

**ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN KAWASAN HUTAN
KESATUAN PENGELOLAAN HUTAN LINDUNG BATUTEGI
MENGUNAKAN DATA PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM
INFORMASI GEOGRAFIS**

(SKRIPSI)

Oleh

**AHMAD RIZALDI
1754151004**



**UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

**ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN KAWASAN HUTAN
KESATUAN PENGELOLAAN HUTAN LINDUNG BATUTEGI
MENGUNAKAN DATA PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM
INFORMASI GEOGRAFIS**

Oleh

AHMAD RIZALDI

Skripsi

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

pada

**Jurusan Kehutanan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN KAWASAN HUTAN KESATUAN PENGELOLAAN HUTAN LINDUNG BATUTEGI MENGUNAKAN DATA PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

Oleh

AHMAD RIZALDI

Pertumbuhan penduduk akan berdampak pada perkembangan suatu daerah sehingga dapat meningkatkan aktivitas penduduk dalam memenuhi kebutuhan hidupnya. Kegiatan pemanfaatan sumberdaya alam melalui penggunaan lahan akan mengakibatkan perubahan tutupan lahan di daerah kawasan hutan yang cenderung dinamis. Strategi pengelolaan hutan secara agroforestri dalam skema Perhutanan Sosial (PS) perlu dipantau menggunakan teknologi penginderaan jauh. Teknologi analisis citra penginderaan jauh dan teknologi informasi saat ini telah berkembang ke dalam penggunaan *cloud computing* dan *Big Data* seperti *platform Google Earth Engine (GEE)* yang membuat perolehan data turunan citra satelit seperti tutupan lahan menjadi sangat cepat. Skripsi ini bertujuan untuk menganalisis citra satelit multiwaktu menggunakan *platform GEE* dengan algoritma *Random Forest (RF)* dan *Classification and Regression Trees (CART)* dalam konteks pemantauan program perhutanan sosial. Pemantauan yang dilakukan diharapkan dapat menunjukkan tanda-tanda kekritisian lahan sehingga mencegahnya menjadi lebih buruk. Klasifikasi tutupan lahan di Kesatuan Pengelola Hutan Lindung Batutegi dapat ditafsirkan dari citra satelit Landsat 8, yaitu hutan, semak belukar, tegakan kopi, kebun campuran, lahan campuran, lahan terbuka/terbangun dan air. Tutupan lahan di KPH Batutegi memiliki peran penting karena terdapat Daerah Aliran Sungai (DAS) Sekampung dan Bendungan Batutegi sebagai daerah tangkapan air yang perlu dijaga.

Kata kunci: daerah aliran sungai, *Google Earth Engine*, pemantauan hutan, penginderaan jauh, Perhutanan Sosial.

ABSTRACT

ANALYSIS OF LAND COVER CHANGES IN FOREST AREA BATUTEGI PROTECTED FOREST MANAGEMENT UNIT USING REMOTE SENSING DATA AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

By

AHMAD RIZALDI

Population growth will have an impact on the development of an area so that it can increase population activities in meeting their needs. Natural resource utilization activities through land use will result in changes in land cover in forest areas which tend to be dynamic. Agroforestry forest management strategies in the Social Forestry (PS) scheme need to be monitored using remote sensing technology. Remote sensing image analysis technology and information technology have now developed into the use of cloud computing and Big Data such as the Google Earth Engine (GEE) platform which makes the acquisition of satellite image derived data such as land cover very fast. This thesis aims to analyze multi-time satellite imagery using the GEE platform with the Random Forest (RF) and Classification and Regression Trees (CART) algorithms in the context of monitoring social forestry programs. The monitoring carried out is expected to show signs of criticality of the land so as to prevent it from getting worse. Land cover classification in the Batutegi Protection Forest Management Unit can be interpreted from Landsat 8 satellite imagery, namely forest, shrubs, coffee stands, mixed gardens, mixed land, open/built land and water. Land cover in the Batutegi KPH has an important role because there is a Sekampung Watershed (DAS) and the Batutegi Dam as water catchment areas that need to be maintained.

Keywords: forest monitoring, Google Earth Engine, remote sensing, Social Forestry, watershed,

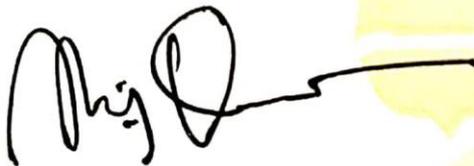
Judul Skripsi

**:ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN
KAWASAN HUTAN KESATUAN
PENGELOLAAN HUTAN LINDUNG
BATUTEGI MENGGUNAKAN DATA
PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM
INFORMASI GEOGRAFIS**

Nama Mahasiswa : **Ahmad Rizaldi**
Nomor Pokok Mahasiswa : 1754151004
Program Studi : Kehutanan
Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

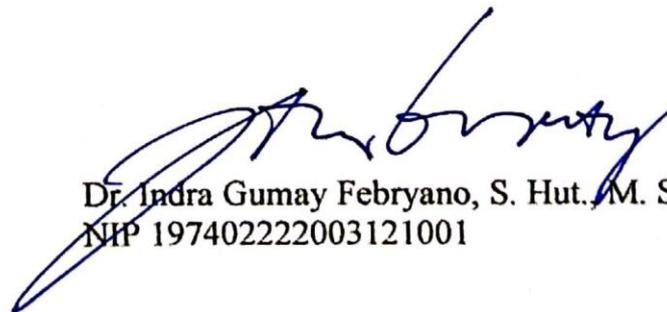


Dr. Arief Darmawan, S. Hut., M. Sc.
NIP 197907012008011009



Dr. Hari Kaskoyo, S. Hut., M. P.
NIP 196906011998021002

2. Ketua Jurusan Kehutanan



Dr. Indra Gumay Febryano, S. Hut., M. Si.
NIP 197402222003121001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

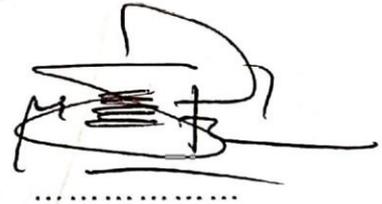
Ketua : Dr. Arief Darmawan, S. Hut., M. Sc.



Sekretaris : Dr. Hari Kaskoyo, S. Hut., M. P.



Penguji : Dr. Ir. Agus Setiawan, M. Si., IPM.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Irwan Sukri Banuwa, M. Si.

196110201986031002

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ahmad Rizaldi

NPM : 1754151004

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

**“ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN KAWASAN HUTAN
KESATUAN PENGELOLAAN HUTAN LINDUNG BATUTEGI
MENGUNAKAN DATA PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM
INFORMASI GEOGRAFIS ”**

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, 18 April 2022

Yang menyatakan



Ahmad Rizaldi

NPM. 1754151004

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Ahmad Rizaldi dilahirkan di Johar Baru, Jakarta Pusat, DKI Jakarta pada tanggal 16 Mei 1997, sebagai anak ke 3 dari 4 bersaudara. Anak dari bapak Muhidin dan ibu Siti Nuriah. Pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) Budi Lestari diselesaikan tahun 2003, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SDN Johar Baru 11 PG pada tahun 2009, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 76 Jakarta pada tahun 2012 dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 30 Jakarta tahun 2015.

Tahun 2017, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SMMPPTN). Penulis juga aktif sebagai anggota Himpunan Mahasiswa Jurusan Kehutanan (Himasyulva) di bidang Komunikasi, Informasi dan Pengabdian Masyarakat pada tahun 2019 dan menjadi Ketua Umum Himasyulva tahun 2020. Tahun 2020 penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di Desa Kuripan, Kabupaten Tanggamus dan menjadi Koordinator Mahasiswa Kecamatan Limau. Penulis juga melaksanakan Praktik Umum di Yayasan Inisiasi Alam Rehabilitasi Indonesia (YIARI) pada daerah kelola Kesatuan Pengelola Hutan (KPH) Batutegi, Tanggamus.

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi Asisten Dosen mata kuliah Hidrologi tahun 2019, mata kuliah Sistem Informasi Geografis (SIG) pada tahun 2020-2021 dan mata kuliah Penginderaan Jauh tahun 2022. Penulis juga pernah mengikuti Program Kreativitas Mahasiswa Tahun 2019 dengan judul Mitigasi Konflik Manusia dan Gajah.

Penulis mempublikasikan beberapa artikel seperti di Jurnal Sylva Lestari dengan judul “Persepsi Masyarakat terhadap Konflik Manusia dan Gajah Sumatra (*Elephas maximus sumatranus* Temminck 1847) di Taman Nasional Way

Kambas”, lalu publikasi artikel di Majalah Geografi Indonesia dengan judul “Pemanfaatan Google Earth Engine untuk Pemantauan Lahan Agroforestri dalam Skema Perhutanan Sosial” dan pernah melaksanakan Seminar Nasional “Konservasi untuk Kesejahteraan Masyarakat II” serta mempublikasikan artikel dengan judul “Identifikasi Perubahan Tutupan Lahan Sebagai Dasar Strategi Pengelolaan Hutan (Studi Kasus Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung Batutegi Lampung)”.

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanallu Wa Ta'ala karena berkat rahmat dan hidayat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Perubahan Tutupan Lahan Kawasan Hutan Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung Batutegi Menggunakan Data Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis” 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. Bapak Prof. Dr. Ir Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung atas semua arahan kepada penulis.
2. Bapak Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si., selaku Ketua Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung atas bimbingan, saran dan arahnya pada penulis.
3. Bapak Dr. Arief Darmawan, S.Hut., M.Sc., selaku pembimbing pertama atas semua bimbingan, nasihat dan pelajaran berharga selama melakukan penulisan skripsi.
4. Bapak Dr. Hari Kaskoyo, S.Hut., M.P., selaku pembimbing kedua atas semua bimbingan, rasa sabar, waktu dan tenaga yang diberikan selama melakukan penulisan skripsi.
5. Bapak Dr. Ir. Agus Setiawan, M.Si. IPM., selaku pembahas dan penguji utama atas masukan, arahan dan nasihat kepada penulis selama melakukan penulisan skripsi.
6. Ibu Prof. Dr. Ir. Christine Wulandari, M.P., selaku pembimbing akademik atas masukan, arahan dan motivasi yang terus diberikan kepada penulis.
7. Segenap Dosen Jurusan Kehutanan yang telah memberikan ilmu dalam

bidang kehutanan dan menempa diri penulis selama menuntut ilmu di Universitas Lampung.

8. Bapak dan Ibu penulis, yaitu Bapak Muhidin dan Ibu Siti Nuriah, terima kasih atas segala do'a, kasih sayang, kesabaran dan dukungan dalam kehidupan bersama penulis serta dukungan moril maupun material yang selama ini diberikan kepada penulis.
9. Kesatuan Pengelola Hutan (KPH) Batutegei yang telah memberikan izin dan kesempatan untuk melakukan penelitian.
10. PT. Nestle Indonesia yang telah membantu pelaksanaan kegiatan penelitian penulis hingga selesai.
11. Keluarga Yayasan Inisiasi Alam Rehabilitasi Indonesia (YIARI), Kang Hilmi, Mas Huda, Mas Mifta, Bang Tapol, Ahlan, Ayun dan Mba Rosy yang juga memberikan dukungan dan masukan selama menyelesaikan penulisan skripsi.
12. Keluarga Himpunan Jurusan Kehutanan (Himasyilva) Universitas Lampung khususnya kepengurusan tahun 2020 yang telah memberikan pengalaman masa kuliah penulis lebih berarti.
13. Teruntuk sahabat perjuangan (SIPIL), Zareva, Falah, Luthfi, Bonny dan Irlan yang selalu menemani dan memberikan banyak pembelajaran selama kehidupan kuliah.
14. Teruntuk tim pendamping, saudari Adella dan saudara Abdan yang selalu hadir memberikan waktu, tenaga dan pikirannya menemani penulis melakukan banyak hal.
15. Keluarga besar *Responsible and Powerful Team of Foresters Seventeen* (RAPTOR'S), yang selalu memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, namun penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi para pembaca.

