

**APLIKASI GOOGLE EARTH ENGINE DALAM PEMETAAN PERUBAHAN  
KONDISI MANGROVE DI DESA TONGKE-TONGKE, KECAMATAN SINJAI  
TIMUR, KABUPATEN SINJAI**



**IRMAN ARDI PRATAMA**

**L011 20 1051**



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN  
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2024**

**APLIKASI *GOOGLE EARTH ENGINE* DALAM PEMETAAN PERUBAHAN  
KONDISI MANGROVE DI DESA TONGKE-TONGKE, KECAMATAN SINJAI  
TIMUR, KABUPATEN SINJAI**

**IRMAN ARDI PRATAMA**

**L011 20 1051**



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN  
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2024**

**APLIKASI *GOOGLE EARTH ENGINE* DALAM PEMETAAN PERUBAHAN  
KONDISI MANGROVE DI DESA TONGKE-TONGKE, KECAMATAN SINJAI  
TIMUR, KABUPATEN SINJAI**

**IRMAN ARDI PRATAMA  
L011 20 1051**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana pada  
Program Studi Ilmu Kelautan



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN  
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2024**

# HALAMAN PENGESAHAN

**Aplikasi Google Earth Engine Dalam Pemetaan Perubahan Kondisi Mangrove di Desa Tongke-Tongke, Kecamatan Sinjai Timur, Kabupaten Sinjai**

Disusun dan diajukan oleh

**IRMAN ARDI PRATAMA**  
**L011 20 1051**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana, Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin pada Kamis, 01 Agustus 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Mengesahkan,

Pembimbing Utama,

Prof. Dr. Ahmad Faizal, S.T., M.Si

NIP: 197507272001121003

Pembimbing Anggota,

Dr. Ir. Amir Hamzah Muhjiddin, M.Si

NIP: 196311201993031002

Mengetahui

Ketua Program Studi,



Dr. Khairul Amr, S.T., M.Sc. Stud

NIP: 19690706 199512 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Aplikasi *Google Earth Engine* Dalam Pemetaan Perubahan Kondisi Mangrove di Desa Tongke-Tongke, Kecamatan Sinjai Timur, Kabupaten Sinjai" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Prof. Dr. Ahmad Faizal, S.T., M.Si dan Dr. Ir. Amir Hamzah Muhiddin, M. Si). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 01 Agustus 2024



Irman Ardi Pratama  
L011201051

## UCAPAN TERIMA KASIH

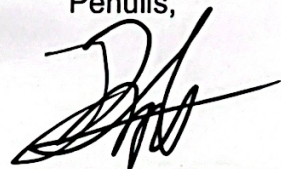
Penelitian yang saya lakukan dapat terlaksana dengan sukses dan Skripsi ini dapat terampungkan atas bimbingan, diskusi dan arahan Prof. Dr. Ahmad Faizal, S.T., M.Si sebagai Pembimbing Utama, Dr. Ir. Amir Hamzah Muhiddin sebagai Pembimbing Anggota, dan Dr. Ir. Syafiuddin, M.Si selaku Penguji I sekaligus Dosen Pembimbing Akademik, Serta Prof. Dr. Ir. Andi Niartiningih. MP Selaku Dosen Penguji II. Saya mengucapkan berlimpah terima kasih kepada mereka.

Penghargaan yang tinggi juga saya sampaikan kepada Bapak Sirajuddin selaku Kepala Desa Tongke-tongke yang telah mengizinkan kami untuk melaksanakan penelitian di lapangan Serta Ibu Rosmina yang telah mengizinkan saya untuk tinggal di rumahnya selama pengambilan data lapangan berlangsung. Terima kasih juga saya sampaikan kepada *Tongke Boys* (Albert, Jackie, dan Saiful) atas bantuannya dalam pengambilan data lapangan.

Kepada Kemdikbud, saya mengucapkan terima kasih atas beasiswa KIP-Kuliah yang diberikan selama menempuh program sarjana. Ucapan terima kasih juga saya ucapkan kepada pimpinan Universitas Hasanuddin yang telah memfasilitasi saya menempuh program sarjana, serta para Dosen Program Studi Ilmu Kelautan yang telah memberikan ilmu serta bimbingan dari awal saya masuk hingga menyelesaikan skripsi ini.

Akhirnya, kepada keluarga saya khususnya Bapak Tumen dan Ibu Poniseh selaku kedua orang tua tercinta saya mengucapkan limpah terima kasih dan sembah sujud atas doa, pengorbanan, motivasi, serta dukungan tak ternilai dari mereka selama saya menempuh pendidikan. Penghargaan yang besar juga saya sampaikan kepada para kakak angkatan serta OCEAN20 atas bantuan dan dukungannya selama ini, saya mengucapkan banyak Terima Kasih.

Penulis,



Irman Ardi Pratama

## ABSTRAK

**Irman Ardi Pratama.** “Aplikasi *Google Earth Engine* Dalam Pemetaan Perubahan Kondisi Mangrove di Desa Tongke-tongke, Kecamatan Sinjai Timur, Kabupaten Sinjai”. Dibimbing oleh **Ahmad Faizal** dan **Amir Hamzah Muhiddin**

---

Mangrove sebagai salah satu sumber daya alam di daerah pesisir memiliki peranan yang sangat penting bagi ekosistem disekitarnya. Besarnya peran mangrove menjadikan ekosistem ini rentan terhadap degradasi sehingga perlu dilakukan kegiatan pemantauan menggunakan teknologi penginderaan jauh. Namun, pemantauan akan membutuhkan waktu yang lama jika dilakukan secara konvensional dengan area yang luas. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka digunakanlah sebuah *platform* yaitu *Google Earth Engine (GEE)*. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menghitung akurasi hasil klasifikasi kerapatan mangrove pada *Google Earth Engine (GEE)*, menganalisis perubahan luas dan kerapatan serta kondisi kesehatan mangrove di Tongke-tongke dalam kurun waktu 10 Tahun (2013-2023). Metode yang digunakan yaitu *training area* dengan algoritma *random forest*, Transformasi NDVI yang diuji dengan tabel *confusion matrix*, Transformasi MHI, serta *Groundtruthing* dengan teknik *hemispherical photography*. Hasil penelitian menunjukkan nilai akurasi keseluruhan sebesar 88% dan akurasi kappa sebesar 0.83% yang tergolong dalam kategori Sangat Baik. Hasil transformasi NDVI menunjukkan peningkatan luas total mangrove sebesar 6.77 Ha. Begitu pula hasil transformasi MHI yang menunjukkan peningkatan luas mangrove pada kategori baik sebesar 25.07 Ha dalam kurun waktu 10 Tahun (2013-2023). Kedua hasil transformasi tersebut menunjukkan adanya peningkatan baik itu kerapatan maupun kesehatan ekosistem mangrove di Desa Tongke-tongke.

**Kata Kunci:** Mangrove, *Google Earth Engine*, *Confusion Matrix*, NDVI, MHI

## ABSTRACT

**Irman Ardi Pratama.** *“Application of Google Earth Engine in Mapping Changes of Mangrove Condition in Tongke-tongke Village, East Sinjai District, Sinjai Regency”*  
Supervised by **Ahmad Faizal and Amir Hamzah Muhiddin**

---

*Mangroves as one of the natural resources in coastal areas have a very important role for the surrounding ecosystem. The large role of mangroves makes this ecosystem vulnerable to degradation so it is necessary to carry out monitoring activities using remote sensing technology. However, monitoring will take long if done conventionally with a large area. To overcome this problem, a platform called Google Earth Engine (GEE) is used. This study aims to calculate the accuracy of mangrove density classification results on Google Earth Engine and analyze changes in area and density and mangrove health conditions in Tongke-tongke within 10 years (2013-2023). The methods used are training area with random forest algorithm, NDVI Transformation tested with confusion matrix table, MHI Transformation, and Groundtruthing with hemispherical photography technique. The results showed an overall accuracy value of 88% and kappa accuracy of 0.83% which is classified as very good. NDVI transformation results show an increase in the total area of mangroves by 6.77 Ha. Similarly, the results of MHI transformation showed an increase in mangrove area in the good category of 25.07 Ha within 10 years (2013-2023). Both transformation results show an increase in both the density and health of the mangrove ecosystem in Tongke-tongke Village.*

