

**PEMANFAATAN CITRA SATELIT MULTI-SENSOR DALAM  
PEMANTAUAN TUTUPAN LAHAN DI TAMAN HUTAN RAYA WAN  
ABDUL RACHMAN**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Adhi Auliya Fikri  
1754151011**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

**PEMANFAATAN CITRA SATELIT MULTI-SENSOR DALAM  
PEMANTAUAN TUTUPAN LAHAN DI TAMAN HUTAN RAYA WAN  
ABDUL RACHMAN**

**Oleh**

**ADHI AULIYA FIKRI**

**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

### PEMANFAATAN CITRA SATELIT MULTI-SENSOR DALAM PEMANTAUAN TUTUPAN LAHAN DI TAMAN HUTAN RAYA WAN ABDUL RACHMAN

Oleh

ADHI AULIYA FIKRI

Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman (Tahura WAR) merupakan kawasan yang memiliki nilai penting sebagai wilayah sistem penyangga kehidupan. Tahura WAR mengalami degradasi akibat adanya aktivitas manusia, perubahan status kawasan, dan kebijakan pemerintah. Pemantauan tutupan lahan dilakukan guna menghasilkan data dinamika perubahan tutupan lahan berdasarkan data penginderaan jauh. Pengolahan data menggunakan *platform Google Earth Engine* (GEE) yang merupakan pengolahan yang populer pada era revolusi industri 4.0 saat ini dengan basis *cloud computing* dan *big data*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan tutupan lahan dan faktor penyebab terjadinya perubahan tutupan lahan. Penelitian dilaksanakan pada bulan April-Juni 2021 di Tahura WAR. Klasifikasi tutupan lahan di Tahura WAR menggunakan Citra Sentinel-2 dengan kelas tutupan lahan yaitu hutan, kebun campuran, tegakan kopi, tanah terbuka/talang, semak, dan *no data*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa di Tahura WAR tahun 2018-2021 pada tutupan lahan hutan mengalami penurunan seluas 147,49 ha. Tutupan tegakan kopi mengalami peningkatan total sebesar 289,61 ha, dan tutupan lahan kebun campuran mengalami penurunan total sebesar 295,78 ha. Blok perlindungan merupakan blok dengan perubahan terbesar, pada blok tersebut tutupan lahan hutan berkurang sebesar 276,11 ha, kemudian pada tutupan kebun campuran mengalami penurunan sebesar 247,20 ha, serta tutupan lahan tegakan kopi mengalami peningkatan sebesar 407,16 ha.

Kata kunci: pemantauan tutupan lahan, Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman, *Google Earth Engine*

## **ABSTRACT**

### **UTILIZATION OF MULTI-SENSOR SATELLITE IMAGE IN LAND COVER MONITORING IN THE WAN ABDUL RACHMAN FOREST PARK**

*By*

**ADHI AULIYA FIKRI**

*Wan Abdul Rachman Forest Park (Tahura WAR) is an important area for life support system area of Bandar Lampung City. Tahura WAR has been degraded due to human activities, changes in the status of the area, and government policies. Land cover monitoring is carried out to produce dynamic data on land cover changes based on remote sensing data. Data processing uses the Google Earth Engine (GEE) platform, which is a popular processing platform during the 4.0 industrial revolution based on cloud computing and big data. This study aims to determine changes in land cover and the factors that cause land cover changes. The research was carried out in April-June 2021 in Tahura WAR. Time series Sentinel-2 images were used to classify six land cover classes, namely forest, mixed garden, coffee stands, open land/talang, shrubs, and no data. The results showed that in Tahura WAR in 2018-2021, forest land cover decreased by 147,49 ha. The coffee stand cover increased in total by 289,61 ha, and the mixed garden land cover decreased in total by 295,78 ha. Protection block is the block with the largest change, in that block forest land cover decreased by 276,11 ha, then mixed garden cover decreased by 247,20 ha, and coffee stand land cover increased by 407,16 ha.*

*Keyword: land cover monitoring, Wan Abdul Rachman Forest Park, Google Earth Engine*

**Judul Skripsi** : PEMANFAATAN CITRA SATELIT MULTI-  
SENSOR DALAM PEMANTAUAN TUTUPAN  
LAHAN DI TAMAN HUTAN RAYA WAN  
ABDUL RACHMAN

**Nama Mahasiswa** : Adhi Auliya Fikri

**Nomor Pokok Mahasiswa** : 1754151011

**Program Studi** : Kehutanan

**Fakultas** : Pertanian





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



**Dr. Rudi Hilmanto, S.Hut., M.Si.**  
NIP 197807242005011003

**2. Ketua Jurusan Kehutanan**

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

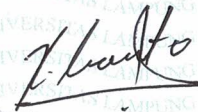
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

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



**Sekretaris : Dr. Rudi Hilmanto, S.Hut., M.Si.**



**Penguji : Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.**

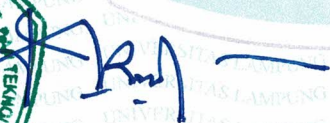


**2. Dekan Fakultas Pertanian**



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

**NIP 196110201986031002**



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 12 April 2022**

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Adhi Auliya Fikri

NPM : 1754151011

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

**“PEMANFAATAN CITRA SATELIT MULTI-SENSOR DALAM PEMANTAUAN TUTUPAN LAHAN DI TAMAN HUTAN RAYA WAN ABDUL RACHMAN”**

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, 14 Juni 2022

Yang menyatakan



**Adhi Auliya Fikri**

NPM. 1754151011

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Adhi Auliya Fikri dilahirkan di Kota Metro, Lampung pada tanggal 21 Juni 1999, sebagai anak ke 3 dari 3 bersaudara dari pasangan Bapak Suwardi dan Ibu Mustari. Penulis menempuh pendidikan di TK PGRI Purbolinggo pada tahun 2004-2005, SD Negeri 1 Toto Harjo pada tahun 2005-2011, SMP Negeri 1 Purbolinggo pada tahun 2011-2014, dan SMA Negeri 1 Purbolinggo pada tahun 2014-2017. Pada tahun 2017 penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur SMMPTN (Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif sebagai anggota Himpunan Mahasiswa Jurusan Kehutanan (Himasyilva) di bidang Pengkaderan dan Penguatan Organisasi tahun 2020. Tahun 2021 penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di Desa Taman Fajar dan menjadi Koordinator Mahasiswa Kecamatan Purbolinggo, Kabupaten Lampung Timur. Penulis melakukan Magang di Balai Pemantapan Kawasan Hutan (BPKH) Wilayah XX Bandar Lampung pada tahun 2020. Penulis juga melaksanakan Praktik Umum di Resort Balik Bukit, Bidang Pengelolaan Taman Nasional (BPTN) Wilayah II Liwa, Balai Besar Taman Nasional Bukit Barisan Selatan.

Penulis juga pernah menjadi Asisten Dosen mata kuliah Pemetaan Hutan dan Sistem Informasi Geografis (SIG) pada tahun 2021 dan mata kuliah Penginderaan Jauh tahun 2022. Karya ilmiah penulis diterbitkan pada *Journal of Forest Science Avicennia* Volume 5, Nomor 1, Tahun 2022 dengan judul “Pemanfaatan *Platform Google Earth Engine* dalam Pemantauan Perubahan Tutupan Lahan di Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman”.



*Alhamdulillah Rabbil 'Alamin*  
*Dengan rasa bangga dan syukur ku persembahkan karya tulis ini untuk*  
*Ibu Mustari dan Bapak Suwardi tercinta*

## SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan ke hadirat Allah Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi dengan judul “Pemanfaatan Citra Satelit Multi-Sensor Dalam Pemantauan Tutupan Lahan di Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman” merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan di Universitas Lampung. Terwujudnya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dukungan, dan motivasi dari berbagai pihak, oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung serta selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik, saran, nasihat, dan motivasi kepada penulis.
2. Bapak Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si., selaku Ketua Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Arief Darmawan, S.Hut., M.Sc., selaku dosen pembimbing pertama Terimakasih atas bimbingan, dukungan, ilmu, kritik dan saran, serta banyak pelajaran pada proses skripsi ini sampai terselesaikan.
4. Bapak Dr. Rudi Hilmanto, S.Hut., M.Si., selaku dosen pembimbing kedua yang telah membimbing penulis dengan penuh rasa sabar, memberikan kritik dan saran, serta nasihat yang telah diberikan kepada penulis untuk skripsi ini.
5. Bapak Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut., M.Sc., selaku pembimbing akademik atas masukan, arahan dan motivasi yang terus diberikan kepada penulis.
6. Bapak dan Ibu Dosen serta tenaga kependidikan Jurusan Kehutanan yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, dan membantu penulis selama menuntut ilmu dan menyelesaikan proses administrasi di Universitas Lampung.

