66
5.1. Simpulan.....	66
5.2. Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN.....	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bagan Kerangka Pikiran	6
2. Bagan Proses Analisis Data Penginderaan Jauh	7
3. Peta Blok Pengelolaan Taman Hutan Raya (Tahura) Banten	9
4. Peta Lokasi Penelitian	17
5. Desain klaster plot metode FHM (sumber Safe'i et al., 2022)	19
6. Peta Koordinat Titik Klaster	20
7. Kartu Skala Estimasi Rasio Tajuk Hidup (Safe'i & Tsani, 2016)	21
8. Kartu Skala Transparansi dan Kerapatan Tajuk (Safe'i & Tsani, 2016)	22
9. Penentuan Diameter Tajuk (Safe'i & Tsani, 2016).....	22
10. Titik Ikat Klaster plot 1	30
11. Titik Ikat Klaster plot 2	31
12. Titik Ikat Klaster plot 3	31
13. Titik Ikat Klaster plot 4	31
14. Titik Ikat Klaster plot 5	32
15. Titik Ikat Klaster plot 6	32
16. Titik Ikat Klaster plot 7	32
17. Titik Ikat Klaster plot 8	33
18. Kawasan Klaster Plot 1	36
19. Peta Indeks Vegetasi NDRE Tahura Banten.....	42
20. Peta Indeks Vegetasi CIRE Tahura Banten	44
21. Peta Indeks Vegetasi SAVI Tahura Banten	46
22. Peta Indeks Vegetasi NDWI Tahura Banten.....	48
23. Peta Sebaran Titik Pohon Klaster 1	56

24. Peta Sebaran Titik Pohon Klaster 2	57
25. Peta Sebaran Titik Pohon Klaster 3	58
26. Peta Sebaran Titik Pohon Klaster 4	59
27. Peta Sebaran Titik Pohon Klaster 5	61
28. Peta Sebaran Titik Pohon Klaster 6	62
29. Peta Sebaran Titik Pohon Klaster 7	63
30. Peta Sebaran Titik Pohon Klaster 8	64
31. Pengukuran Live Crown Ratio (LCR)	77
32. Pengukuran Kerapatan Tajuk (Cden) dan Transparaansi Tajuk (FT).....	77
33. Pengukuran Diameter Tajuk (Cd/Wd)	78
34. Pengukuran Dieeback (CDB).....	78
35. Pengukuran Jarak Antar Plot.....	79
36. Pengukuran Azimuth	79
37. Penandaan dan Penomoran Pohon	80
38. Tagging Pohon	80
39. Titik Pusat Plot.....	81

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kriteria Kondisi Tajuk Pohon	23
2. Nilai VCR Metode <i>Forest Health Monitoring</i> (FHM)	23
3. Informasi Band Citra <i>PlanetScope</i>	24
4. Penetapan dan Pembuatan Klaster Plot FHM.....	29
5. Nilai Parameter Indikator Kondisi Tajuk Pohon	35
6. Nilai Tertimbang Setiap Indikator	36
7. Skor Penentu Parameter Indikator Kondisi Tajuk Tahura Banten.....	37
8. Nilai Skor Parameter Indikator Kondisi Tajuk Tahura Banten	38
9. Nilai Ambang Batas Kesehatan Hutan di Tahura Banten.....	39
10. Nilai Akhir Status Kesehatan Hutan Tahura Banten	39
11. Nilai Kategori Indeks Vegetasi NDRE	41
12. Nilai Kategori Indeks Vegetasi CIRE.....	43
13. Nilai Kategori Indeks Vegetasi SAVI.....	45
14. Nilai Kategori Indeks Vegetasi NDWI.....	47
15. Perbandingan Kategori NKH dengan Kategori NDRE	49
16. Perbandingan Kategori NKH dengan Kategori CIRE	50
17. Perbandingan Kategori NKH dengan Kategori SAVI.....	51
18. Perbandingan Kategori NKH dengan Kategori NDWI	52

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Masalah

Indonesia merupakan salah satu negara di kawasan Asia Tenggara yang memiliki banyak kekayaan alam dan tingkat keanekaragaman hayati yang sangat tinggi. Salah satu kekayaan alam yang sangat berharga tersebut yaitu kawasan hutan. Hutan tidak hanya menjadi bagian dari ekosistem nasional, tetapi juga berperan penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan secara global (Han *et al.*, 2019). Widodo dan Sidik (2020) menyatakan bahwa hutan merupakan sumber daya alam yang memiliki peran besar dalam kehidupan manusia, baik dari segi ekonomi, sosial, budaya, maupun lingkungan.

Direktorat Jendral KSDAE (2018) mengemukakan bahwa Indonesia memiliki total luas kawasan konservasi seluas 27,14 juta Hektar yang dikelola melalui 552 unit kawasan konservasi. Kawasan konservasi tersebut memiliki peran penting dalam menjaga keanekaragaman hayati dan melindungi ekosistem dari ancaman seperti degradasi dan eksploitasi yang dapat merusak lingkungan dan merusak keberlanjutan. Berdasarkan fungsinya, pengelolaan kawasan konservasi di Indonesia terdiri dari beberapa jenis, yaitu 214 cagar alam yang difokuskan pada perlindungan ekosistem secara alami, 79 suaka margasatwa yang menjadi tempat tinggal bagi berbagai spesies hewan yang terancam punah, serta 131 taman wisata alam yang berfungsi sebagai kawasan konservasi dengan pemanfaatan wisata bagi berbagai spesies fauna yang terancam punah

Indonesia juga memiliki 34 Taman Hutan Raya yang berfungsi sebagai kawasan konservasi, sekaligus tempat edukasi dan penelitian, 11 Taman Buru yang dikelola dengan perburuan yang teratur, serta 54 Taman Nasional yang menjadi bagian dari jaringan konservasi internasional.

Selain itu, masih ada 29 kawasan yang memiliki status sebagai Kawasan Suaka Alam (KSA) dan Kawasan Pelestarian Alam (KPA), yang merupakan bagian penting dari upaya melindungi lingkungan di Indonesia (Prayitno, 2020). Taman Hutan Raya (Tahura) berperan penting sebagai kawasan pelestarian alam yang bertujuan untuk menyimpan tumbuhan dan satwa asli maupun buatan, baik jenis lokal maupun non-lokal, yang digunakan untuk keperluan penelitian, ilmu pengetahuan, pendidikan, budidaya, budaya, pariwisata, dan rekreasi (Undang-undang Nomor 5 Tahun 1990).

Taman Hutan Raya Banten merupakan salah satu kawasan konservasi yang berlokasi di Provinsi Banten dan dikelola oleh Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Luas kawasan ini sekitar 1.595,9 hektar (UPTD Tahura Banten, 2019) dan dibagi menjadi empat blok utama (Rezinda *et al.*, 2020). Keberadaan kawasan ini tidak hanya mendukung upaya konservasi, tetapi juga menjadi tempat penting untuk kegiatan akademik dan ilmiah terkait flora dan fauna di sana. Selain manfaat konservasi, kawasan Tahura Banten juga memiliki potensi ekonomi dan ekologi yang besar.

Hidayatullah (2019) dalam penelitiannya mengemukakan bahwa kawasan ini memiliki ekosistem yang unik dan memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi, mencakup berbagai jenis tumbuhan dengan berbagai spesies pohon dan hewan yang menjadikannya sebagai sumber daya alam yang bernilai tinggi. Keberagaman jenis pohon dalam suatu ekosistem hutan mencerminkan kestabilan dan ketahanan ekosistem terhadap perubahan lingkungan, sehingga menjadi faktor penting dalam mengevaluasi kesehatan hutan secara keseluruhan. Evaluasi kondisi kawasan melalui kesehatan hutan memiliki beberapa indikator yang digunakan, yaitu produktivitas, vitalitas, keanekaragaman hayati, serta kualitas tapak. Penilaian vitalitas dilakukan dengan mengidentifikasi lokasi terjadinya kerusakan, jenis kerusakan, dan tingkat keparahannya serta melalui penilaian kondisi tajuk pohon (Maulana *et al.*, 2021).

Aktivitas manusia seperti eksploitasi sumber daya hutan yang tidak terkontrol juga menyebabkan peningkatan risiko kerusakan pada pohon dalam suatu ekosistem (Abimanyu *et al.*, 2019). Tujuan utama dari pengukuran serta pemantauan kesehatan hutan adalah untuk memastikan bahwa pengelolaan hutan

dapat dilakukan secara berkelanjutan (Safe'i, 2022). Hutan dikatakan sehat apabila mampu menjalankan fungsi ekologisnya sesuai dengan tujuannya, baik sebagai hutan produksi, hutan perlindungan, maupun hutan konservasi. Dalam kesehatan hutan, keseimbangan antara komponen biotik dan abiotik di dalam ekosistem hutan merupakan faktor utama dalam menjaga keberlanjutan fungsi ekologisnya (Widodo *et al.*, 2022).

Pemantauan kesehatan hutan dilakukan agar pengelolaan hutan bisa berkelanjutan. Kemajuan teknologi saat ini menjadikan pemantauan bisa dilakukan jarak jauh melalui metode penginderaan jauh atau *Remote Sensing*. *Remote Sensing* digunakan dalam berbagai bidang seperti pembuatan peta, survei sumber daya alam, arkeologi, kehutanan, perkebunan, geografi, dan lainnya (Davik *et al.*, 2024). Penggunaan citra satelit dalam pengelolaan sumber daya alam semakin berkembang pesat (Rachim *et al.*, 2024). Citra satelit yang digunakan dalam penelitian ini adalah *PlanetScope* dengan resolusi 3 meter, sehingga cocok untuk berbagai jenis analisis tutupan lahan.

Pendekatan melalui penginderaan jauh menjadikan analisis kesehatan hutan bisa lebih cepat karena tidak perlu menghabiskan waktu untuk mengambil data di lapangan. Teknologi ini juga lebih efisien, efektif, dan terjangkau. *Remote Sensing* memiliki peran penting dalam memberikan informasi mengenai kondisi permukaan bumi tanpa harus mengamati langsung di lapangan. Informasi ini didapatkan dari satelit yang mengukur radiasi elektromagnetik dalam berbagai panjang gelombang, kemudian dipantulkan kembali ke sensor satelit (Raiza, 2022).

Metode penginderaan jauh di kawasan Tahura Banten bisa dipakai untuk melihat kondisi hutan dengan menganalisis tingkat padatnya tumbuhan menggunakan data dari satelit *PlanetScope* secara rutin. Kondisi hutan yang sehat menjadi hal penting untuk menjaga fungsi alam dan keseimbangan ekosistem di wilayah Banten. Untuk mengevaluasi kesehatan hutan, bisa digunakan metode *Forest Health Monitoring* (FHM) serta indeks vegetasi berdasarkan data *Remote Sensing*. Kerusakan hutan seperti deforestasi, kebakaran, atau gangguan lainnya bisa terdeteksi lebih awal. Data dari satelit seperti *PlanetScope* memungkinkan

analisis tumbuhan dan mengenali perubahan jenis lantai tanah dalam area yang luas dengan jangka waktu yang terus-menerus (Ahmad, 2022). Perbandingan kedua metode ini memungkinkan evaluasi yang lebih komprehensif mengenai kondisi kesehatan kawasan hutan di berbagai kawasan. Melalui pemahaman tersebut, diharapkan penelitian ini bisa memberikan informasi yang tepat untuk mendukung pelestarian kawasan konservasi secara berkelanjutan serta memberikan gambaran menyeluruh tentang kondisi hutan dan menjadi acuan bagi pengelola kawasan konservasi dalam mengambil kebijakan yang didasarkan pada data ilmiah.