**Keywords:** Mangroves, Google Earth Engine, Confusion Matrix, NDVI, MHI



## DAFTAR ISI

|   |             |
|---|-------------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....                              | <b>i</b>    |
| <b>HALAMAN PENGAJUAN</b> .....                          | <b>ii</b>   |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....                         | <b>iii</b>  |
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b> .....                | <b>iv</b>   |
| <b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....                        | <b>v</b>    |
| <b>ABSTRAK</b> .....                                    | <b>vi</b>   |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                                 | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                               | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                              | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                            | <b>xii</b>  |
| <b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....                         | <b>1</b>    |
| 1.1. Latar Belakang.....                                | 1           |
| 1.2. Tujuan dan Kegunaan .....                          | 2           |
| 1.3. Landasan Teori.....                                | 3           |
| 1.3.1. Ekosistem Mangrove.....                          | 3           |
| 1.3.2. Penginderaan Jauh Untuk Ekosistem Mangrove ..... | 3           |
| 1.3.3. Google Earth Engine.....                         | 4           |
| 1.3.4. Hutan Mangrove Tongke-tongke.....                | 5           |
| <b>BAB II. METODE PENELITIAN</b> .....                  | <b>6</b>    |
| 2.1. Waktu dan Tempat .....                             | 6           |
| 2.2. Alat dan Bahan .....                               | 6           |
| 2.3. Prosedur Penelitian .....                          | 7           |
| 2.3.1. Persiapan.....                                   | 8           |
| 2.3.2. Pra Pengolahan Citra.....                        | 9           |
| 2.3.3. Pengolahan Citra .....                           | 12          |
| 2.3.4. Pengambilan Data Lapangan.....                   | 14          |
| 2.3.5. Analisis Data .....                              | 16          |
| <b>BAB III. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....              | <b>19</b>   |
| 3.1 Hasil.....  | 19          |
| 3.1.1 Pra Pengolahan Citra.....                         | 19          |
| 3.1.2 Pengolahan Citra .....                            | 23          |

|                            |   |           |
|----------------------------|---|-----------|
| 3.1.3                      | <i>Groundtruthing</i> dan Perhitungan Akurasi .....   | 24        |
| 3.1.4                      | Luas dan Kerapatan Mangrove Tahun 2013 dan 2023 ..... | 27        |
| 3.1.5                      | Kondisi Kesehatan Mangrove Tahun 2013 dan 2023 .....  | 28        |
| 3.1.6                      | Parameter Lingkungan .....                            | 29        |
| 3.2                        | Pembahasan.....                                       | 30        |
| 3.2.1                      | Pengolahan Citra .....                                | 30        |
| 3.2.2                      | Perhitungan Akurasi.....                              | 31        |
| 3.2.3                      | Perubahan Luas dan Kerapatan Mangrove.....            | 33        |
| 3.2.4                      | Perubahan Kondisi Kesehatan Mangrove .....            | 34        |
| 3.2.5                      | Parameter Lingkungan Ekosistem Mangrove.....          | 35        |
| <b>BAB IV.</b>             | <b>KESIMPULAN .....</b>                               | <b>37</b> |
| 4.1.                       | Kesimpulan .....                                      | 37        |
| 4.2.                       | Saran .....   | 37        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b> |   | <b>38</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>      |   | <b>43</b> |

**DAFTAR TABEL**

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabel 1.</b> Alat dan kegunaanya.....  | 6  |
| <b>Tabel 2.</b> Bahan dan Kegunaannya .....   | 7  |
| <b>Tabel 3.</b> Spesifikasi citra Landsat-8.....  | 9  |
| <b>Tabel 4.</b> Spesifikasi citra Sentinel-2A .....                                     | 10 |
| <b>Tabel 5.</b> Kategori kerapatan mangrove berdasarkan nilai NDVI (DEPHUT, 2003).....  | 13 |
| <b>Tabel 6.</b> Kategori kesehatan mangrove berdasarkan nilai MHI (Dharmawan, 2021).... | 14 |
| <b>Tabel 7.</b> Kategori tingkat tutupan kanopi (DEPHUT, 2005) .....                    | 16 |
| <b>Tabel 8.</b> Uji akurasi menggunakan confusion matrix (Silitonga et al., 2018) ..... | 17 |
| <b>Tabel 9.</b> Komisi dan Omisi Error (Silitonga et al., 2018) .....                   | 17 |
| <b>Tabel 10.</b> Titik sampling dan hasil Groundtruthing.....                           | 25 |
| <b>Tabel 11.</b> Hasil perhitungan akurasi kerapatan mangrove .....                     | 26 |
| <b>Tabel 12.</b> Hasil perhitungan nilai komisi dan omisi error .....                   | 27 |
| <b>Tabel 13.</b> Perubahan luas dan kerapatan mangrove.....                             | 27 |
| <b>Tabel 14.</b> Perubahan kondisi kesehatan mangrove.....                              | 28 |
| <b>Tabel 15.</b> Kategori nilai kappa akurasi (Mau et al., 2015).....                   | 32 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| <b>Gambar 1.</b> Peta Lokasi Penelitian .....   | 6  |
| <b>Gambar 2.</b> Diagram Alur Penelitian .....  | 8  |
| <b>Gambar 3.</b> Contoh plot pengamatan di lapangan (Sugiyono, 2011).....   | 14 |
| <b>Gambar 4.</b> Pembagian kuadran dalam pengambilan foto mangrove (Dharmawan & Pramudji, 2017). .....  | 15 |
| <b>Gambar 5.</b> Ilustrasi teknik Hemispherical Photography (Jenning et al., 1999). .....   | 15 |
| <b>Gambar 6.</b> Diagram Alir Pengunduhan dan pemotongan citra pada GEE .....   | 19 |
| <b>Gambar 7.</b> Hasil pengunduhan citra Landsat-8 (a) dan Sentinel-2A (b) pada GEE .....   | 19 |
| <b>Gambar 8.</b> Hasil penjamuan citra Landsat-8 sebelum (a) dan setelah (b) menggunakan metode HSV .....   | 20 |
| <b>Gambar 9.</b> Hasil visualisasi menggunakan kombinasi natural colour pada citra landsat-8 (a) dan sentinel-2A (b) serta kombinasi false colour pada citra landsat-8 (c) dan sentinel-2A (d)..... | 21 |
| <b>Gambar 10.</b> Diagram alir random forest pada GEE.....  | 21 |
| <b>Gambar 11.</b> Hasil training area menggunakan algoritma random forest pada citra landsat-8 (a) dan sentinel-2A (b) .....  | 22 |
| <b>Gambar 12.</b> Hasil masking objek mangrove pada citra landsat-8 (a) dan sentinel-2A (b) .....   | 22 |
| <b>Gambar 13.</b> Diagram alir Transformasi NDVI pada GEE .....   | 23 |
| <b>Gambar 14.</b> Hasil Transformasi NDVI pada citra landsat-8 (a) dan sentinel-2A (b) .....  | 23 |
| <b>Gambar 15.</b> Diagram alir transformasi MHI pada GEE .....  | 24 |
| <b>Gambar 16.</b> Hasil transformasi MHI pada citra landsat-8 (a) dan sentinel-2A (b) .....   | 24 |
| <b>Gambar 17.</b> Sebaran titik sampling penelitian berdasarkan nilai NDVI .....  | 25 |
| <b>Gambar 18.</b> Hasil klasifikasi kerapatan mangrove berdasarkan nilai NDVI pada Citra landsat-8 Tahun 2013 (a) dan Sentinel-2A Tahun 2023 (b).....   | 27 |
| <b>Gambar 19.</b> Perubahan kondisi kesehatan mangrove pada citra landsat-8 Tahun 2013 (a) dan citra sentinel-2A tahun 2023 (b) berdasarkan nilai MHI.....  | 28 |
| <b>Gambar 20.</b> Peta sebaran parameter lingkungan yaitu suhu (a), salinitas (b), pH tanah (c), dan tipe substrat (d) pada lokasi penelitian .....   | 29 |

**DAFTAR LAMPIRAN**

|   |    |
|---|----|
| <b>Lampiran 1.</b> Script Citra Landsat-8 .....                         | 43 |
| <b>Lampiran 2.</b> Script Citra Sentinel-2A.....                        | 47 |
| <b>Lampiran 3.</b> Hasil Pengolahan Data Tutupan Kanopi .....           | 50 |
| <b>Lampiran 4.</b> Hasil Pengukuran Parameter Lingkungan .....          | 53 |
| <b>Lampiran 5.</b> Perhitungan Akurasi Pada Tabel Confusion Matrix..... | 54 |
| <b>Lampiran 6.</b> Hasil Pengolahan Foto Kanopi Pada ImageJ .....       | 56 |
| <b>Lampiran 7.</b> Penyimpangan Pada Lokasi Penelitian.....             | 60 |
| <b>Lampiran 8.</b> Foto Dokumentasi di Lapangan .....                   | 61 |

## BAB I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Mangrove merupakan tumbuhan yang hidup dan berkembang di daerah yang tergenang pasang surut, sekitar laguna, dan muara sungai dengan tipe substrat lumpur dan lumpur berpasir. Ekosistem ini terletak di daerah peralihan sehingga mengakibatkan pertumbuhan dan perkembangan mangrove dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Sebagai respon mengenai hal tersebut, mangrove melakukan adaptasi dengan membentuk sistem perakaran yang kuat dan saling terjalin, memiliki daun yang dapat mentolerir kadar salinitas dan sistem akar napas (Pasaribu *et al.*, 2022). Kemampuan adaptasi terhadap lingkungan pada setiap jenis mangrove mengakibatkan adanya perbedaan dalam zonasi dan komposisi hutan mangrove (Poedjirahajoe, 2007).