7. Pihak Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman yang telah memberikan izin dan dukungan serta kesempatan untuk melakukan penelitian.
8. Teristimewa untuk Bapak Suwardi dan Ibu Mustari, terima kasih atas segala doa, cinta, kasih sayang, kesabaran dan semua dukungan dalam kehidupan bersama penulis serta dukungan moril maupun material yang selama ini diberikan kepada penulis.
9. Kakak pertama penulis Desi Eka Wardani bersama Suami (Supriyadi), kakak kedua penulis Dwi Yuli Setyo Wibowo bersama Istri (Istina Damayanti), serta Bintang Aim Rosan dan M. Nabil Faishal Rosan yang telah memberikan do'a, semangat, dan motivasi serta bantuan moril dan materil.
10. Rekan seperjuangan Wahyu, Repha, Mertty, Poppy, Riki, Dhimas, Paksi, Ahmad, Komti, Zareva, Agung, Ubay atas segala bantuan, semangat, dukungan, dan do'a dalam masa perkuliahan dan penyelesaian skripsi ini.
11. Dhea Adinda Rysky yang telah memberikan semangat, motivasi, bantuan dan doa selama proses perkuliahan dan penyelesaian skripsi penulis.
12. Keluarga Himpunan Mahasiswa Jurusan Kehutanan (Himasyulva) Universitas Lampung yang telah memberikan tempat dan pengalaman paling berharga selama penulis berproses menjadi mahasiswa.
13. Keluarga RAPTORS 17 terimakasih selama ini telah menjadi angkatan dan saudara yang berkembang bersama serta memberikan motivasi dan dukungan dalam perkuliahan dan penyelesaian penulisan skripsi ini.

Semoga amal kebaikan yang telah diberikan mendapat imbalan dari Allah SWT. Penulis menyadari penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan, namun penulis berharap karya ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, 14 Juni 2022

Adhi Auliya Fikri

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	vii
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang dan Masalah .....	3
1.2. Tujuan Penelitian .....	3
1.3. Kerangka Penelitian .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1. Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman .....	6
2.2. Penutupan Lahan .....	7
2.3. Sistem Informasi Geografis .....	8
2.4. Penginderaan Jauh .....	9
2.5. <i>Google Earth Engine</i> .....	11
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	12
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....	12
3.2. Alat dan Bahan .....	12
3.3. Data Primer .....	13
A. Data Citra Satelit .....	13
B. <i>Ground Truth Point</i> .....	13
3.4. Data Sekunder .....	13
3.5. Pengolahan Data .....	14
A. Penentuan Area Penelitian .....	14
B. <i>Cloud Masking</i> .....	14
C. Komposit Citra .....	14
D. Klasifikasi Citra .....	15
3.6. Pengukuran Akurasi .....	15
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	17
4.1. Klasifikasi Citra .....	17
4.2. Tutupan Lahan Tahura WAR 2018 .....	20
4.3. Tutupan Lahan Tahura WAR 2021 .....	23
4.4. Tren Perubahan Tutupan Lahan Tahun 2018-2021 .....	26

4.5. Perubahan Tutupan Lahan Blok Perlindungan .....	29
4.6. Perubahan Tutupan Lahan Blok Pemanfaatan.....	31
4.7. Perubahan Tutupan Lahan Blok Koleksi .....	33
4.8. Perubahan Tutupan Lahan Blok Lainnya .....	36
4.9. Nilai Akurasi Algoritma <i>Random Forest</i> (RF).....	38
4.10. Faktor Penyebab Perubahan Tutupan Lahan Tahura WAR .....	40
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>43</b>
5.1. Simpulan .....	43
5.2. Saran .....	43
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>44</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>52</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Nilai spektral Citra Sentinel-2.....	17
2. Data Citra dan Kombinasi Band .....	18
3. Kenampakan Citra Satelit dan Objek di Lapangan .....	19
4. Tutupan Lahan UPTD Tahura WAR Tahun 2018 .....	21
5. Tutupan Lahan UPTD Tahura WAR Tahun 2021 .....	23
6. Tren Perubahan Tutupan Lahan Tahun 2018-2021 .....	28
7. Perubahan Tutupan Lahan Blok Perlindungan Tahun 2018-2021 .....	29
8. Perubahan Tutupan Lahan Blok Pemanfaatan Tahun 2018-2021.....	31
9. Perubahan Tutupan Lahan Blok Koleksi Tahun 2018-2021 .....	34
10. Perubahan Tutupan Lahan Blok Lainnya Tahun 2018-2021 .....	36
11. Tren Perubahan Blok Tahura WAR Tahun 2018-2021 .....	38
12. Nilai Akurasi Metode <i>Random Forest</i> .....	38
13. <i>Confusion Matrix</i> Hasil Klasifikasi Tahun 2018 .....	39
14. <i>Confusion Matrix</i> Hasil Klasifikasi Tahun 2021 .....	40

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bagan alir penelitian. ....	5
2. Peta lokasi penelitian.....	12
3. <i>Script cloud masking</i> GEE menggunakan Citra Sentinel-2. ....	14
4. Konsep <i>random forest</i> . ....	15
5. Tutupan lahan Tahura WAR tahun 2018. ....	22
6. Diagram tutupan lahan Tahura WAR tahun 2018.....	23
7. Tutupan lahan Tahura WAR tahun 2021. ....	24
8. Diagram tutupan lahan Tahura WAR tahun 2021.....	25
9. Grafik tren perubahan tutupan lahan tahun 2018-2021.....	27
10. Tutupan lahan blok perlindungan tahun 2018.....	30
11. Tutupan lahan blok perlindungan tahun 2021.....	31
12. Tutupan lahan blok pemanfaatan tahun 2018. ....	32
13. Tutupan lahan blok pemanfaatan tahun 2021. ....	33
14. Tutupan lahan blok koleksi tahun 2018. ....	34
15. Tutupan lahan blok koleksi tahun 2021. ....	35
16. Tutupan lahan blok lainnya tahun 2018. ....	36
17. Tutupan lahan blok lainnya tahun 2021. ....	37

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. <i>Matrix Confusion</i> perubahan tutupan blok Tahura WAR tahun 2018 .....	53
2. <i>Matrix Confusion</i> perubahan tutupan blok Tahura WAR tahun 2021 .....	53
3. Dokumentasi Penelitian .....	54



## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang dan Masalah

Pemanfaatan lahan hutan sering dikaitkan dengan kondisi masyarakat penyangga kawasan hutan. Masyarakat sekitar hutan rata-rata berprofesi sebagai petani yang sangat bergantung pada sumber daya lahan untuk memenuhi kebutuhan hidupnya (Kaskoyo *et al.*, 2014). Kondisi tersebut dapat memberikan dampak perubahan pada bentang alam kawasan hutan, sehingga salah satu upaya penanggulangan dengan penetapan nya Kawasan Suaka Alam (KSA) dan Kawasan Pelestarian Alam (KPA) yang bertujuan untuk pengawetan keanekaragaman tumbuhan dan satwa serta ekosistem nya selain itu berfungsi sebagai wilayah sistem penyangga kehidupan.

Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman (Tahura WAR) merupakan salah satu Kawasan Pelestarian Alam yang memiliki nilai penting yang terdapat pada bentang alam Gunung Betung dan Gunung Pesawaran yang harus tetap terjaga eksistensinya sebagai wilayah sistem penyangga kehidupan. Pengelolaan Tahura WAR dibagi menjadi beberapa blok-blok pengelolaan di antaranya blok koleksi, blok perlindungan, blok pemanfaatan (UPTD Tahura WAR, 2017). Blok lainnya pada pengelolaan hutan di Tahura WAR dilakukan dengan sistem pengelolaan agroforestri yang dilakukan oleh masyarakat sekitar hutan (Kholifah *et al.*, 2017).

Penggunaan lahan yang tidak sesuai di kawasan hutan dapat menimbulkan perubahan tutupan lahan. Menurut Maryanto *et al* (2014) hal tersebut menyebabkan terjadinya tekanan terhadap lahan hutan, sehingga eksploitasi terhadap kawasan hutan yang berada di dekat pemukiman masyarakat tidak dapat terhindarkan. Selain itu faktor pertambahan jumlah penduduk dan peningkatan kebutuhannya menyebabkan terjadinya peningkatan pemanfaatan sumber daya hutan (Eriyati *et al.*, 2015).

Erwin *et al* (2017) dan Wulandari *et al* (2018) menyatakan bahwa perubahan luas dan fungsi penggunaan lahan hutan sebagian besar merupakan akibat adanya interaksi masyarakat dalam pengelolaan lahan hutan di Tahura WAR. Menurut Handoko dan Darmawan (2015) blok-blok pada Tahura WAR telah mengalami degradasi. Perubahan tutupan lahan yang terjadi pada setiap blok-blok di Tahura WAR menunjukkan ketidaksesuaian penggunaan lahan dengan fungsi blok.