1.2. Tujuan

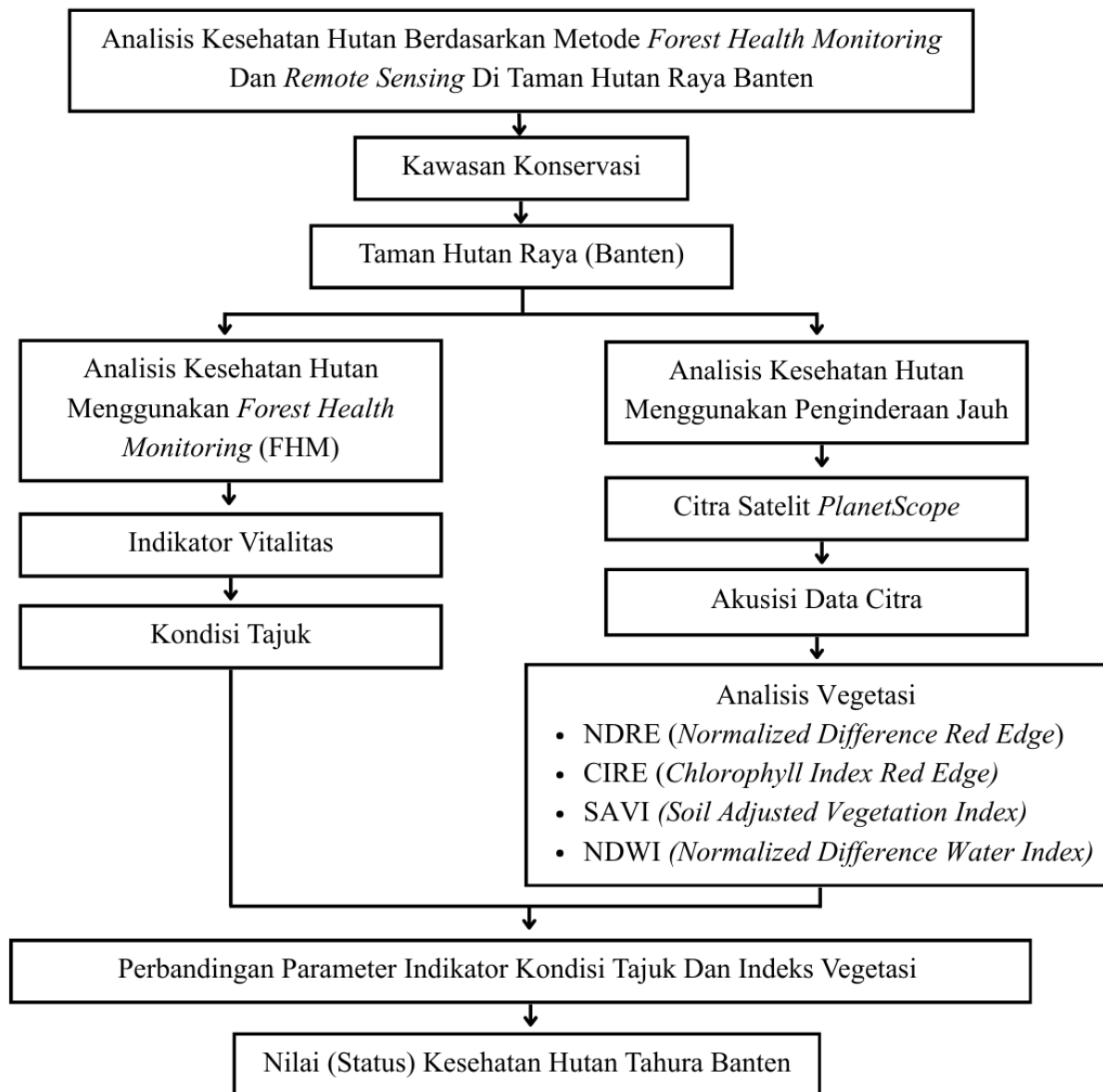
Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui kondisi kesehatan hutan di Taman Hutan Raya berdasarkan parameter indikator kondisi tajuk pohon metode *Forest Health Monitoring* (FHM).
2. Mengetahui kondisi kesehatan hutan di Taman Hutan Raya Banten berdasarkan indeks vegetasi berbasis penginderaan jauh dengan citra satelit *PlanetScope*.
3. Mengidentifikasi Perbandingan status kesehatan hutan berdasarkan metode *Forest Health Monitoring* dengan metode Penginderaan jauh.

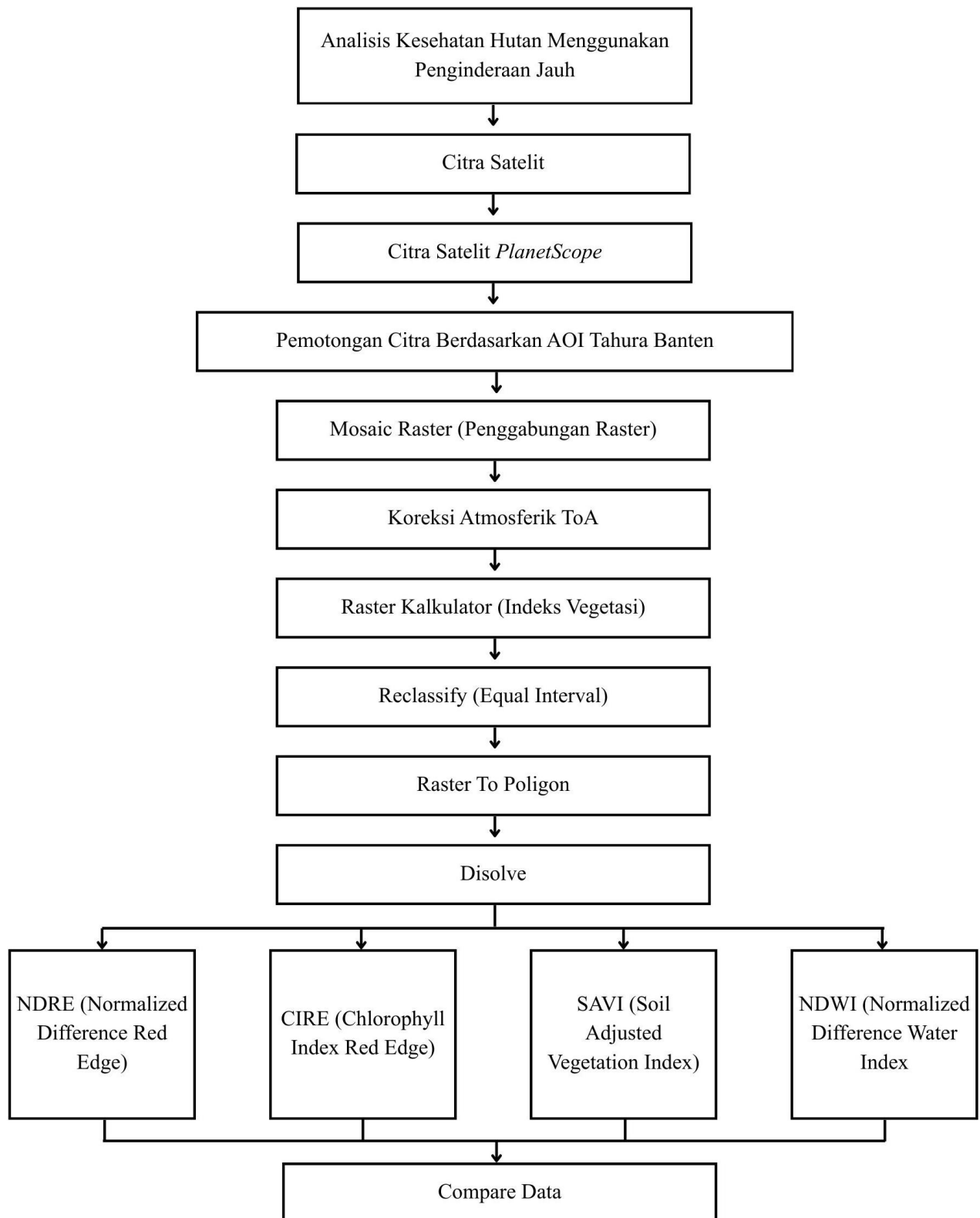
1.3. Kerangka Pikiran

Taman Hutan Raya (Tahura) Banten merupakan salah satu kawasan konservasi di Provinsi Banten yang memiliki peran penting dalam menjaga keanekaragaman hayati dan menjaga keseimbangan ekosistem. Salah satu cara yang digunakan untuk mengetahui kondisi kesehatan hutan adalah *Forest Health Monitoring* (FHM), yang menilai kondisi hutan melalui indikator seperti vitalitas, produktivitas, biodiversitas serta kualitas tapak. Namun, metode FHM ini memiliki kekurangan dalam mencakup area yang luas karena data dikumpulkan secara langsung di lapangan. Sebaliknya, metode *Remote Sensing* dapat digunakan untuk memantau hutan secara luas tanpa perlu mengambil data langsung di lapangan.

Teknologi *Remote Sensing* atau penginderaan jauh digunakan sebagai solusi yang efektif untuk memantau kondisi hutan secara luas. Penginderaan jauh memungkinkan pengumpulan data dalam skala besar menggunakan gambar satelit atau sensor lainnya untuk mengidentifikasi perubahan pemakaian lahan dan tingkat kerusakan hutan. Penelitian ini bertujuan menganalisis kesehatan hutan di Tahura Banten dengan membandingkan metode *Forest Health Monitoring* (FHM) dan metode *Remote Sensing* (penginderaan jauh). Berikut ini bagan kerangka pemikiran yang terlihat pada Gambar 1 serta alur proses analisis data kesehatan hutan yang menggunakan metode penginderaan jauh yang terlihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 1. Bagan Kerangka Pikiran



Gambar 2. Bagan Proses Analisis Data Penginderaan Jauh

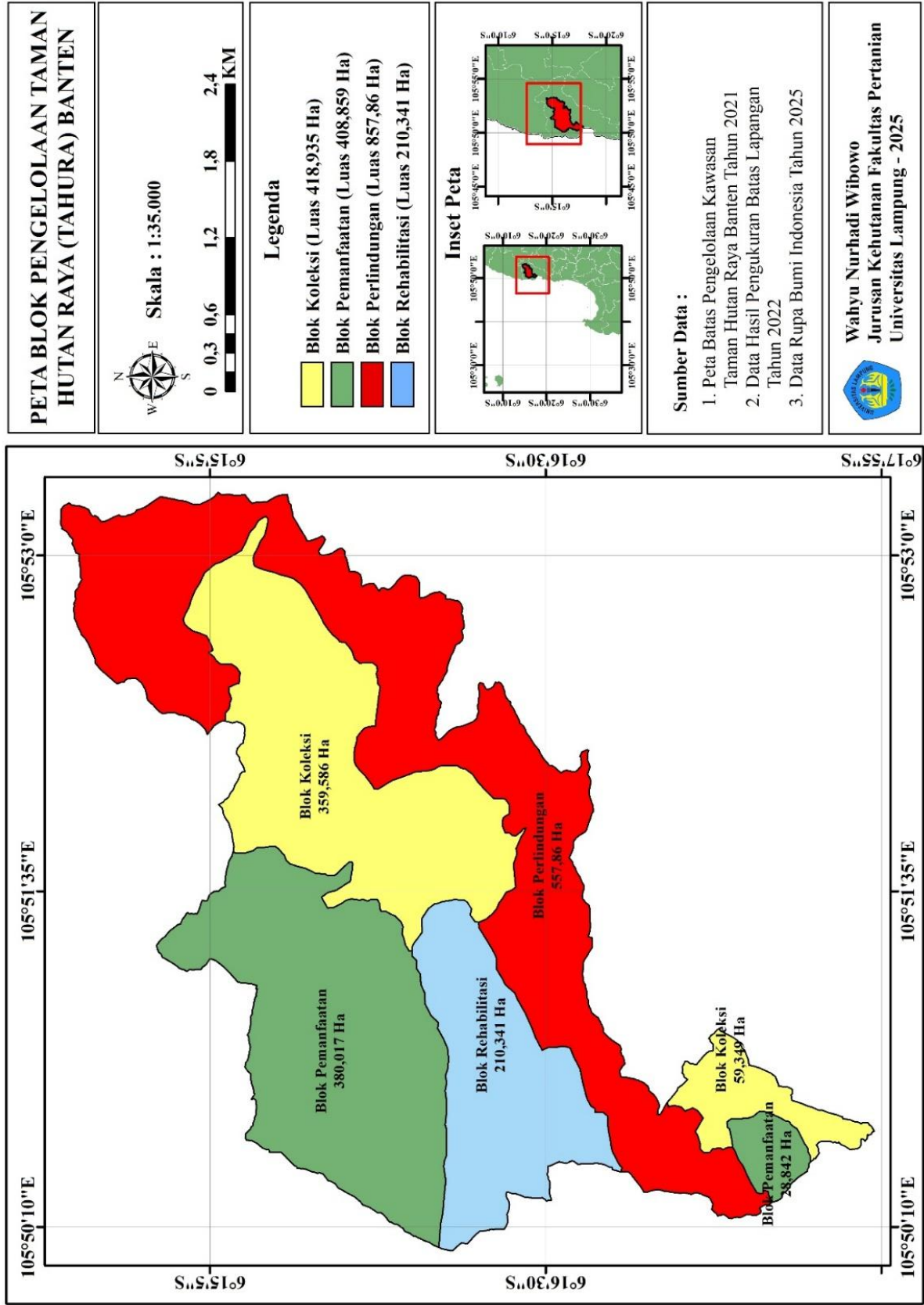
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kondisi Umum

Provinsi Banten saat ini memiliki Taman Hutan Raya (TAHURA) yang dinamakan TAHURA Banten dengan luas sekitar 1.595,9 hektar, berdasarkan Keputusan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor SK.221/Menhut-II/2012 tanggal 4 Mei 2012. Keputusan tersebut mengubah fungsi kawasan hutan produksi terbatas seluas 833 hektar dan hutan produksi tetap seluas 662 hektar menjadi kawasan hutan konservasi. Selain itu, Taman Wisata Alam Carita seluas 95 hektar juga diubah fungsi menjadi bagian dari Tahura Banten dengan luas 1.950 hektar. Lokasinya berada di Kelompok Hutan Gunung Asepun, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten. Pengelolaan kawasan ini dilakukan oleh Dinas Kehutanan melalui UPTD Tahura Banten (2019).