Mangrove sebagai sumber daya alam di wilayah pesisir, mempunyai peran penting dalam berbagai aspek di daerah tersebut. Secara fisik, ekosistem mangrove memiliki manfaat sebagai benteng alami yang mampu meredam gelombang, menghalangi air laut masuk ke pemukiman, mengurangi emisi gas rumah kaca, dan mengurangi erosi. Secara ekologis, mangrove memberikan tempat bagi biota untuk berkembang biak, mencari makan, dan memijah. Pada aspek ekonomi, mangrove dimanfaatkan sebagai sumber bahan baku industri (Ginting *et al.*, 2015).

Besarnya peran dan potensi ekosistem mangrove menjadikan ekosistem ini rentan terhadap degradasi. Degradasi mangrove biasanya terjadi karena beberapa hal seperti deforestasi, naiknya penggunaan lahan, perubahan iklim, dan bencana alam. Masalah ini telah menjadi isu global bahkan pada beberapa kabupaten di Sulawesi Selatan memiliki kondisi mangrove yang memprihatinkan karena mengalami penurunan 65% selama 4 dasawarsa. Hal ini disebabkan oleh akibat dari aktivitas antropogenik melalui kegiatan seperti pembukaan lahan dan pengambilan kayu oleh warga secara besar-besaran (Faizal *et al.*, 2023). Oleh karena itu, kegiatan pemetaan ekosistem mangrove diperlukan untuk mengetahui kondisi kerapatan dan kesehatan hutan mangrove guna merencanakan pengelolaan hutan mangrove ke depannya secara berkelanjutan.

Proses pemantauan perubahan kondisi mangrove dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (Gandri *et al.*, 2023). Pemantauan kondisi ekosistem mangrove menggunakan citra satelit umumnya dianalisis menggunakan indeks vegetasi yaitu *Normalize Difference Vegetation Index* dan *Mangrove Health Index* (MHI). Dengan memanfaatkan teknologi ini, pemantauan perubahan kondisi mangrove bisa dilakukan sepanjang waktu dengan skala wilayah yang luas serta lebih menghemat biaya (Yunita *et al.*, 2023). Pemetaan mangrove telah dilakukan pada beberapa dekade sebelumnya sebagai bentuk solusi terkait tantangan dalam melakukan pemetaan mangrove seperti akses ke lokasi yang sulit hingga kurangnya signal (Suyarso & Avianto, 2022). Pemetaan mangrove dengan memanfaatkan citra satelit Landsat-8 dan Sentinel 2-A pada *software ArcGis* pernah dilakukan oleh Safitri *et al.*, (2023) yang memetakan ekosistem mangrove secara *time series* (2013-2022) di pesisir Semarang.

Kegiatan pemetaan kondisi mangrove menjadi faktor penting dalam proses perumusan kebijakan pengelolaan pesisir. Namun, penyediaan informasi mengenai perubahan kondisi ekosistem mangrove akan membutuhkan banyak waktu ketika dilakukan menggunakan metode konvensional dengan area yang luas. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka digunakanlah sebuah *platform* yaitu *Google Earth Engine (GEE)*. *GEE* merupakan sebuah *platform* pengolahan citra satelit yang memiliki akses ke *Big Data*, mampu memproses data dengan basis *cloud*, serta dilengkapi dengan berbagai *machine learning* sebagai algoritmanya (Husnayaen *et al.*, 2023). Kegiatan pemetaan mangrove dengan memanfaatkan *platform Google Earth Engine* akhir-akhir ini banyak dilakukan seperti pada penelitian Waru *et al.*, (2021) yang memetakan perubahan kondisi mangrove di Pulau Tanakeke, Kabupaten Takalar.

Penggunaan *Google Earth Engine (GEE)* dalam pengolahan data memberikan efektivitas dan efisiensi yang tinggi. *GEE* memiliki kemampuan untuk mengolah berbagai jenis citra tanpa perlu mengunduh citra secara terpisah. Selain itu, penggunaan *GEE* tidak membutuhkan perangkat dengan spesifikasi yang tinggi, melainkan hanya memerlukan kemampuan pengguna dalam memahami bahasa pemrograman dan koneksi internet yang stabil. *GEE* juga menyediakan kumpulan citra satelit selama lebih dari 40 tahun untuk seluruh dunia. Keunggulan ini mempermudah analisis perubahan kondisi mangrove secara *time series* dan pemetaan area yang luas (Fikri *et al.*, 2022).

Desa Tongke-tongke merupakan salah satu desa di Kabupaten Sinjai, Sulawesi selatan yang masih memiliki Kawasan hutan mangrove yang cukup luas. Daerah ini awalnya merupakan kawasan pemukiman dan tambak, Namun seiring dengan penurunan produktivitas yang kemudian mendorong masyarakat untuk merehabilitasi Kawasan ini dengan menanam mangrove (Salim *et al.*, 2018). Penelitian mengenai perubahan luas dan kerapatan pada Hutan Mangrove Tongke-tongke secara *time series* sebelumnya pernah dilakukan oleh Husna (2018), yang memetakan ekosistem mangrove dari Desa Panaikang hingga Kelurahan Samataring pada Tahun 2008 memiliki luas sebesar 60.59 Ha yang kemudian luasnya meningkat menjadi 100.56 Ha pada Tahun 2016.

Berdasarkan keunggulan *Google Earth Engine* dalam mengolah citra dan perubahan yang terjadi pada hutan mangrove tongke-tongke, serta belum adanya penelitian mengenai perubahan kondisi kesehatan mangrove (MHI) secara *time series* pada lokasi tersebut, maka penelitian terkait perubahan kondisi mangrove di Tongke-tongke perlu dilakukan untuk mengetahui perubahan kerapatan dan kesehatan mangrove secara *time series* melalui analisis data menggunakan *Google Earth Engine (GEE)* dan pengukuran langsung di lapangan.

## 1.2. Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menghitung akurasi hasil klasifikasi kerapatan mangrove berdasarkan nilai *Normalize Difference Vegetation Index (NDVI)* pada *Google Earth Engine (GEE)*.
2. Menganalisis perubahan luas dan kerapatan mangrove di Desa Tongke-tongke hingga Kelurahan Samataring Tahun 2013 dan 2023.
3. Menganalisis kondisi kesehatan mangrove melalui transformasi *Mangrove Health Index (MHI)* Tahun 2013 dan 2023.

Kegunaan dari penelitian ini adalah menghasilkan peta serta informasi terkait yang dapat digunakan sebagai referensi oleh para pembaca dan pemerintah Kabupaten Sinjai untuk menjadi dasar pengambilan keputusan dalam mengelola kawasan pesisir Kabupaten Sinjai.

### 1.3. Landasan Teori

#### 1.3.1. Ekosistem Mangrove

Mangrove merupakan suatu komunitas tumbuhan yang umumnya tumbuh optimal di wilayah pesisir dengan muara sungai besar dan delta yang aliran airnya banyak mengandung lumpur (Chrisyariati *et al.*, 2014). Ekosistem mangrove terletak di daerah peralihan sehingga mengakibatkan pertumbuhan dan perkembangan mangrove dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Mangrove dapat tumbuh dan berkembang pada daerah dengan suhu 19°- 40°C dan kadar salinitas berkisar antara 10‰ - 30‰. Mangrove memiliki daun kuat dan tebal yang mengandung air untuk mengatur keseimbangan garam, serta mempunyai struktur stomata khusus untuk mengurangi penguapan (Bengen, 2000).

Mangrove memiliki peranan yang sangat penting terhadap lingkungan sekitarnya baik itu secara fisik, ekologis, maupun ekonomi. Secara fisik mangrove berperan dalam menahan abrasi, melindungi pantai dari badai dan taufan, mencegah dan mengurangi intrusi air laut, mencegah banjir, serta peredam gelombang air laut. Secara ekologis, mangrove berperan sebagai area memijah, mencari makan dan bersarang bagi biota air menyebabkan tingginya keanekaragaman dan kelimpahan jenis potensial ekonomi seperti ikan, udang dan kepiting. Selain itu, penanaman mangrove seperti *Rhizophora* sp dan *Avicennia* sp (*model silvofishery*) pada lahan pertambakan dapat meningkatkan produktivitas tambak (Muzaki *et al.*, 2012).