Dengan kondisi tersebut maka perlu dilakukan inventarisasi sumberdaya hutan untuk memperbarui data kondisi tutupan lahan melalui pemantauan tutupan lahan dengan metode penginderaan jauh. Pemantauan penutupan lahan merupakan proses untuk mengumpulkan data mengenai dinamika perubahan keadaan penutupan lahan berdasarkan citra penginderaan jauh. Handoko dan Darmawan (2015) menyatakan bahwa tutupan lahan Tahura WAR pada tahun 2000-2014 mengalami peningkatan pada kelas tutupan hutan yang signifikan sebesar 3.659,7 ha (16,5%). Sedangkan untuk tutupan agroforestri, lahan terbuka, dan semak berturut-turut mengalami penurunan sebesar 3.230,3 ha (14,5%), 59,4 ha (0,3%), dan 370,1 ha (1,7%). Kelas tutupan lahan yang mengalami peningkatan dan penurunan dalam periode tersebut perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui kondisi yang meliputi luas, tutupan lahan dan perubahan di Tahura WAR.

Memasuki era revolusi industri 4.0 saat ini, pengolahan data penginderaan jauh membutuhkan proses pengolahan data citra yang masif guna mendapatkan informasi secara cepat. Pengolahan data secara konvensional tidak mampu lagi untuk melakukan hal tersebut serta membutuhkan waktu yang cukup lama karena perlu dilakukan proses unduh data citra satelit dan dilanjutkan dengan pengolahan data menggunakan *software* pengolahan citra satelit (Huang *et al.*, 2017).

Pengolahan data saat ini mengarah pada penggunaan *big data* dan *cloud computing*, terutama yang dibangun oleh *Google Earth Engine* (GEE) yang merupakan salah satu contoh penggunaan *geo big data* yang sedang populer saat ini. *Platform* tersebut dapat menyediakan data sekaligus fasilitas pengolahan data, selain itu GEE juga menyediakan citra dengan historikal waktu yang lengkap, sehingga ketersediaan data citra multi-temporal ini dapat dimanfaatkan untuk

*forensic remote sensing*. Fasilitas pengunggahan data raster dan vektor juga tersedia pada GEE yang dapat dimanfaatkan pengguna untuk mengolah data di GEE dengan mengunggah batas daerah sebagai fokus daerah yang akan diolah agar proses pengolahan semakin cepat (Nugroho *et al.*, 2019).

Informasi tutupan dan dinamika perubahan tutupan lahan hutan di Tahura WAR masih terbatas, sehingga penelitian ini sangat diperlukan untuk menghasilkan informasi terbaru berupa data perubahan tutupan lahan hutan di Tahura WAR, sehingga dapat menjadi pertimbangan dalam pengambilan kebijakan untuk pengelolaan Tahura WAR.

## **1.2. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis perubahan tutupan lahan hutan di Tahura WAR tahun 2018-2021.
2. Memahami faktor terjadinya perubahan tutupan lahan hutan di Tahura WAR tahun 2018-2021.

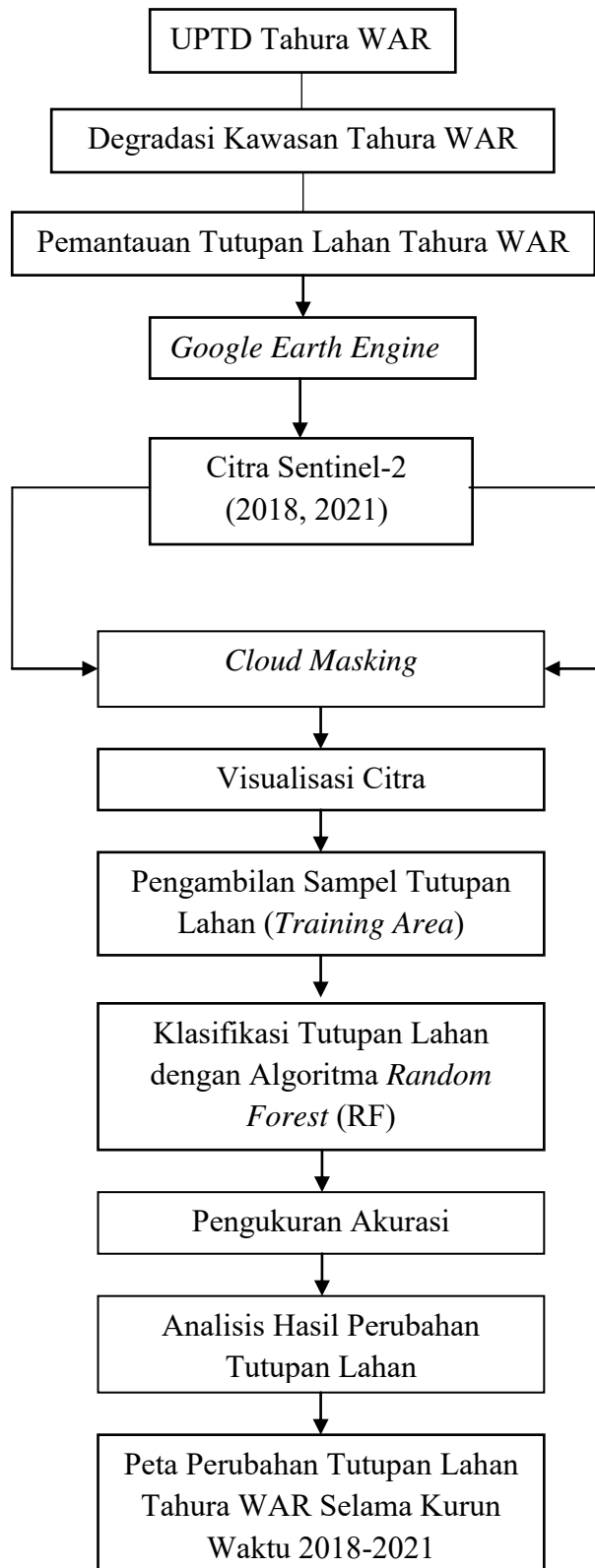
## **1.3. Kerangka Penelitian**

Tahura WAR memiliki blok-blok yang telah mengalami degradasi tutupan lahan yang disebabkan oleh aktivitas manusia. Oleh sebab itu, perlunya dilakukan pemantauan perubahan penutupan lahan dengan penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk mengetahui besar perubahan penutupan lahan dengan mencakup areal yang luas dan adanya informasi terbaru terkait dengan perubahan tutupan lahan Tahura WAR.

Pemantauan perubahan penutupan lahan dilakukan menggunakan citra Sentinel-2 yang di proses menggunakan GEE meliputi akuisisi citra satelit, *cloud masking*, klasifikasi citra, dan pengukuran akurasi. Sehingga dihasilkan perubahan tutupan hutan serta hasil analisis citra kemudian disajikan dalam bentuk layout peta tutupan lahan dan tabulasi luasan perubahan tutupan lahan di Tahura WAR. Data yang perlu diketahui selanjutnya adalah mengenai kejadian-kejadian apa saja yang terjadi dan faktor-faktor yang menimbulkan dampak terhadap perubahan tutupan lahan di Tahura WAR.

Kejadian-kejadian tersebut dapat diketahui melalui pendekatan Etnoekologi. Hilmanto (2010) menyatakan dalam ilmu etnoekologi terdapat *chronological approach* yang merupakan suatu pendekatan yang memfokuskan perkembangan dinamis dari suatu kajian suatu interaksi manusia dengan alam, berdasarkan proses kronologis dengan memahami kurun waktunya guna mengetahui aspek sosial yang menjadi pemicu perubahan tutupan lahan. Menurut Setiadi (2006), dengan memahami dimensi sejarah atau kronologis, kita tidak hanya dapat mengkaji perkembangannya, melainkan dapat pula melakukan pendugaan proses fenomena atau masalah tersebut pada masa yang akan datang.

Data didapatkan dengan melakukan wawancara dan cara pengambilan sampel adalah *snowball sampling* yang mengarahkan pada individu kunci untuk melakukan wawancara mendalam dengan narasumber. Wawancara dilakukan dengan cara *interview* standar tak terkedul (*non-schedule standardized interview*). Selain itu, dilakukan pengamatan secara langsung perilaku individu dan interaksi mereka dalam *setting* penelitian, dan menelaah bukti unik yang tidak didapat saat *interview* dan observasi di lapangan. Data kemudian dianalisis secara deskriptif menggunakan pendekatan ilmu etnoekologi. Bagan alir dari kerangka penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir penelitian.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman

Kawasan Tahura WAR terletak pada posisi geografis antara 105° 02' 42,01" s.d 105° 13' 42,09" BT dan 05° 23' 47,03" s.d 05° 30' 34,86" LS mencakup luas areal 22.245,50 Ha. Berdasarkan administrasi pemerintahan kawasan ini berada di lintas Kota Bandar Lampung dan Kabupaten Pesawaran, dengan 7 wilayah Kecamatan, yaitu 2 Kecamatan di Kota Bandar Lampung dan 5 Kecamatan di Kabupaten Pesawaran. Kawasan Tahura WAR berbatasan langsung dengan 39 desa (UPTD Tahura, 2017).

