

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Dampak perubahan iklim global, kenaikan muka air laut, serta aktivitas manusia yang tidak terkendali memberikan tekanan lingkungan yang massif pada wilayah pesisir Indonesia (Triana & Wahyudi, 2020). Pusat aktivitas ekonomi dan kepadatan penduduk yang tinggi memperparah risiko abrasi serta banjir rob di Pesisir Utara (Pantura) Jawa Tengah (Latifah *et al.*, 2018; Putra & Saputra, 2025). Mangrove memegang peranan vital dalam ekosistem pesisir melalui kemampuannya meredam energi gelombang, memerangkap sedimentasi, serta menyediakan habitat bagi keanekaragaman hayati (Hendarto, 2023; Ronzon *et al.*, 2025)

Hutan mangrove di Indonesia mengalami degradasi yang cukup parah akibat berbagai aktivitas pemanfaatan lahan dan abrasi di wilayah pesisir. Data (KLHK, 2020) menunjukkan sekitar 637 ribu hektar mangrove berada dalam kondisi kritis dengan Tingkat kerusakan terbesar terjadi di Pulau Jawa. Konversi lahan menjadi tambak, pemukiman, dan Kawasan industri pesisir menyebabkan penurunan luas mangrove secara signifikan di Jawa Tengah (Ronzon *et al.*, 2025). Hilangnya sabuk hijau mangrove meningkatkan kerentanan wilayah pesisir terhadap abrasi dan memperluas jangkauan banjir rob ke arah daratan (Pangestika *et al.*, 2023; Sasmito *et al.*, 2023). Pengelola wilayah pesisir mulai mempertimbangkan pendekatan *Nature Based Solution* (NBS) sebagai strategi perlindungan Pantai yang lebih berkelanjutan karena ekosistem mangrove mampu meredam energi gelombang sekaligus menyediakan berbagai layanan ekosistem dalam jangka Panjang (Christian *et al.*, 2024; Marino *et al.*, 2025).

Berbagai studi internasional dan nasional menunjukkan bahwa perencanaan spasial berbasis ekosistem memberikan efektivitas yang lebih baik dalam mitigasi bencana pesisir dibandingkan penggunaan tanggul laut buatan (Nurbani *et al.*, 2021; Pramudya *et al.*, 2025). Perencanaan mangrove yang terintegrasi berperan penting dalam memperkuat ketahanan wilayah pesisir terhadap dampak perubahan iklim dan berbagai ancaman lingkungan lainnya (Nurhati & Murdiyarso, 2022; Sasmito *et al.*, 2023). Beberapa penelitian masih menunjukkan kesenjangan kajian terkait perbandingan efektivitas antara perencanaan lokasi rehabilitasi mangrove dan pembangunan infrastruktur keras di pesisir utara Jawa Tengah

(Perdani et al., 2025; Putri et al., 2025). Kondisi tersebut mendorong perlunya penelitian yang dapat mengidentifikasi rencana lokasi rehabilitasi mangrove sebagai dasar pengelolaan pesisir yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Rentang waktu pengamatan dari tahun 1995 hingga 2025 dalam penelitian mencakup fase degradasi, konversi lahan, hingga munculnya inisiatif perencanaan ulang Kawasan pesisir. Melalui kajian spasial-temporal menggunakan *index vegetasi* menggunakan algoritma *Mangrove Vegetation Index* (MVI) dengan menggunakan algoritma tersebut dapat melakukan identifikasi rencana lokasi untuk rehabilitasi mangrove secara lebih terukur (Putri et al., 2025). Berdasarkan urgensi tersebut, peneliti menyusun penelitian yang berjudul "Perencanaan Lokasi Rehabilitasi Mangrove sebagai Pendekatan *Nature-Based Solution* dalam Konteks Kebijakan Pembangunan *Giant Sea Wall* di Pesisir Utara Jawa Tengah". Penelitian ini bertujuan merumuskan perencanaan lokasi yang efektif, adaptif, dan ramah lingkungan sebagai solusi alami pendukung kebijakan perlindungan pantai pesisir utara di Jawa Tengah.