Kawasan Tahura Banten berbatasan dengan empat desa penyangga, yaitu Desa Sukarame, Desa Sukanagara, Desa Kawoyang, dan Desa Cinoyong di Kecamatan Carita. Dari keempat desa tersebut, Desa Kawoyang memiliki luas wilayah terbesar yaitu 6,07 hektar, sedangkan Desa Sukarame merupakan desa terkecil dengan luas 1,76 hektar. Kawasan Tahura Banten terbagi menjadi empat blok pengelolaan, yaitu blok perlindungan, blok koleksi, blok rehabilitasi, dan blok pemanfaatan (Rezinda *et al.*, 2021).

Menurut Hidayatullah (2019), kawasan Tahura Banten memiliki nilai ekonomi dan ekologi yang cukup tinggi. Kawasan ini memiliki karakteristik ekosistem dan keanekaragaman hayati yang meliputi berbagai jenis flora dan fauna serta sumberdaya alam. Hal ini menjadikannya penting dalam mendukung penelitian, pendidikan, budidaya, budaya, pariwisata, dan rekreasi. Pembagian kawasan TAHURA Banten berdasarkan blok pengelolaannya dapat dilihat pada gambar 2 berikut.



Gambar 3. Peta Blok Pengelolaan Taman Hutan Raya (Tahura) Banten

Kawasan Tahura Banten saat ini diatur oleh peraturan perundang-undangan yang terdiri dari dua undang-undang. Pertama, Peraturan Pemerintah Nomor 28 Tahun 2011 yang mengatur pengelolaan kawasan suaka alam (KSA) dan kawasan pelestarian alam (KPA). Undang-undang ini menjelaskan tentang perlindungan, pengawetan, serta pemanfaatan keanekaragaman hayati dalam suatu kawasan. Kedua, Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah yang mengatur kewenangan dalam pengelolaan kawasan Tahura. Undang-undang ini menetapkan bahwa pengelolaan KSA dan KPA berada di bawah pemerintah pusat.

Kawasan Tahura berbatasan langsung dengan daerah pemukiman masyarakat, sehingga memiliki hubungan yang erat dengan kegiatan masyarakat di sekitarnya. Banyak warga sekitar masih menggunakan hutan di kawasan Tahura. Pemanfaatan hutan umumnya dilakukan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari maupun sebagai sumber penghasilan tambahan. Contohnya, masyarakat mengumpulkan kayu bakar untuk kebutuhan rumah tangga, tetapi tidak boleh diperjualbelikan. Sementara hasil hutan yang bukan kayu bisa diperdagangkan, sehingga bisa menjadi penghasilan ekonomi bagi warga sekitar (Kristin *et al.*, 2018).

Interaksi atau kegiatan lain yang dilakukan masyarakat adalah kegiatan pemeliharaan kawasan, meskipun masih terbatas. Kondisi ini menunjukkan tingkat pemeliharaan yang masih rendah sebagaimana diungkapkan Lewerissa (2015) bahwa penggunaan pralatan sederhana berdampak pada rendahnya efektivitas pengolahan lahan. Meskipun status kawasan Tahura sudah dilindungi undang-undang, masih ada praktik penebangan hutan yang dilakukan secara tradisional, baik oleh individu maupun kelompok.

Masyarakat memanfaatkan kawasan tersebut untuk dibuat menjadi lahan perkebunan, pertanian, atau pemukiman, baik jangka pendek maupun panjang. Penebangan hutan diartikan sebagai kegiatan menempati kawasan hutan negara untuk tujuan tertentu. Aktivitas ini bisa memberi dampak baik atau buruk bagi masyarakat, baik dari segi sosial maupun ekonomi (Maulida, 2020). Selain itu, aktivitas ini sering dilakukan tanpa izin resmi sehingga dianggap ilegal, termasuk dalam pemanfaatan hasil hutan, baik kayu maupun bukan kayu.

2.2. Kesehatan Hutan

Kesehatan hutan adalah salah satu indikator penting dalam pengelolaan hutan yang digunakan untuk mengetahui bagaimana kondisi ekosistem hutan secara keseluruhan. Pengelolaan sumber daya alam secara bertanggung jawab memahami bahwa kesehatan hutan sangat penting agar fungsi ekologis, sosial, dan ekonomi dari ekosistem hutan tetap terjaga. Melalui *Forest Health Monitoring* (FHM), kesehatan hutan bisa dinilai melalui berbagai parameter yang saling berkaitan, seperti vitalitas pohon, produktivitas, biodiversitas, dan kualitas tapak. Penilaian kesehatan hutan melalui parameter ini memberikan gambaran yang utuh mengenai kondisi ekosistem. Hal ini tidak hanya penting dalam pengelolaan hutan yang berkelanjutan, tetapi juga dalam mengawetkan dan memulihkan ekosistem hutan yang rusak (Pertiwi *et al.*, 2020).

Masalah kerusakan pada pohon hutan merupakan hal serius yang bisa terjadi karena berbagai faktor, baik dari faktor biologis maupun non-biologis. Faktor-faktor tersebut antara lain penyakit, serangan hama, serta kondisi lingkungan yang tidak baik. Faktor lingkungan yang tidak mendukung seperti perubahan iklim dan polusi, sering dianggap sebagai penyebab utama kerusakan. Klasifikasi kerusakan pohon berdasarkan tingkat keparahannya sangat penting untuk memahami dampaknya terhadap kesehatan ekosistem hutan secara keseluruhan. Pengukuran indeks kerusakan pohon menjadi penting karena dapat memberikan gambaran yang jelas dan berbentuk angka mengenai kondisi hutan. Melalui pengukuran ini, kita tidak hanya bisa menilai tingkat kerusakan yang ada, tetapi juga bisa memperkirakan dampak masa depan dan efek jangka panjang terhadap keanekaragaman hayati dan produktivitas hutan (Arwanda *et al.*, 2021).

2.3. Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*)

Penginderaan jauh atau *Remote Sensing* merupakan teknologi yang dapat digunakan untuk memantau suatu wilayah menggunakan data spasial tanpa harus pergi langsung ke lapangan, seperti dalam mengamati perubahan penggunaan lahan (Mulyaqin *et al.*, 2022). Teknologi informasi terus berkembang, sehingga memperlihatkan tantangan bagi media informasi dalam memberikan informasi dengan cepat, mudah diakses dan juga lengkap. Salah satu informasi yang penting

untuk disampaikan secara luas adalah informasi peta wilayah, yang disebut dengan Sistem Informasi Geografis (SIG). SIG adalah sistem komputer yang bisa mengolah data dengan referensi geografis, termasuk dalam proses input, manajemen data, analisis, maupun pembuatan produk dan cetakan (Niagara *et al.*, 2020).

Penginderaan jauh atau *Remote Sensing* juga merupakan ilmu dan seni untuk mendapatkan informasi mengenai objek, area, atau fenomena melalui pengolahan data dari alat tanpa menyentuh objek yang dianalisis langsung (Karina, 2021). Teknik ini digunakan untuk mendapatkan informasi spasial terkait permukaan bumi, seperti klasifikasi tata guna lahan, kepadatan vegetasi, pemantauan perubahan iklim, serta kesehatan hutan (Pratama, 2022). Penggunaan penginderaan jauh sangat penting dalam melakukan analisis spasial secara cepat dan tepat. Teknik ini juga bisa dipakai untuk memantau perubahan tata guna lahan dengan menggunakan citra satelit (Afasel, 2023).

Citra satelit *PlanetScope* adalah hasil dari penginderaan jauh yang berasal dari kumpulan satelit CubeSat. Satelit *PlanetScope* dilengkapi dengan sensor imaging yang canggih, mampu menghasilkan gambar dengan resolusi spasial sekitar 3 hingga 5 meter per piksel. Sensor ini mampu menangkap cahaya dalam berbagai spektrum, termasuk cahaya inframerah (NIR), sehingga bisa digunakan dalam berbagai penerapan untuk mempelajari berbagai aspek lingkungan. Satelit *PlanetScope* memiliki lebar jalur yang sempit sekitar 20 km, sehingga menangkap area tanah sepanjang 20 km (Sadeh *et al.*, 2021). Citra ini biasanya disajikan dalam format file standar seperti GeoTIFF atau JPEG. Berbagai perangkat lunak bisa dengan mudah membuka serta memproses format ini.

Satelit *PlanetScope* terdiri dari tiga jenis utama, yaitu *Dove-Classic* (PS2), *Dove-R* (PS2.SD), dan *SuperDove* (PSB.SD). Setiap generasi berikutnya dari jenis satelit ini berfokus pada perbaikan kualitas sensor mereka, terutama dalam hal spektral. Jumlah total satelit Dove dalam konstelasi *PlanetScope* mencapai sekitar 130 satelit, masing-masing satelit tersebut memotret gambar secara bergantian saat mengelilingi Bumi (Le Roux *et al.*, 2021). Ketika gambar yang diambil oleh sekitar 430 satelit kecil ini digabungkan, maka seluruh permukaan bumi akan terpetakan setiap hari.

Pada tahun 2016, *PlanetScope* menyediakan dataset reflektansi permukaan dengan empat band, yaitu Merah, Biru, Hijau, dan Inframerah Dekat (NIR) menggunakan sensor PS2. Tahun 2018, sensor PS2.SD generasi kedua ditambahkan dengan band yang sama, tetapi dengan resolusi dan pemisahan yang lebih baik. Pada tahun 2022, *PlanetScope* mulai menghadirkan dataset delapan band yang mencakup Biru, Hijau II, Merah, NIR, Biru Pesisir, Hijau, Kuning, dan Merah Tepi yang menggunakan sensor PSB.SD (Basherr *et al.*, 2024). Citra-citra ini sudah cukup baik untuk berbagai keperluan penginderaan jauh, seperti pemantauan lingkungan, analisis tutupan lahan, perencanaan kota, pengelolaan hutan, dan bantuan kemanusiaan. Satelit *PlanetScope* baru saja diluncurkan, tetapi sudah digunakan dalam berbagai penelitian tutupan lahan dan tutupan permukaan (Wang, 2023).

Salah satu kelebihan utama *PlanetScope* adalah frekuensi revisi yang tinggi. Satelit-satelit ini bekerja dalam konstelasi. Bergantung pada lokasi tertentu, *PlanetScope* bisa merevisi suatu area setiap hari, memberikan pembaruan dan kemampuan pemantauan secara teratur. Teknologi ini menyediakan data yang sudah diorektifikasi orto dan diukur radiasi di lapisan atmosfer, sehingga bisa digunakan untuk berbagai bidang seperti pemetaan laut dangkal, pemantauan tutupan lahan, serta analisis perubahan lingkungan secara akurat dan efisien (Schaeffer *et al.*, 2022). *PlanetScope* menawarkan solusi pemetaan yang cepat dan biaya rendah, sekaligus memberikan hasil optimal dalam penelitian dan pengelolaan sumber daya alam di Indonesia.