Taman Hutan Raya didefinisikan sebagai kawasan pelestarian alam untuk tujuan koleksi tumbuhan dan atau satwa yang alami atau buatan, jenis asli dan atau bukan asli, yang dimanfaatkan bagi kepentingan penelitian, ilmu pengetahuan, pendidikan, menunjang budidaya, budaya, pariwisata dan rekreasi (UU Nomor 5 Tahun 1990). Tahura WAR seluas 22.245,50 Ha merupakan Tahura di Provinsi Lampung yang ditetapkan berdasarkan SK Menteri Kehutanan dan Perkebunan Nomor 679/Kpts-II/1999 tanggal 1 September 1999 (UPTD Tahura, 2017). Pembagian Blok Pengelolaan Tahura WAR terbagi dalam Blok Perlindungan, Blok Pemanfaatan, Blok Koleksi dan Blok Lainnya. Dari Blok lainnya terbagi dalam Blok Tradisional seluas, Blok Rehabilitasi serta Blok Khusus seluas. Blok tersebut masing-masing mempunyai potensi yang dapat dimanfaatkan sesuai dengan kepentingan pemanfaatannya (UPTD Tahura, 2017).

Fisiografi kawasan Tahura WAR terdiri dari daerah perbukitan dan pegunungan yang bervariasi mulai dataran landai, curam dan sangat curam. Dataran landai meliputi kawasan dengan luas ± 675 Ha, bergelombang - agak curam dengan luasan ± 3.650 Ha dan curam dengan luasan ± 17.924,31 Ha.

Kawasan ini memiliki ketinggian mulai dari 50 meter s.d 1661 meter dari permukaan air laut (mdpl). Daerah tertinggi terdapat di puncak Gunung Pesawaran (1.661 mdpl), Gunung Tangkit Ulu (1.660 mdpl) dan Gunung Betung (1.240 mdpl).

## **2.2. Penutupan Lahan**

Penutupan lahan merupakan materi dasar dari suatu lingkungan, yang mengacu pada tipe vegetasi di lahan tertentu, sedangkan penggunaan lahan menekankan aktivitas manusia terhadap lahan tersebut (Dewi *et al.*, 2011). Tutupan lahan dapat menggambarkan keterkaitan antara proses alami dan proses sosial. Tutupan lahan dapat menyediakan informasi yang sangat penting untuk keperluan pemodelan serta untuk memahami fenomena alam yang terjadi di permukaan bumi. Data tutupan lahan juga digunakan dalam mempelajari perubahan iklim dan memahami keterkaitan antara aktivitas manusia dan perubahan global (Jia *et al.*, 2014).

Penggunaan lahan berkaitan dengan kegiatan manusia pada bidang lahan tertentu. Penggunaan lahan berhubungan dengan kegiatan manusia pada sebidang lahan, sedangkan penutup lahan lebih merupakan perwujudan fisik obyek-obyek yang menutupi lahan tanpa mempersoalkan kegiatan manusia terhadap obyek-obyek tersebut. Informasi penutupan lahan dapat dikenali secara langsung dengan menggunakan penginderaan jauh yang tepat. Namun, informasi tentang kegiatan manusia pada lahan (penggunaan lahan) tidak selalu dapat ditafsir secara langsung dari penutupan lahan nya (Lillesand dan Kiefer, 2008).

Ardiansyah (2015) menyatakan pemilihan skema klasifikasi dengan tujuan tertentu menjadi faktor penting yang menentukan kesuksesan pemetaan penggunaan lahan dan penutupan lahan. Skema klasifikasi yang baik harus sederhana di dalam menjelaskan setiap kategori penggunaan dan penutupan lahan.

Klasifikasi penutup lahan/penggunaan lahan digunakan sebagai pedoman atau acuan dalam proses interpretasi citra penginderaan jauh untuk tujuan pemetaan penutup lahan/penggunaan lahan. Banyak sistem klasifikasi penutup/penggunaan lahan yang telah dikembangkan, yang dilatarbelakangi oleh kepentingan tertentu atau pada waktu tertentu (Hu *et al.*, 2008).

Perubahan lahan terjadi karena manusia yang mengubah lahan pada waktu yang berbeda. Ekadinata *et al* (2012) menyimpulkan pola-pola perubahan lahan terjadi akibat responsnya terhadap pasar, teknologi, pertumbuhan populasi, kebijakan pemerintah, degradasi lahan, dan faktor sosial ekonomi lainnya. Darmawan (2002) menerangkan bahwa salah satu faktor penyebab terjadinya perubahan lahan adalah faktor sosial ekonomi masyarakat yang berhubungan dengan kebutuhan hidup manusia terutama masyarakat sekitar kawasan.

### **2.3. Sistem Informasi Geografis**

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan sistem yang didasarkan pada komputer untuk menangani data yang bereferensi geografi (*georeference*) dalam hal pemasukan, manajemen data, memanipulasi dan menganalisis serta pengembangan produk dan percetakan (Allen, 2009). SIG merupakan sistem untuk memanipulasi data geografi. Sistem ini diimplementasikan dengan perangkat keras dan perangkat lunak komputer untuk akuisisi dan verifikasi data, kompilasi data, penyimpanan data, perubahan dan updating data, manajemen dan pertukaran data, manipulasi data, presentasi data, analisis data.

Hartoyo *et al* (2010) menyatakan SIG sebagai sekumpulan perangkat keras komputer (*hardware*), perangkat lunak (*software*), data-data geografis dan sumberdaya manusia yang terorganisir, yang secara efisien mengumpulkan, menyimpan, mengupdate, memanipulasi, menganalisa, dan menampilkan semua bentuk data yang bereferensi geografis. Menurut beberapa pendapat tersebut SIG sebagai serangkaian sistem yang mempunyai kumpulan informasi yang disajikan dengan komponen perangkat keras dan lunak, yang menyajikan data yang bereferensi geografis. Pamuji (2013), menyampaikan Sistem Informasi Geografis (SIG) akan memudahkan kita dalam melihat fenomena kebumiharian dengan perspektif yang lebih baik. SIG mampu mengakomodasi penyimpanan, pemrosesan, dan penayangan data spasial digital bahkan integrasi data yang beragam, mulai dari citra satelit, foto udara, peta bahkan statistik. SIG memiliki fungsi meningkatkan kemampuan menganalisis informasi spasial secara terpadu untuk perencanaan dan pengambilan keputusan. SIG dapat memberikan informasi kepada pengambil keputusan untuk analisis dan penerapan basis data keruangan (Prahasta, 2009).



Teknologi SIG mengintegrasikan operasi pengolahan data melalui sistem *database* yang biasa digunakan saat ini, seperti pengambilan data berdasarkan kebutuhan, serta analisis statistik dengan menggunakan visualisasi yang khas serta berbagai keuntungan yang mampu ditawarkan pada analisis geografis melalui gambar-gambar petanya (Muttaqin dan Aini, 2011). Proses dalam SIG biasanya dinamakan juga sebagai *mapping* atau pemetaan. Sistem pengelolaan data dalam SIG, data-data disimpan di dalam bentuk *table* (tabular data) dan *spatial data* (data yang memiliki karakteristik lokasi dan mewakili suatu tempat atau lokasi). Pada pemakaiannya SIG berhubungan dengan beberapa kumpulan data yang berguna untuk memberikan informasi secara cepat (Mildawani *et al.*, 2013).

Informasi sumber daya hutan dan lahan sangat dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan sosial, ekonomi, ekologi, dan budaya. Oleh karena itu akuisisi data spasial menggunakan SIG dan teknologi penginderaan jauh, sangat dibutuhkan dalam penilaian sumber daya hutan (Beckline *et al.*, 2017). Seiring dengan kemajuan teknologi, informasi spasial suatu wilayah dapat dilakukan dengan mudah. Penggunaan data penginderaan jauh dan SIG dalam ekstraksi informasi mengenai keruangan dan kewilayahan dapat digunakan untuk pengkajian wilayah secara menyeluruh terkait dengan sumberdaya (Raharjo, 2010).

#### **2.4. Penginderaan Jauh**

Penginderaan jauh merupakan ilmu dan seni untuk memperoleh informasi 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 digunakan untuk mengumpulkan informasi mengenai obyek dan lingkungannya dari jarak jauh tanpa sentuhan fisik. Tujuan utama penginderaan jauh adalah untuk mengumpulkan data sumberdaya alam dan lingkungan. Biasanya teknik ini menghasilkan beberapa bentuk citra yang selanjutnya diproses dan diinterpretasi guna membuahkan data yang bermanfaat untuk aplikasi di bidang pertanian, arkeologi, kehutanan, geografi, geologi, perencanaan, dan bidang-bidang lainnya (Lo, 1995).

Penginderaan jauh digunakan untuk memperoleh informasi mengenai fenomena alam pada objek (permukaan bumi) yang diperoleh tanpa kontak langsung dengan objek permukaan bumi namun melalui pengukuran pantulan

(*reflection*) ataupun pancaran (*emission*) gelombang elektromagnetik (Suwargana, 2013). Penginderaan jauh tidak hanya mencakup pengolahan data secara otomatis (komputerisasi) dan manual (interpretasi), namun digunakan juga untuk analisis citra dan penyajian data yang diperoleh (Jaya, 2021).