## **1.2 Rumusan Permasalahan**

Kawasan pesisir utara Jawa Tengah menghadapi ancaman krisis ekologis yang ekstrem akibat gabungan dari abrasi, kenaikan muka air laut, dan penurunan muka tanah (*land subsidence*). Kebijakan perlindungan pesisir yang selama ini mengandalkan infrastruktur keras yang membutuhkan biaya pembangunan dan pemeliharaan yang besar serta memiliki keterbatasan dalam menyesuaikan perubahan kondisi lingkungan pesisir. Dalam upaya mendukung efektivitas perlindungan pesisir, pengelola wilayah memerlukan pendekatan melalui *Nature Based Solutions* (NBS) dengan memanfaatkan ekosistem mangrove sebagai pelindung alami pantai. Penentuan rencana lokasi rehabilitasi mangrove memerlukan analisis yang tepat berdasarkan kondisi biofisik lahan dan tingkat degradasi mangrove agar rencana lokasi mangrove lebih terukur dan sesuai dengan karakteristiknya. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini merumuskan pertanyaan mengenai bagaimana menentukan rencana lokasi rehabilitasi mangrove sebagai pendekatan *Nature-Based Solutions* (NbS) dalam konteks kebijakan pembangunan *Giant Sea Wall* di pesisir utara Jawa Tengah.

## **1.3 Tujuan dan Sasaran**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ada, maka penelitian ini bertujuan menentukan rencana lokasi rehabilitasi mangrove sebagai pendekatan *Nature-Based*

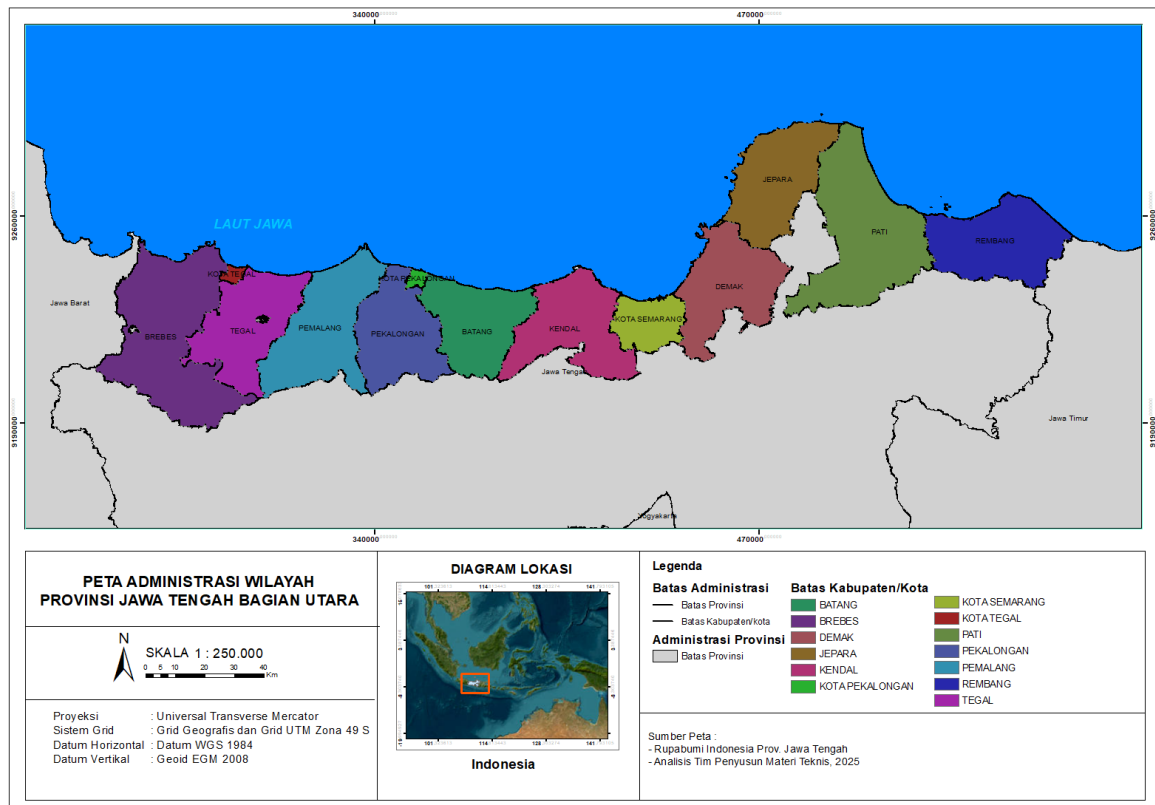
*Solutions* (NbS) dalam konteks kebijakan pembangunan *Giant Sea Wall* di kawasan pesisir utara Jawa Tengah. Peneliti mengharapkan rencana lokasi ini dapat menjadi dasar dalam perencanaan rehabilitasi mangrove sebagai bagian dari sistem perlindungan pesisir yang adaptif terhadap kenaikan muka air laut, abrasi Pantai, dan penurunan muka tanah di wilayah pesisir. Terdapat beberapa sasaran dalam penelitian ini, yaitu:

1. Menganalisis dinamika perubahan tutupan mangrove di kawasan pesisir utara Jawa Tengah selama periode 1995–2025 menggunakan analisis citra satelit multi-temporal.
2. Mengidentifikasi wilayah yang mengalami kehilangan mangrove dan wilayah yang memiliki potensi untuk dilakukan rehabilitasi.
3. Menganalisis rencana lokasi mangrove yang sesuai berdasarkan parameter biofisik wilayah pesisir seperti kemiringan lereng, kecepatan arus, zona intertidal, dan jenis substrat.
4. Menganalisis rencana lokasi rehabilitasi mangrove berdasarkan area yang terdegradasi dan biofisik wilayah pesisir sebagai pendekatan *Nature-Based Solutions* (NbS) dalam konteks pembangunan *Giant Sea Wall* di pesisir utara Jawa Tengah.

## **1.4 Ruang Lingkup**

### **1.4.1 Ruang Lingkup Wilayah**

Penelitian ini memfokuskan wilayah kajian pada pesisir utara Provinsi Jawa Tengah yang mencakup 13 kabupaten/kota. Wilayah penelitian meliputi Kabupaten Brebes, Kota Tegal, Kabupaten Tegal, Kabupaten Pemalang, Kabupaten Pekalongan, Kota Pekalongan, Kabupaten Batang, Kabupaten Kendal, Kota Semarang, Kabupaten Demak, Kabupaten Jepara, Kabupaten Pati, dan Kabupaten Rembang. Kawasan pesisir tersebut memiliki keterkaitan langsung dengan rencana pembangunan *Giant Sea Wall* di Pantai Utara Jawa. Secara geografis, wilayah studi mencakup seluruh garis pantai yang berpotensi terdampak oleh implementasi kebijakan perlindungan pesisir tersebut. Peta administrasi wilayah penelitian menyajikan batas dan cakupan area studi sebagai dasar analisis spasial dalam penelitian ini



Sumber : Penulis, 2025

**Gambar 1. Peta Administrasi Wilayah Provinsi Jawa Tengah Bagian Utara**

Wilayah studi dalam penelitian ini mencakup koridor pesisir utara Provinsi Jawa Tengah yang membentang dari bagian barat hingga bagian timur. Kawasan penelitian meliputi 13 Kabupaten/Kota pesisir yang tersebar mulai dari Kabupaten Brebes hingga Kabupaten Rembang. Wilayah pesisir tersebut memiliki karakteristik berupa dataran rendah aluvial yang terbentuk melalui proses interaksi antara daratan dan Laut Jawa. Dinamika lingkungan pesisir pada wilayah tersebut menyebabkan perubahan garis Pantai yang berlangsung secara terus-menerus dari waktu ke waktu. Peta wilayah penelitian menyediakan dasar spasial untuk menentukan unit analisis dalam perencanaan *Nature-Based Solutions* (NbS) sebagai alternatif perlindungan pantai yang berkelanjutan.

#### 1.4.2 Ruang Lingkup Materi

Ruang lingkup materi dalam penelitian ini difokuskan pada perencanaan tata ruang pesisir dengan pendekatan *Nature-Based Solution* (NbS). Melalui rehabilitasi mangrove di pesisir utara Jawa Tengah. Batasan materi penelitian disusun sesuai dengan sasaran penelitian yang telah ditetapkan agar pembahasan lebih sistematis.

1. Menganalisis dinamika perubahan tutupan mangrove di pesisir utara Jawa Tengah selama periode 1995–2025 menggunakan analisis citra satelit multi-temporal.