Bandar Lampung, 17 Januari 2022
Penulis

Ahmad Rizaldi

*Alhamdulillah, Kupersembahkan dengan Rasa Bangga
Sebuah Karya Tulis ini
untuk Bapak Muhidin dan Ibunda Siti Nuriah Tersayang*

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Kerangka Pemikiran.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Gambaran Umum.....	5
2.2 Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH).....	8
2.3 Tutupan Lahan dan Penggunaan Lahan.....	9
2.4 Dampak Perubahan Tutupan Lahan.....	9
2.5 Penginderaan Jauh	10
2.6 <i>Google Earth Engine</i>	11
III. METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	12
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	13
3.3 Sumber Data dan Pengambilan Data	13
3.3.1. Sumber Data Citra Satelit	13
3.3.2. <i>Ground Truth Point (GTP)</i>	15
3.4 Metode Pengelolaan Data	16

3.4.1. Studi Literatur	16
3.4.2. Persiapan Data.....	16
3.4.3. <i>Cloud Masking</i>	16
3.4.4. Klasifikasi Tutupan Lahan	18
3.4.5. Pendugaan Akurasi Klasifikasi	20
3.4.5.1. Akurasi Keseluruhan (<i>Overall Accuracy</i>)	20
3.4.5.2. Akurasi Pembuat (<i>Producer Accuracy</i>).....	20
3.4.5.3. Akurasi Pengguna (<i>User Accuracy</i>)	21
3.4.5.4. Akurasi Kappa (<i>Kappa Accuracy</i>).....	21
3.4.6. <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI)	22
3.4.7. <i>Vegetation Index Differencing</i> (VIDN).....	24

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Klasifikasi Tutupan Lahan Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung Batutegi	26
4.2. Perbandingan Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Algoritma RF dan CART	28
4.3. Luasan Kelas Tutupan Lahan CART dan RF.....	31
4.4. Perbandingan Akurasi CART dan RF	32
4.5. Tutupan Lahan Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung Batutegi	32
4.6. Pola Perubahan Tutupan Lahan.....	36
4.7. Sebaran Nilai Vegetasi (NDVI)	37
4.8. Kawasan Hutan Lindung Batutegi dan Fungsinya Sebagai Hutan Lindung.....	42
4.9. Tutupan Lahan di Gapoktan KPH Batutegi	45
4.10. Strategi Pengelolaan Kawasan Hutan.....	44

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan	50
5.2 Saran	51

DAFTAR PUSTAKA	52
----------------------	----

LAMPIRAN.....	60
---------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Pemikiran.....	4
2. Peta Lokasi Penelitian Kawasan Hutan di KPHL Batutegi	12
3. Peta Batas <i>Resort</i> KPHL Batutegi	13
4. Tampilan awal halaman <i>Google Earth Engine</i>	14
5. Peta Validasi Data <i>Ground Truth Point</i>	15
6. Citra Sebelum dan Sesudah <i>Cloud Masking</i>	17
7. Pohon Keputusan Algoritma <i>Random Forest</i>	19
8. Pohon Keputusan Algoritma CART	19
9. Diagram Alir Analisis Data Spasial	21
10. Ilustrasi Indeks Vegetasi <i>Normalized Difference Vegetation Index</i>	23
11. Kurva Interval Nilai Ambang Batas (<i>Threshold</i>) NDVI.....	24
12. Klasifikasi Citra Tutupan Lahan Tahun 2015.....	29
13. Klasifikasi Citra Tutupan Lahan Tahun 2021	30
14. Grafik luasan tutupan lahan algoritma RF dan CART tahun 2015-2021	31
15. Citra Tutupan Lahan Tahun 2002-2021 KPHL Batutegi menggunakan Algoritma RF.....	34
16. Diagram Sankey Pola Perubahan Tutupan Lahan Tahun 2002-2021	37
17. Citra Perubahan Vegetasi di KPHL Batutegi Tahun 2002 - 2021	39
18. Citra Perubahan Nilai Vegetasi di Tiap <i>Resort</i> Tahun 2002 - 2021 ..	41
19. Citra Tutupan DAS Sekampung Tahun 2021	44
20. Tren Perubahan Gapoktan dan Non Gapoktan di KPHL Batutegi Tahun 2015-2021	46

21. Citra Tutupan Lahan Areal Gapoktan dan Non Gapoktan Tahun 2015-2021.....	47
---	----

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Akuisisi data dari <i>Google Earth Engine</i>	14
2. Hasil interpretasi <i>ground checking</i>	18
3. Sumber data dan <i>band</i> yang digunakan untuk proses NDVI.....	24
4. Kenampakan objek citra Landsat/ <i>Google Earth</i> /hasil lapangan.....	27
5. Luasan tutupan lahan algoritma RF dan CART tahun 2015 - 2021	32
6. Luasan Tutupan lahan Tahun 2002, 2014, 2018 dan 2021	33
7. Tabel Indeks Vegetasi.....	38
8. Perubahan Luas Vegetasi.....	38
9. Nilai <i>Vegetation Index Differencing</i> (VIDN).....	40
10. Tutupan Lahan DAS Sekampung di Kawasan KPHL Batutegi.....	43
11. Tabel izin Skema Perhutanan Sosial (PS) di KPH Batutegi.....	45
12. Luas Tutupan Lahan Gapoktan dan Non Gapoktan Tahun 2015-2021	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. <i>Matrix confusion</i> dan akurasi menggunakan algoritma <i>Random Forest</i> tahun 2015	60
2. <i>Matrix confusion</i> dan akurasi menggunakan algoritma <i>Classification and Regression Trees</i> tahun 2015	60
3. <i>Matrix confusion</i> dan akurasi menggunakan algoritma <i>Random Forest</i> tahun 2021	60
4. <i>Matrix confusion</i> dan akurasi menggunakan algoritma <i>Classification and Regression Trees</i> tahun 2021	61
5. Matriks transisi pola perubahan tutupan lahan tahun 2002-2021	62
6. Dokumentasi Penelitian	63

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Pertumbuhan penduduk akan berdampak pada perkembangan suatu daerah sehingga dapat meningkatkan aktivitas penduduk dalam memenuhi kebutuhan hidupnya (Tisnacuci *et al.*, 2021). Lewerissa (2015) menjelaskan bahwa dalam memenuhi kebutuhan hidupnya, masyarakat sekitar hutan memiliki kebiasaan berinteraksi dengan hutan melalui kegiatan pemanfaatan sumberdaya alam. Kegiatan pemanfaatan sumberdaya alam melalui penggunaan lahan akan mengakibatkan perubahan tutupan lahan di daerah kawasan hutan yang cenderung dinamis. Lahan cenderung semakin terbatas dan masyarakat terdorong untuk melakukan pembukaan lahan untuk memenuhi kebutuhan hidupnya ke dalam kawasan hutan (Pratama *et al.*, 2015). Kristin *et al.*, (2018), Erwin *et al.*, (2017) dan Wulandari *et al.*, (2018) menyatakan interaksi yang terjadi antara masyarakat sekitar hutan dengan kegiatan pengelolaan lahan hutan mengakibatkan perubahan luas tutupan hutan dan fungsi penggunaan lahan hutan. Kegiatan pengelolaan hutan ini juga tergantung dari faktor biofisik dan sosial ekonomi dari masyarakat tersebut (Yudichandra *et al.*, 2020).

Aktivitas pembukaan lahan di Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung (KPHL) Batutegei merupakan bentuk kegiatan yang masih sering terjadi. Pembukaan lahan yang terjadi menyebabkan gangguan fungsi ekosistem di dalamnya (Riniarti dan Setiawan 2014). Perubahan tutupan lahan suatu kawasan hutan dapat menyebabkan penurunan ketersediaan unsur hara dan sifat tanah lainnya, sehingga dapat menyebabkan kerusakan yang berkelanjutan dan berpengaruh terhadap komponen lainnya seperti keanekaragaman hayati dan fungsi hidrologis dari hutan (Supriyadi *et al.*, 2018). Fungsi kawasan hutan sebagai penyangga kehidupan akan berpengaruh dan mengurangi perannya untuk

mengatur tata air, mengendalikan erosi, mencegah banjir dan menjaga kesuburan tanah (Ainiyah *et al.*, 2020). Perubahan tutupan lahan yang terjadi dapat mempengaruhi besarnya debit puncak juga menyebabkan banjir di sekitar daerah hutan (Heryani dan Sutrisno 2012). Konversi dan pemanfaatan lahan yang menyebabkan perubahan tutupan lahan berdampak juga terhadap perubahan lansekap, kepunahan flora dan fauna serta dampak lingkungan lain sebagai turunannya (Sinaga dan Darmawan, 2014).

Analisis perubahan tutupan lahan memerlukan data yang mampu menyajikan informasi yang tepat dan akurat. Penginderaan jauh mampu menyajikan informasi tentang kelas tutupan lahan karena dapat melihat perubahan dalam kurun waktu tertentu dan memiliki kelebihan dalam minimnya kesalahan dibandingkan dengan pengamatan langsung (Andiko *et al.*, 2019) serta dapat diolah dan dikaji tanpa berkontak langsung (Wafdan, 2020). Selain itu, pemanfaatan citra satelit yang tersedia sangat banyak dan dikelola dalam *big data platform* merupakan tantangan masa depan dalam bidang penginderaan jauh. *Google Earth Engine* (GEE) merupakan *platform* penginderaan jauh berbasis *web* (Sadewa *et al.*, 2021) dan kemampuannya untuk melakukan pengolahan data berbasis *cloud*, sehingga proses analisis dan visualisasi *big data* dapat dilakukan tanpa menggunakan *super computer*, melainkan menggunakan akses internet (Fariz *et al.*, 2021b). GEE juga dapat melakukan proses analisis tutupan lahan menggunakan data yang tersedia tanpa perlu mengunduh citra yang dibutuhkan, sehingga dapat langsung dilakukan klasifikasi tutupan lahan (Syamsulrizal, 2021). Selain itu, pemanfaatan data spasial yang disajikan dari penginderaan jauh dapat diintegrasikan dengan sistem informasi geografis sehingga mampu menghasilkan data acuan yang bisa dianalisis lebih lanjut (Handoko dan Darmawan, 2015).

Pemantauan yang dilakukan harapannya dapat menunjukkan tanda-tanda kekritisitas lahan sehingga mencegahnya menjadi lebih buruk (Bashit 2019). Hal ini semakin penting menyangkut kawasan lindung yang berfungsi menjaga keseimbangan ekosistem untuk lingkungan sekitar kawasan hutan juga sebagai kawasan daerah tangkapan air (Daerah Aliran Sungai/DAS). Pengaruh tutupan lahan terhadap aspek hidrologi di suatu DAS sangat signifikan, di mana tutupan

lahan dapat memberikan peran kontrol terhadap proses penyimpanan dan aliran air (Sunandar *et al.*, 2016).

Penelitian ini terfokus pada penyajian dan analisis data spasial sebagai referensi pengelolaan lahan kritis serta sarana informasi untuk pengambilan keputusan juga dapat direncanakan dalam pengelolaan berkelanjutan. Penggunaan *big data platform* dari GEE diujicobakan dalam kerangka pemantauan kawasan hutan, khususnya pengelolaan kawasan hutan KPHL Batutegi yang di dalamnya terdapat Gabungan Kelompok Tani (Gapoktan) dalam program Perhutanan Sosial (PS). Ketetapan program PS ini muncul karena adanya dorongan untuk melibatkan masyarakat sekitar kawasan hutan dalam mengambil keputusan terkait kegiatan pengelolaan hutan (Kaskoyo *et al.*, 2017) dengan tujuan menerapkan sistem tanam multistrata sehingga bisa mensejahterakan hidup dari keberagaman tanamaan yang dihasilkan (Simarmata *et al.*, 2020). Pengelolaan tersebut tidak hanya berfokus pada pemanfaatan sumber daya hutan, tetapi mencakup bagaimana tanggung jawab untuk melestarikan hutan sebagai penyangga kehidupan (Kaskoyo *et al.*, 2014). Berdasarkan kondisi tersebut, maka diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