Sementara itu, secara ekonomi mangrove dapat digunakan sebagai bahan baku kayu bakar, bahan bangunan, bahan baku untuk industri tekstil, kertas, pengawetan makanan dan insektisida. Buah mangrove dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan, contohnya buah *Avicennia* dapat dimanfaatkan sebagai keripik, buah *Sonneratia* untuk bahan sirup dan dodol, buah *Nypa* untuk pembuatan es teler, permen, dan manisan, serta buah *Rhizophora* yang dapat dijadikan agar-agar (Muzaki *et al.*, 2012).

Besarnya peran ekosistem mangrove menjadikan ekosistem ini menjadi rentan terhadap kerusakan yang disebabkan oleh faktor alam seperti angin topan, gempa, pembelokan aliran sungai yang mempengaruhi proses abrasi serta sedimentasi dan tsunami. Selain itu, kemarau berkepanjangan dapat menyebabkan akumulasi garam dalam tanaman yang dapat mengakibatkan kematian. Selain itu kerusakan juga biasanya disebabkan oleh faktor buatan seperti eksploitasi yang tak terkendali, konversi lahan, dan polusi perairan (Mahmuda *et al.*, 2023).

#### 1.3.2. Penginderaan Jauh Untuk Ekosistem Mangrove

Penginderaan jauh untuk vegetasi digunakan untuk memperkirakan kondisi tanaman, prediksi usia dan kematangan tanaman, pemetaan penanaman hutan, dan tingkat kerusakan tanaman. Pantulan spektral dari kandungan klorofil yang terdapat pada vegetasi sangat berbeda dari jenis tutupan lahan lainnya seperti tanah dan air (Purkis



dan Klemas, 2011). Mangrove sehat mempunyai daun berwarna hijau yang menunjukkan melimpahnya kandungan klorofil. Kandungan tersebut akan banyak menyerap energi pada saluran biru dan merah. Analisis geospasial mangrove diperlukan untuk mengetahui sumberdaya mangrove yang ada di wilayah pesisir, sehingga dapat dilakukan pengelolaan sumberdaya dan wilayah yang tepat (Putri *et al.*, 2020).

Pemetaan mangrove menggunakan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis membutuhkan citra dengan spesifikasi yang cukup untuk memetakan mangrove seperti Citra Landsat dan Citra Sentinel yang masing-masing memiliki resolusi yang baik dalam proses pemetaan vegetasi. Landsat-8 merupakan salah satu satelit yang bisa dimanfaatkan untuk mendeteksi sebaran mangrove. Satelit ini melanjutkan misi satelit Landsat 7 dengan beberapa tambahan yang menjadi titik penyempurnaan seperti jumlah band, rentang spektrum gelombang elektromagnetik terendah yang dapat ditangkap sensor serta nilai dari tiap piksel data. Peningkatan resolusi citra Landsat-8 dari 30 m ke 15 m biasanya dilakukan dengan memanfaatkan band 8 untuk hasil citra yang lebih baik (Pasaribu *et al.*, 2022).

Selain citra Landsat-8, Citra Sentinel-2A mampu memberikan hasil yang maksimal dalam melakukan pemetaan di daerah tropis dengan penambahan metode NDVI dan kombinasi yang tepat. Pemanfaatan Sentinel-2A untuk pemetaan merupakan suatu hal yang praktis karena mengkombinasikan data citra dan data survei lapangan (Rahmadi *et al.*, 2022). Citra Sentinel-2A juga sering digunakan dalam pemetaan dan pemodelan mangrove untuk mengetahui tingkat kerapatan mangrove dan kesehatan mangrove melalui transformasi NDVI dan MHI. *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) merupakan indeks kehijauan atau aktivitas fotosintesis vegetasi, dan salah satu indeks vegetasi yang paling sering digunakan.

Sementara itu, analisis *Mangrove Health Index* (MHI) merupakan pendekatan baru yang dikembangkan untuk menilai kesehatan mangrove pada tingkat ekosistem berdasarkan diameter batang, tutupan tajuk dan kepadatan. Nilai MHI dapat ditentukan melalui pengambilan data lapangan maupun memanfaatkan citra satelit. Penelitian yang memanfaatkan citra satelit untuk menentukan MHI sebelumnya pernah dilakukan oleh Hidayah *et al.*, (2023). Penemuan lebih lanjut menunjukkan korelasi yang kuat antara ketiga parameter tersebut dengan indeks vegetasi yang dapat diketahui melalui analisis citra satelit. Sehingga nilai MHI dapat diprediksi dari beberapa nilai indeks vegetasi yaitu *Normalized Burn Ratio* (NBR), *Green Chlorophyll Index* (GCI), *Structure Insensitive Pigment Index* (SIPI) dan *Atmospherically Resistant Vegetation Index* (ARVI). (Hidayah *et al.*, 2023).

### 1.3.3. Google Earth Engine

Pada tanggal 2 Desember 2010, *Google* meluncurkan sebuah teknologi kecerdasan buatan yang dinamakan *Google Earth Engine* (GEE). GEE merupakan sebuah platform berbasis cloud computing untuk analisa data geospasial terutama data raster dengan skala yang luas. Tujuan diluncurkannya GEE adalah untuk pengembangan algoritma interaktif yang bersifat global sehingga mendorong kemampuan *big data* dalam penginderaan jauh (Fikri *et al.*, 2021).

Dalam *Google earth engine* (GEE), *Cloud Computing* dapat diartikan sebagai kegiatan menyimpan dan mengakses data dan program melalui internet dari lokasi yang

berbeda. Syarat utama dalam konsep *Cloud Computing* adalah kehadiran internet untuk mengakses data. Pengguna juga tidak harus mengunduh data yang cukup besar sehingga dapat menghemat waktu pengunduhan dan kapasitas penyimpanan. Pengolahan data juga dilakukan di server sehingga pengguna tidak harus memiliki perangkat dengan spesifikasi tinggi dan tidak perlu memasang perangkat lunak pengolah data citra (Kushardono, 2019).

*Google earth engine* telah digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pemantauan lingkungan, analisis perubahan iklim, pemetaan perubahan tutupan lahan, pemantauan bencana alam, dan banyak lagi. Platform ini telah membuka peluang baru dalam bidang pemantauan bumi dan analisis geospasial (Liwana & Latue, 2023). Kelebihan *Google earth engine* (GEE) yaitu memiliki akses terhadap data citra satelit dan data lainnya dengan jumlah yang sangat besar serta terus diperbaharui sehingga tidak perlu mencari sumber citra di platform lain. Perlu diketahui perintah-perintah dalam melakukan pengolahan data geospasial di GEE dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *JavaScript*. Oleh karena itu, pengguna dituntut memiliki pemahaman dasar dalam menggunakan bahasa pemrograman *JavaScript* (Gorelick et al., 2017).

#### 1.3.4. Hutan Mangrove Tongke-tongke

Hutan mangrove Tongke-tongke merupakan salah satu hutan mangrove yang berada di Kabupaten Sinjai, Sulawesi Selatan. Hutan Mangrove Tongke-tongke menjadi salah satu hutan dengan perpaduan antara mangrove alami dan hasil rehabilitasi. Rehabilitasi hutan mangrove di Desa Tongke-tongke telah dilakukan sejak tahun 1986 oleh masyarakat desa tersebut secara swadaya. Upaya penghijauan kembali wilayah pesisir ini dilakukan oleh Kelompok Pencinta Sumber Daya Alam - Aku Cinta Indonesia (KPSDA-ACI) (Ernawati et al., 2013). Menurut Husna (2018), Hutan mangrove Tongke-tongke didominasi oleh beberapa jenis mangrove seperti *Rhizophora sp*, *Sonneratia sp*, *Xylocarpus sp*, *Avicennia sp* dan *Nypa fruticans*.