Ruang lingkup penelitian ini menganalisis dinamika perubahan tutupan mangrove di pesisir utara Jawa Tengah selama periode 1995 – 2025. Analisis tersebut memanfaatkan data citra satelit multitemporal untuk memperoleh informasi spasial mengenai perubahan luasan dan persebaran mangrove pada setiap periode. Analisis tersebut menghasilkan peta tutupan mangrove pada berbagai tahun pengamatan melalui proses klasifikasi citra satelit. Hasil pemetaan tersebut menunjukkan pola perubahan mangrove di wilayah pesisir utara Jawa Tengah dari waktu ke waktu. Informasi perubahan tutupan mangrove tersebut mendukung penyusunan perencanaan rehabilitasi dan pengelolaan pesisir pada kawasan penelitian.

2. Mengidentifikasi wilayah yang mengalami kehilangan mangrove dan wilayah yang memiliki potensi untuk dilakukan rehabilitasi.

Ruang lingkup penelitian ini mengidentifikasi wilayah yang mengalami kehilangan mangrove di kawasan pesisir utara Jawa Tengah selama periode penelitian. Analisis perubahan lahan mangrove menunjukkan lokasi yang mengalami degradasi mangrove akibat berbagai tekanan. Penelitian ini mengidentifikasi wilayah yang sesuai untuk rehabilitasi mangrove berdasarkan parameter biofisik dan wilayah terdegradasi. Hasil identifikasi tersebut menggambarkan rencana lokasi untuk rehabilitasi mangrove pada setiap lokasi yang di analisis. Wilayah kehilangan dan sesuai untuk rehabilitasi tersebut mendukung pengambilan keputusan dalam pengelolaan ekosistem pesisir secara berkelanjutan.

3. Menganalisis rencana lokasi mangrove berdasarkan parameter biofisik wilayah pesisir seperti kemiringan lereng, kecepatan arus, zona intertidal, dan jenis substrat.

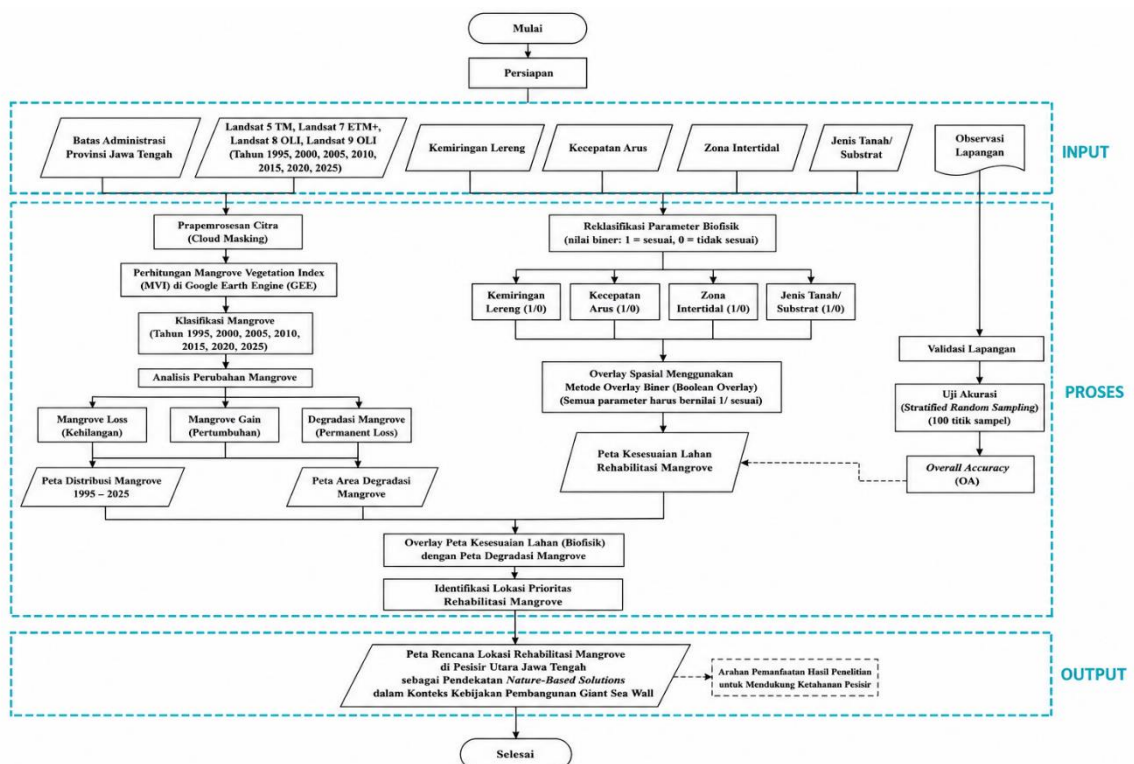
Ruang lingkup penelitian ini menganalisis rencana lokasi mangrove di pesisir utara Jawa Tengah berdasarkan kondisi biofisik wilayah pesisir. Analisis rencana lokasi tersebut menggunakan parameter kemiringan lereng, kecepatan arus laut, zona intertidal, dan karakteristik jenis tanah sebagai dasar penilaian. Karakteristik biofisik wilayah pesisir mempengaruhi tingkat keberhasilan pertumbuhan mangrove pada lokasi rehabilitasi. Metode analisis rencana lokasi ini mengidentifikasi wilayah yang memiliki lokasi yang sesuai untuk lokasi mangrove. Hasil analisis tersebut mendukung pelaksanaan rencana lokasi mangrove yang efektif di pesisir utara Jawa Tengah.