Teknik-teknik pengamatan dengan metode penginderaan jauh bervariasi. Teknik-teknik ini dapat dibedakan melalui tipe wahana yang digunakannya, yaitu satelit, pesawat terbang, balon terbang, dan layang-layang, *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV), *Autonomous Underwater Vehicles* (AUV) dan lainnya (Prahasta, 2008). Penggunaan pesawat luar angkasa yang mengorbit secara teratur mengelilingi bumi dari ketinggian beberapa ratus kilometer menghasilkan pengamatan bumi yang teratur dengan alat-alat penginderaan jauh yang sesuai (Campbell dan Wynne, 2011). Teknik ini biasanya dapat menghasilkan beberapa bentuk citra yang kemudian diproses dan diinterpretasi. Hal ini dilakukan untuk menghasilkan data yang bermanfaat untuk aplikasi dibidang pertanian, arkeologi, kehutanan, geografi, geologi, perencanaan, dan bidang-bidang lainnya (Lo, 1995).

Penerapan data dalam penginderaan jauh membentuk karakter utama citra (*image*) dengan adanya rentang kanal (*band*) panjang gelombang elektromagnetik (*electromagnet wavelength*) yang dimiliki. Beberapa radiasi yang dapat dideteksi dengan sistem penginderaan jauh adalah seperti radiasi cahaya matahari yang dapat terdeteksi melalui medium gelombang elektromagnetik. Daerah panjang gelombang elektromagnetik dari daerah *visible* dan *near* sampai *middle infrared* atau dari distribusi spasial energi (*thermal*) ini dipantulkan dari permukaan bumi. Setiap material pada permukaan bumi mempunyai reflektansi yang berbeda terhadap cahaya matahari, sehingga material-material tersebut akan mempunyai resolusi yang berbeda pada setiap *band* panjang gelombang (Suwargana, 2013).

Perkembangan teknologi penginderaan jauh yang sangat pesat didorong oleh meningkatnya tuntutan kebutuhan aplikasi guna menjawab berbagai tantangan dan permasalahan pembangunan. Hal tersebut dikarenakan citra penginderaan jauh dapat menyajikan gambaran obyek, daerah dan gejala di permukaan bumi secara lengkap dengan wujud dan letak obyek yang mirip dengan keadaan sebenarnya. Banyaknya keunggulan yang dimiliki oleh citra

satelit antara lain cakupan wilayah yang lebih luas, data yang selalu *up to date*, maka pemanfaatan citra akan lebih efisien (Has dan Sulistiawaty, 2018).

## 2.5. *Google Earth Engine*

GEE merupakan *platform* pengolahan citra satelit berbasis komputasi awan (*cloud computation*). *Platform* analisis geospasial ini menyediakan data citra satelit yang dapat diakses secara online dan gratis, sehingga para pengguna dapat melakukan berbagai macam analisis di permukaan bumi secara real time (Zurqani *et al.*, 2019). GEE juga menyediakan data cuaca dan geofisis serta data *Enhanced Vegetation Index* (EVI) dan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (Kumar dan Mutanga, 2018). Sebagian besar katalog terdiri atas citra penginderaan jauh pengamatan bumi, termasuk seluruh arsip Landsat serta arsip lengkap data dari Sentinel-1 dan Sentinel-2, bahkan mencakup prakiraan iklim, data tutupan lahan, dan lainnya (Gorelick *et al.*, 2017).

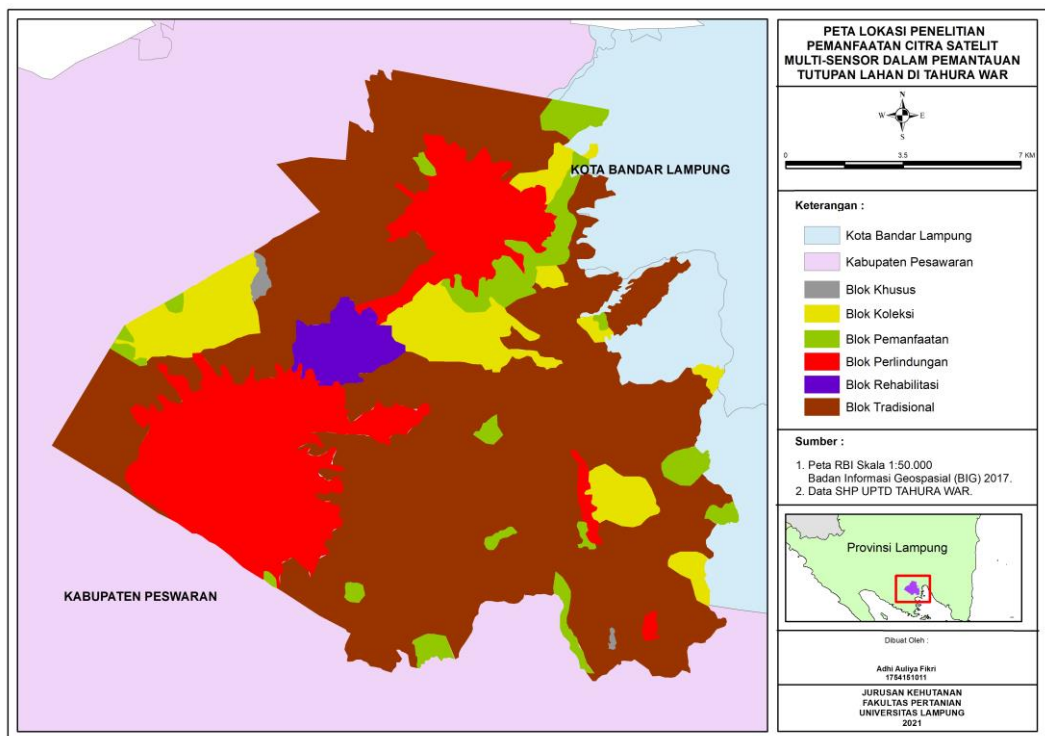
Pengguna dapat memilih citra yang akan diolah sekaligus menggunakan berbagai *Application Programming Interface* (API) yang telah disediakan untuk melakukan pengolahan data. Terdapat 2 versi bahasa pemrograman yang dapat digunakan di GEE, yaitu JavaScript dan Python (Teluguntla *et al.*, 2018). Bahasa pemrograman disediakan oleh GEE sebagai *tools* untuk pengguna menggunakan dengan berbagai macam algoritma yang terdapat di dalam setiap algoritma memiliki kegunaan dan fungsi masing-masing (Tamiminia *et al.*, 2020).

Pemanfaatan GEE untuk analisis geospasial beberapa diantaranya adalah pemetaan areal tanaman padi (Dong *et al.*, 2016), identifikasi sawah yang terdampak banjir (Singha *et al.*, 2020), dan pemetaan lahan pertanian serta tutupan lahan (Phalke *et al.*, 2020). Selain itu Pemanfaatan teknologi ini untuk aplikasi yang berkaitan dengan pemantauan perubahan sumber daya lahan dan air masih sangat terbatas dan masih menjadi peluang penelitian ke depan (Tamiminia *et al.*, 2020).

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan April hingga Juni tahun 2021. Adapun penelitian ini dilakukan di Tahura Wan Abdul Rachman, Provinsi Lampung. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian.

#### 3.2. Alat dan Bahan

Alat yang akan digunakan pada penelitian ini adalah *Global Positioning System* (GPS), kamera, alat tulis dan laptop yang terinstal *software* ArcMap 10.8,

*Google Earth Engine, Microsoft excel.* Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain Citra Sentinel-2 2018 dan 2021, Peta wilayah UPTD Tahura WAR.

### **3.3. Data Primer**

#### **A. Data Citra Satelit**

Pengunduhan citra dalam penelitian ini dilakukan dengan memanggil data citra yaitu Citra Satelit Sentinel-2 multi waktu dari tahun 2018-2021, yang kemudian dijalankan menggunakan GEE sesuai dengan tujuan analisis.

#### **B. *Ground Truth Point***

Kegiatan survei lapangan bertujuan untuk memperoleh data tutupan lahan di lapangan dan untuk pengecekan ketelitian dari hasil klasifikasi penutupan lahan. Penentuan koordinat titik pengamatan sesuai dengan objek tutupan lahan yang ada disertai dengan pengamatan objek dan foto kenampakan tutupan lahan pada kondisi sebenarnya di lapangan (Wahyuni, 2015). Selain itu, kondisi topografi dan kemudahan aksesibilitas juga mendukung untuk pengambilan titik koordinat. Pengambilan koordinat titik data lapangan ini menggunakan GPS (*Global Positioning System*).

### **3.4. Data Sekunder**

Data sekunder yang digunakan yaitu berupa dari studi literatur, batas areal UPTD Tahura WAR, data spasial dan peraturan perundang-undangan yang dimana data-data tersebut bisa didapatkan dari internet dan instansi terkait dengan penelitian ini. Kemudian data hasil wawancara menggunakan metode *snowball sampling* untuk melakukan wawancara mendalam kepada individu kunci. Metode yang dilakukan adalah interview standar tak ter skedul. Interview yaitu cara untuk memperoleh data dengan berbentuk pertanyaan yang menggambarkan pengalaman, pengetahuan, opini, dan perasaan narasumber.