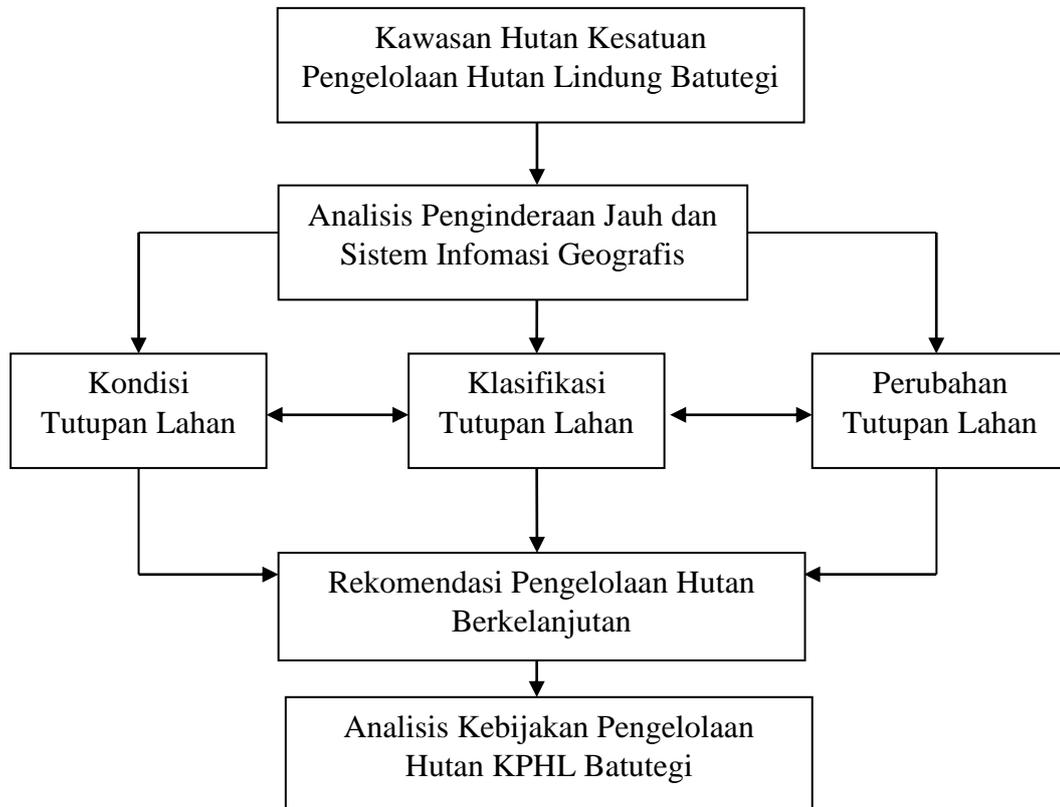
- a. Bagaimana memantau kondisi perubahan tutupan lahan hutan KPHL Batutegi pada periode waktu tertentu menggunakan *big data platform* penginderaan jauh?
- b. Bagaimana klasifikasi jenis tutupan lahan yang ada di KPHL Batutegi?
- c. Bagaimana dinamika perubahan lahan di kawasan hutan lindung KPHL Batutegi?

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Menganalisis klasifikasi jenis tutupan lahan di Kawasan Hutan KPHL Batutegi menggunakan *big data platform*.
- b. Memetakan kondisi tutupan lahan Kawasan Hutan KPHL Batutegi, Tanggamus, Provinsi Lampung.
- c. Menganalisis perubahan tutupan lahan KPHL Batutegi pada deret waktu dari tahun 2002-2021

1.3. Kerangka Pemikiran



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Letak geografis KPHL Batutegi pada $104^{\circ}27'$ - $104^{\circ}54'$ BT dan $5^{\circ}5'$ - $5^{\circ}22'$ LS. KPHL 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 KPHL Batutegi 58.174 ha.

Kawasan KPHL Batutegi sebagian besar merupakan *water catchment 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 PHL Batutegi adalah sebagai berikut:

1. Sebelah utara: Non Hutan (APL) dan KPHL Way Waya
2. Sebelah selatan: Non Hutan (APL)
3. Sebelah barat: Non Hutan (APL) dan KPHL Kota Agung Utara
4. Sebelah timur: Non Hutan (APL) dan KPHL Way Waya

Tata hutan pada KPHL dikelola berdasarkan blok. Blok diartikan sebagai bagian dari wilayah KPH yang memiliki persamaan karakteristik biogeofisik dan sosial budaya, serta bersifat relatif permanen yang ditetapkan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi manajemen. Wilayah pengelolaan KPHL Batutegi dibagi menjadi dua blok yaitu:

- a. Blok Inti yang difungsikan sebagai perlindungan tata air dan perlindungan lainnya.
- b. Blok Pemanfaatan difungsikan sebagai areal yang direncanakan untuk pemanfaatan terbatas sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan pemanfaatan hutan pada kawasan hutan yang berfungsi sebagai hutan lindung.

Wilayah kawasan KPHL Batutegi merupakan daerah tangkapan air hulu Way Sekampung yang berada pada ketinggian antara 200 - 1.750 meter dari permukaan laut (mdpl). Daerah ini terbagi dalam beberapa satuan morfologi yaitu satuan morfologi pegunungan, satuan morfologi kerucut gunung api dan satuan morfologi perbukitan. Jenis tanah di dalam wilayah KPHL Batutegi di sebelah barat secara umum didominasi oleh jenis tanah *alluvial* dan di sebelah timur didominasi oleh jenis tanah *latosol* serta di beberapa bagian kecil di daerah ketinggian didominasi oleh jenis tanah regosol. Tipe geologi di sebelah timur didominasi oleh *vulcanic* dan bagian tengah oleh *granitoid* serta di sebelah barat oleh *clastic sediment*.

Hasil peta citra landsat Provinsi Lampung tahun 2008, tutupan lahan pada areal KPHL Batutegi adalah hutan lahan kering (0,71%), hutan lahan kering sekunder (1,92%), semak belukar (2,22%), dan pertanian lahan kering bercampur dengan semak atau kebun campur (95%). Kawasan hutan KPHL Batutegi sebagian besar telah digarap oleh masyarakat untuk bertanam kopi dan kakao.

Hasil penafsiran citra landsat pada wilayah kerja KPHL Batutegi, terlihat bahwa areal hutan primer di KPHL Batutegi telah hilang sebanyak 0,02% atau \pm 11,6 ha dengan peningkatan hutan sekunder berupa semak belukar dalam jumlah yang signifikan. Hal yang dikhawatirkan adalah munculnya tanah terbuka pada tahun 2010 seluas \pm 1.800 ha yang terjadi dalam kurun waktu empat tahun.

Hasil inventarisasi Tim BPKH Wilayah II Palembang pada tahun 2012 di KPHL Batutegi, ditemukan jenis flora banyak 67 jenis yang didominasi oleh jenis tumbuhan balam merah (*Palaquium rostratum*), medang (*Cinnamomum sp.*), balam suntai (*Palaquium walsurifolium*), meranti (*Shorea sp.*), gerunggang (*Cratoxylon arborencens*), dan sempur (*Dilleniagran difolia*). Hasil inventarisasi yang dilakukan oleh *International Animal Rescue Indonesia* (IARI) yang dilaporkan pada tahun 2010 pada areal seluas kurang lebih 10.000 ha di Blok Inti KPHL Batutegi diperoleh data sebagai berikut.

1. Flora yang ditemukan berjumlah 238 spesies dari 55 famili. Di antaranya ada tanaman endemik bunga bangkai raksasa (*Amorphophalus titanum*), cengal (*Hopea sangal*), mersawa (*Anisoptera marginata*), pasah (*Aglaia mithii*), ramin (*Gonistylus macrophyllus*), dan keruing (*Dipterocarpus retusus*).

2. Fauna yang ditemukan berjumlah 17 famili dengan 29 jenis mamalia, dua di antaranya endemik, yaitu harimau sumatera (*Panthera tigris sumatrae*) dan bangsa monyet (*Presbytis sp.*). Jenis burung yang ditemukan sebanyak 38 famili dengan 140 spesies dan lima di antaranya endemik, yaitu sepah gunung (*Pericrocotus miniatus*), prenjak (*Prima familiaris*), cucak kerinci (*Pycnonotus leucogrammicus*), burung cabe (*Dicaeum trochileum*), dan bondol jawa (*Lanchura leucogasstroides*).

Hasil inventarisasi hutan yang dilakukan oleh BPKH Wilayah II Palembang pada tahun 2012 di KPHL Batutegei menyatakan bahwa potensi total seluruh jenis pohon yang berdiameter 20 cm ke atas sebanyak 80,17 batang/ha dengan volume sebesar 132,02 m³/ha. Berdasarkan kelas potensi komersial dapat dibagi menjadi:

1. Kelas Komersil Satu ditemukan sebanyak 14 jenis pohon dengan jumlah batang 24,67 batang/ha dan volume sebesar 45,31 m³/ha.
2. Kelas Komersil Dua ditemukan sebanyak sebanyak 49 jenis pohon dengan jumlah batang 29,25 batang/ha dan volume sebesar 46,35 m³/ha.
3. Kelas Komersil Empat ditemukan sebanyak 25 jenis pohon dengan jumlah batang 5,92 batang/ha dan volume sebesar 10,63 m³/ha.
4. Kelas Komersil Lima ditemukan sebanyak 4 jenis pohon dengan jumlah batang 6,92 batang/ha dan volume 8,49 m³/ha.
5. Kelas Komersil Enam (kayu rimba campuran) ditemukan sebanyak 27 jenis pohon dengan jumlah batang 13,67 batang/ha dan volume sebesar 21,67 m³/ha.

Potensi pada tingkat permudaan adalah sebagai berikut.

- a. Tingkat semai (*seedling*) terdapat 72 jenis dengan total jumlah batang sebanyak 17.200 batang/ha yang didominasi oleh jenis medang (*Cinnamomum sp.*) 9,79%, meranti (*Shorea sp.*) 7,46%, jambu-jambu (*Eugenia sp.*) 5,72%, dan pohon pasang (*Quercu encloisocarpa*) 3,68%.
- b. Tingkat pancang (*sapling*) terdapat 75 jenis dengan total jumlah batang sebanyak 3.377,59 batang/ha yang didominasi oleh jenis meranti (*Shorea sp.*) 10,44%, medang (*Cinnamomum sp.*) 8,85%, jambu-jambuan (*Eugenia sp.*) 4,91%, salam (*Eugenia polyantha*) 4,67% dan cempaka (*Michelia champaka*) 4,05%.

- c. Tingkat tiang (*poles*) terdapat 86 jenis dengan total jumlah batang sebanyak 474,45 batang/ha yang didominasi oleh jenis medang (*Cinnamomum sp.*) 15,94%, pasang (*Quercus sp.*) 9,65%, meranti (*Shorea sp.*) 7,41%, cempaka (*Michelia champaka*) 6,43%, suren (*Toona sureni*) 4,48%, dan salam (*Eugenia polyantha*) (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 perijinan perusahaan hutan yang tidak memiliki komitmen yang baik mengakibatkan hutan rusak, perambahan hingga menimbulkan konflik dalam kawasan hutan. Melalui konsep pengelolaan hutan hingga tingkat tapak di mana pemerintah berperan sebagai pengelola hutan sekaligus penjaga hutan akan mampu mencapai tujuan pengelolaan hutan yang lestari (Setyarso *et al.*, 2014).

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) memutuskan prioritas kebijakan pengembangan pembangunan Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) yang tertuang dalam UU No 41 tahun 1999. KPH juga menjadi bagian penguatan sistem pengurusan hutan Nasional dan Pemerintah Daerah Provinsi berdasarkan PP Nomor 23 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Kehutanan. Pembangunan KPH difokuskan untuk menjawab kebutuhan unit pengelolaan hutan di tingkat tapak dan pengelolaan organisasinya untuk mencapai kelestarian (Kartodihardjo, 2017).

Adanya KPH diharapkan dapat menjadi pengelola di tingkat tapak demi tercapainya pengelolaan hutan yang berkelanjutan. Kebijakan KPH berfungsi sebagai *enabling condition* terhadap upaya perbaikan tata-kelola hutan, mengurangi laju degradasi, meningkatkan rehabilitasi hutan dan lahan, pelaksanaan perlindungan dan pengamanan hutan, pelaksanaan optimalisasi pemanfaatan hutan, meningkatkan stabilitas pasokan hasil hutan, dan penyedia data dan informasi kawasan hutan (Riskiyana *et al.*, 2020).

2.3. Tutupan Lahan dan Penggunaan Lahan

Tutupan lahan merupakan objek fisik yang menutupi permukaan tanah seperti vegetasi alami maupun buatan. Tutupan vegetasi di permukaan bumi dapat diamati dari suatu hasil aktivitas dan perlakuan manusia yang dilakukan pada tiap jenis tutupan lahan untuk melakukan kegiatan produksi, perubahan ataupun perawatan pada tutupan tersebut (Putri, 2017). Perubahan tutupan lahan adalah kondisi lahan yang berubah pada waktu yang berbeda. Lahan sendiri adalah materi dasar yang ada di suatu lingkungan terdiri dari suatu lingkungan dengan karakteristik alami, seperti iklim, tanah, topografi, hidrologi dan (Handoko dan Darmawan, 2015).