4. Menganalisis rencana lokasi rehabilitasi mangrove berdasarkan area yang terdegradasi dan biofisik wilayah pesisir sebagai pendekatan *Nature-Based Solutions* (NbS) yang terintegrasi dengan rencana pembangunan *Giant Sea Wall* di pesisir utara Jawa Tengah.

Ruang lingkup penelitian ini menganalisis rencana lokasi rehabilitasi mangrove berdasarkan area yang terdegradasi dan biofisik wilayah pesisir sebagai pendekatan *Nature-Based Solutions* (NbS) di pesisir utara Jawa Tengah. Area yang terdegradasi menjadikan hal utama dalam rehabilitasi mangrove, dengan adanya area yang terdegradasi dapat melihat wilayah yang sesuai untuk rencana lokasi rehabilitasi. Rencana lokasi rehabilitasi mangrove sebagai pendekatan *Nature-Based Solutions* memanfaatkan mangrove sebagai perlindungan alami wilayah pesisir terhadap berbagai ancaman lingkungan dan mengintegrasikan rencana lokasi rehabilitasi mangrove tersebut dengan pembangunan *Giant Sea Wall* di kawasan pesisir utara Jawa Tengah. Integrasi kedua pendekatan tersebut mendukung upaya perlindungan pantai dan peningkatan ketahanan wilayah pesisir secara berkelanjutan. Hasil rencana lokasi tersebut memberikan rekomendasi lokasi rehabilitasi mangrove untuk mendukung pembangunan pesisir yang adaptif dan berkelanjutan.

### 1.5 Tahapan/Proses

Tahapan dan proses merancang pelaksanaan ini secara sistematis untuk menjamin hasil rencana lokasi rehabilitasi mangrove sebagai pendekatan *Nature-Based Solutions* (NbS) yang terukur. Proses penelitian ini menggunakan *software* atau alat *Google Earth Engine* (GEE). Gambar 2 menyajikan kerangka analisis pelaksanaan penelitian sebagai berikut.



Sumber : Analisis Penulis, 2026

## Gambar 2. Kerangka Analisis

Pelaksanaan pada tugas akhir ini memerlukan beberapa tahapan dan proses yang dijelaskan lebih lanjut sebagai berikut

### 1.5.1 Tahap Persiapan dan Perumusan Kerangka Berpikir

Tahap awal penelitian ini melakukan studi literatur mendalam mengenai wilayah pesisir utara Jawa Tengah pada aspek biofisik pesisir dan pembangunan *Giant Sea Wall*. Kajian literatur tersebut mengidentifikasi variabel yang memengaruhi rencana lokasi rehabilitasi mangrove pada kawasan penelitian. Kesesuaian lokasi mangrove menetapkan parameter biofisik berupa kemiringan lereng, kecepatan arus, zona intertidal, dan jenis substrat. Penelitian ini menggunakan degradasi mangrove sebagai salah satu dasar dalam penentuan lokasi rehabilitasi mangrove. Selain itu, peneliti menyusun pengambilan sampel menggunakan rumus *Cochran* untuk menentukan 96 titik validasi yang tersebar di 13 Kabupaten/Kota wilayah studi.