Data ini membantu untuk menjelaskan pengaruh faktor-faktor penyebab terjadinya perubahan tutupan lahan yang berkaitan dengan aktivitas masyarakat sekitar kawasan hutan.

### 3.5. Pengolahan Data

#### A. Penentuan Area Penelitian

Penentuan area citra pada GEE dilakukan untuk membatasi citra yang digunakan pada lokasi penelitian sehingga memudahkan nantinya ketika pengambilan *training area*, penentuan area menggunakan data peta administrasi UPTD Tahura WAR.

#### B. *Cloud Masking*

Pada tahap *cloud masking* metode pertama dapat dilakukan dengan menggunakan filter *cloud cover* dengan menerapkan filter tersebut membantu dalam memilih citra satelit yang memiliki tutupan paling sedikit. Metode kedua dengan menggunakan *filter masking* yang digunakan dengan cara menggabungkan beberapa citra satelit hingga diperoleh citra dengan lapisan yang lebih jernih dan bersih (Novianti, 2021). Proses *masking* dilakukan dengan menggantikan pixel citra yang tertutup awan dengan pixel pada citra lain yang tidak tertutup awan dengan bantuan band QA60 pada citra satelit Sentinel-2.

```
function maskS2clouds(image) {
  var qa = image.select('QA60');
  var cloudBitMask = 1 << 10;
  var cirrusBitMask = 1 << 11;
  var mask = qa.bitwiseAnd(cloudBitMask).eq(0)
    .and(qa.bitwiseAnd(cirrusBitMask).eq(0));
  return image.updateMask(mask).divide(10000);
}
```

Gambar 3. *Script cloud masking* GEE menggunakan Citra Sentinel-2.

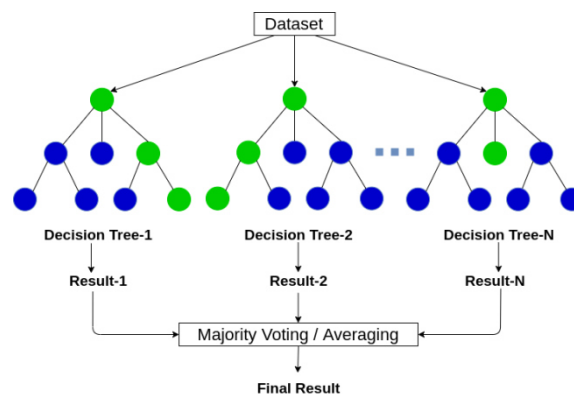
#### C. Komposit Citra

Pengkompositan (penggabungan) citra satelit bertujuan untuk meningkatkan kualitas visual citra dan memudahkan dalam proses analisis citra. Proses analisis pada penelitian ini dipilih 3 buah band dikombinasikan sesuai dengan karakteristik spektral masing-masing band dan disesuaikan dengan tujuan penelitian. Pada pemantauan kondisi perubahan tutupan lahan kali ini band R: 11, G: 8, dan B: 4 pada Sentinel-2 pada tahun 2018 dan 2021.

#### D. Klasifikasi Citra

Sampel klasifikasi tutupan lahan di area UPTD Tahura WAR di pisahkan menjadi 6 kelas yaitu hutan, kebun campuran, tanah terbuka/talang, tegakan kopi, semak, dan *no data*. Pada penelitian ini menggunakan metode klasifikasi *supervised classification* atau klasifikasi terbimbing dengan algoritma *Random Forest* (RF).

*Random Forest* merupakan algoritma *Machine Learning* (MLA) yaitu kumpulan dari beberapa *tree* dimana masing-masing *tree* bergantung pada nilai piksel pada tiap vektor yang diambil secara acak dan independen (Breiman, 2001). Keunggulan dari RF adalah sangat efektif dalam menghadapi masalah *over fitting*, karena *tree* atau *classified* yang dihasilkan oleh RF ini dilakukan/dipetakan secara random sehingga tidak akan terpengaruh oleh *over fitting* (Zulfajri *et al.*, 2021).



Gambar 4. Konsep *random forest*.

#### 3.6. Pengukuran Akurasi

Uji ketelitian dimaksudkan untuk mempengaruhi besarnya kepercayaan pengguna terhadap setiap jenis data maupun metode analisisnya (Purwadhi, 2006). Uji akurasi hasil klasifikasi dilakukan untuk melihat tingkat ketelitian yang dihasilkan dari klasifikasi tutupan lahan menggunakan GEE. Perhitungan akurasi dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya adalah *confusion matrix* (matriks kesalahan). Nilai akurasi yang dapat dianggap baik memiliki nilai batas toleransi sebesar  $\geq 80\%$  (Andana, 2015). Secara sistematis skema perhitungan akurasi ada 2 yaitu *overall accuracy* dan *kappa accuracy*. *Overall accuracy* dan *kappa accuracy* dihitung menggunakan rumus (Rosister, 2014).

*Overall accuracy*

$$\text{Overall Accuracy} = \left( \left( \sum_{i=1}^r X_{ii} \right) / N \right) \times 100\%$$

Keterangan:

N = Jumlah total validasi

M = Jumlah total yang terbukti pada validasi

*Kappa accuracy*

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

Keterangan:

N = jumlah titik penutupan lahan yang divalidasi

$X_{1+}$  = jumlah titik hasil validasi pada jenis penutupan lahan ke-I

$X_{+1}$  = 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.



## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Simpulan

1. Perubahan tutupan lahan di Tahura WAR kurun waktu tahun 2018-2021 pada tipe tutupan lahan hutan mengalami penurunan seluas 147,49 ha. Tutupan tegakan kopi mengalami peningkatan total sebesar 289,61 ha, sedangkan tutupan lahan kebun campuran mengalami penurunan total sebesar 295,78 ha. Blok perlindungan merupakan blok dengan perubahan terbesar, pada blok tersebut tutupan lahan hutan berkurang sebesar 276,11 ha, kemudian pada tutupan kebun campuran mengalami penurunan sebesar 247,20 ha, serta tutupan lahan tegakan kopi mengalami peningkatan sebesar 407,16 ha.
2. Faktor penyebab perubahan tutupan lahan yaitu adanya aktivitas masyarakat yang melakukan pengelolaan dan bergantung terhadap kawasan dalam memenuhi kebutuhan ekonomi, faktor perubahan status dan fungsi kawasan, serta faktor kebijakan pemerintah terkait dengan transmigrasi dan pembangunan di luar bidang kehutanan yang terjadi di Tahura WAR juga memicu terjadinya perubahan tutupan lahan di kawasan Tahura.

### 5.2. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjutan dengan menggunakan beberapa algoritma yang terdapat dalam platform *Google Earth Engine*.
2. Kondisi tutupan hutan yang masih ada pada kawasan Tahura WAR perlu dipertahankan keutuhannya sebagai hutan, sebab Tahura WAR mempunyai fungsi yang sangat strategis sebagai sistem penyangga kehidupan untuk wilayah Provinsi Lampung, khususnya Kabupaten Pesawaran dan Kota Bandar Lampung.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akar, Ö., Güngör, O. 2012. Classification of multispectral images using random forest algorithm. *Journal of Geodesy and Geoinformation*. 1(2): 105–112.
- Allen, R.C. 2009. Engels' pause: Technical change, capital accumulation, and inequality in the british industrial revolution. *Explorations in Economic History*. 46: 418-435.
- Ambarwati, A., Indriyanto, I., Yusnita, Y. 2019. Identifikasi spesies Orchidaceae di Blok Koleksi Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman Lampung. Indonesia. *Jurnal Hutan Tropis*. 7(1): 1-10.
- Andana, E.K. 2015. Pengembangan data citra satelit Landsat-8 untuk pemetaan area tanaman hortikultura dengan berbagai metode algoritma indeks vegetasi (Studi kasus: Kabupaten Malang dan sekitarnya). *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXII*. 15: 1-10.
- Andiko, J.A., Duryat, D., Darmawan, A. 2019. Efisiensi penggunaan citra multisensor untuk pemetaan tutupan lahan. *Jurnal Sylva Lestari*. 7(3): 342-349.
- Ardiansyah. 2015. *Pengolahan Citra Penginderaan Jauh Menggunakan ENVI 5.1 dan ENVI Lidar (Teori dan Praktek)*. Buku. PT Labsig Inderaja Islim. Jakarta. 268p.
- Astriani, H., Santoso, K.B., Prasetya, R., Utomo, S.D., Juniandari, V.C., Kamal, M. 2018. Perbandingan citra Landsat 8 OLI dan Sentinel 2-A untuk estimasi stok karbon kelapa sawit (*Elais guineensis* Jacq) di Wilayah PT. Perkebunan Nusantara VII Unit Rejosari, Natar, Kabupaten Lampung Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Geomatika*. 2: 21-28.
- Beckline, M., Yujun, S., Yvette, B., John, A.B., Achankap, B.M., Saeed, S., Richard, T., Wose, J., Paul, C. 2017. Perspectives of remote sensing and GIS applications in tropical forest management. *Journal American of Agriculture and Forestry*. 5(3): 33-39.
- Breiman, L. 2001. Random forests. *Machine Learning*. 45: 5-32.