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 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).

2.4. Dampak Perubahan Tutupan Lahan

Perubahan aktivitas masyarakat dalam penggunaan lahan serta perkembangan sosial ekonomi di masyarakat yang dinamis dapat berdampak pada berbagai komponen lingkungan tempat hidup masyarakat tersebut. Salah satunya adalah tutupan lahan yang mengalami perubahan dari waktu ke waktu.

Penambahan jumlah penduduk disertai peningkatan kebutuhan masyarakat membutuhkan lahan baru atau alih fungsi lahan sehingga dapat menyebabkan terjadinya perubahan tutupan lahan (Budiyanto, 2017). Peningkatan kebutuhan terhadap sumberdaya alam yang menyebabkan terjadinya tekanan terhadap lahan sehingga mengalami penurunan infiltrasi air serta peningkatan aliran permukaan. Tingkat kepadatan tanah pada suatu lahan semakin tinggi maka limpasan yang

terjadi juga semakin besar. Lahan yang mengalami perubahan ini jadi kedap air dan tidak diserap oleh permukaan tanah sehingga air hujan yang jatuh langsung dialirkan ke tempat lain. Air hujan akan langsung menjadi aliran permukaan (*Runoff*) dan meningkatkan potensi banjir serta genangan di sekitar daerah lahan yang terjadi hujan tersebut (Samsul *et al.*, 2019).

Penggunaan dan sistem hidrologi hutan di suatu hamparan yang luas merupakan satu kesatuan yang saling mengikat dan berhubungan antara lainnya. Penggunaan lahan mengontrol proses seperti intersepsi hujan dan infiltrasi air pada tanah yang berpengaruh terhadap penyimpanan dan aliran air. Perubahan tutupan lahan dari aktivitas penggunaan lahan yang tinggi juga akan berpengaruh kualitas air, habitat perairan dan saluran morfologi banjir (Sunandar *et al.*, 2016).

2.5. Penginderaan Jauh

Mangiri (2018), menjelaskan bahwa penginderaan jauh adalah ilmu untuk memperoleh, mengolah dan menginterpretasi citra yang telah direkam yang berasal dari interaksi antara gelombang elektromagnetik dengan suatu objek. Penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah atau fenomena yang dikaji. Penginderaan jauh memerlukan data sekunder seperti peta tematik, data statistik dan data lapangan. Hasilnya akan memperoleh informasi seperti bentangan lahan, jenis penutupan lahan, kondisi lokasi dan kondisi sumberdaya lokasi. Semua informasi tersebut dapat dimanfaatkan untuk membantu proses pengambilan keputusan dalam pengembangan daerah (Mangiri, 2018).

Penginderaan jauh dapat membantu dalam pencarian solusi dan kemudahan dalam analisis spasial secara berulang, kontinu, serta mencakup wilayah yang relatif luas. Pemantauan dan pendeteksian suatu perubahan tutupan lahan juga dapat dilihat menggunakan penginderaan jauh. Teknik penginderaan jauh ini juga dapat melakukan pendekatan yang efektif untuk pemantauan rutin serta pengukuran luas di lapangan suatu wilayah (Wulandari dan Jaelani, 2019). Pemantauan hutan dari tahun ke tahun dapat memungkinkan melihat terjadinya perubahan tutupan hutan dan memberikan informasi yang diperlukan (Kawamuna *et al.*, 2017). Pemantauan perubahan tutupan hutan yang akurat juga dapat

mendukung pengelolaan dan penentuan kebijakan dalam melakukan inventarisasi sumberdaya dan deteksi vegetasi suatu perubahan tutupan lahan yang luas secara berkelanjutan (Darmawan, 2015).

2.6. *Google Earth Engine*

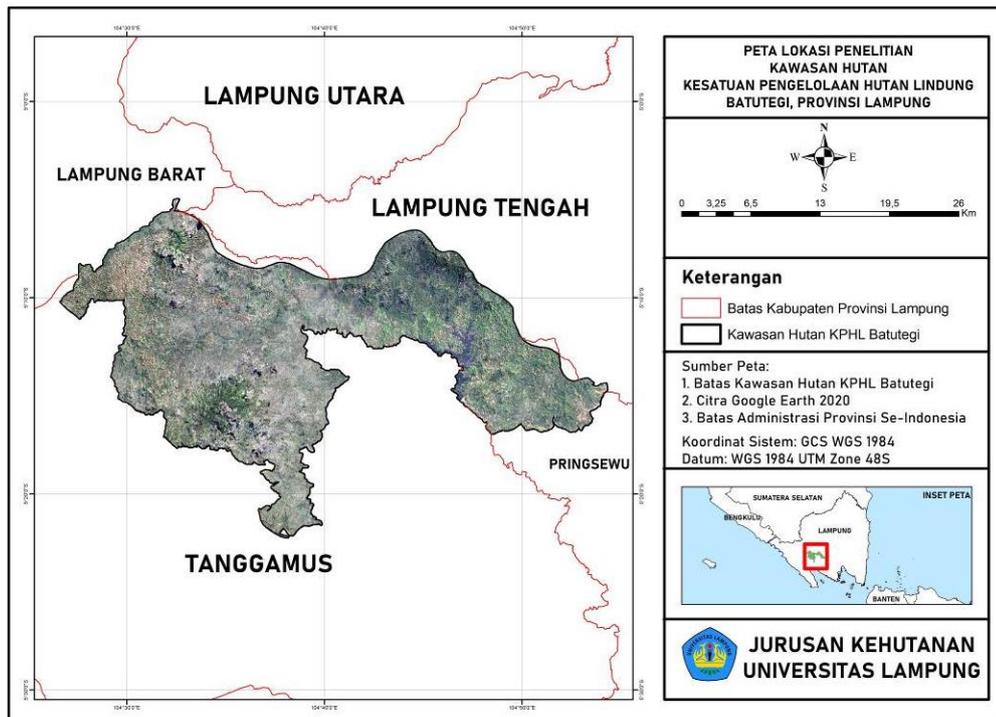
Google Earth Engine (GEE) merupakan *platform* berbasis *cloud* yang dapat memudahkan serta memproses kumpulan data geografis untuk dianalisis hingga pengambilan keputusan (Julianto *et al.*, 2020). GEE tidak hanya menyediakan data mentah, tetapi juga data olahan. Beberapa data yang tersedia seperti data Landsat, Sentinel, Modis, VIIRS, suhu permukaan, DEM, SRTM dan lain lainnya. GEE juga menyediakan informasi *metadata* dan contoh contoh *Application Programming Interface* (API) yang digunakan untuk pengolahan menggunakan bahasa pemrograman *javascript* (Nugroho *et al.*, 2019).

Pengolahan GEE juga praktis dan dapat memudahkan pengguna mendapatkan citra yang bebas awan, ditambah GEE juga memiliki beberapa metode *machine learning* untuk analisis citra seperti *Random Forest*, *Classification and Regression Trees* dan sebagainya (Fariz *et al.*, 2021a). GEE juga memiliki kemampuan akses data yang besar sehingga proses analisis dan visualisasi *geo-big* data dapat dilakukan menggunakan *super computer*, karena pengeolahannya yang berbasis *cloud* (Fariz *et al.*, 2021b). Kemampuan GEE sebagai *platform cloud computing* juga dapat melakukan proses *cloud masking* untuk mendapatkan citra yang bebas awan (Triscowati *et al.*, 2021) menggunakan metode *reducer median* dalam pemrosesannya (Subarno, 2020).

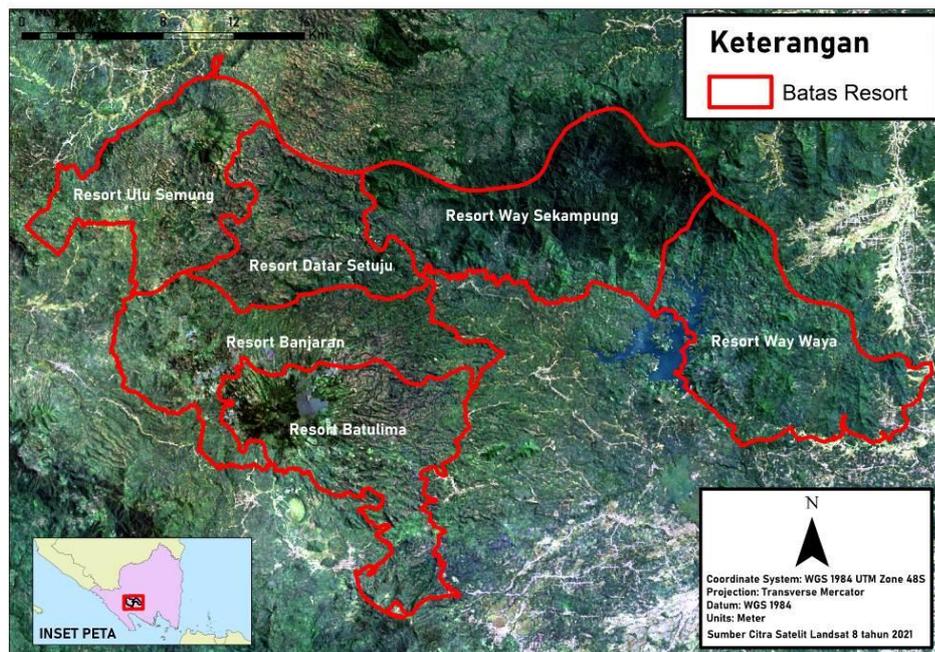
III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan April – Juli tahun 2021. Lokasi Penelitian ini dilaksanakan di Kawasan Hutan Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung (KPHL) Batuteги, Tanggamus, Provinsi Lampung.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian Kawasan Hutan di KPHL Batuteги



Gambar 3. Peta Batas *Resort* KPHL Batutegi

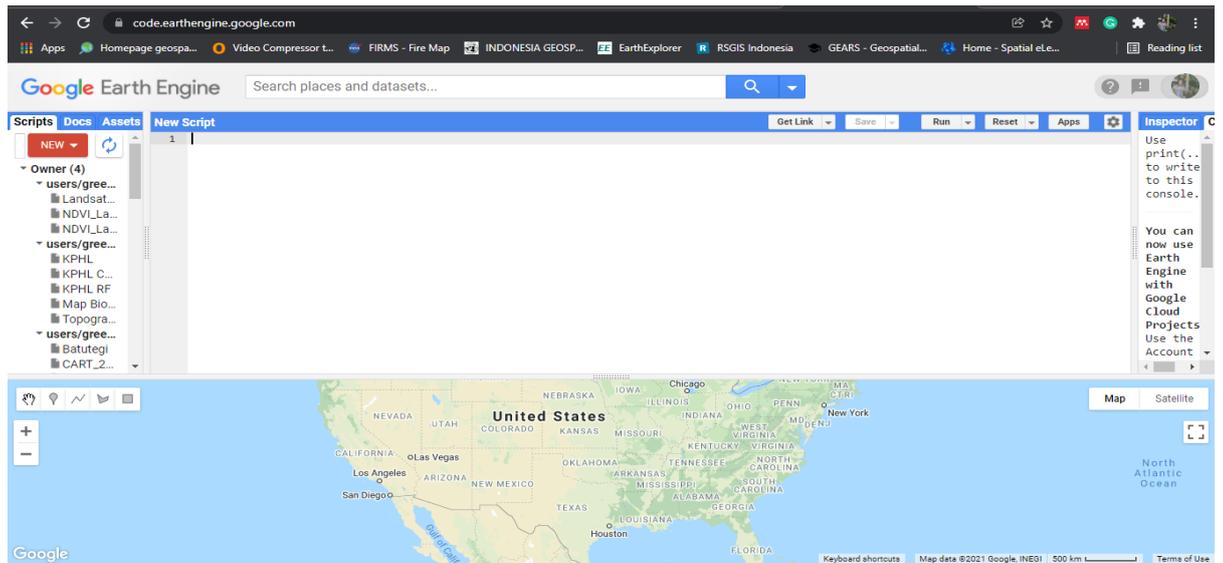
3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Laptop, kamera, *GPS* (*Global Positioning System*), *Handphone Android*, dan software pendukung meliputi *ArcGIS 10.8*, *Google Earth Engine (GEE)* dan *Microsoft excel*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data Citra Satelit Landsat 7 ETM dan Landsat 8 OLI.