2.4. Indeks Vegetasi

Indeks vegetasi merupakan metode pemantauan kesehatan dan kondisi vegetasi di suatu area atau kawasan tertentu. Teknologi pemantauan menggunakan gambar dari satelit seperti *PlanetScope* telah menjadi alat penting dalam penelitian lingkungan, terutama dalam mengamati kesehatan tumbuhan dan perubahan penggunaan lahan. Beberapa metode yang sering digunakan adalah *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), klasifikasi maksimum likelihood, dan platform *Google Earth Engine* (GEE).

Indeks vegetasi NDRE menggunakan perbedaan reflektansi antara panjang gelombang tepi merah (*red edge*) dan inframerah dekat (NIR) yang berada di sekitar 700 nm untuk mengukur kepadatan dan kondisi tumbuhan, termasuk kandungan klorofil. Indeks ini mirip dengan NDVI, tetapi lebih sensitif terutama pada masa pematangan tumbuhan tertentu. NDRE bisa mendeteksi kondisi tumbuhan yang lebih baik daripada NDVI, terutama pada tumbuhan musim panas dan musim gugur yang telah menyimpan banyak klorofil. Hal ini karena saluran *red edge* yang digunakan dalam NDRE bisa menembus daun lebih dalam dibandingkan saluran merah yang digunakan dalam NDVI. Menurut Muramatsu (2019), indeks klorofil diperoleh dari data sensor Satelit. Klorofil *red edge* dengan panjang gelombang 697-713 nm memiliki hubungan kuat dengan kapasitas produksi tumbuhan secara global. Maka dari itu, dalam penelitian ini menggunakan band 7 *red edge* dengan panjang gelombang 697-713 nm untuk algoritma NDRE.

CIRE adalah indeks vegetasi yang digunakan dalam aplikasi Indeks Luas Daun (LAI) dan klorofil. CIRE melibatkan reflektansi dari panjang gelombang *red edge* ($\lambda=697-713$ nm) dan inframerah dekat ($\lambda=845-885$ nm). Hasil perhitungan CIRE berkisar antara nilai -1 sampai 1,845 dengan rata-rata 0,85. Nilai CIRE sebesar 0,5 berarti objek vegetasi, baik itu kelapa sawit maupun tanaman penutup tanah (Wiratmoko, 2016). Kedua transformasi indeks ini sangat baik digunakan sebagai parameter untuk menghitung estimasi produksi. Hatfield (2008) dalam penelitiannya menggunakan CIRE untuk mengetahui jumlah klorofil pada daun hijau, meskipun dalam penelitian ini tidak melakukan pengukuran langsung klorofil pada daun, tetapi besarnya CIRE mencerminkan jumlah klorofil terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman.

Soil Adjusted Vegetation Index atau disingkat SAVI adalah salah satu dari banyak algoritma indeks vegetasi yang dikembangkan dari NDVI, namun lebih mengutamakan dampak dari tanah terhadap kecerahan kanopi (Simarmata *et al.*, 2021). Untuk menghitung SAVI, digunakan dua band pada citra, yaitu band NIR dan band merah (Nugraha dan Citra, 2021). Perhitungan SAVI juga melibatkan nilai konstanta "L" yang berguna untuk mengurangi pengaruh tanah terhadap tutupan vegetasi. Nilai konstanta L berbeda tergantung pada karakteristik

reflektansi tanah dan tingkat kepadatan vegetasi (Luz *et al.*, 2022). Nilai konstanta L biasanya berkisar antara 0 hingga 1. Jika nilai konstanta 1, berarti vegetasi di daerah tersebut jarang. Jika nilai konstanta 0,5, berarti vegetasi sedang. Jika nilai konstanta 0, berarti vegetasi sangat padat (Aji *et al.*, 2021).

Normalised Difference Water Index (NDWI) adalah indeks vegetasi yang mengubah reflektansi dari band pada data citra satelit untuk menganalisis tingkat kecerahan air. NDWI sudah lama digunakan untuk memisahkan fitur air dan yang bukan air (Wiweka *et al.*, 2014). Indeks NDWI dipengaruhi oleh kadar air di daun, jenis vegetasi, serta jenis tutupan lahan. Vegetasi dengan kadar air tinggi dan tutupan lahan yang padat akan memiliki nilai NDWI tinggi. Sebaliknya, jika nilai NDWI rendah, maka menunjukkan kadar air vegetasi rendah dan tutupan vegetasinya juga rendah. Terdapat beberapa rumus NDWI yang menggunakan reflektansi band citra berbeda pada citra satelit. Indeks NDWI didefinisikan sebagai persamaan II.3 (Wiweka *et al.*, 2014.).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

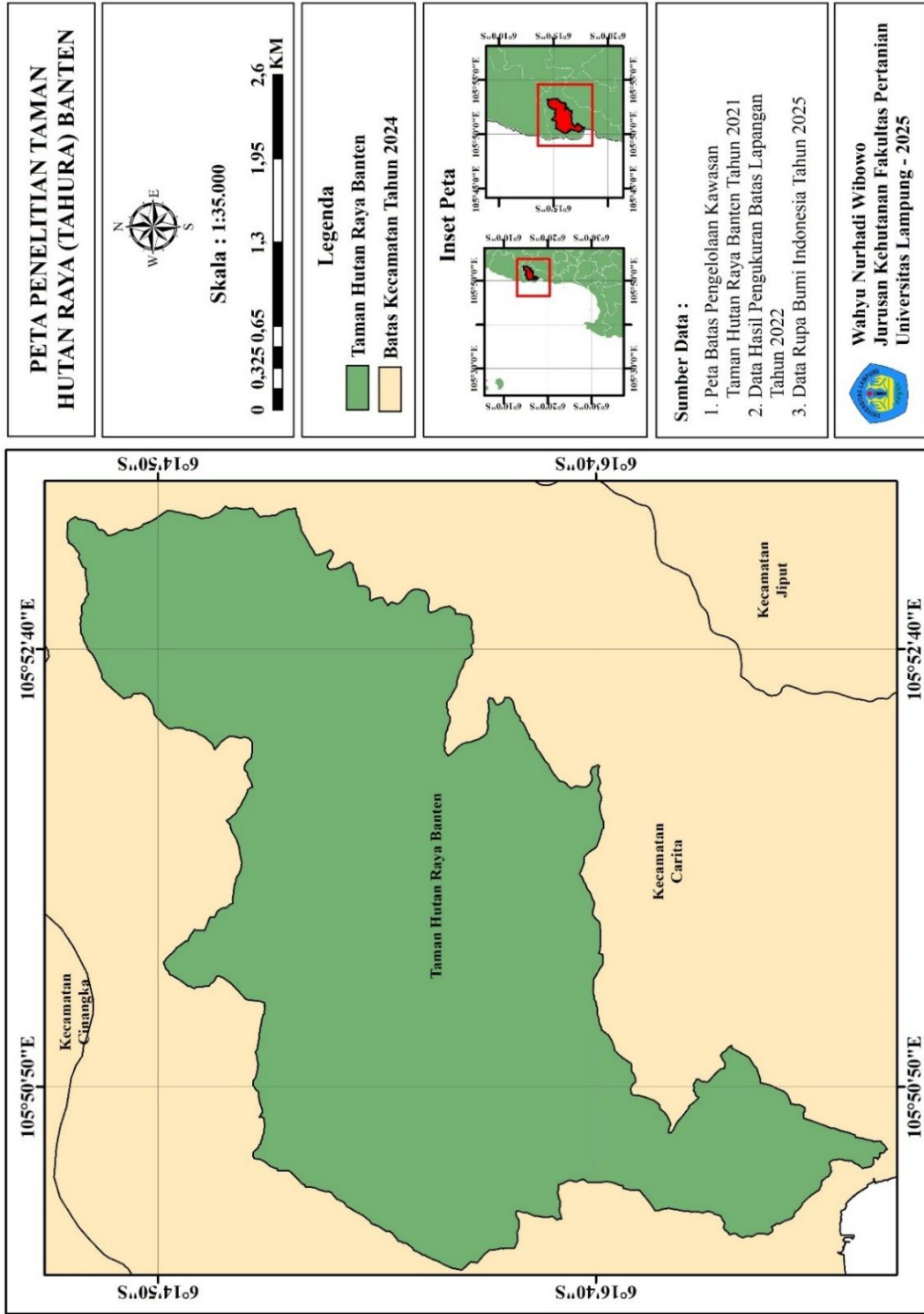
Penelitian Kesehatan Hutan ini dilaksanakan pada bulan Oktober- Desember 2025 berlokasi di Taman Hutan Raya (Tahura) Banten Kecamatan Carita, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten. Peta Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.

3.2. Alat dan Objek Penelitian

Alat yang digunakan dalam pengambilan data penelitian kesehatan hutan di Tahura Banten antara lain yaitu kamera, GPS (*Global Positioning System*), alat tulis, *Software* pendukung seperti *Qgis/ Arcgis, Exel*. Adapun objek pada penelitian ini yaitu kondisi tajuk Taman Hutan Raya (Tahura) Banten serta citra satelit *PlanetScope* dengan cakupan wilayah Tahura Banten.

3.3. Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang didapat langsung dari lapangan melalui pengamatan terhadap kondisi tajuk di Tahura Banten, seperti Rasio Tajuk Hidup/*Live Crown Ratio* (LCR), kerapatan tajuk/*Crown density* (Cden), transparansi tajuk/*Foliage Transparency* (FT), dieback (CBD), dan diameter tajuk/ *Crown Diameter Width dan Crown Diameter at 90°* (Cd/Wd). Selain itu, data juga dikumpulkan dengan menganalisis indeks vegetasi menggunakan teknik penginderaan jauh. Sedangkan data sekunder merupakan data yang didapatkan berdasarkan studi literatur melalui sumber-sumber pustaka yang berkaitan dengan topik penelitian ini.



Gambar 4. Peta Lokasi Penelitian

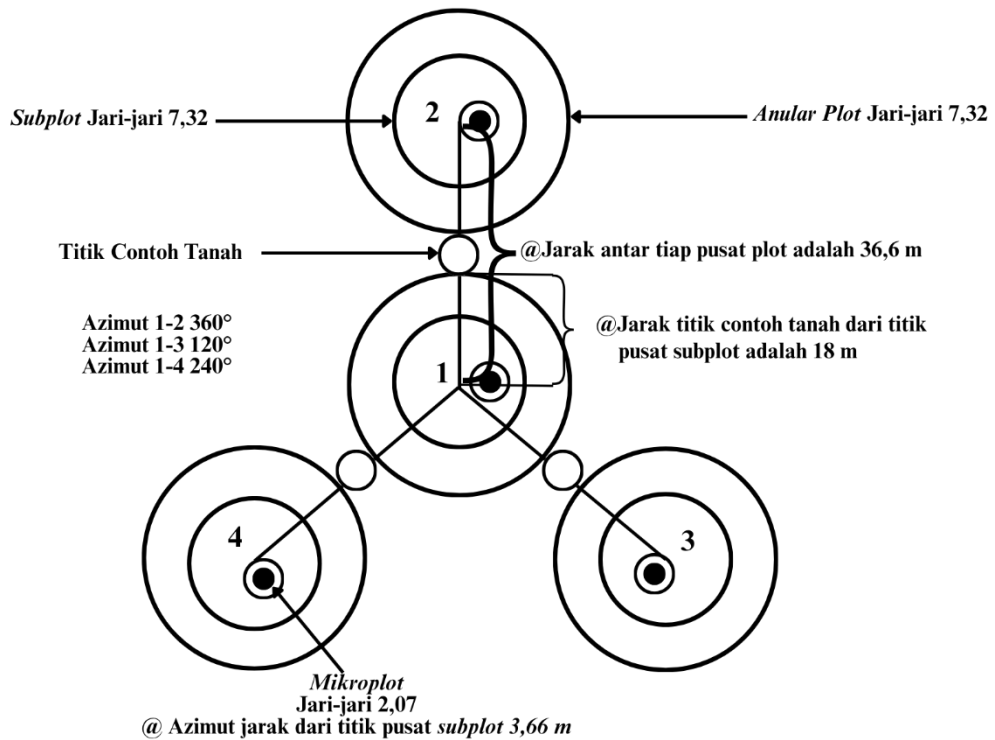
Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan jenis penelitian deskriptif. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk menggambarkan fenomena alam maupun sosial dengan menggunakan angka-angka. Hal ini memerlukan pengukuran terhadap tingkat ciri-ciri tertentu dari suatu fenomena yang diamati. Selanjutnya, pengukuran dilakukan berdasarkan instrumen yang telah ditetapkan. Hasil pengukuran berupa angka-angka yang kemudian dianalisis menggunakan metode statistik dan dikaji hubungannya antar fenomena, sehingga diperoleh data yang akurat.