- Campbell, J.B., Wynne, R.H. 2011. *Introduction to Remote Sensing*. Buku. The Guildford Press. New York. 645p.
- Darmawan, A. 2002. *Perubahan Penutupan Lahan di Cagar Alam Rawa Danau*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 87p.
- Dewi, S., Johana, F., Putra, P., Muhammad, T.Z., Degi, H.S., Gamma, G., Suyanto., Andree, E. 2011. *Perencanaan Penggunaan Lahan Untuk Mendukung Pembangunan Rendah Emisi*. Buku. World Agroforestry Centre (ICRAF). Bogor. 129p.
- Dong, J., Xiao, X., Menarguez, M.A., Zhang, G., Qin, Y., Thau, D., Moore, B. 2016. Mapping paddy rice planting area in Northeastern Asia with Landsat 8 images, phenology-based algorithm, and Google Earth Engine. *Remote Sensing of Environment*. 185: 1–13.
- Dwiprabowo, H., Djaenudin, D., Alviya, I., Wicaksono, D., Rahayu, I. Y. 2014. *Dinamika tutupan lahan: Pengaruh Faktor sosial ekonomi*. Buku. PT Kanisius. Yogyakarta. 140p.
- Ekadinata, A., Zulkarnain, M.T., Widayati, A., Dewi, S., Rahman, S., Vannoordwijk, M. 2012. *Perubahan Penggunaan dan Tutupan Lahan Di Indonesia Tahun 1990, 2000 dan 2005*. <https://www.worldagroforestry.org/publication/perubahan-penggunaan-dan-tutupan-lahan-di-indonesia-tahun-1990-2000-2005>. Diakses pada 13 Maret 2021.
- Eriyati, Rosyeti., Sari, L. 2015. Analisis faktor-faktor penentu konversi lahan di Provinsi Riau. *Jurnal Ekonomi*. 23(3): 134 –142.
- Erwin, Bintoro, A., Rusita. 2017. Keragaman vegetasi di Blok Pemanfaatan Hutan Pendidikan Konservasi Terpadu (HPKT) Tahura Wan Abdul Rachman, Provinsi Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*. 5(3): 1–11.
- ESA. 2012. *ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operation Service*. Buku. ESA Communication. Netherlands. 80p.
- Fikri, A.S. 2021. *Analisis Penutupan Lahan Menggunakan Google Earth Engine (GEE) dengan Metode Klasifikasi Terbimbing (Studi kasus: Wilayah Pesisir Kabupaten Lamongan, Provinsi Jawa Timur)*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel. Surabaya. 101p.
- Febriani, I., Prasetyo, L.B., Dharmawan, A.H. 2017. Analisis deforestasi menggunakan regresi logistik model di Tahura sekitar Tanjung Provinsi Jambi. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 7(3): 195-203.

- Firmansyah, A., Arifin, E.T.N., Nurfalah, I., Ridwana, R., Himayah, S. 2021. Pemanfaatan citra satelit Landsat 8 dan Sentinel 2A dalam identifikasi lahan kritis mangrove di wilayah Kecamatan Ciemas Kabupaten Sukabumi. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Geografi*. 6(1): 21-34.
- Fuady, A., Jauhari, A. 2019. Analisis perubahan penutupan lahan menggunakan citra Landsat di Taman Hutan Raya Sultan Adam. *Jurnal Sylva Scientiae*. 1(2): 184-192.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyuschenko, S., Thau, D., Moore, R. 2017. Google Earth Engine : planetary-scale geospatial analysis For everyone. *Remote Sensing of Environment*. 202: 18–27.
- Handoko., Darmawan, A. 2015. Perubahan tutupan hutan di Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman (Tahura WAR). *Jurnal Sylva Lestari*. 3(2): 43-52.
- Haryani, P. 2011. *Perubahan Penutupan/Penggunaan Lahan dan Perubahan Garis Pantai di Das Cipunagara dan Sekitarnya, Jawa Barat*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. 154p.
- Hartoyo, G.M.E., Nugroho Y., Ario, B., Bilaludin, H. 2010. *Modul Pelatihan Sistem Informasi Geografis (SIG) Tingkat Dasar*. Buku. Tropenbos International Indonesia Programme. Bogor. 127p.
- Has, N.S., Sulistiawaty. 2018. Pemanfaatan citra penginderaan jauh untuk mengenali perubahan penggunaan lahan pada Kawasan Karst Maros. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika (JSPF)*. 1(14): 60-66.
- Hilmanto, R. 2010. *Etnoekologi*. Buku. Penerbit Universitas Lampung. Bandar Lampung. 91p.
- Huang, H., Chen, Y., Clinton, N., Wang, J., Wang, X., Liu, C., Gong, P., Yang, J., Bai, Y., Zheng, Y., Zhu, Z. 2017. Mapping major land cover dynamics in Beijing using all landsat images in Google Earth Engine. *Journal Remote Sensing of Environment*. 202: 166–176.
- Hu, D.G., Yang, Q., Wu, H., Li, X., Niu, Z., Wang. 2008. Analyzing land use changes in the metropolitan jilin city of Northeastern China Using Remote Sensing and GIS. *Journal Sensors*. 8(9): 5449-5465.
- Indriyanto. 2014. *Ekologi Hutan*. Penerbit Bumi Aksara. Jakarta. 210p.
- Irmasari, I., Edy, N., Ramli, R. 2018. Pengelolaan hutan rakyat berbasis agroforestri untuk meningkatkan kesejahteraan petani di sekitar kawasan Taman Nasional Lore Lindu Sulawesi Tengah. *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*. 6(10): 89-100.

- Jaya, N.S. 2021. *Analisis Citra Digital Perspektif Penginderaan Jauh untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam*. Buku. PT Penerbit IPB Press. Bogor. 372p.
- Jia, K., Xiangqin, W., Xingfa, G., Yunjun, Y., Xianhong, X., Bin, L. 2014. Land cover classification using Landsat 8 operational land imager data in Beijing, China. *Geocarto International Journal*. 29: 941-951.
- 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. *Jurnal of Forest and Environmental Science*. 30: 15-29.
- Kawamuna, A., Suprayogi, A., Wijaya, A.P. 2017. Analisis kesehatan hutan mangrove berdasarkan metode klasifikasi NDVI pada citra Sentinel-2 (Studi kasus: Teluk Pangpang Kabupaten Banyuwangi). *Jurnal Geodesi*. (6)1: 277-284.
- Kholifah, U.N., Wulandari, C., Santoso, T., Kaskoyo, H. 2017. Kontribusi agroforestri terhadap pendapatan petani di Kelurahan Sumber Agung Kecamatan Kemiling Kota Bandar Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*. 5(3): 39-47.
- 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.
- Kumar, L., Mutanga, O. 2018. Google Earth Engine applications since inception: usage, trends, and potential. *Journal Remote Sensing*. 10(10): 1-15.
- Lillesand, T.M., Kiefer, F.W. 2008. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Buku. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 746p.
- Lo, C.P. 1995. *Penginderaan Jauh Terapan*. Buku. Universitas Indonesia Press. Jakarta. 475p.
- Malek, Ž., Boerboom, L., Glade, T. 2015. Future forest cover change scenarios with implications for landslide risk: an example from Buzau Subcarpathians, Romania. *Environmental Management*. 56: 1228-1243.
- Maryanto, A., Murtiaksano, K., Rachman, L.M. 2014. Perencanaan penggunaan lahan dan pengaruhnya terhadap sumberdaya air di DAS Way Besai-Lampung. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*. 3(2): 85-95.
- Maulana, D.A., Darmawan, A. 2014. Perubahan penutupan lahan di Taman Nasional Way Kambas. *Jurnal Sylva Lestari*. 2(1): 87-94.