3.3. Sumber Data

3.3.1. Sumber Data Citra Satelit

Sumber data yang digunakan adalah data primer meliputi data Citra Satelit Landsat 7 dan 8 *Multi Temporal* kurun waktu 2002-2021 melalui GEE pada *link* <https://code.earthengine.google.com/> yang dapat dilihat pada Gambar 4, yaitu tampilan awal (*user interface*) dari platform GEE.



Gambar 4. Tampilan awal halaman *Google Earth Engine*

Data sekunder meliputi data mencakup data yang telah tersedia baik dari studi literatur serta dokumentasi dan publikasi penelitian terkait dilakukan pengunduhan data secara *online* dari berbagai publikasi ilmiah. Data tambahan lainnya seperti luasan kawasan hutan KPHL Batutegi, batas wilayah pengelolaan dan *Resort* KPHL Batutegi dari Rancangan Pengelolaan Hutan Jangka Panjang (RPHJP) KPHL Batutegi sebagai peta dasar dalam pengelolaan data.

Tabel 1. Akusisi Data dari *Google Earth Engine*

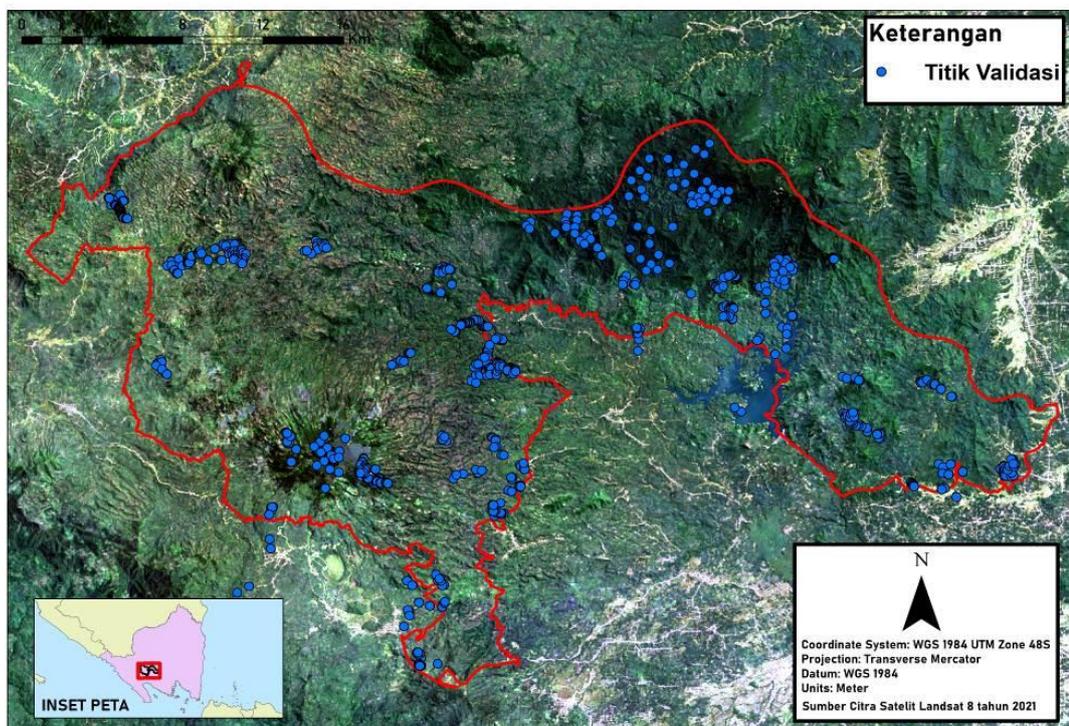
No.	Tahun	Satelit	Analisis
1.	2002	Landsat 7 ETM (<i>Surface Reflectance</i>)	Citra Hasil <i>Cloud Masking</i>
2.	2014	Landsat 8 OLI (<i>Surface Reflectance</i>)	Citra Hasil <i>Cloud Masking</i>
3.	2018	Landsat 8 OLI (<i>Surface Reflectance</i>)	Citra Hasil <i>Cloud Masking</i>
4.	2021	Landsat 8 OLI (<i>Surface Reflectance</i>)	Citra Hasil <i>Cloud Masking</i>

Data citra yang digunakan terdiri dari 2 dapat dilihat pada Tabel 1, yaitu satelit Landsat 7 dan Landsat 8. Penggunaan data dilihat dari ketersediaan dan kebutuhan penelitian, data yang diambil mulai dari tahun 2002, 2014, 2018, dan 2021. Satelit Landsat *Surface Reflectance* dipilih karena bersifat siap pakai dan

sudah diproses ortorektifikasi dan kalibrasi reflektan pada *Google Earth Engine* (Fariz *et al.*, 2021b).

3.3.2. *Ground Truth Point (GTP)*

Data *Ground Truth Point (GTP)* merupakan data hasil dari pengambilan di lapangan dalam bentuk koordinat untuk menyatakan posisi keberadaan menggunakan *Global Positioning System (GPS)*. GTP didapatkan saat *ground check* untuk validasi peta topografi dan tutupan lahan sebagai penentuan kelas yang akan diambil sampelnya dalam memenuhi kebutuhan penelitian (Salim *et al.*, 2019)



Gambar 5. Peta Validasi Data *Ground Truth Point*

Pada Gambar 5 menunjukkan titik *Ground Truth* hasil cek lapangan untuk validasi data hasil klasifikasi tutupan lahan. Interpretasi objek dari hasil ground truth juga dapat menunjukkan kebenaran objek di lapangan serta data tambahan sebagai penunjang informasi dalam melakukan analisis (Wulandari dan Jaelani 2019).

3.4. Metode Pengelolaan Data

3.4.1. Studi Literatur

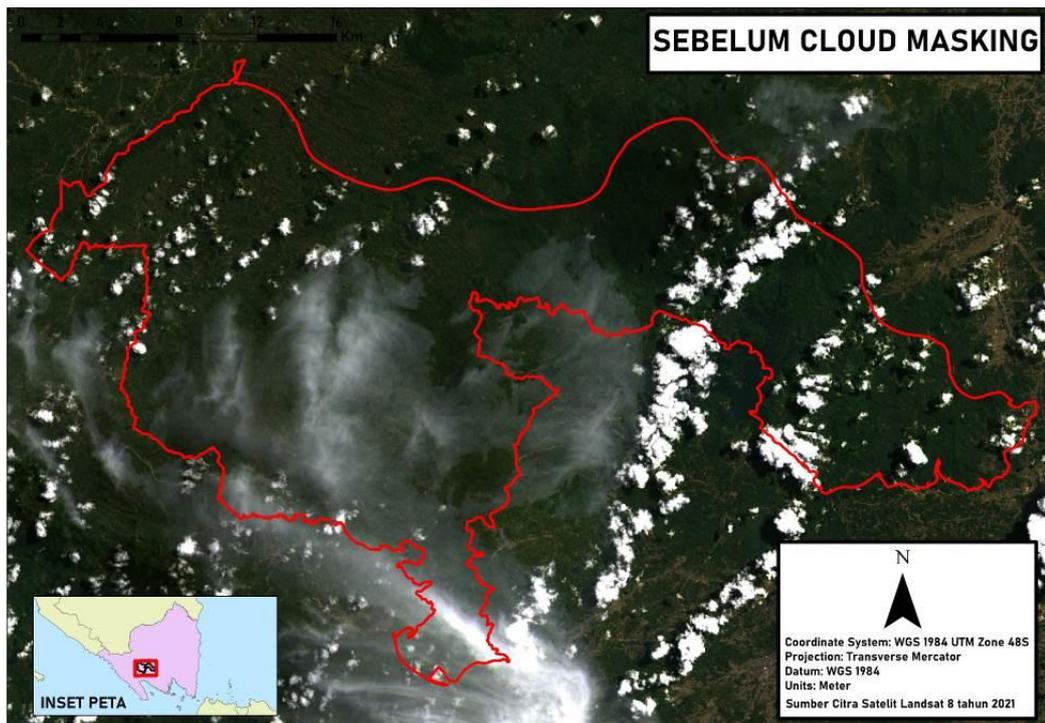
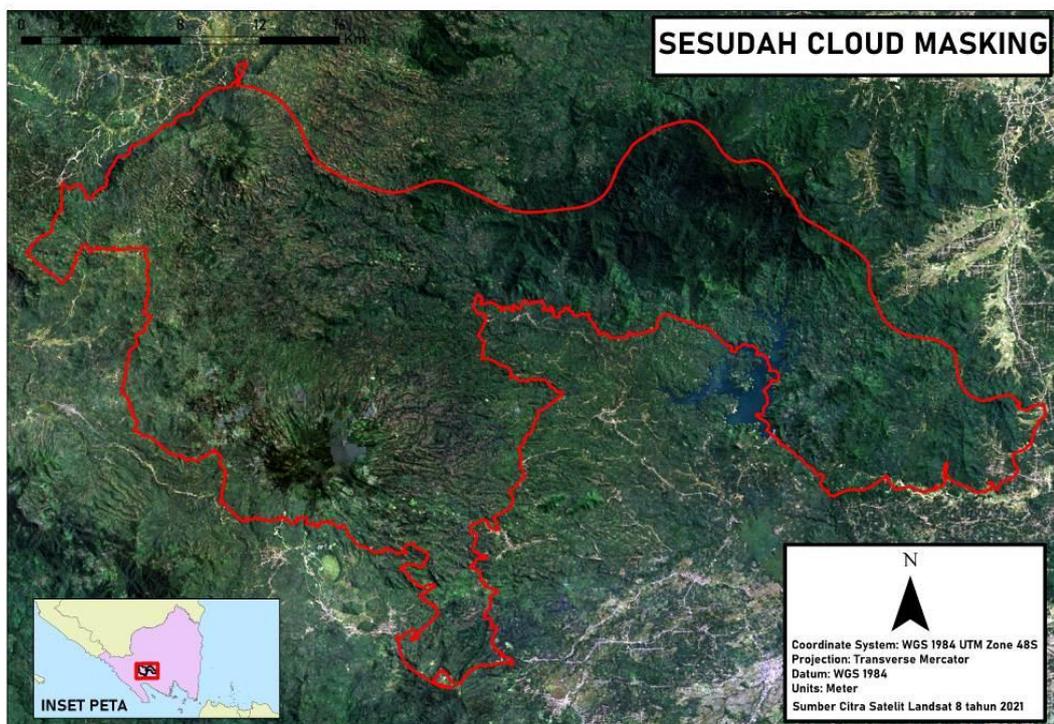
Tahap pertama dari penelitian ini yaitu persiapan yang meliputi studi literatur dan pengumpulan data. Pada studi literatur mengkaji referensi pustaka-pustaka yang berhubungan dengan penelitian ini dan studi penelitian terdahulu. Pada pengumpulan data yaitu mengumpulkan data yang dibutuhkan dalam penelitian.

3.4.2. Persiapan Data

Kegiatan awal yang dilakukan adalah mencari data satelit landsat 7 dan landsat 8. Tahap pengolahan ini mempersiapkan data citra yang tersedia dan memasukkan batas wilayah/*area of interest* (AOI) yang ingin diolah menggunakan bahasa pemrograman *javascript* di GEE.