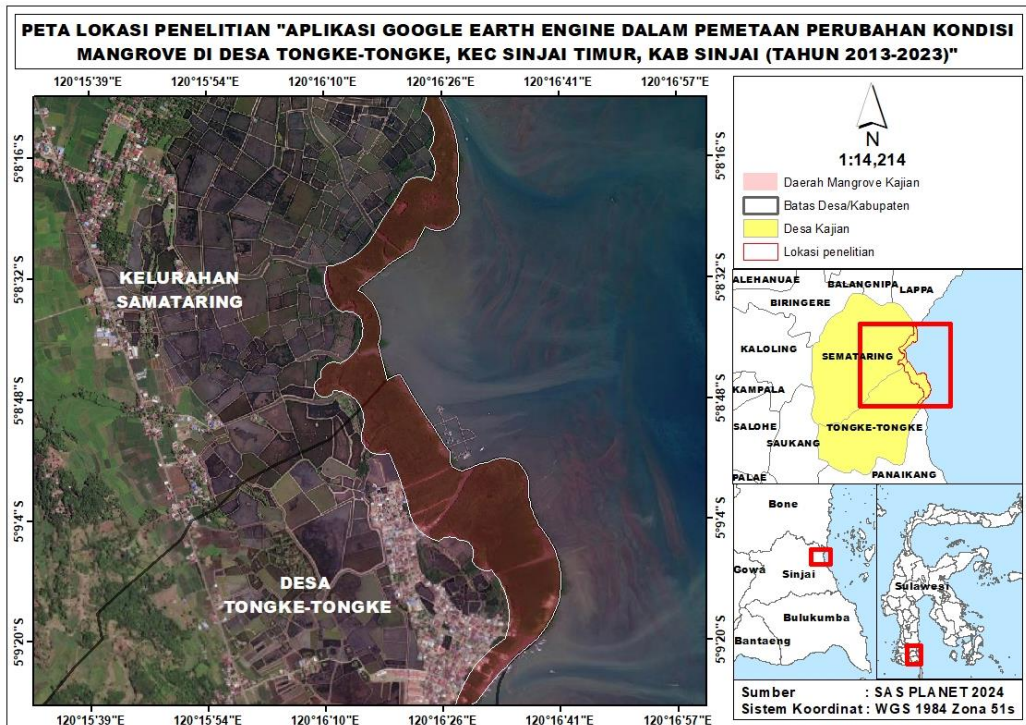
Ekosistem Mangrove di Desa Tongke – tongke memiliki tingkat kepadatan yang tinggi. Kondisi ini memberi pengaruh yang dominan terhadap siklus ekologi pada wilayah itu. Namun fakta yang memperlihatkan bahwa kondisi mangrove pada daerah itu cukup mengkhawatirkan, hal ini disebabkan karena terjadinya konversi lahan pada beberapa tempat untuk keperluan tambak, serta kurangnya rehabilitasi yang dilakukan oleh masyarakat ataupun pemerintah. Untuk ekosistem hutan mangrove yang mengalami kerusakan disebabkan oleh aktivitas ekonomi penduduk perlu dilakukan upaya pelestarian ekosistem hutan mangrove oleh pemerintah dan masyarakat dengan konservasi, reboisasi, dan rehabilitasi hutan mangrove (Iqbal et al., 2019).

Keberadaan ekosistem mangrove di Kabupaten Sinjai belakangan ini sudah mulai dirasakan manfaatnya oleh masyarakat pesisir baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Oleh karena itu, perlu upaya dalam pengelolaan agar fungsi dapat berkelanjutan, sehingga mempengaruhi peningkatan kesejahteraan masyarakat petani tambak dan nelayan, serta masyarakat lainnya sebagai penyedia jasa sarana produksi (saprodi) untuk kebutuhan petani tambak dan nelayan (Wahdaniar et al., 2019).

## BAB II. METODE PENELITIAN

### 2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2023 – Juni 2024 yang meliputi tahap persiapan hingga penyusunan laporan akhir. Pengambilan data lapangan dilakukan di Desa Tongke-tongke hingga Kelurahan Samataring, Kecamatan Sinjai Timur, Kabupaten Sinjai, Provinsi Sulawesi Selatan (Gambar 1). Pengolahan citra serta analisis dilakukan di laboratorium penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (GIS), Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

### 2.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini terdapat pada Tabel 1. Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini beserta kegunaannya terdapat pada Tabel 2.

Tabel 1. Alat dan kegunaannya

| NAMA ALAT | KEGUNAAN  |
|-----------|---|
| Laptop    | Sebagai alat pengolahan citra, tutupan kanopi dan data pengukuran di lapangan |

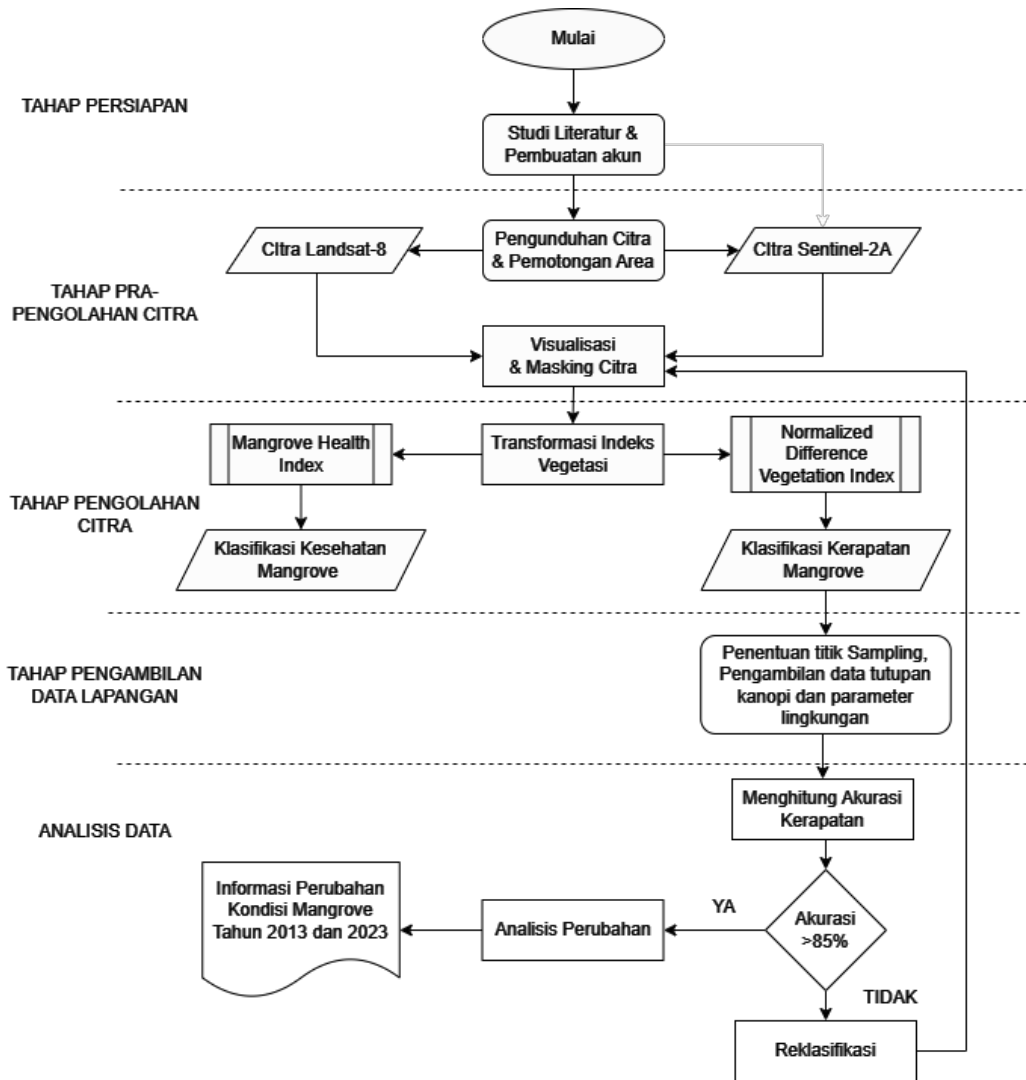
|  |  |
|--|--|
| <i>Roll meter</i>                      | Digunakan dalam mengukur Panjang dan lebar plot pengamatan           |
| Tali plastik                           | Sebagai tanda batas dari daerah plot pengamatan                      |
| <i>Handphone</i>                       | Sebagai alat pengambilan tutupan kanopi serta dokumentasi kegiatan   |
| Alat Tulis                             | Digunakan dalam proses pencatatan data hasil pengambilan di lapangan |
| Asbak                                  | Sebagai alat bantu dalam proses pengumpulan data di lapangan         |
| <i>Kertas Underwater</i>               | Sebagai media untuk menyimpan data hasil pengukuran di lapangan      |
| <i>Global Positioning System (GPS)</i> | Digunakan dalam penentuan titik koordinat                            |
| <i>Thermometer</i>                     | Sebagai alat untuk mengukur suhu air                                 |
| <i>Refraktometer digital</i>           | Sebagai alat untuk mengukur salinitas                                |
| <i>Soil moisture meter tester</i>      | Sebagai alat untuk mengukur pH tanah                                 |
| <i>Software ArcGis ver~7.1</i>         | Digunakan dalam memvisualisasikan data hasil pengolahan citra        |
| <i>Software ImageJ</i>                 | Digunakan dalam pengolahan data tutupan kanopi                       |

**Tabel 2.** Bahan dan Kegunaannya

| <b>NAMA BAHAN</b>   | <b>KEGUNAAN</b>   |
|---|---|
| <i>Script</i>   | Sebagai media untuk mengolah data citra pada <i>Google Earth Engine</i> |
| Citra Satelit Landsat-8 (perekaman 30 Oktober 2013)           | Digunakan untuk mengetahui kondisi mangrove Tahun 2013                  |
| Citra Satelit Sentinel-2A (perekaman tanggal 10 Agustus 2023) | Digunakan untuk mengetahui kondisi Mangrove Tahun 2023                  |

### 2.3. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini meliputi beberapa tahap yaitu tahap persiapan, pra pengolahan citra, pengolahan citra, pengambilan data lapangan, dan analisis data yang tersaji dalam diagram alur penelitian pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Diagram Alur Penelitian

### 2.3.1. Persiapan

Tahap persiapan meliputi studi literatur yang relevan dengan topik penelitian, konsultasi dengan beberapa dosen terkait mengenai penelitian dan metode yang digunakan, pembuatan akun *google earth engine*, pengumpulan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, serta pengamatan awal terhadap lokasi penelitian untuk mendapatkan referensi mengenai kondisi dan medan pada lokasi penelitian.