- Mayasari, T., Nugroho, B., Wijayanto, N. 2015. Perubahan kelembagaan formal dalam pengelolaan lahan di Blok Pemanfaatan Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman (Tahura WAR). *Jurnal Risalah Kebijakan Pertanian Dan Lingkungan*. 2(1): 78-86.
- Mildawani, M.T., Susilowati, D., Schiffer., Lia, R. 2013. Aplikasi sistem informasi geografis (SIG) dalam analisis pemanfaatan dan pengelolaan ruang terbuka hijau kota (RTHK) Studi kasus Kota Depok. *Jurnal Ilmiah Desain dan Konstruksi*. 8(1): 1-16.
- Muttaqin, S., Aini, Q. 2011. Analisis perubahan penutup lahan hutan dan perkebunan di Provinsi Jambi Periode 2000-2008. *Jurnal Sistem Informasi*. 4(2): 1-8.
- Novianti, T.C. 2021. Klasifikasi Landsat 8 oli untuk tutupan lahan di Kota Palembang menggunakan Google Earth Engine. *Jurnal Swarnabhumi* . (6)1: 78-79.
- Nugroho, G., Rarasat, A., Kushardono, D. 2019. Penyediaan informasi geospasial berbasis cloud computing data penginderaan jauh. *Jurnal Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh – LAPAN*. (10): 31-40.
- Pamuji, D.T. 2013. *Sistem Informasi Geografi (SIG) Pemetaan Hutan Menurut Klasifikasi Sebagai Potensi Hutan Lindung di Kabupaten Blora*. Skripsi. Universitas Stikubank Semarang. Semarang. 104p.
- Panjerrino, Y.G., Dewi, B.S., Swibawa, I.G. 2019. Keanekaragaman nematoda tanah di Blok Pemanfaatan Hutan Pendidikan Konservasi Terpadu Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman. *Jurnal Sylva Lestari*. 7(2): 214-224.
- Phalke, A.R., Özdoğan, M., Thenkabail, P.S., Erickson, T., Gorelick, N., Yadav, K., Congalton, R.G. 2020. Mapping croplands of Europe, Middle East, Russia, and Central Asia using Landsat, random forest, and Google Earth Engine. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 167: 104–122.
- Prahasta, E. 2008. *Remote Sensing Praktis Penginderaan Jauh dan Pengolahan Citra Digital dengan Perangkat Lunak ER Mapper*. Buku. Informatika. Bandung. 406p.
- Prahasta, E. 2009. *Sistem Informasi Geografis: Konsep-Konsep Dasar (Perspektif Geodesi & Geomatika)*. Buku. Informatika. Bandung. 181p.
- Purwadhi, F.S.H. 2006. *Interpertasi Citra Digital*. Buku. PT Gramedia. Jakarta. 360p.
- Raharjo, P.D. 2010. Teknik penginderaan jauh dan sistem informasi geografi untuk identifikasi potensi kekeringan. *Jurnal Makara*. 14(2): 97-105.

- Rahmadani, F., Budi Yuwono, S., Wulandari, C. 2021. Perubahan tutupan lahan di Hutan Kemasyarakatan Gapoktan Jaya Lestari Provinsi Lampung. *Jurnal Hutan Tropis*. 9(2): 366-375.
- Rafsenja, U., Muh, L., Jaya, G., Sawaludin., Rahim S. 2020. Analisis perbandingan citra Landsat 8 dan citra Sentinel 2-a untuk mengidentifikasi sebaran mangrove. *Jurnal Geografi Aplikasi dan Teknologi*. 4(01): 63-70.
- Riyanto, R., Indriyanto, I., Bintoro, A. 2013. Aplikasi rhizobium dan urea pada pertumbuhan semai sengon laut. *Jurnal Sylva Lestari*. 1(1): 1-8.
- Rosister, D.G. 2014. *Technical note : statistika methods for accuracy assessment of classified thematic maps*. Buku. Departemen of earth system analysis University of Twente. Netherlands. 43p.
- Sambodo, K.A., Rahayu, M.I., Indriasari, N., Natsir, M. 2014. Klasifikasi hutan non hutan data alos palsar menggunakan metode random forest. *Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh*. 120-127.
- 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.
- Sanudin, S.A. Awang., R. Sadono, R.H., Purwanto. 2016. Perkembangan hutan kemasyarakatan di Provinsi Lampung. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*. 23(2): 276-283.
- Sampurno, R.M., Thoriq, A. 2016. Klasifikasi tutupan lahan menggunakan citra Landsat 8 operational land imager (OLI) di Kabupaten Sumedang (land cover classification using Landsat 8 operational land imager (OLI) data in Sumedang Regency). *Jurnal Teknotan*. 10(2): 61-70.
- Saputra, R. 2021. *Sistem Informasi Geografis Perkebunan Kelapa Sawit Menggunakan Ndvi pada Ptpn V Provinsi Riau*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim. Riau. 57p.
- Sativa, D.Y., Septian, I.G.N., Atmanegara, F.K. 2022. Benthic habitat mapping using Sentinel-2a satellite imagery in Serewe Bay. *Jurnal Biologi Tropis*. 22(1): 55-61.
- Setiadi, H. 2006. *Diskusi Penyusunan Pedoman Sig untuk Pemetaan Sejarah*. Buku. Cibogo. Bogor. 48p.
- Siahaan, K., Dewi, B.S., Darmawan, A. 2019. Keanekaragaman amfibi ordo anura di Blok Perlindungan dan Blok Pemanfaatan Hutan Pendidikan Konservasi Terpadu, Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman. *Jurnal Sylva Lestari*. 7(3): 370-378.

- Simamora, T.T.H., Bintoro, A. 2015. Identifikasi jenis liana dan tumbuhan penopangnya di Blok Perlindungan Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman. *Jurnal Sylva Lestari*. 3(2): 31-42.
- Simarmata, G.B., Qurniati, R., Kaskoyo, H. 2018. Faktor-faktor yang mempengaruhi pemanfaatan lahan Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman (Influence factors in land use of Wan Abdul Rachman Forest Park). *Jurnal Sylva Lestari*. 6(2): 60-67.
- Singha, M., Dong, J., Sarmah, S., You, N., Zhou, Y., Zhang, G., Xiao, X. 2020. Identifying floods and flood affected paddy rice fields in Bangladesh based on Sentinel-1 imagery and Google Earth Engine. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 166: 278–293.
- Sugiarto B. 2018. *Perubahan Penutupan Lahan di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (Studi kasus Enclave Kubu Perahu)*. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 74p.
- Suryadi, S., Aipassa, A., Ruchaemi, R., Matius, M. 2017. Studi tata guna kawasan Taman Hutan Raya Bukit Soeharto. *Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa*. 3(1): 43-48.
- Suwargana, N. 2013. Resolusi spasial, temporal dan spektral pada citra satelit landsat, SPOT dan IKONOS. *Jurnal Widyia*. 1(2): 167-174.
- Syam, T., Banuwa, I. S., Darmawan, A., Ningsih, K. 2012. Pemanfaatan citra satelit dalam mengidentifikasi perubahan penutupan lahan: Studi kasus Hutan Lindung Register 22 Way Waya Lampung Tengah. *Globe*. 14(2): 146-156.
- Tablaseray, V.E., Pairin, M.R.A., Fakdawer, N., Hamuna, B. 2018. Pemetaan sebaran dan kerapatan mangrove di Pesisir Timur Pulau Biak, Papua menggunakan citra satelit Landsat 8. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 1(2): 31-39.
- Tamiminia, H., Salehi, B., Mahdianpari, M., Quackenbush, L., Adeli, S., Brisco, B. 2020. Google Earth Engine for geo-big data applications: a meta-analysis and systematic review. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 164: 152–170.
- Teluguntla, P., Thenkabail, P., Oliphant, A., Xiong, J., Gumma, M.K., Congalton, R.G., Yadav, K., Huete, A. 2018. A 30-m Landsat-derived cropland extent product of Australia and China using random forest machine learning algorithm on Google Earth Engine cloud computing platform. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 144: 325-340.



- 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.
- UPTD Tahura WAR . 2017. *Blok Pengelolaan Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman*. Provinsi Lampung. Dinas Kehutanan Provinsi Lampung. Lampung. 73p.
- Wahyuni, S. 2015. *Identifikasi Karakteristik dan Pemetaan Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 (OLI) di Kabupaten Ogan Komering Ilir, Provinsi Sumatera Selatan*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 39p.
- Walimbo, R., Wulandari, C., Rusita, R. 2017. Studi daya dukung ekowisata Air Terjun Wiyono di taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman Provinsi Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*. 5(1): 47-60.
- Widiyanto, H. 2015. *Kajian sensitifitas kawasan taman hutan raya (Tahura) KGPAA Mangkunagoro I Karanganyar*. Disertasi. Universitas Sebelas Maret. Semarang. 96p.
- Wulandari C., Bintoro A., Rusita, Santoso T., Duryat, Kaskoyo H., Budiono P. 2018. Community forestry adoption based on multipurpose tree species diversity towards to sustainable forest management in ICEF of University of Lampung, Indonesia. *Journal Biodiversitas* 19(3): 1102-1109.
- Wulandari, C., Budiono, P., Yuwono, S.B., Herwanti, S. 2014. Adoption of agro-forestry patterns and crop systems around Register 19 Forest Park, Lampung Province, Indonesia. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*. 20(2): 86-93.
- Qurniati, R., Febryano, I.G., Zulfiani, D. 2017. How trust influence social capital to support collective action in agroforestry development?. *Journal of Biological Diversity*. 18(3): 1201-1206.
- Zulfajri, Danoedoro, P., Murti, S.H. 2021. Klasifikasi tutupan lahan data Landsat 8 oli menggunakan metode random forest. *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia*. 03(01): 1-7.
- Zurqani, H.A., Post, C. J., Mikhailova, E.A., Ozalas, K., Allen, J.S. 2019. Geospatial analysis of flooding from hurricane Florence in the coastal South Carolina using Google Earth Engine. [https://tigerprints.clemson.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1230&context=g\\_rads\\_symposium](https://tigerprints.clemson.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1230&context=g_rads_symposium). Diakses pada 9 Oktober 2021.