3.4.3. Cloud Masking

Proses *cloud masking* dilakukan untuk menghilangkan tutupan awan pada citra sebelum dilakukannya proses klasifikasi. Proses *cloud masking* menerapkan metode *reducer median* sehingga dapat mengurangi keberadaan awan pada citra yang tersedia. Algoritma *reducer median* ini sudah disediakan di GEE untuk menghilangkan intervensi dari tutupan awan melalui komposit citra dengan mengambil nilai *median* dari hasil komposit citra tersebut (Pu *et al.*, 2020). Proses sebelum dan sesudah *cloud masking* dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.

a. Sebelum *Cloud Masking*b. Setelah *Cloud Masking*Gambar 6. Citra Sebelum dan Sesudah *Cloud Masking*

3.4.4. Klasifikasi Tutupan Lahan

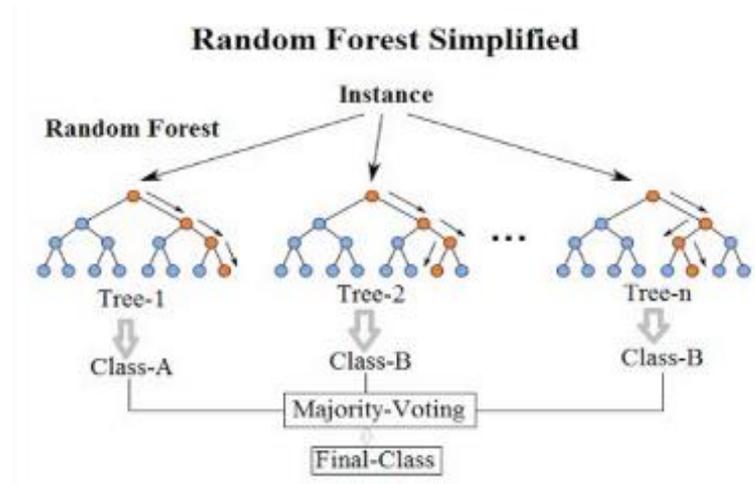
Kelas tutupan lahan diklasifikasi dalam 7 kelas tutupan lahan. 7 kelas tersebut adalah hutan, agroforestri/lahan campuran/hutan sedang, lahan terbuka/lahan terbangun, semak belukar, kebun campuran/perkebunan, tegakan kopi, dan air. Klasifikasi ini berdasarkan pendekatan konseptual struktur fisiognami yang konsisten dari bentuk tumbuhan, bentuk tutupan, tinggi tumbuhan dan distribusi spasialnya (SNI, 2010) dan berdasarkan Petunjuk Teknis Juknis1/PSDH/PLA/1/7/2020 untuk melakukan penafsiran. Kelas tutupan lahan yang diinterpretasikan juga berdasarkan hasil *ground check* dengan definisi masing-masing tutupan lahan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Interpretasi *Ground Checking*

No.	Kelas	Keterangan
1.	Hutan	Kenampakan tutupan lahan vegetasi berkayu
2.	Semak Belukar	Kenampakan tutupan lahan yang didominasi vegetasi rendah yang berada pada lahan kering
3.	Kebun Campuran	Kenampakan tutupan lahan yang merupakan campuran areal pertanian dengan dominasi tegakan kopi dan naungannya.
4.	Lahan Campuran	Kenampakan tutupan lahan yang merupakan campuran areal pertanian dengan kehutanan/pohon serbaguna (<i>Multi Purpose Tree Species</i>).
5.	Tegakan Kopi	Kenampakan tutupan lahan yang didominasi tegakan kopi tanpa naungan.
6.	Badan Air	Kenampakan perairan, waduk, sungai.
7.	Lahan Terbuka/Terbangun	Kenampakan lahan tanpa vegetasi.

Proses klasifikasi tutupan lahan dari citra satelit menggunakan metode *supervised classification* dengan membuat *training sample* untuk setiap kelasnya terlebih dahulu. Algoritma yang dipakai, yaitu algoritma *Random Forest (RF)* dan *Classification and Regression Trees (CART)*. RF adalah algoritma yang membuat

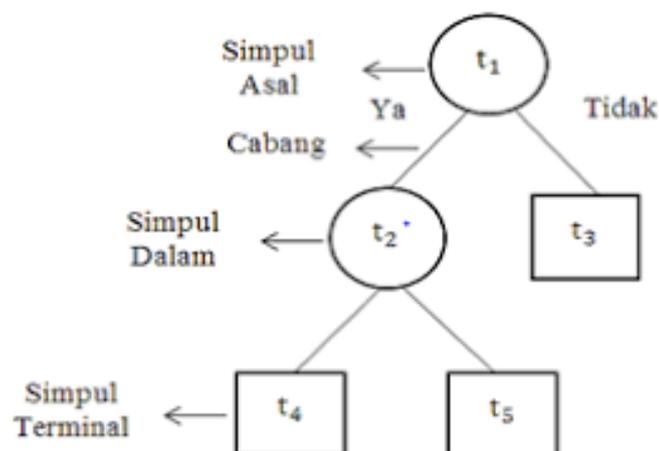
banyak pohon keputusan di mana kelas sampel akan digunakan sebagai pengujian hasil penggabungan prediksi semua pohon individu (Azhar dan Pardede, 2021).



Sumber: (Zulfajri *et al.* 2021).

Gambar 7. Pohon Keputusan Algoritma *Random Forest*

CART adalah algoritma yang sama, yaitu menggunakan pohon keputusan dengan menghasilkan pohon klasifikasi jika variabel respon mempunyai skala kategorik dan menghasilkan pohon regresi jika variabel respon berupa data kontinu. CART akan mendapatkan keakuratan suatu pencarian dari pengklasifikasian melewati tahapan pembentukan pohon klasifikasi, pemangkasan dan penentuan pohon klasifikasi optimum (Sumartini dan Purnami, 2015).



Sumber: (Tanjung dan Kartiko 2017)

Gambar 8. Pohon Keputusan Algoritma CART

3.4.5. Pendugaan Akurasi Klasifikasi

Hasil dianalisis setelah itu dilakukan penilaian akurasi (*Accuracy assessment*). Akurasi merupakan perbandingan antara data hasil klasifikasi dengan kondisi lapangan. Pengguna harus melakukan pengecekan dan pengambilan beberapa sampel di lapangan sebagai pembanding. Perhitungan akurasi dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya adalah yaitu *overall accuracy* (Jaya, 2014).

3.4.5.1. Akurasi Keseluruhan (*Overall accuracy*)

Akurasi keseluruhan juga dihitung untuk mencari seberapa besar keakuratan saat proses pengambilan data menggunakan rumus:

$$\frac{M}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

N = Jumlah total validasi

M = Jumlah total yang terbukti pada validasi

Setelah didapatkan teknik yang paling baik, hasil dari teknik tersebut akan digunakan untuk mengetahui perubahan tutupan hutan KPHL Batutegei selama rentan waktu 2002-2021.

3.4.5.2. Akurasi Pembuat (*Producer's Accuracy*)

Kesalahan yang terjadi ketika area yang dikeluarkan dari kategori yang sesungguhnya benar (*omission error*). Akurasi ini disebut dengan akurasi pembuat karena jumlah *pixel* berasal dari contoh yang diambil.

$$X_{ii}/X_{i+} \times 100\%$$

Keterangan:

X_{i+} = jumlah titik hasil interpretasi pada jenis penutupan lahan ke-i

X_{ii} = jumlah jenis penutupan lahan ke-i hasil interpretasi (baris diagonal).

3.4.5.3. Akurasi Pengguna (*User's Accuracy*)

Kesalahan yang terjadi ketika area yang dikategorikan ke kategori yang salah (*commission error*). Akurasi ini dihitung dengan membagi *pixel* yang benar dibagi dengan jumlah *pixel* yang terkelaskan ke dalam kategori.

$$X_{ii}/X_{+i} \times 100\%$$

Keterangan:

X_{+i} = jumlah titik hasil interpretasi pada jenis penutupan lahan ke- i

X_{ii} = jumlah jenis penutupan lahan ke- i hasil interpretasi (baris diagonal).

3.4.5.4. Akurasi Kappa (*Kappa Accuracy*)

Akurasi yang mempertimbangkan semua elemen pada matrik kesalahan. Kesalahannya juga dihitung dari pertimbangan *omission* dan *commission error*.

$$Kappa\ Accuracy = \left[\left(N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i} \right) / \left(N^2 - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i} \right) \right]$$

Keterangan:

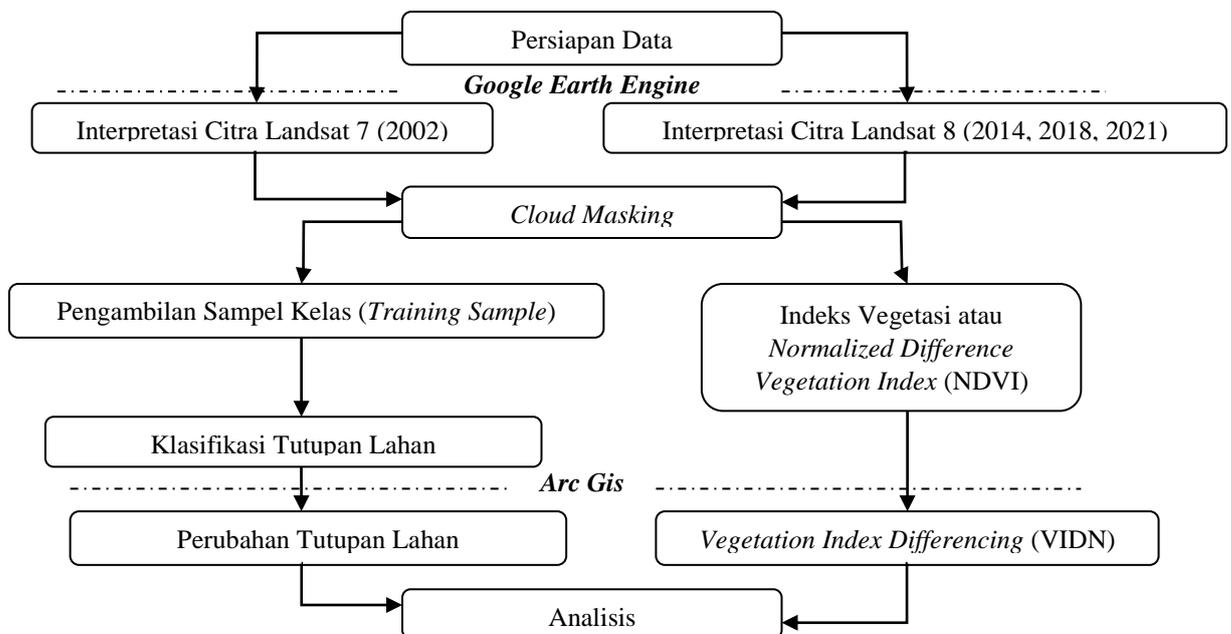
N = jumlah titik penutupan lahan yang divalidasi

X_{i+} = jumlah titik hasil validasi pada jenis penutupan lahan ke- i

X_{+i} = jumlah titik hasil interpretasi pada jenis penutupan lahan ke- i

X_{ii} = jumlah jenis penutupan lahan ke- i hasil interpretasi (baris diagonal).

r = Jumlah tipe penggunaan lahan. Sumber (Jaya, 2014)

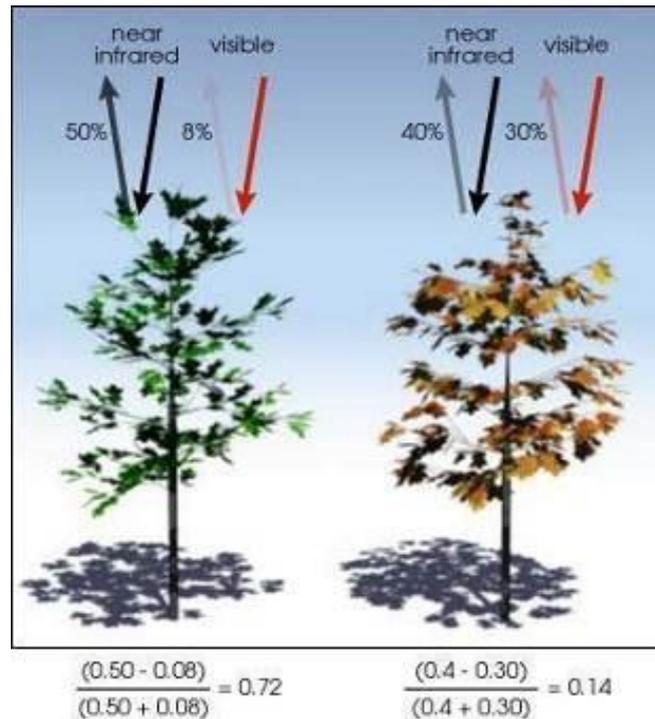


Gambar 9. Diagram Alir Analisis Data Spasial

Alir analisis data pada Gambar 19 dimulai dari penyediaan data yang didapat dari *Platform Google Earth Engine*. Proses selanjutnya adalah *cloud masking* dan klasifikasi tutupan lahan. Lalu hasil dari olah data di GEE akan *diexport* dan dianalisis lebih lanjut pada aplikasi *ArcMap* untuk mencari perubahan tutupan lahan yang terjadi.