3.4. Teknik Pengambilan Data dan Pengolahan Data

Teknik pengambilan data yang digunakan pada penelitian ini melalui pembuatan klaster plot metode FHM (*Forest Health Monitoring*) serta Indeks Vegetasi pada Penginderaan Jauh untuk mengolah data citra *PlanetScope*.

3.4.1 Penetapan Klaster Plot FHM

Penentuan klaster plot dimulai dengan menentukan jumlah klaster yang dilakukan berdasarkan intensitas sampling (Wahid *et al.*, 2023). Jumlah klaster ditentukan dengan menggunakan intensitas sampling sebesar 0,2% (Tapasya *et al.*, 2023) dari total luas kawasan Taman Hutan Raya (Tahura) Banten dengan luas 1.595,9 Ha (UPTD Tahura Banten, 2016). Kawasan Tahura Banten terbagi menjadi 4 blok pengelolaan, kemudian analisis awal kategori kesehatan hutan dengan analisis vegetasi *NDVI* dengan 3 kategori (Buruk, sedang dan baik) maka diperoleh jumlah klaster plot sebanyak 8 klaster atau 32 plot lingkaran, dimana pembagiannya terbagi menjadi 5 klaster pada kawasan berkategori baik dan 3 pada kawasan berkategori sedang, dapat dilihat pada Gambar 6. Desain klaster plot menggunakan metode FHM dapat dilihat pada Gambar 5 yang disajikan berikut ini.

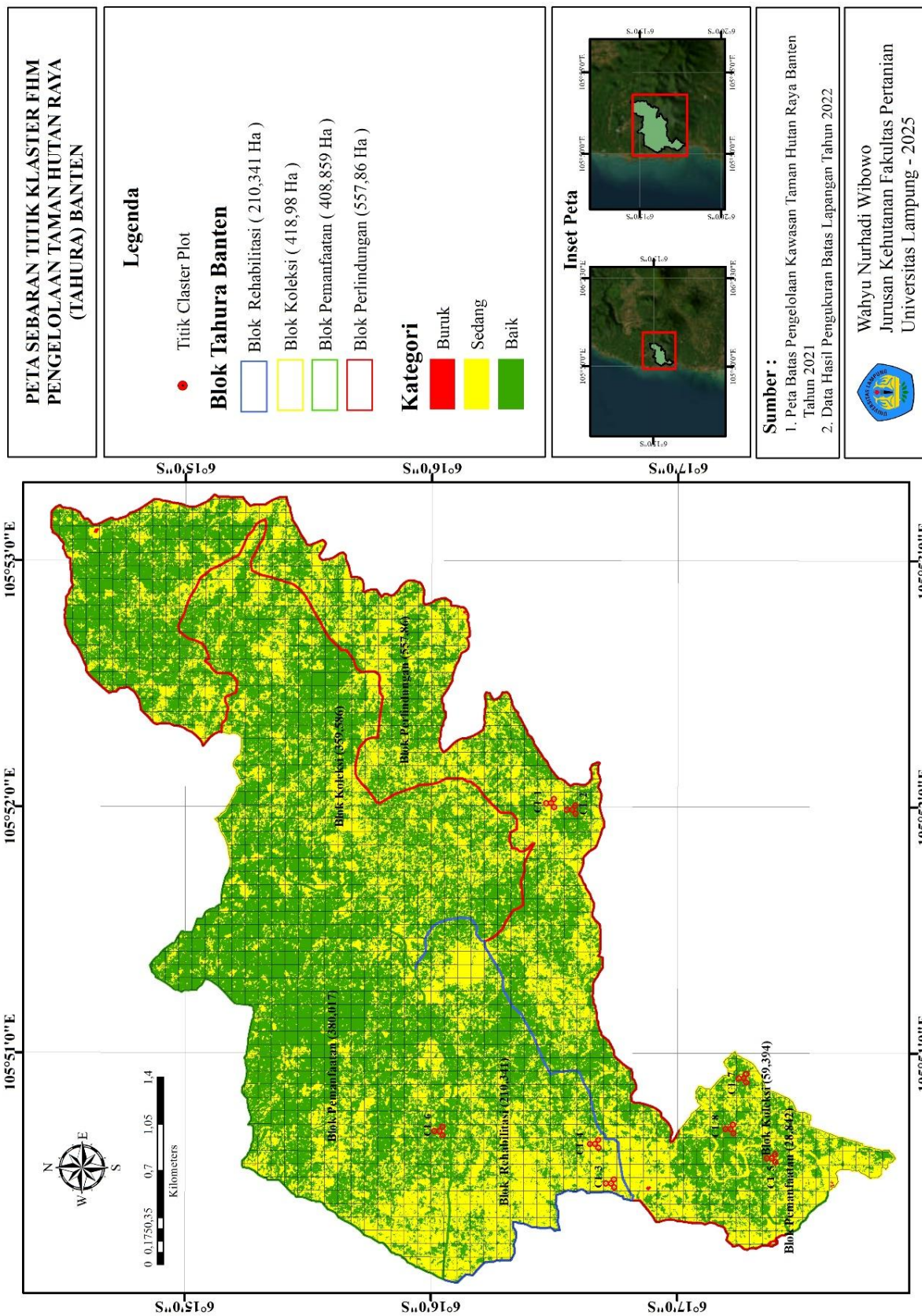


Gambar 5. Desain kluster plot metode FHM (sumber Safe'i et al., 2022)

Setelah menentukan jumlah kluster plot penelitian, dilakukan pengamatan terhadap kondisi tajuk (vitalitas) pada plot pengamatan yang mewakili seluruh area yang diamati. Setelah mendapatkan hasil pengamatan dan penilaian kondisi tajuk, selanjutnya dilakukan penilaian terhadap nilai akhir kesehatan hutan yang berasal dari nilai akhir kondisi kesehatan hutan di Taman Hutan Raya (Tahura) Banten.

3.4.2. Penilaian Status Kesehatan Hutan Pada Parameter Indikator Kondisi Tajuk Pohon

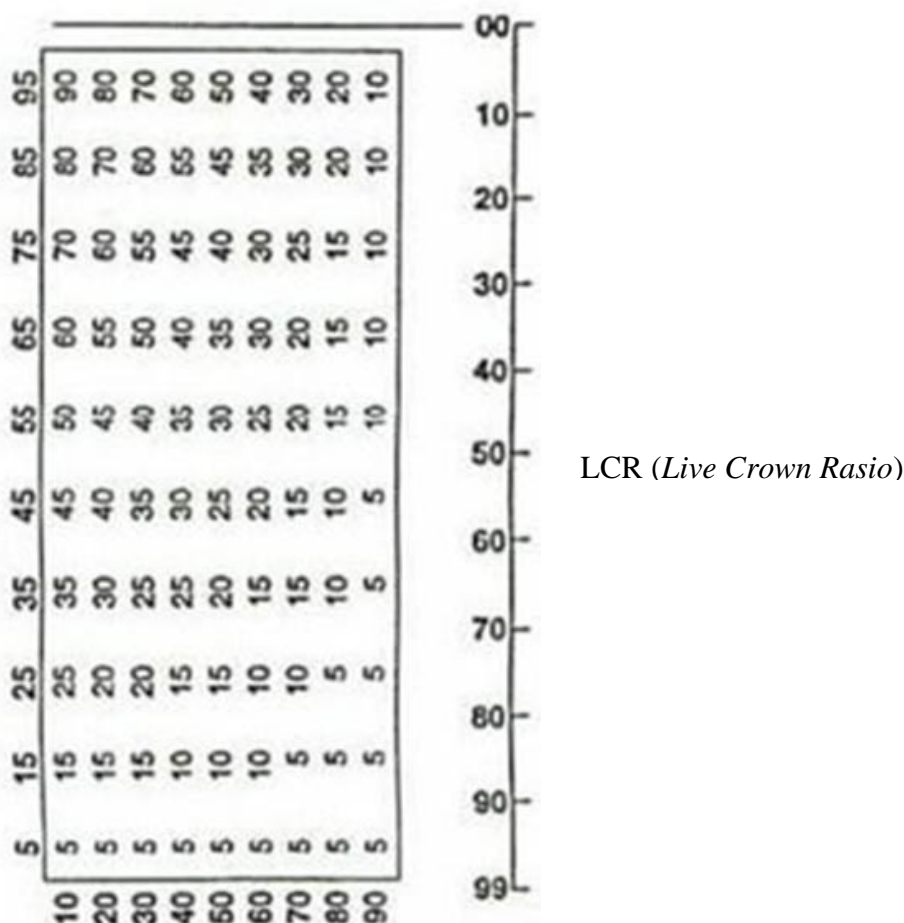
Selain kerusakan pada pohon, kondisi tajuk pohon juga menjadi salah satu tanda penting yang menunjukkan sehat tidaknya hutan. Kondisi tajuk pohon dinilai dengan menggunakan *Visual Crown Ratio* (VCR). Menurut Nuhamara dan Kasno (2001), dalam metode FHM, kondisi tajuk pohon diukur berdasarkan beberapa parameter seperti rasio tajuk hidup (*Live Crown Ratio/LCR*), kerapatan tajuk (*Crown Density/Cden*), tingkat transparansi tajuk (*Foliage Transparency/FT*), diameter tajuk (*Crown Diameter Width* dan *Crown Diameter at 90°*), serta Dieback atau pucuk yang mati (CDB).



Gambar 6. Peta Koordinat Titik Klaster

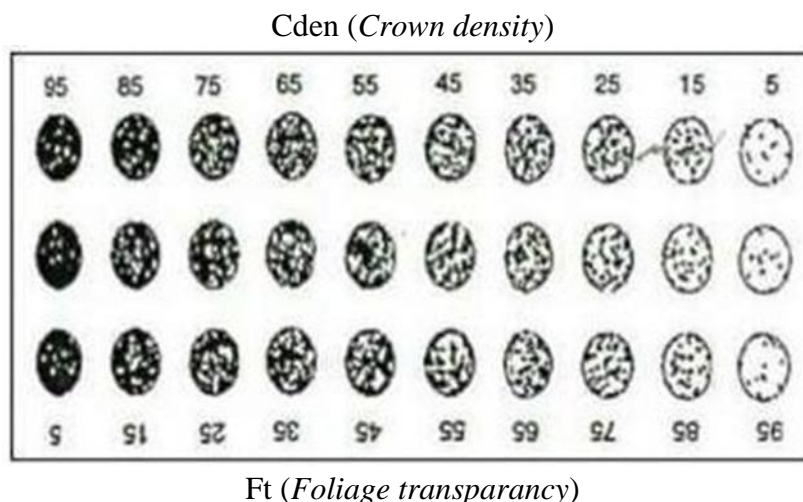
Nilai VCR diberikan berdasarkan kriteria yang dikembangkan oleh Putra (2004), dengan kategori Bagus (nilai = 3), Sedang (nilai = 2), dan buruk (nilai = 1). Penilaian terhadap masing-masing parameter dilakukan sebagai berikut:

1. Live Crown Ratio (LCR): yaitu perbandingan antara panjang bagian batang yang memiliki daun dengan panjang total batang, penilaian ini dapat dilakukan dengan menggunakan *Magic Card* pada bagian berikut:



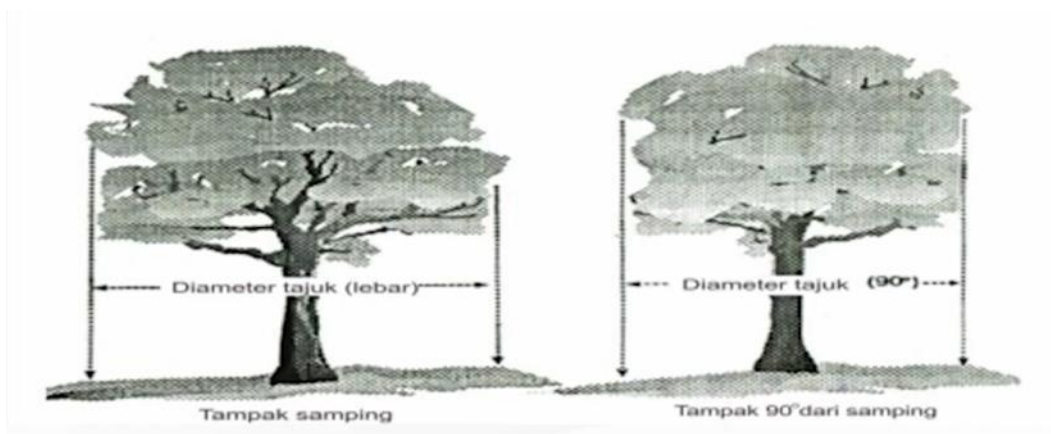
Gambar 7. Kartu Skala Estimasi Rasio Tajuk Hidup (Safe'i & Tsani, 2016)

2. Kerapatan tajuk (Cden): mengacu pada persentase cahaya matahari yang tertutup oleh tajuk sehingga tidak mencapai tanah. Kerapatan tajuk diperhitungkan dalam interval kelas 10% dan dimulai dari 5%. Pengukuran dapat dilakukan dengan menggunakan *Magic Card* sebagai berikut:



Gambar 8. Kartu Skala Transparansi dan Kerapatan Tajuk (Safe'i & Tsani, 2016)

3. Transparansi tajuk (FT): mengacu pada persentase cahaya matahari yang dapat melewati tajuk dan sampai ke permukaan tanah. Transparansi tajuk juga diperhitungkan dalam interval kelas 10% dan dimulai dari 5%, dapat dilihat pada gambar 8 dalam pengukurannya.
4. Diameter tajuk (CD/WD): merupakan rata-rata dari diameter tajuk lebar dan diameter tajuk 90°. Pengukurannya dapat dilakukan berdasarkan gambar 9.