Tahap persiapan menjadi sangat penting karena berpengaruh terhadap jalannya penelitian. Referensi kondisi lokasi penelitian digunakan sebagai acuan dalam pembuatan kelas pada klasifikasi multispectral seperti kelas air, kelas darat (non-mangrove) dan kelas mangrove.

### 2.3.2. Pra Pengolahan Citra

#### a) Pengunduhan Citra Satelit

Tahap pengolahan citra diawali dengan pengunduhan citra satelit pada *Google earth engine* (GEE). Citra satelit yang digunakan pada penelitian ini yaitu citra Landsat-8 yang mewakili kondisi mangrove Tahun 2013 dan citra Sentinel-2A yang mewakili kondisi mangrove Tahun 2023. Adapun spesifikasi citra Landsat-8 dan sentinel-2A seperti pada Tabel 3 dan Tabel 4.

**Tabel 3.** Spesifikasi citra Landsat-8

| Kanal   | Panjang Gelombang ( $\mu\text{m}$ ) | Keterangan   |
|---|-------------------------------------|--|
| 1 – aerosol pesisir                               | 0.43 – 0.45                         | Resolusi 30 Meter, Studi aerosol dan wilayah pesisir   |
| 2 – biru  | 0.45 – 0.51                         | Resolusi 30 Meter, Pemetaan bathimetrik, Membedakan tanah dari vegetasi dan daun dari vegetasi konifer |
| 3 – hijau   | 0.53 – 0.59                         | Resolusi 30 Meter, Mempertegas puncak vegetasi untuk menilai kekuatan vegetasi                         |
| 4 – merah   | 0.64 – 0.67                         | Resolusi 30 Meter, Membedakan sudut vegetasi   |
| 5 – Infra Merah Dekat- <i>Near Infrared</i> (NIR) | 0.85 – 0.88                         | Resolusi 30 Meter, Menekankan konten biomassa dan garis pantai   |
| 6 – <i>short – wave infrared</i> (SWIR 1)         | 1.57 – 1.65                         | Resolusi 30 Meter, Mendiskriminasikan kadar air tanah dan vegetasi; menembus awan tipis                |
| 7– <i>short – wave infrared</i> (SWIR 2)          | 2.11 – 2.29                         | Resolusi 30 Meter, Peningkatan kadar air tanah dan vegetasi dan penetrasi awan tipis                   |
| 8 – <i>Pankromatic</i>                            | 0.50 – 0.68                         | Resolusi 15 m, Penajaman citra   |
| 9 – Sirius  | 1.36 – 1.68                         | Resolusi 30 Meter, Peningkatan deteksi awan sirius yang terkontaminasi                                 |
| 10 – TIRS 1                                       | 10.60 – 11.19                       | Resolusi 100 m, Pemetaan suhu dan penghitungan kelembaban tanah  |
| 11 – TIRS 2                                       | 11.5 – 12.51                        | Resolusi 100 m, Peningkatan pemetaan suhu dan Penghitungan kelembaban tanah                            |

**Tabel 4. Spesifikasi citra Sentinel-2A**

| Kanal             | Panjang Gelombang ( $\mu\text{m}$ ) | Keterangan   |
|-------------------|-------------------------------------|--|
| 1 – aerosol       | 0.433-0.453                         | Resolusi 60 Meter, koreksi atmosferik (hamburan atmosferik)  |
| 2 – biru          | 0.458-0.523                         | Resolusi 10 Meter, Perkembangan vegetasi, karetnoid, keadaan tanah, dan Koreksi atmosferik (Hamburan aerosol)  |
| 3 – hijau         | 0.543-0.578                         | Resolusi 10 Meter, Puncak sinar hijau, sensitive terhadap total klorofil pada vegetasi   |
| 4 – merah         | 0.650-0.680                         | Resolusi 10 Meter, Penyerapan klorofil maksimal  |
| 5 – Vegetasi      | 0.698-0.713                         | Resolusi 20 Meter, Konsolidasi koreksi atmosferik/ dasar flioresensi, posisi tepi kanal merah  |
| 6 – Vegetasi      | 0.733-0.748                         | Resolusi 20 Meter, Deteksi batas warna merah; koreksi atmosferik; penerimaan beban aerosol,  |
| 7– Vegetasi       | 0.765-0.785                         | Resolusi 20 Meter, Indeks area daun (LAI), tepi puncak NIR   |
| 8 – (NIR)         | 0.785-0.900                         | Resolusi 10 Meter, Indeks area daun (LAI)  |
| 8A – Vegetasi     | 0.855-0.875                         | Resolusi 20 Meter, Puncak NIR yang sensitif dengan total klorofil, biomassa, Indeks tepi daun dan protein; referensi penyerapan uap air; penerimaan beban dan tipe aerosol |
| 9 – Water Vappour | 0.855-0.875                         | Resolusi 60 Meter, Koreksi atmosferik untuk mengetahui absorpsi uap air  |
| 10 – Cirrus       | 1.365-1.385                         | Resolusi 60 Meter, Koreksi atmosferik untuk mengetahui awan yang tipis (cirrus)  |
| 11 - Swir         | 1.565-1.655                         | Resolusi 20 Meter, Penilaian kondisi vegetasi; perbedaan tanah liat untuk pemantauan erosi tanah; perbedaan antara biomassa hidup, mati dan tanah.                         |
| 12 - Swir         | 2.100-2.280                         | Resolusi 20 Meter, Sensitif terhadap lignin, pati dan hutan di atas biomassa tanah; pemisahan salju/ es/ awan  |

Pengunduhan citra Landsat-8 dan Sentinel-2A dilakukan dengan memasukkan bahasa pemrograman (*script*) dari masing-masing citra. *Script* citra dapat diperoleh dari menu search yang tersedia pada *interface google earth engine*. Selanjutnya dilakukan penyaringan awan (*maskcloud*) agar objek pada daerah penelitian bebas atau tidak tertutupi oleh awan. Kemudian dilakukan pemotongan area untuk membatasi daerah penelitian pada citra sehingga diperoleh data hanya pada lokasi penelitian. Tahap ini dilakukan dengan membuat *geometry* dengan menggunakan *tools* yang telah disediakan oleh *google earth engine*. Adapun bahasa pemrograman yang digunakan yaitu sebagai berikut (BRIN, 2023).

```

1 var citrax= ee.ImageCollection("Citrax/x/CO2/T1_TOA")
2 .filterDate('Year-Month-Day', 'Year-Month-Day')
3 .filterMetadata('CLOUD_COVER','less_than', x)
4 .map(maskClouds)
5 .median()
6 .clip(aoi);

```

## b) Visualisasi Citra

Komposit citra merupakan kombinasi warna citra dari tiga saluran berbeda yang menghasilkan warna kombinasi dan berpengaruh dalam penekanan objek yang akan diteliti. Dalam pemetaan mangrove menggunakan citra Landsat-8 dan Sentinel-2A digunakan kombinasi saluran 4-3-2 yang menghasilkan warna *natural colour* dan kombinasi saluran 5-6-4 untuk citra Landsat-8 serta 8-11-4 pada citra Sentinel-2A yang menghasilkan warna *false colour* untuk mengenali vegetasi mangrove. Pengaturan citra komposit dapat dilakukan dengan manual pada menu *setting layers*.