3.4.6. *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 vegetasi 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 S *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). Ilustrasi pancaran dari sinar matahari dan ditangkap oleh tanaman dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 10. Ilustrasi Indeks Vegetasi *Normalized Difference Vegetation Index*

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

$$NDVI = (NIR-RED)/(NIR+RED)$$

Persamaan Rumus Perhitungan Nilai Indeks Vegetasi

Keterangan:

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

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

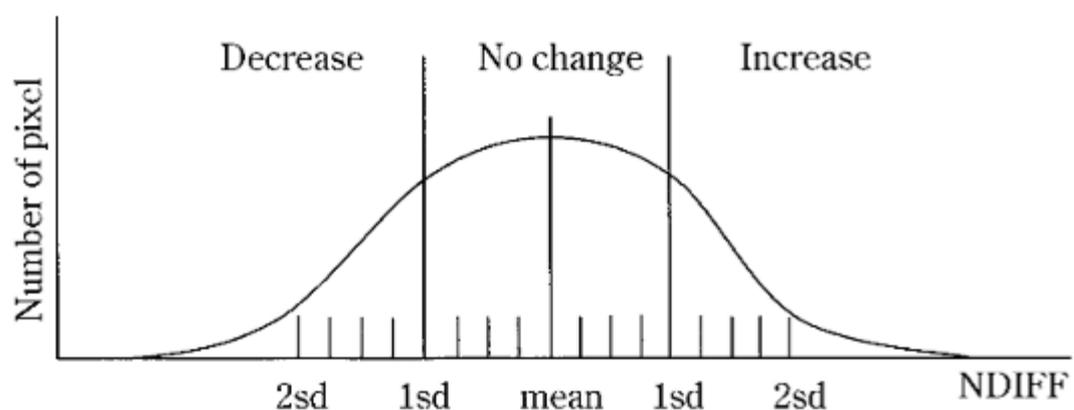
Tabel 3. Sumber data dan Band yang digunakan untuk proses NDVI

No.	Tahun	Satelit	Band
1.	2002	Landsat 7 ETM	Band 4 (NIR) dan Band 3 (RED)
2.	2014	Landsat 8 OLI	Band 5 (NIR) dan Band 4 (RED)
3.	2018	Landsat 8 OLI	Band 5 (NIR) dan Band 4 (RED)
4.	2021	Landsat 8 OLI	Band 5 (NIR) dan Band 4 (RED)

Analisis data dilakukan dengan menggunakan citra satelit Landsat 7 dan Landsat 8. Citra Landsat 7 digunakan untuk mencari data tahun 2002, sedangkan Citra Landsat 8 untuk mencari data tahun 2014 dan 2021 (Tabel 3). Citra satelit diidentifikasi menggunakan NDVI untuk menunjukkan sebaran nilai warna hijau di suatu tempat (Putra, 2011). Kriteria tutupan vegetasi yang dihasilkan berlandaskan pada transformasi indeks hasil pengelolaan di GEE dengan data pengecekan lapangan (*Ground check*) (Santoso *et al.*, 2017).

3.4.7. *Vegetation Index Differencing (VIDN)*

Vegetation Index Differencing (VIDN) merupakan nilai perolehan dari pengurangan interval waktu yang berbeda (Cahyono, B. *et al.*, 2019). Hasil nilai yang negatif menunjukkan adanya penurunan vegetasi hijau dan merupakan adanya indikasi perubahan tutupan lahan (Gunawan *et al.*, 2010). Selanjutnya dilakukan *thresholding* untuk menentukan ambang batas yang mengalami perubahan tutupan lahan (Jaya, 2005).



Sumber: (Darmawan *et al.*, 2009)

Gambar 11. Kurva Interval Nilai Ambang batas (*Threshold*) NDVI

VIDN pada Gambar 12 ini digunakan sebagai informasi perubahan vegetasi dalam interval waktu tertentu. Nilai ambang batas (*threshold*) digunakan dalam mengetahui perubahan vegetasi yang terjadi dalam interval waktu tertentu untuk melihat apakah ada penurunan (*decrease*), tidak ada perubahan (*no change*) dan peningkatan (*increase*) nilai vegetasi, dengan rumus:

$$VIDN = NIR-RED/NIR+RED \text{ (tahun 2021)} - NIR-RED/NIR+RED \text{ (tahun 2002)}$$

Keterangan:

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

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

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Simpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Klasifikasi tutupan lahan di KPHL Batutege menggunakan citra satelit landsat 8 dapat menafsirkan kelas tutupan lahan hutan, semak belukar, tegakan kopi, kebun campuran, lahan campuran, lahan terbuka/terbangun dan air. Penafsiran dibantu dengan penambahan interpretasi dari hasil *ground check*.
2. Kondisi tutupan lahan di Kawasan Hutan dapat dipetakan menggunakan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis. Pemetaan dilakukan secara efektif dan efisien menggunakan teknologi penginderaan jauh yang terus berkembang dalam pengelolaan hutan, khususnya penggunaan *platform google earth engine* sebagai pengelola data secara *cloud computing* menggunakan akses internet. Hasil penggunaan platform GEE ini juga dapat dijadikan dasar pengelolaan hutan yang berkelanjutan dengan kondisi tutupan lahan KPHL Batutege yang terjadi perubahan pada waktu 20 tahun terakhir.
3. Perubahan tutupan lahan yang terjadi di KPHL Batutege dari tahun 2002 – 2021 mengalami dinamika perubahan, baik itu dari hutan ke kelas lahan campuran, tegakan kopi ke kebun campuran atau pola perubahan lainnya yang terjadi. Tutupan lahan KPHL Batutege yang di dalamnya terdapat DAS Sekampung dan Bendungan Batutege menjadikan KPHL Batutege memiliki peran penting sebagai daerah tangkapan air yang perlu dijaga. Karena perannya secara ekologis, sebagai fungsi hidrologi untuk keberlangsungan dan keberadaan air dan dalam mencukupi kebutuhan air di sekitar kawasan hutan KPHL Batutege.

5.2. Saran

Saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut menggunakan citra resolusi yang lebih tinggi, sehingga dapat memberikan hasil yang lebih maksimal dan akurat serta mencari citra yang bebas awan.
2. Perlu adanya penelitian menggunakan metode *Object Based Image Analysis* (OBIA) dengan citra resolusi tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainiyah, N., Kaskoyo, H., Qurniati, R. 2020. Modal Manusia dan Modal Sosial dalam Pengelolaan Hutan Kemasyarakatan di Kesatuan Pengelolaan Hutan Pematang Neba, Kabupaten Tanggamus. *Prosiding Seminar Nasional Konservasi 2020*. 1(2): 4-14.
- 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.
- Ahmada, S. 2013. *Monitoring Luas Hutan Rakyat Berdasarkan Citra Landsat : Kasus di Kecamatan Cikalong, Kabupaten Tasikmalaya, Jawa Barat*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 162 hlm.
- Andiko, J. A., Duryat, Darmawan, A. 2019. Efisiensi Penggunaan Citra Multisensor untuk Pemetaan Tutupan Lahan. *Jurnal Sylva Lestari*. 7(3): 342.
- 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.
- Andriyani, I., Wahyuningsih, S., Suryaningtias, S. 2019. Perubahan Tata Guna Lahan di Sub DAS Rembangan - Jember dan Dampaknya Terhadap Laju Erosi. *Agritech*. 39(2): 117-127.
- Apriani, N., Arsyad, U., Mapangaja, B. 2020. Prediksi Erosi Berdasarkan Metode Universal Soil Loss Equation (USLE) untuk Arahan Penggunaan Lahan Di daerah Aliran Sungai Lawo. *Jurnal Hutan dan Masyarakat*. 13(1): 49–63.
- 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.
- Asgar, L. P. W., Bonita, M. K. 2019. Studi Pendapatan Masyarakat Pengelola Hutan Kemasyarakatan (HKm) di Desa Senggigi Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Silva Samalas*. 2(2): 126–129.

- Awaliyan, R., Sulistyoadi, Y. B. 2018. Klasifikasi Penutupan Lahan Pada Citra Satelit Sentinel-2a Dengan Metode Tree Algorithm. *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*. 2(2): 98–104.
- Azhar, M., Pardede, H. F. 2021. Klasifikasi Dialek Pengujar Bahasa Inggris Menggunakan Random Forest. *Jurnal Media Informatika Budidarma*. 5(2): 439.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 2010. *Klasifikasi Penutup Lahan*. SNI 7645: 2010. Buku. 32 hlm.
- Banuwa, I.S. 2008. *Pengembangan Alternatif Usahatani Berbasis Kopi untuk Pembangunan Pertanian Lahan Kering Berkelanjutan di DAS Sekampung Hulu*. Disertasi. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 401 hlm.
- Bashit, N. 2019. Analisis Lahan Kritis Berdasarkan Kerapatan Tajuk Pohon Menggunakan Citra Sentinel 2. *Jurnal Geodesi dan Geomatika*. 2(01): 71–79.
- Broto, A.H. 2009. *Kajian Perubahan Penutupan Lahan dan Arah Pengelolaan Ruang Daerah Tangkapan Air (DTA) Waduk Batutegi Kabupaten Tanggamus Provinsi Lampung*. Tesis. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 334 hlm.
- Budiwati. 2014. *Tanaman Penutup Tanah Untuk Mencegah Erosi*. Buku. Staf Pengajar FMIPA UNY. Yogyakarta. 127 hlm.
- Budiyanto, M. A. 2017. Penelurusan Banjir Sungai Sungai Luk Ulo Akibat Perubahan Tutupan Lahan. *Jurnal Geografi*. 14(1): 26–39.
- Cahyono, B., E., Febriawan, E., B., Nugroho, A. T. 2019. Analisis Tutupan Lahan Menggunakan Metode Klasifikasi Tidak Terbimbing Citra Landsat di Sawahlunto, Sumatera Barat. *Teknotan*. 13(1).
- Darmawan, A. 2015. The assessment on the existing technical guidance of the National Forest Monitoring System and recommendation for its sustainability and transparency. *Working Paper, Third National Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change (TNC)* (December): 1–9.
- Darmawan, A., Prasetyo, L. B., Tsuyuki, S. 2009. Monitoring Agricultural Expansion during the Economic Crisis in Indonesia: A Case Study of the Rawa Danau Nature Reserve. *Journal of Forest Planning*. 14(2): 53–66.
- Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan Sumber Daya Hutan. 2020. *Petunjuk Teknis Penafsiran Citra Satelit Resolusi Sedang untuk Update Data Penutupan Lahan Nasional*. Juknis 1/PSDH/PLA.1/7/2020. Direktorat

Jenderal Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan 2020.

- Erwin, E., Bintoro, A., Rusita, R. 2017. Vegetation Diversity in Utilization Block, Integrated Conservation Education Forest, Wan Abdul Rachman Great Forest Park, Lampung Province. *Jurnal Sylva Lestari*. 5(3): 1.
- Fariz, T. R., Daeni, F., Sultan, H. 2021a. Pemetaan Perubahan Penutup Lahan Di Sub-DAS Kreo Menggunakan Machine Learning Pada Google Earth Engine. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 8(2): 85–92.
- Fariz, T. R., Permana, P. I., Daeni, F., Cahyadi, A., Putra, P. 2021b. Pemetaan Ekosistem Mangrove di Kabupaten Kubu Raya Menggunakan Machine Learning pada Google Earth Engine. *Jurnal Geografi*. 18(2): 83–89.
- Gunawan, A., Jaya, I. N. S., Saleh, B. 2010. Teknik Cepat Identifikasi Lahan Terbuka Melalui Citra emporal dan Multi Spasial. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*. 16(2): 63–72.
- 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.
- Handoko, Darmawan, A. 2015. Perubahan Tutupan Hutan Di Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman (Tahura War). *Jurnal Sylva Lestari*. 3(2): 43–52.
- Hasibuan, M. H., Sujatmoko, B., Mudjiatko. 2015. Analisis Sedimentasi Lahan DAS Embung Uwai Kabupaten Kampar Menggunakan Metode USLE Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). *Jom FTEKNIK*. 2(2): 1–9.
- Heryani, N., Sutrisno, N. 2012. Perencanaan Penggunaan Lahan di Daerah Tangkapan Air (DTA) Waduk Batutegei untuk Mengurangi Sedimentasi. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 6(Juli): 23–32.
- Jaya, I. N. S. 2014. *Analisis Citra Digital Perspektif Penginderaan Jauh untuk Pengelolaan Sumber Daya Alam*. Buku. Penerbit IPB Press. 394 hlm.
- Jaya, I. N. S. 2005. Tehnik Mendeteksi Lahan Longsor Menggunakan Citra Spot Multiwaktu: Studi Kasus di Teradomari , Tochio dan Shidata Mura , Niigata , Jepang. *Manajemen Hutan Tropika*. X(1): 31–48.
- Julianto, F. D., Putri, D. P. D., Safi'i, H. H. 2020. Analisis Perubahan Vegetasi dengan Data Sentinel-2 Menggunakan Google Earth Engine (Studi Kasus Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta). *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia*. 2(2): 13-18
- Kartodihardjo, H. 2017. *Di Balik Krisis Ekosistem: Pemikiran Tentang Kehutanan dan Lingkungan Hidup*. Buku. LP3ES. 504 hlm.