Gambar 9. Penentuan Diameter Tajuk (Safe'i & Tsani, 2016)

5. Dieback (CBD): mengacu pada persentase cabang yang mati, mulai dari bagian ujung tajuk hingga ke bagian dasar tajuk hidup.

Hasil penilaian terhadap variabel kondisi tajuk dibagi menjadi tiga kategori, yaitu baik, sedang, dan buruk dapat dilihat pada Tabel 1. Selanjutnya, data kondisi tajuk tersebut kemudian dikumpulkan dalam peringkat visual tajuk atau Visual Crown Ratio (VCR) yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Kriteria Kondisi Tajuk Pohon

Parameter	Kriteria		
	Bagus (Nilai = 3)	Sedang (Nilai = 2)	Buruk (Nilai = 1)
Rasio tajuk hidup	≥40%	20-35%	5-15%
Kerapatan tajuk	≥55%	25-50%	5-20%
Transparansi tajuk	0-45%	50-70%	≥75%
Diameter tajuk	≥10,1m	2,5-10%	≤2,4m
Dieback	0-5%	10-25%	≥30%

(Sumber: Ansori *et al.*, 2020)

Tabel 2. Nilai VCR Metode *Forest Health Monitoring* (FHM)

Nilai VCR	Kriteria
4 (Tinggi)	Seluruh parameter kondisi tajuk bernilai 3, atau hanya 1 parameter yang bernilai 2, tidak ada parameter yang bernilai 1
3 (Sedang)	Lebih banyak kombimasi antara nilai 3 dan 2 pada parameter tajuk, atau semua bernilai 2, tetapi tidak ada parameter bernilai 1
2 (Rendah)	Setidaknya 1 parameter bernilai 1, tetapi tidak semua parameter
1 (Sangat rendah)	Semua parameter kondisi tajuk bernilai 1

(Sumber: Ansori *et al.*, 2020)

Rumus berikut digunakan untuk menghitung nilai akhir kesehatan hutan pada setiap klaster plot FHM (Pertiwi *et al.*, 2020):

$$NKH = (NT_{vcr} \times NS_{vcr})$$

Keterangan :

NKH = Nilai akhir kondisi kesehatan hutan

NT_{vcr} = Nilai tertimbang parameter kondisi tajuk pohon

NS_{vcr} = Nilai skor parameter kondisi tajuk pohon.

Kategori kesehatan hutan dibagi menjadi tiga, yaitu Baik, Sedang, dan Buruk. Pembagian kategori tersebut didasarkan pada nilai maksimum dan minimum dari NKH yang diperoleh.

3.4.3. Analisis Indeks Vegetasi

Analisis indeks vegetasi dilakukan dengan menggunakan data citra. Data citra yang digunakan dalam analisis ini adalah citra satelit *PlanetScope* yang diunduh dari laman web *www.planet.com*. Data citra ini tersedia setiap hari dan cocok digunakan untuk pemantauan wilayah, perubahan lingkungan, serta berbagai aplikasi yang membutuhkan informasi terkini dan detail permukaan bumi. Setelah mendapatkan data citra di lokasi penelitian, kemudian dilakukan pemrosesan citra agar siap untuk dianalisis. Informasi data Band *PlanetScope* dapat dilihat pada tabel 3, spesifikasi dari data *Planetscope* yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Satelit/ Sensor : *PlanetScope* tipe PSScene
2. Resolusi Spasial : 3 Meter
3. Resolusi Temporal : Akuisisi 25 Juni 2025 dengan dua scene
4. Band Spektral : 8 Band (Coastal Blue s.d. NIR)
5. Tipe Produk : *Ortho Analytic Surface Reflectance (SR)*
6. Proyeksi : UTM WGS 84
7. Format Data : GeoTIFF
8. Analytic band : *8-Band Multispectral Image*
9. Bit Depth : 8 Bit.

Tabel 3. Informasi Band Citra *PlanetScope*

Band	Nama Band	Resolusi	Panjang Gelombang
Sentinel-2			
B1	Coastal Blue	3	431-452
B2	Blue	3	465-515
B3	Green-1	3	513-549
B4	Green	3	547-585

Tabel 3. Lanjutan

B5	Yellow	3	600-620
B6	Red	3	650-680
B7	Red Edge	3	697-713
B8	Near-Infrared	3	845-885

(Sumber: Basheer *et al.*, 2024)

Pengolahan citra satelit merupakan langkah penting dalam menganalisis indeks vegetasi karena mempengaruhi tingkat keakuratan hasil yang didapatkan. Pada Penelitian ini, langkah pengolahan gambar mencakup pemotongan gambar agar sesuai dengan batas area yang diteliti serta koreksi atmosferik untuk menghilangkan dampak dari gangguan atmosfer, sehingga nilai reflektansi gambar lebih mewakili kondisi permukaan yang sebenarnya.

a. Pemotongan Citra

Data Citra di daerah penelitian didapatkan dengan berdasarkan batas yang tepat sesuai dengan ROI dan membatasi jumlah data citra yang disimpan, untuk itu dilakukan proses *cropping* citra. Tujuan dari *cropping* ini adalah agar kinerja komputer lebih ringan serta analisis yang lebih jelas, dengan menggunakan shp Batas Taman Hutan Raya Banten Tahun 2021 sebagai dasar untuk memotong data citra.

b. Koreksi Atmosferik Citra

Penyesuaian juga dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai elemen atmosfer dalam proses koreksi, termasuk faktor musim dan kondisi iklim di lokasi perekaman citra (misalnya daerah tropis, subtropis, dan lainnya). Penelitian ini menggunakan koreksi ToA (*Top Of Atmosphere*), yaitu salah satu jenis koreksi atmosfer pada data citra yang berfungsi untuk menghilangkan distorsi radiometrik yang disebabkan oleh posisi matahari tanpa adanya koreksi atmosfer. Koreksi atmosferik dilakukan dengan cara kalibrasi radiometrik lalu mengubah nilai digital number menjadi nilai radian (Anurogo *et al.*, 2019). Proses koreksi atmosfer bertujuan untuk menghilangkan gangguan atmosfer seperti kabut dan asap. Koreksi ini dilakukan menggunakan *software* ArcGis, sekaligus melakukan resampling data citra.

Analisis kondisi kesehatan hutan berdasarkan metode penginderaan jauh di Tahura Banten dilakukan dengan menggunakan pendekatan indeks vegetasi berdasarkan citra satelit untuk memperoleh gambaran mengenai kondisi vegetasi secara geografis dan kuantitatif. Empat indeks vegetasi digunakan pada penelitian ini, yaitu NDRE, CIRE, SAVI, dan NDWI. Keempat indeks ini dipilih karena masing-masing memiliki sensitivitas terhadap parameter biofisik vegetasi yang berbeda, sehingga mampu memberikan informasi yang lebih menyeluruh mengenai kondisi kesehatan hutan.

a. NDRE (*Normalized Difference Red Edge*)

NDRE (*Normalized Difference Red Edge*) adalah indeks vegetasi yang digunakan untuk mendeteksi tanaman yang mengalami hambatan dalam pertumbuhannya. Gelombang merah pada NDRE sangat peka terhadap kadar klorofil di daun tanaman, sehingga kurang efektif digunakan di awal pertumbuhan tanaman, saat daun masih sedikit mengandung klorofil, tetapi baik digunakan pada kawasan hutan campuran (Boiarskii, 2019). NDRE dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$NDRE = (NIR - Red-Edge) / (NIR + Red-Edge)$$

Keterangan:

NDRE = *Normalized Difference Red Edge*

NIR = Kanal radiasi inframerah dekat dari piksel

Red-Edge = Kanal Radiasi red edge

b. CIRE (*Chlorophyll Index Red Edge*)

CI Red Edge (*Chlorophyll Index Red Edge*) merupakan salah satu jenis indeks vegetasi yang digunakan untuk menghitung Indeks Luas Daun (LAI) dan memperkirakan jumlah klorofil pada tumbuhan di suatu area yang diamati. CI Red Edge dihitung dengan membandingkan nilai reflektan dari panjang gelombang *Red Edge* ($\lambda = 705\text{--}745$ nm) dan infra merah dekat (NIR, $\lambda = 770\text{--}895$ nm) (Wiratmoko *et al.*, 2016) dengan rumus persamaan berikut:

$$CIRE = (NIR/Red-Edge) - 1$$

Keterangan:

CIRE =

NIR = Kanal radiasi inframerah dekat dari piksel

Red-Edge = Kanal Radiasi red edge

c. SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*)

Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) merupakan pengembangan dari *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) yang bertujuan mengurangi pengaruh warna tanah terhadap kecerahan daun. Metode SAVI menggunakan data dari band NIR dan band Merah. Menurut Aspera Endiviana (2022), SAVI dihitung dengan rumus berikut:

$$SAVI = (NIR - RED) / (NIR + RED + L) \times (L + 1)$$

Keterangan:

SAVI = Soil-Adjusted Vegetation Index

NIR = Kanal radiasi inframerah dekat dari piksel

RED = Kanal radiasi cahaya merah dari piksel

L = Pencerahan Latar Belakang Tanah (0,5)

d. NDWI (*Normalized Difference Water Index*)

Normalized Difference Water Index (NDWI) adalah persamaan yang digunakan untuk membandingkan tingkat kelembaban atau kekeringan air yang ada dalam vegetasi dari gambar data satelit. Metode NDWI menggunakan dua jenis spektrum, yaitu band NIR dan band Green. Rumus NDWI memiliki bentuk persamaan seperti di bawah ini (Kafy *et al.*, 2020):

$$NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR)$$

Keterangan:

NDWI = *Normalized Difference Water Index*

NIR = Kanal radiasi inframerah dekat dari piksel

GREEN = Band Hijau

3.4.4. Perbandingan Parameter Indikator Kondisi Tajuk Dan Indeks

Vegetasi

Perbandingan antara kondisi tajuk dan nilai indeks vegetasi dilakukan untuk mengetahui kesamaan dan perbedaan dalam menilai kesehatan hutan berdasarkan indikator vitalitas dari metode pemantauan kesehatan hutan (FHM) serta indeks vegetasi yang diperoleh dari interpretasi citra penginderaan jauh.