Band pada citra Landsat-8 memiliki resolusi spasial sebesar 30 Meter, oleh karena itu dilakukan penajaman (*pan sharpened*) untuk meningkatkan resolusinya. Penajaman ini dilakukan menggunakan metode HSV (*hue saturation value*) dengan memanfaatkan band 8 untuk meningkatkan resolusi spasial menjadi 15 Meter yang dapat dilakukan dengan memasukkan bahasa pemrograman berikut (BRIN, 2023).

```

1 var hsv = short_image.select(['B4','B3','B2']).rgbToHsv()
2 Print (Hsv)
3 Var Sharpaned = ee.image.cat([
4 hsv.select('hue'),
5 hsv.select('saturation'),
6 sort_image.select('B8')]).hsvToRgb()
7 Map.addlayer(sort_image,imagevis,'First Image')
8 Map.addlayer(sharpaned,imagevisp,'sharpaned')

```



### c) Masking Citra

Pemisahan Mangrove dengan objek lain (*masking*) diawali dengan pembuatan training area yang dilakukan dengan memisahkan klas air, darat dan mangrove. Setelah itu dilakukan klasifikasi *supervised* menggunakan metode *Random Forest*. Keuntungan penggunaan *random forest* yaitu mampu mengklasifikasi data yang memiliki atribut yang tidak lengkap, serta dapat digunakan untuk menangani data sampel yang banyak. Kemudian tahap terakhir dilakukan *masking* untuk memisahkan mangrove dengan objek lainnya (Pasaribu *et al.*, 2022). Adapun *script* yang digunakan dalam tahap ini yaitu bahasa pemrograman *Javascript* berikut (BRIN, 2023).

```

1 var training_area = class_air.merge(class_mangrove)
2 .merge(class_darat)
3 var training_data = citrax.sampleRegions({
4 collection: training_area,
5 properties: ['class'],scale : 10,})
6 var classifier = ee.Classifier.smileRandomForest(10)
7 var classifier = classifier.train({
8 features: training_data,classProperty: 'class',
9 inputProperties:["Band Citra"]});
10 var hasil_klasifikasi_lahan = citrax.classify(classifier);
11 var area_mangrove_class = hasil_klasifikasi_lahan.eq(2)
12 var area_mangrove_rev = area_mangrove_class.
13 clip(area_mangrove_rev)
14 var citra_mangrove_class = citrax.updateMask
15 (area_mangrove_rev);

```

### 2.3.3. Pengolahan Citra

#### a) Transformasi Indeks Vegetasi

Transformasi indeks vegetasi dilakukan menggunakan formula *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). NDVI merupakan salah satu metode yang biasanya dipakai dengan tujuan untuk meningkatkan analisis informasi mengenai tingkat ketajaman warna suatu vegetasi yang diperoleh dari suatu citra (Pasaribu *et al.*, 2022). NDVI dapat ditentukan melalui perhitungan dari *Near Infrared Band* (NIR) dan *Red Band* (RED) dengan memasukkan bahasa pemrograman berikut (BRIN, 2023).

```

1 var nir = citra_mangrove_class.select('Band x');
2 var red = citra_mangrove_class.select('Band y');
3 var ndvi = (nir.subtract(red)).divide(nir.add(red))

```

#### b) Klasifikasi Kerapatan Mangrove Berdasarkan Nilai NDVI

Klasifikasi kerapatan mangrove dibagi menjadi tiga kategori yaitu kategori jarang, sedang dan padat. Klasifikasi ini dilakukan dengan memasukkan bahasa pemrograman berikut (BRIN, 2023).

```

1 var ndvimasked = ndvi.updateMask(ndvi.gt(-1)
2 .and(ndvi.lte(1)));
3 var NDVIJ = ndvi.gt(-1).and(ndvi.lte(0.33)).selfMask()
4 var NDVIPC = ndvi.gt(0.33).and(ndvi.lte(0.43)).selfMask()
5 var NDVIP = ndvi.gt(0.43).and(ndvi.lte(1)).selfMask()
6 Map.addLayer(NDVIJ,merah,'jarang')
7 Map.addLayer(NDVIPC,kuning,'sedang')
8 Map.addLayer(NDVIP,hijau,'padat');

```

Pembagian kategori kerapatan mangrove berdasarkan nilai NDVI mengacu pada Departemen Kehutanan (2003) seperti pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Kategori kerapatan mangrove berdasarkan nilai NDVI (DEPHUT, 2003)

| NILAI NDVI       | KATEGORI KERAPATAN |
|------------------|--------------------|
| $0 \leq 0,33$    | Jarang             |
| $0,34 \leq 0,42$ | Sedang             |
| $0,43 \leq 1,00$ | Padat              |

### c) Klasifikasi Kesehatan Mangrove Berdasarkan Nilai MHI

Nilai MHI ditentukan berdasarkan kombinasi 4 index vegetasi yaitu *Normalized Burn Ratio* (NBR), *Green Chlorophyll Index* (GCI), *Structure Insensitive Pigment Index* (SIPI) dan *Atmospherically Resistant Vegetation Index* (ARVI). Klasifikasi dapat dilakukan menggunakan bahasa pemrograman berikut (BRIN, 2023).

```

1 var gci = (nir.divide(green)).subtract(1);
2 var nbr = (nir.subtract(swir)).divide(nir.add(swir));
3 var sipi = (nir.subtract(blue)).divide(nir.subtract(red));
4 var arvi = (nir.subtract(red.multiply(2)).add(blue))
5 .divide(nir.add(red.multiply(2)).add(blue));
6 var MHI = ((nbr_mangrove.multiply(102.12))
7 .subtract(gci_mangrove.multiply(4.64))
8 .add(sipi_mangrove.multiply(178.15))
9 .add(arvi_mangrove.multiply(159.53))
10 .subtract(252.39));
11 var MHImasked = MHI.updateMask(MHI.gt(-
12 33).and(MHI.lte(133)));
13 var MHIpoor = MHImasked.updateMask(MHImasked.lte(33.33));
14 var MHImoderate = MHImasked.updateMask(MHImasked.gt(33.33)
15 .and(MHImasked.lte(66.66)));
16 var MHIexcellent = MHImasked.updateMask(MHImasked.gt(66.66));

```

Menurut Dharmawan (2021), Kondisi hutan mangrove berdasarkan nilai MHI dapat dikategorikan menjadi 3 kelas yaitu buruk, cukup, dan baik seperti pada Tabel 6.

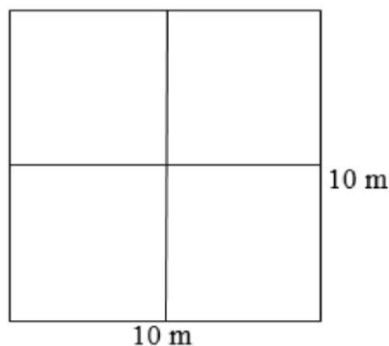
**Tabel 6.** Kategori kesehatan mangrove berdasarkan nilai MHI (Dharmawan, 2021)

| NILAI MHI        | KATEGORI |
|------------------|----------|
| $0 \leq 33,3$    | Buruk    |
| $33,4 \leq 66,7$ | Cukup    |
| $>66,7$          | Baik     |

### 2.3.4. Pengambilan Data Lapangan

#### a) Penentuan Titik Sampling

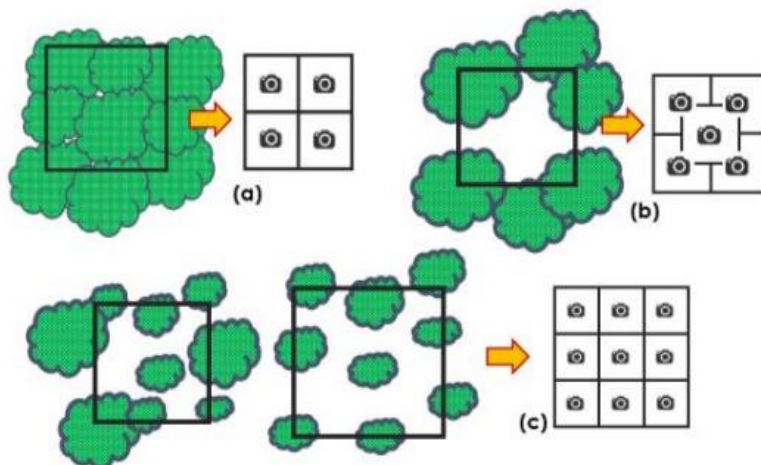
Penentuan titik sampling dilakukan dengan metode *purposive random sampling* yang dilakukan dengan cara memberikan penilaian sendiri terhadap sampel di antara populasi yang dipilih. Penilaian itu diambil tentunya apabila memenuhi kriteria tertentu yang sesuai dengan topik penelitian (Sugiyono, 2011). Dalam penelitian ini digunakan 27 titik sampling yang mewakili masing-masing kelas kerapatan mangrove berdasarkan nilai NDVI yaitu 9 titik untuk kelas jarang, sedang dan padat. Kemudian pengambilan data lapangan dilakukan menggunakan plot pengamatan berukuran  $10 \times 10 \text{ m}^2$  pada setiap titik sampling (Gambar 3).