- Kaskoyo, H., Mohammed, A. J., Inoue, M. 2014. Present State of Community Forestry (Hutan Kemasyarakatan/HKm) Program in a Protection Forest and Its Challenges: Case Study in Lampung Province, Indonesia. *Journal of Forest and Environmental Science*. 30(1): 15–29.
- Kaskoyo, H., Mohammed, A. J., Inoue, M. 2017. Impact of community forest program in protection forest on livelihood outcomes: A case study of Lampung Province, Indonesia. *Journal of Sustainable Forestry*. 36(3): 250–263.
- Kawamuna, A., Suprayogi, A., Wijaya, A. 2017. Analisis Kesehatan Hutan Mangrove Berdasarkan Metode Klasifikasi Ndvi Pada Citra Sentinel-2 (Studi Kasus : Teluk Pangpang Kabupaten Banyuwangi). *Jurnal Geodesi Undip*. 6(1): 277–284.
- Kristin, Y., Qurniati, R., Kaskoyo, H. 2018. Interaksi Masyarakat Sekitar Hutan Terhadap Pemanfaatan Lahan Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman. *Jurnal Sylva Lestari*. 6(3): 1–8.
- Latuamury, B., Gunawan, T., Suprayogi, S. 2012. Pengaruh Kerapatan Vegetasi Penutup Lahan terhadap Karakteristik Resesi Hidrograf pada Beberapa Subdas di Propinsi Jawa Tengah Dan Propinsi DIY. *Majalah Geografi Indonesia*. 26(2): 98–118.
- Lewerissa, E. 2015. Interaksi Masyarakat Sekitar Hutan terhadap Pemanfaatan Sumberdaya Hutan di Desa Wangongira, Kecamatan Tobelo Barat. *Jurnal Agroforestri*. 10(1): 10–20.
- Lufilah, S. N., Makalew, A., Sulistyantara, B. 2017. Pemanfaatan Citra Landsat 8 Untuk Analisis Indeks Vegetasi Di Dki Jakarta. *Jurnal Lanskap Indonesia*. 9(1): 73–80.
- 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.
- 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.
- Neno, A. K., Harijanto, H., Wahid., A. 2016. Hubungan Debit Air dan Tinggi Muka Air di Sungai Lambagu Kecamatan Tawaeli Kota Palu. *Warta Rimba*. 4(2): 1–8.
- Nugroho, G., Rarasat, A., Kushardono, D. 2019. Penyediaan Informasi Geospasial Berbasis Cloud Computing Data Penginderaan Jauh. *Pusat Pemanfaatan*

Penginderaan Jauh - LAPAN. (November): 31–40.

- Pratama, A. R., Yuwono, S. B., Hilmanto, R. 2015. Pengelolaan Hutan Rakyat Oleh Kelompok Pemilik Hutan Rakyat di Desa Bandar Dalam kecamatan Sidomulyo Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Sylva Lestari*. 3(2): 99–112.
- Prayogi, S., K, S. D., Yulaiandan, A. 2019. Pemanfaatan Algoritma NDVI dan NDMI untuk Analisis Deforestasi dan Kerapatan Vegetasi Kawasan Hutan Menggunakan Citra Landsat 8 OLI Tahun 2015 dan 2018. *Jurnal ITN*. 1(1): 1-7.
- Pu, D. C., Sun, J. Y., Ding, Q., Zheng, Q., Li, T. T., Niu, X. F. 2020. Mapping Urban Areas using Dense Time Series of Landsat Images and Google Earth Engine. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. ISPRS Archives* 42(3/W10): 403–409.
- Puspasari, E., Wulandari, C., Darmawan, A., Banuwa, I. S. 2017. Aspek Sosial Ekonomi pada Sistem Agroforestri di Areal Kerja Hutan Kemasyarakatan (HKm) Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*. 5(3): 95.
- 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.
- Ramadhana, M. Z. A. J., Lakshita, N. M., Muharrama, 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.
- Sinaga, R., Darmawan, A. 2014. Perubahan Tutupan Lahan Di Resort Pungung Tampak Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS). *Jurnal Sylva Lestari*. 2(1): 77.
- Riniarti, M., Setiawan, A. 2014. Status Kesuburan Tanah Pada Dua Tutupan Lahan Di Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung (KPHL) Batutegei Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*. 2(2): 99.
- Risykana, Wulandari, C., Bakri, S., Qurniati, R. 2020. Korelasi Karakteristik Petani Responden Dengan Pendapatan Petani Hkm di Pekon Suka Pura Kabupaten Lampung Barat. *Prosiding Seminar Nasional Konservasi 2020*.
- Romlah, D. R., Yuwono, S. B., Hilmanto, R., Banuwa, I. S. 2018. Pengaruh Perubahan Tutupan Hutan Terhadap Debit Way Seputih Hulu. *Jurnal Hutan Tropis*. 6(2): 197–204.

- Sadewa, D. A., Hermawan, E., Yanuarsyah, I. 2021. Identifikasi Pola Perubahan Urban Sprawl Menggunakan Cloud Computing Google Earth Engine Berbasis Web Gis (Studi Kasus : Kecamatan Jonggol, Jawa Barat). *INFOTECH Journal*. 41–48.
- Safira, G. C., Wulandari, C., Kaskoyo, H. 2017. Kajian Pengetahuan Ekologi Lokal Dalam Konservasi Tanah Dan Air Di Sekitar Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman. *Jurnal Sylva Lestari*. 5(2): 23-29.
- Safitri, Y., Giofandi, E. A. 2019. Pemanfaatan Citra Multi Spektral Landsat OLI 8 dan Sentinel - 2A Dalam Menganalisis Degradasi Vegetasi Hutan dan Lahan (Studi Kasus: Cagar Alam Rimbo Panti, Pasaman). *Jurnal Swarnabhumi*. 4(2): 115.
- Salim, A. G., Dharmawan, I. W. S., Narendra, B. H. 2019. Pengaruh Perubahan Luas Tutupan Lahan Hutan Terhadap Karakteristik Hidrologi DAS Citarum Hulu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 17(2): 333.
- Samsul, Arsyad, U., Umar, A. 2019. Simulasi Skenario Penutupan Lahan Untuk Melihat Kondisi Hidrologi Di Das Lisu, Kabupaten Barru. *Jurnal Hutan Masyarakat*. 11(1): 49–58.
- Santoso, A., Ariyanto, G. 2018. Implementasi Deep Learning Berbasis Keras Untuk Pengenalan Wajah. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*. 18(01): 15–21.
- Santoso, T., Riniarti, M., Febryano, I. G. 2017. Identifikasi Perubahan Tutupan Dan Penggunaan Lahan Sebagai Dasar Penentuan Strategi Pengelolaan KPHP Way Terusan. *EnviroScienteeae*. 13(3): 208–217.
- Serastiwati, A. R., Subaedah, Syam, N. 2020. Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan terhadap Hidrolisis dan Pamukkulu Sulawesi Selatan. *Jurnal Agrotek*. 4(1): 62–76.
- Setyarso, A., Djajono, A., Nugroho, B., Wulandari, C., Suwarno, E., Kartodihardjo, H., Sardjono, M. A. 2014. *Strategi Pengembangan KPH dan Perubahan Struktur Kehutanan Indonesia*. E-Book. 210p.
- Subarno. 2020. *Menerapkan Cloud Masking dan Reducer Median Untuk Membuat Komposit Landsat 8 Yang Bersih Dari Awan*.
<https://spatialmate.com/menerapkan-cloud-masking-dan-reducer-median-untuk-membuat-komposit-landsat-8-yang-bersih-dari-awan-gee-14/>.
- Sumartini, S. H., Purnami, S. W. 2015. Penggunaan Metode Classification and Regression Trees (CART) untuk Klasifikasi Rekurensi Pasien Kanker Serviks di RSUD Dr. Soetomo Surabaya. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 4(2): 211–216.
- Sunandar, A. D., Suhendang, E., Surati, I. N. 2016. Dampak Perubahan

- Penggunaan Lahan Terhadap Respon Hidrologis di DAS Asahan. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*. 13(1): 49–60.
- Supriyadi, E., Banuwa, I. S., Yuwono, S. B. 2018. Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Karakteristik Aliran Masuk (Inflow) Bendungan Batutegei. *Jurnal Hutan Tropis*. 6(1): 73.
- Syamsulrizal, A. 2021. *Analisis Penutupan Lahan menggunakan Google Earth Engine (GEE) dengan Metode Klasifikasi Terbimbing (Studi kasus: Wilayah Pesisir Kabupaten Lamongan, Provinsi Jawa Timur)*. Skripsi. Program Studi Ilmu Kelautan. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel. Surabaya. 101 hlm.
- Tanjung, R. H., Kartiko. 2017. Penerapan Metode CART (Classification and Regression Trees) Untuk Menentukan Faktor-faktor yang Mempengaruhi. *Jurnal Statistika Industri dan Komputasi*. 2(2): 78–83.
- Tisnacuci, I. D., Sukmono, A., Hadi, A. S. F. 2021. Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Daerah Aliran Sungai Bodri Terhadap Debit Puncak Menggunakan Metode Soil Conservation Service (SCS). *Jurnal Geodesi Undip*. 9(1): 325–334.
- Tosiani, A., Sugardiman, R. A., Nugroho, S., Usman, A. B., Rovani, R. 2018. Analisis Multi Temporal Citra Satelit Landsat Untuk Pemantauan Cadangan Karbon Nasional. *Seminar Nasional Geomatika*. 2: 65-74.
- Triscowati, D. W., Buana, W. P., Marsuhandi, A. H. 2021. Pemetaan Potensi Lahan Jagung Menggunakan Citra Satelit Dan Random Forest Pada Cloud computing Google Earth Engine. *Seminar Nasional Official Statistics*. 2021(1): 1001–1011.
- Unteawati, B., Fitriani, Zaini, M. 2015. Kajian Sosial Ekonomi Masyarakat Pemanfaat Kawasan Hutan Lindung REG . 20 Kabupaten Pesawaran Kajian Sosial Ekonomi Masyarakat Pemanfaat Kawasan Hutan. *Prosiding Seminar Nasional Swasembada Pangan*. 1(1): 382–391.
- Wafdan, L. 2020. Identifikasi Klasifikasi Lahan Di Kecamatan Pakem Kabupaten Sleman Berdasarkan Interpretasi Citra Sentinel-2. *Jurnal Ilmiah Penalaran dan Penelitian Mahasiswa*. 4(1): 105–128.
- Wanderi, Qurniati, R., Kaskoyo, H. 2019. Kontribusi Tanaman Agroforestri terhadap Pendapatan dan Kesejahteraan Petani. *Jurnal Sylva Lestari*. 7 (1): 118 - 127.
- Wulandari, B. A., Jaelani, L. M. 2019. Identifikasi Fase Pertumbuhan Tanaman Jagung Menggunakan Citra SAR Sentinel-1A (Studi Kasus : Kecamatan Gerung, Lombok Barat, NTB). *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia*. 1(2): 52–59.

- Wulandari, C., Bintoro, A., Rusita, Santoso, T., Duryat, Kaskoyo, H., Erwin, Budiono, P. 2018. Community forestry adoption based on multipurpose tree species diversity towards to sustainable forest management in ICEF of University of Lampung, Indonesia. *Biodiversitas*. 19(3): 1102–1109.
- Yudichandra, F. K., Widiatmaka, W., Anwar, S. 2020. Perubahan dan Prediksi Penggunaan Lahan Menggunakan Markov – Cellular Automata di Kota Batu. *Tataloka*. 22(2): 202–211.
- Yusuf, A. P., Darmawan, A., Iswandar, D. 2019. Analisis Status Hutan Kota di Bandar Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*. 7(2): 235-243.
- Zulfajri, Danoedoro, P., Murti, S. H. 2021. Klasifikasi tutupan lahan data Landsat-8 OLI menggunakan metode Random Forest. *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia*. 3(01): 1–7.