Nilai NKH untuk setiap lahan seluas 0,1 hektar di setiap klaster dihitung, individu pohon juga ikut divisualisasikan pada plot, kemudian dibandingkan dengan nilai indeks vegetasi yang didapat dari gambar satelit. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan Klaster Plot FHM (4 plot).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Simpulan dari penelitian Analisis Kesehatan Hutan Berdasarkan Metode *Forest Health Monitoring* Dan *Remote Sensing* Di Taman Hutan Raya Banten adalah sebagai berikut:

1. Penilaian kesehatan hutan Tahura Banten menggunakan metode *Forest Health Monitoring* (FHM) pada indikator kondisi tajuk menghasilkan Nilai Akhir Kesehatan Hutan (NKH) sebesar 1,62 dengan kategori Baik.
2. Analisis kesehatan hutan menggunakan citra *PlanetScope* menunjukkan Indeks vegetasi NDRE dengan kategori baik (930,42 Ha), sedang (665,23 Ha) dan buruk (0,61 Ha). Indeks CIRE menunjukkan seluruh kawasan (1.596 Ha) berada pada kategori baik, Indeks SAVI didominasi kategori baik seluas (843,49 Ha), sedangkan NDWI menunjukkan dominasi kebasahan sedang seluas (839,90 Ha) menunjukkan variasi kerapatan vegetasi dan tingkat kebasahan yang cenderung sedang.
3. Perbandingan per klaster menunjukkan kesesuaian antara nilai NKH dan NDRE. CL 2, 5, 6, 7 dan 8 memiliki kesamaan kategori Baik, sedangkan CL 3 dan 4 memiliki kesamaan kategori Sedang, untuk klaster 1 memiliki perbedaan dimana nilai NKH menunjukan kategori Buruk sedangkan nilai NDRE menunjukan kategori Sedang. Indeks NDRE dapat menjadi acuan untuk dibandingkan dengan FHM karena kesesuaian yang relatif sejalan.

5.2. Saran

Pengelolaan hutan Tahura Banten dapat menerapkan sistem pemantauan kesehatan hutan yang menggabungkan metode *Forest Health Monitoring* (FHM)

dengan analisis vegetasi yang menggunakan data citra satelit *PlanetScope*, terutama melalui indeks NDRE serta indeks pendukung lainnya. Integrasi ini dilakukan sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu untuk mengevaluasi vitalitas tajuk di lapangan, menganalisis kondisi vegetasi secara spasial, serta membandingkan hasil dari kedua metode tersebut, sehingga dapat meningkatkan akurasi evaluasi, efisiensi dalam pemantauan, serta penentuan prioritas dalam pengelolaan kawasan.

Penelitian berikutnya sebaiknya menambahkan indikator FHM lainnya, seperti produktivitas, kerusakan pohon, keanekaragaman hayati, dan kualitas tanah, serta menggunakan data penginderaan jauh berbasis waktu yang lebih dalam dengan resolusi yang lebih tinggi. Pendekatan statistik lanjutan, termasuk pemodelan spasial dan *machine learning* juga sangat penting dalam meningkatkan keakuratan hubungan antara data lapangan dengan citra satelit, sehingga dapat mendukung sistem pemantauan kesehatan hutan yang lebih komprehensif dan adaptif.

DAFTAR PUSTAKA

- Abimanyu, B., Safe'i, R., Hidayat, W. 2019. Aplikasi Metode Forest Health Monitoring dalam Penilaian Kerusakan Pohon di Hutan Kota Metro (Application of Forest Health Monitoring Method in Assessing Tree Damage in Metro Urban Forests). *Jurnal Sylva Lestari*. 7(3): 289-298.
- Afasel, D., Purnamasari, R., Edwar. 2022. *Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Supervised Machine Learning Pada Citra Satelit Menggunakan Google Earth Engine*. E - Proceeding of Engineering, 8(6), 3281
- Ahmad, R. R., Iskarni, P. 2022. Pemetaan Indeks Kesehatan Vegetasi Di Kawasan Hutan Das Terusan Batang. *Jurnal Buana*, 6(3): 618-627.
- Aji, A., Iryanthony, S. B., Sidiq, W. A. B. N., Trihatmoko, E. 2021. Relationship between NDVI and the Microbial Content of Soil in Detecting Fertility Level at Semarang Regency, Jawa Tengah, Indonesia. *Nature Environment and Pollution Technology*, 20(1).
- Anatika, E., Kaskoyo, H., Febryano, I. G., Banuwa, I. S. 2019. Pengelolaan Hutan Rakyat di Kabupaten Tulang Bawang Barat. *Jurnal Sylva Lestari*.7(1): 42-51.
- Ansori, D.P., Safe'i, R., Kaskoyo, H. 2020. Penilaian Indikator Kesehatan Hutan Rakyat Pada Beberapa Pola Tanam (Studi Kasus Di Desa Buana Sakti, Kecamatan Batang Hari, Kabupaten Lampung Timur). *Jurnal Perennial*. 16(1): 1-6.
- Anurogo, W., Lubis, M. Z., Brajawidagda, U., Mufida, M. A. K., Pamungkas, D. S., Arjasakusuma, S., Prihantarto, W. J. 2019. Perencanaan Pengembangan Bendungan Kecil Yang Sesuai Untuk Pengelolaan Risiko Bencana Kekeringan Pada Lahan Pertanian Menggunakan Pemantauan Jarak Jauh Dan Sistem Informasi Geografis (GIS). *In Sixth Geoinformation Science Symposium. SPIE*. 11311: 212-218.
- Anwar, P. S., Safe'i, R., Darmawan, A. 2022. Landscape Characteristics On Forest Health Measurement Plots In Several Forest Functions. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1–10.

- Arwanda, E.R., Safe'i, R., Herwanti, S. 2021. Identifikasi kerusakan pohon pada hutan tanaman takyat PIL, Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, Indonesia. *Agro Bali: Agricultural Journal*, 4(3): 351 -361.
- Aspera Endiviana, O. 2022. Selecting The Most Optimum Sentinel-2A Based Vegetation Index. *Jurnal Keteknik pertanian*, 10(3), 200–214.
- Awaliyan, R., Sulistyoadi, Y. B. 2018. Klasifikasi Penutupan Lahan Pada Citra Satelit Sentinel-2a Dengan Metode Tree Algorithm. *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*, 2(2).
- Basheer, S., Wang, X., Nawaz, R. A., Pang., Adenkanmbi, T., Mahmood, M. Q. 2024. Analisis Perbandingan Citra *PlanetScope* 4-Band dan 8-Band Untuk Klasifikasi Penggunaan Lahan Dan Penutupan Lahan. *Jurnal Geomatika*. 76 (2): 1-12.
- Boiarskii B, Hasagewa H. 2019. Comparison Of NDVI And NDRE Indices To Detect Differences In Vegetation And Chlorophyll Content. *J Mech Cont & Math Sci*. 4(1):20-29.
- Bramdito, V. C., Wijaya, S. H., Sitanggang, I. S. 2023. Model Klasifikasi Fase Pertumbuhan Tebu Dari Citra Sentinel-1 Multi-Temporal Menggunakan Algoritma Random Forest. *Jurnal Ilmu Komputer dan Agri-Informatika*, 10(2), 212–223.
- Cahyono.,Eko, B., Rahagian, R., Nugroho, A. T. 2023. Analisis Produktivitas Padi Berdasarkan Indeks Kekeringan (NDWI Dan NDDI) Lahan Sawah Menggunakan Data Citra Sentinel-2A Di Kecamatan Ambulu. *Indonesian Journal of Applied Physics*. 13(1):88-
- Darmawan. A. 2019. *Analisis Estimasi Produksi Padi Berdasarkan Fase Tumbuh dan Model Estimasi ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average) Menggunakan Citra Landsat 8 di Kabupaten Sukoharjo dengan Visualisasi Web-GIS*. Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta: Surakarta.
- Davik., Baihaqi., LaBacO, S., Kahirun., Ramadhan, M.R. 2024. Penggunaan Teknologi Sistem Informasi Geografis Untuk Evaluasi Penutupan Lahan Di Daerah Aliran Sungai Lasolo. *Jurnal Minfo Polgan*, 13(2): 2618-2625.
- Fabian, E. F., Joanne, C. W., Michael, A. W., Erik N. 2024. Penginderaan Jauh Dalam Kehutanan: Tantangan Saat Ini, Pertimbangan, Dan Arah Pengembangan. *Jurnal Internasional Penelitian Kehutanan*. 97(1): 11–37.
- Feriansyah, A., Safe'i, R., Darmawan, A., Kaskoyo, H. 2022. Perbandingan Penilaian Kesehatan Tajuk Menggunakan *Teknik Forest Health Monitoring* Dan Penginderaan Jauh (Studi kasus: KTH Lestari Jaya 8, KPHL Kota

Agung Utara, Lampung). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1115 (1): 012055.

- Fersely. 2007. *Identifikasi Indikator Kekeringan Menggunakan Teknik Penginderaan Jauh*. Artikel Skripsi. Bogor: IPB.
- Fikri, K., Latifah, S., Aji, I. M. L. 2023. Identifikasi Tipe Kerusakan Pohon di RTH Kampus Universitas Mataram. *Journal of Forest Science Avicennia*. 6(1), 12-25.
- Handayani, A., Soenarno, S. M., A'ini, Z. F. 2022. Hubungan Pengetahuan Lingkungan Hidup Terhadap Sikap Peduli Lingkungan Siswa SMPN 20 Depok. *EduBiologia: Biological Science and Education Journal*. 2(1): 71-80
- Han, E.S., Goleman, D., Boyatzis, R., Mckee, A. 2019. Lahan & hutan dalam skala besar. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9): 1689-1699.
- Hidayatullah, R. R. 2019. *Strategi Pengelolaan Taman Hutan Raya Banten di Kabupaten Pandeglang*. Tesis. IPB University.
- Humam, A., Hidayat, M., Nurrochman, A., Anestatia, A. I., Yuliantina, A., Aji, S. P. 2020. Identifikasi Daerah Kerawanan Kebakaran Hutan dan Lahan Menggunakan Sistem Informasi Geografis dan Penginderaan Jauh di Kawasan Tanjung Jabung Barat Provinsi Jambi. *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*, 1(1): 32-42.
- Husna, V. N., Fawzi, N. I. 2022. Aplikasi algoritma Normalized Difference Water Index (NDWI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), dan Bare Soil Index (BSI) dalam penilaian kerapatan vegetasi dan produktivitas di Pulau Burung. *Geo-Image: Jurnal Kajian Geografi dan Informasi Geospasial*. 11(2):1-10.
- Jaya, E. F., Rendana, M., Hadinata, F. 2025. Analisis Tingkat Stres Mangrove Menggunakan Pendekatan Indeks NDRE dan Sensor SPAD di Kawasan Hutan Lindung Air Telang. *Journal of Global Sustainable Agriculture*. 5(3): 189-197.
- Kafy, A.A., Islam, M. A., Khan, M. H. H., Sarker, M. H. S., Rahman, M. W. 2020. *Prediksi Suhu Permukaan Tanah di Masa Depan dan Dampaknya terhadap Perubahan Iklim: Pendekatan Berbasis Penginderaan Jauh di Kota Chattogram*. 1st International Student Research Conference -2020. Dhaka University Research Society (DURS), University of Dhaka, Bangladesh.
- Karina, R. K., & Kurniawan, R. 2021. *Identifikasi Penggunaan Lahan Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 Melalui Google Earth Engine*. Seminar Nasional Official Statistics, (1): 798–805

- Kementrian Kehutanan, 2012. *Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor : P.12/Menhut-Ii/2012, Tentang Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan Dan Lahan Daerah Aliran Sungai (Rtk Rhl-Das)*. Jakarta : Kemenhut
- Kepala Sub Bagian Data dan Informasi Sekretariat Direktorat Jenderal KSDAE. 2018. *Statistik Direktorat Jenderal Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistem*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Direktorat Jenderal Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistem,
- Kristin Y, Rommy Q, Hari K. 2018. Interaksi Masyarakat sekitar Hutan terhadap Pemanfaatan Lahan Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman. *Jurnal Sylva Lestari*. 6(3):1-8.
- Le Roux, J., Christopher, S., Maskey. M. 2021. Menjelajahi Penggunaan Data *PlanetScope* Untuk Penelitian Partikel Kualitas Udara. *Romete Sens*. 13 (15).
- Lewerissa E. 2015. Interaksi Masyarakat Sekitar Hutan Terhadap Pemanfaatan Sumberdaya Hutan di Desa Wangogira, Kecamatan Tobelo Barat. *Jurnal Agroforestry*.10(1): 45-56.
- Luz, L. R., Giongo, V., Dos Santos, A. M., Lopes, R. J. de C., de Lima Júnior, C. 2022. Biomass And Vegetation Index By *Remote Sensing* In Different Caatinga Forest Areas. *Ciencia Rural*, 52(2).
- Maulana, I. R., Safe'i, R., Febryano, I. G. 2021. Penilaian status kesehatan hutan mangrove di desa margasari kecamatan labuhan maringgai kabupaten lampung timur. *Jurnal Hutan Tropis*, 5(2): 98–105
- Maulida Khofifah. 2020. *Konservasi Ekosistem dan Sumberdaya Alam Hayati. Pendidikan Fisika*. Universitas Negeri Jakarta. Jakarta.
- Mulyaqin, T., Kardiyono, K., Hidayah, I., Ramadhani, F., Yusron, M. 2022. Deteksi Alih Fungsi Lahan Padi Sawah Menggunakan Sentinel-2 dan Google Earth Engine di Kota Serang, Provinsi Banten. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(2): 226–236
- Muramatsu, K. 2019. The Reproducibility of Gross Primary Production Estimation From GPP Capacity and Canopy Conductance Index in Dry Area. *In IGARSS 2019-2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*. 6752-6755.
- Niagara, Y., Ernawati., Purwandari, E. P. 2020. Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh Untuk Pemetaan Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Metode Unsupervised K-Means Berbasis Web Gis (Studi Kasus Sub-Das Bengkulu Hilir). *Jurnal Rekursif*, 8(1): 100-110.