**Gambar 3.** Contoh plot pengamatan di lapangan (Sugiyono, 2011)

#### b) Tutupan Kanopi

Pengambilan data tutupan kanopi dilakukan dengan metode *hemispherical photography* yang dilanjutkan dengan analisis vegetasi untuk perhitungan kerapatannya. Metode *hemispherical photography* membutuhkan kamera dengan sudut pandang  $180^\circ$  pada 1 titik pengambilan foto. Berdasarkan Gambar 4, Pengambilan foto kanopi dilakukan dengan membagi 4-9 kuadran dari setiap plot yang berukuran  $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$  (Dharmawan & Pramuji, 2017).



**Gambar 4.** Pembagian kuadran dalam pengambilan foto mangrove (Dharmawan & Pramudji, 2017).




Pengambilan gambar ini dilakukan secara vertikal ke arah langit pada posisi  $\frac{1}{3}$  dari ketinggian tegakan yang ada dalam plot (Gambar 5). Pada tegakan yang memiliki tinggi lebih dari 4 meter, pemotretan dilakukan pada daerah setinggi dada sedangkan untuk tegakan kurang dari 4 Meter maka disesuaikan dengan proporsi  $\frac{1}{3}$  bagian terbawahnya. Hal ini dilakukan untuk melakukan pengambilan gambar selalu dibawah kanopi komunitas. Hal yang perlu hidari adalah pemotretan disamping batang pohon, pengambilan foto berganda, dan hidarkan foto dari sorotan sinar matahari (Dharmawan & Pramudji, 2017).



**Gambar 5.** Ilustrasi teknik *Hemispherical Photography* (Jenning et al., 1999).

Kategori tingkatutupan kanopi vegetasi mangrove didasarkan pada Departemen Kehutanan (2005) dibagi menjadi tiga yaitu kategori jarang, sedang dan padat yang disajikan dalam Tabel 7.

**Tabel 7.** Kategori tingkat tutupan kanopi (DEPHUT, 2005)

| CONTOH GAMBAR   | PENUTUPAN (%) | KATEGORI KERAPATAN |
|---|---------------|--------------------|
|  | < 50%         | Jarang             |
|  | 50 – 69%      | Sedang             |
|  | 70 – 100%     | Padat              |

### c) Parameter Lingkungan

Pengambilan data parameter lingkungan dilakukan secara langsung di lapangan (*in situ*) meliputi pengambilan data suhu, salinitas, pH tanah dan tipe substrat. Pengambilan data suhu menggunakan *thermometer*, Salinitas menggunakan *refractometer digital*, dan pH tanah menggunakan *soil pH-moisture meter tester*. Pengambilan data tipe substrat dilakukan melalui pengamatan secara *visual* dengan cara meraba tekstur substrat pada setiap stasiun (Akbar *et al.*, 2019). Pengambilan data substrat secara visual didampingi langsung oleh Dosen berkaitan untuk memvalidasi hasil yang diperoleh. Kemudian untuk pengambilan data parameter lingkungan dilakukan sebanyak 1 kali pada masing-masing plot.

### 2.3.5. Analisis Data

#### a) Presentase Tutupan Kanopi

Persentase tutupan kanopi dapat dihitung setelah dilakukan pengolahan hasil foto tutupan kanopi menggunakan *software imageJ* (Agustini *et al.*, 2016). Persentase tutupan kanopi dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\%T = \frac{P255}{\Sigma P} \times 100\%$$

Keterangan:

- %T = persentase tutupan kanopi
- P255 = Jumlah *pixel* tutupan kanopi
- $\Sigma P$  = Total seluruh *pixel*

## b) Uji Ketelitian

Uji ketelitian merupakan metode yang dilakukan untuk melihat tingkat keakuratan hasil klasifikasi terhadap keadaan yang sebenarnya di lapangan. Perhitungan akurasi ini menggunakan tabel *confusion matrix* yang memuat nilai akurasi keseluruhan (*overall accuracy*), akurasi prosedur (*producer accuracy*), akurasi pengguna (*user accuracy*) dan koefisien Kappa (Akpoti et al., 2016). Nilai komisi dan omisi *error* dapat ditentukan setelah mendapatkan nilai ketelitian prosedur dan pengguna (Tabel 9).

Koefisien kappa merupakan teknik multivariat diskrit yang digunakan dalam penilaian akurasi (Tabel 8). Nilai Kappa yang dipakai untuk menentukan kekuatan kesepakatan/reliabilitas dengan patokan kekuatan kesepakatan <0 sangat jelek, 0,00-0,21 jelek, 0,21-0,40 kurang, 0,41-0,60 sedang, 0,61-0,80 baik, 0,81-1,00 sangat baik (Mau et al., 2015).

**Tabel 8.** Uji akurasi menggunakan *confusion matrix* (Silitonga et al., 2018)

|                            |        | Hasil Lapangan |        |        | Jumlah Baris | Ketelitian Pengguna |
|----------------------------|--------|----------------|--------|--------|--------------|---------------------|
|                            |        | Padat          | Sedang | Jarang |              |                     |
| Hasil Klasifikasi          | Padat  |                |        |        |              |                     |
|                            | Sedang |                |        |        |              |                     |
|                            | Jarang |                |        |        |              |                     |
| Jumlah Kolom               |        |                |        |        |              |                     |
| Ketelitian Prosedur        |        |                |        |        |              |                     |
| Ketelitian Keseluruhan (%) |        |                |        |        |              |                     |
| Uji Akurasi Kappa (%)      |        |                |        |        |              |                     |

**Tabel 9.** Komisi dan Omisi *Error* (Silitonga et al., 2018)

| Ketelitian Prosedur (%) |         | Komisi Error (%) | Ketelitian Pengguna (%) |         | Omisi Error (%) |
|-------------------------|---------|------------------|-------------------------|---------|-----------------|
| Kelas                   | Akurasi |                  | Kelas                   | Akurasi |                 |
| Padat                   |         |                  | Padat                   |         |                 |
| Sedang                  |         |                  | Sedang                  |         |                 |
| Jarang                  |         |                  | Jarang                  |         |                 |

Melalui uji ketelitian ini dapat dihitung besarnya ketelitian seluruh hasil klasifikasi. Ketelitian hasil klasifikasi haruslah mempunyai nilai minimum 85% (Anderson et al., 1976). Nilai ketelitian seluruh hasil klasifikasi (K) dihitung dengan rumus:

$$K = \frac{\text{jumlah pixel yang benar}}{\text{jumlah sampel yang diuji}} \times 100\%$$

### c) Reklasifikasi (Perbaikan Hasil Klasifikasi)

Reklasifikasi (perbaikan hasil klasifikasi) dilakukan dengan tujuan memperbaiki hasil klasifikasi awal apabila terdapat kekeliruan dengan hasil survei lapangan. Reklasifikasi dilakukan dengan cara mengubah (menambahkan atau mengurangi) sampel pada tahapan training area. Syarat dilakukannya reklasifikasi yaitu apabila data hasil *Groundtruthing* menunjukkan tingkat akurasi di bawah nilai 85% (Anderson *et al.*, 1976).

### d) Analisis Perubahan

Analisis perubahan dilakukan untuk mengamati perubahan yang terjadi secara temporal dengan membandingkan antara hasil klasifikasi citra pada tahun 2013 dengan 2023. Perubahan yang dilihat dalam hal ini yaitu luas dari masing-masing kelas kerapatan vegetasi mangrove. Analisis ini dilakukan menggunakan *google earth engine* dengan memasukkan bahasa pemrograman *Javascript* berikut (BRIN, 2023):

```

1 var luas_Jarang = NDVIJ.multiply(ee.Image.pixelArea()
2 .divide(10000))
3   .reduceRegion({
4     reducer: ee.Reducer.sum(),
5     geometry: geometry,
6     scale: 30,
7     maxPixels: 1e13});
8 print('Luasan Jarang : ', luas_Jarang, 'hectares');
9 var luas_Sedang = NDVICP.multiply(ee.Image.pixelArea()
10 .divide(10000))
11   .reduceRegion({
12     reducer: ee.Reducer.sum(),
13     geometry: geometry,
14     scale: 30,
15     maxPixels: 1e13});
16 print('Luasan Sedang : ', luas_Sedang, 'hectares');
17 var luas_Padat = NDVIP.multiply(ee.Image.pixelArea()
18 .divide(10000))
19   .reduceRegion({
20     reducer: ee.Reducer.sum(),
21     geometry: geometry,
22     scale: 30,
23     maxPixels: 1e13});
24 print('Luasan Padat : ', luas_Padat, 'hectares');

```