- Nugraha, A. S. A., Citra, I. P. A. 2021. Perbandingan Metode *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI) dan *Forest Canopy Density* (FCD) untuk Identifikasi Tutupan Vegetasi. *Jurnal Geografi*, 18(1).
- Nurchayani, A., Safe'i, R., Bintaro, A. 2022. Kajian Perubahan Pengelolaan Kesehatan Hutan Rakyat Jati di Desa Rulung Helok Kecamatan Natar Kabupaten Lampung Selatan. *Buletin Poltanesa*. 3(2): 689-695.
- Pemerintah Indonesia. Peraturan Pemerintah Nomor 28 Tahun 2011. *Pengelolaan Kawasan Suaka Alam Dan Kawasan Pelestarian Alam*
- Pemerintah Indonesia. 1990. Undang-undang Nomor 5 Tahun 1990 tentang *Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya*.
- Pemerintah Indonesia. 2014. Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2014. *Pemerintah Daerah*.
- Pertiwi D, Safe'i R, Kaskoyo H, Indriyanto. 2019. Identifikasi Kondisi Kerusakan Pohon Menggunakan Metode *Forest Health Monitoring* di Tahura WAR Provinsi Lampung. *Jurnal Perennial*, 15(1): 1-7.
- Pertiwi, D., Safe'i, R., Kaskoyo, H. 2020. Kesehatan hutan di blok koleksi tumbuhan dan/atau satwa Tahura Wan Abdul Rachman Provinsi Lampung. *Jurnal Hutan Tropis*, 8(3): 251-259.
- Prakosa, G. G., Chanan, M. 2022. Dampak Pemanenan Hutan Terhadap Sifat dan Kandungan Biologis Tanah (Studi BKPH Sengguruh, KPH Malang). *Jurnal AGRIFOR*. 21(1): 1-12.
- Prastiwi, L., Safe'i, R. 2018. Penilaian Vitalitas Pohon Jati dengan *Forest Health Monitoring* di KPH Balapulang. *Jurnal Ecogreen*. 4(1): 9-15.
- Pratama, M. R. 2022. Klasifikasi Penutupan Lahan Menggunakan Google Earth Engine dengan Metode Klasifikasi Terbimbing pada Wilayah Penajam Paser Utara. *Jurnal Jupiter*, 1(1): 637- 650.
- Prayitno, D. E. 2020. Kemitraan Konservasi Sebagai Upaya Penyelesaian Konflik Tenurial dalam Pengelolaan Kawasan Konservasi di Indonesia. *Jurnal Hukum Lingkungan Indonesia*, 6(2): 184-209.
- Prayogi, A., Kurniawan, M. A. 2024. Pendekatan kualitatif dan kuantitatif: suatu telaah. *Complex: Jurnal Multidisiplin Ilmu Nasional*, 1(2), 30-37.
- Putri, E. S., Widiasari, A., Karim, R. A., Somantri, L., Ridwana, R. 2021. Pemanfaatan Citra Sentinel-2 untuk Analisis Kerapatan Vegetasi di Wilayah Gunung Manglayang. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 9(2), 133-143.
- Putri, K.P., Suryanto., Syaufina, L. 2016. Penilaian Kesehatan Sumber Benih

Shorea Spp. Di Khdtk Haurbentes Dengan Metoda Forest Health Monitoring. Jurnal Penelitian Hutan Tanaman. 13(1) :37-48.

Rachim, M. A., Samsmito, B., Yusuf, M. A. 2024. Pemetaan Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Bandungan Menggunakan Google Earth Engine Dan Sistem Informasi Geografis (Sig) Tahun 2017 – 2022. *Jurnal Geodesi UNDIP*, 13 (4): 574-583.

Raiza Pratama, M., Riana, D. 2022. Klasifikasi Penutupan Lahan Menggunakan Google Earth Engine dengan Metode Klasifikasi Terbimbing pada Wilayah Penajam Paser Utara. *Jurnal Jupiter*, 1(1): 637– 650.

Rahmatia. C., Syaefudin. M. W., Putri. A. R. E., Agustina. D. R. 2023. Pelaksanaan Kegiatan Penanaman Rhl (P0) Tahun 2022 Di Wilayah Kerja Bpdas Indragiri Rokan. *Jurnal Informatika, Sistem Informasi dan Kehutanan (FORSINTA)*. 2 (2): 97-101.

Rezinda, C.F.G., Safe'i, R., Kaskoyo, H. 2021. Status dan Perubahan Indikator Vitalitas Hutan Konservasi Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman. *Jurnal Perennial*, 17(1): 12-18.

Rohman, N., Safe'i, R., Yuwono, S. B., Winanrno, G. D., Harianto, S. P., Setiawan, A. 2023. Penilaian kesehatan tahura banten pada blok koleksi tumbuhan dan atau satwa. *Jurnal Belantara*, 6(1): 31-40.

Saidi, R., Nur'adqiah, N., Muzri, Y., Pahlawan, R., Sugandi, D., Ridwana, R. 2020. Pemanfaatan Citra Landsat 8 untuk Identifikasi Sebaran Vegetasi di Kecamatan Pangandaran. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 7(1), 1–10.

Sadeh, Y., Zhu, X., Dunkerley, D., Walker. J. P., Zhang, Y., Rozenstein, O., Chenu, K. 2021. Penggabungan Data Seri Waktu Sentinel-2 Dan *PlanetScope* Menjadi Reflektansi Permukaan Harian 3m dan Pemantauan LAI Gandum. *Jurnal Internasional Pengamatan Bumi Terapan Dan Geoinformasi*. 96.

Safe'i, R., Darmawan, A., Irawati, A. R., Pangestu, A. Y., Arwanda, E. R., Syahiib, A. N. 2022. Analisis Klaster Kondisi Kesehatan Hutan di Provinsi Lampung. *International Journal of Design and Nature and Ecodynamics*. 17(2): 257-262.

Safe'i R. dan Tsani MK. 2016. *Penilaian Kesehatan Hutan Menggunakan Teknik Forest Health Monitoring*. Edisi Pertama. Plantaxia, Yogyakarta.

Safe'i, R., Upe, A. 2022. Mapping of Tree Health Categories In Community Forests in Lampung Province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 995(1).

- Safe'i, R., Wulandari, C., Kaskoyo, H. 2019. Analisis kesehatan hutan dalam pengelolaan hutan rakyat pola tanam agroforestri di wilayah Kabupaten Lampung Timur. *ANR Conference Series*. 2(1): 97-103.
- Saputra, J., Kamal, M., Wicaksono, P. 2018. Pengaruh resolusi spasial citra terhadap hasil pemetaan kandungan hara nitrogen perkebunan karet. *Jurnal Penelitian Karet*. 36(1): 13-24.
- Sari, D. K., Noval, D. S. 2025. Identifikasi Ladang Tebu dan Klasifikasi Tahap Pertumbuhannya menggunakan Random Forest di Google Earth Engine. *Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*. 13(3): 300-313.
- Schaeffer. B. A., Whitman. P., Conmy. R., Salls. W., Coffey. M., Graybill. D., Lebra. M. C. 2022. Potensi satelit *PlanetScope* komersial dalam pemantauan lingkungan. *Marine Pollution Bulletin*. 183: 1-14.
- Simarmata, N., Wikantika, K., Tarigan, T. A., Aldyansyah, M., Tohir, R. K., Fauziah, A., Purnama, Y. 2021. Analisis Transformasi Indeks Ndvi, Ndw Dan Savi Untuk Identifikasi Kerapatan Vegetasi Mangrove Menggunakan Citra Sentinel Di Pesisir Timur Provinsi Lampung. *Jurnal Geografi Geografi Dan Pengajarannya*, 19(2). 69-79.
- Sinaga, F. D., Memah, M. Y., Timban, J. F. J. 2022. Partisipasi Masyarakat Terhadap Pengelolaan Hutan Lindung Mangrove Di Desa Sarawet Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Agri-Sosioekonomi*. 18 (3): 627-636.
- Tambunan, E.M. 2020. *Status Kesehatan Pohon di Taman Ikabina Rantauprapat, Kabupaten Labuhan Batu Provinsi Sumatera Utara*. Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan. Fakultas Kehutanan. Universitas Sumatera Utara. Medan. Indonesia.
- Tamin, R. P., Puri, S. R., Afrillia, C. 2022. Evaluasi kesehatan vegetasi di Arboretom KPHP Kerinci Unit I. *Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi*, 6(2): 134-144.
- Tapasya. S., Safe'i. R., Tsani. M.K., Puspasari. E. 2023. Penilaian Kesehatan Hutan Berdasarkan Indikator Biodiversitas Pada Blok Pemanfaatan Tahura War. *Jurnal Sylva Scientiae*. 6 (4): 669-678.
- Thompson, C. N., Guo, W., Sharma, B., Ritchie, G. L. 2019. Menggunakan indeks tepi merah perbedaan normalisasi untuk menilai kematangan pada kapas. *Crop Science*. 59(5): 2167-2177.
- Triatmojo, M. R., Pamoengkas, P., Darwo. 2022. Pengaruh Tutupan Tajuk terhadap Pertumbuhan *Dryobalanops lanceolata* Burck pada Umur 5 Tahun

- di KHDTK Haurbentes, Jasinga. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*. 19(1): 47-57.
- Wang, X. 2023. Aplikasi Penginderaan Jauh Dalam Perubahan Iklim. *Remote Sens*. 15 (3). 747.
- Wahid, S. M., Retno, A. E. P., Agustina, D. T. 2023. Pelaksanaan Kegiatan Penanaman RHL (P0) Tahun 2022 di Wilayah Kerja BPDAS Indragiri Rokan. *Jurnal Informatika, Sistem Informasi dan Kehutanan*. 2(2): 97-101.
- Waruwu, E., Firdara, E. K., Octavianus, R., Nuwa, Triyadi, A. 2022. Evaluasi Kesehatan Pohon Menggunakan Indikator *Forest Health Monitoring* Pada Ruang Terbuka Hijau Universitas Palangka Raya. *Jurnal Hutan Tropika*, 16(1): 26-44.
- Widodo, L. M., Safe'i, R., Winarno, G. D., Yuwono, S. B. 2022. Plant Success Rate in Program Forest and Land Rehabilitation in Unity Batutege Forest Management. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1030. 8–14.
- Widodo, P., Sidik, A. J. 2020. Perubahan Tutupan Lahan Hutan Lindung Gunung Guntur Tahun 2014 Sampai dengan Tahun 2017. *Wanamukti: Jurnal Penelitian Kehutanan*, 21(1): 30–48.
- Wiratmoko, D., Hartono, Murti, S. H. B. S. 2016. Penghitungan Indeks Vegetasi Citra Worldview-2 Untuk Estimasi Produksi Kelapa Sawit. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*. 24(3): 143-156.
- Wiweka. 2014. *Pengembangan Model Identifikasi Daerah Tergenang (Inundated Area) Menggunakan Data Landsat-8*. *Jurnal Seminar Nasional Pengindraan Jauh*. LAPAN. Bogor.
- Yen, T.M. 2015. Relationships of *Chamaecyparis formosensis* crown shape and parameters with thinning intensity and age. *Annals of Forest Research*. 58(2): 323-332.
- Darmo, Y. B., Amarrahman, F. J., Sasmito, B. 2018. *Analisis Strategi Pengolahan Baseline GPS Berdasarkan Jumlah Titik Ikat Dan Variasi Waktu Pengamatan*. Doctoral dissertation, Universitas Diponegoro. Semarang. Jawa Tengah.