### 1.5.2 Tahap Pengumpulan Data

Tahap selanjutnya adalah pengumpulan data yang terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui kegiatan survei lapangan yang bertujuan melakukan validasi mangrove dan menguji tingkat akurasi. Kegiatan validasi lapangan dilakukan pada sampel yang telah ditentukan untuk memperoleh informasi kondisi lapangan ekosistem mangrove di wilayah penelitian. Sementara itu, data sekunder diperoleh melalui studi literatur, telaah dokumen, serta pengumpulan data spasial dari berbagai sumber yang relevan. Data sekunder tersebut meliputi citra satelit landsat periode 1995, data *Digital Elevation Model* (DEM), data oseanografi dari JRC dan HYCOM, dan data jenis tanah yang digunakan sebagai dasar analisis dan perencanaan lokasi rehabilitasi mangrove di pesisir utara Jawa Tengah.

### 1.5.3 Tahap Analisis

Tahap analisis dilakukan dengan metode kuantitatif menggunakan pendekatan analisis spasial multitemporal yang memanfaatkan platform *Google Earth Engine* (GEE) dan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG). Proses pengolahan data dan analisis rencana lokasi rehabilitasi mangrove dilakukan melalui beberapa tahapan analisis sebagai berikut.

1. Melakukan identifikasi dinamika perubahan tutupan mangrove periode 1995-2025 berdasarkan citra satelit landsat multitemporal menggunakan algoritma *Mangrove Vegetation Index* (MVI). Pengolahan data dimulai dengan proses prapengolahan citra yang

meliputi koreksi dan pemilihan citra pada periode pengamatan. Selanjutnya dilakukan perhitungan indeks vegetasi mangrove menggunakan algoritma MVI untuk mengidentifikasi keberadaan dan persebaran mangrove pada setiap periode tahun pengamatan. Hasil analisis menghasilkan peta dan luas mangrove tahun 1995, 2000, 2005, 2010, 2015, 2020, 2025 yang digunakan untuk mengetahui dinamika perubahan mangrove di wilayah pesisir utara Jawa Tengah.

2. Melakukan validasi peta tutupan mangrove menggunakan metode uji akurasi berdasarkan *Confusion Matrix dan Koefisien Kappa*. Penelitian ini membandingkan hasil klasifikasi citra satelit dengan kondisi eksisting di lapangan berdasarkan 96 titik sampel validasi. Matriks kesalahan (*Confusion Matrix*) menyajikan informasi rencana lokasi hasil klasifikasi pada setiap kategori tutupan lahan. Proses perhitungan akurasi menghasilkan nilai *User's Accuracy, Producer's Accuracy, dan Overall Accuracy* untuk mangrovenya. Hasil validasi menghasilkan nilai *Koefisien Kappa* sebagai indikator sesuai klasifikasi.

3. Melakukan analisis perubahan tutupan mangrove untuk mengidentifikasi wilayah kehilangan mangrove. Metode *overlay* multitemporal membandingkan peta tutupan mangrove pada setiap periode 5 tahun untuk mengetahui perubahan luasan mangrove. Penelitian ini mengidentifikasi wilayah mangrove terdegradasi berdasarkan hasil perhitungan antarperiode. Analisis ini mengidentifikasi wilayah yang terdegradasi dan menjadi parameter untuk rencana lokasi rehabilitasi mangrove. Hasil identifikasi menghasilkan peta degradasi mangrove di kawasan penelitian.

4. Melakukan analisis rencana lokasi mangrove berdasarkan parameter biofisik wilayah pesisir. Data *Digital Elevation Model (DEM)* menyediakan informasi kemiringan lereng untuk mendukung penilaian rencana lokasi mangrove. Data *Joint Research Centre (JRC)* dan *HYCOM* menyediakan informasi zona intertidal dan kecepatan arus laut pada wilayah penelitian. Metode *overlay* mengintegrasikan empat parameter biofisik berupa kemiringan lereng, zona intertidal, kecepatan arus, dan jenis tanah. Hasil analisis menghasilkan peta rencana lokasi mangrove di pesisir utara Jawa Tengah.

5. Melakukan identifikasi rencana lokasi rehabilitasi mangrove berdasarkan hasil analisis kesesuaian lahan dan kondisi kehilangan mangrove. Proses integrasi data menggabungkan peta kesesuaian lahan dengan peta wilayah degradasi mangrove melalui metode *overlay*. Analisis rencana lokasi rehabilitasi mangrove mengidentifikasi area yang memiliki kondisi lingkungan yang sesuai dan yang mengalami kehilangan mangrove dari 30 tahun terakhir. Hasil analisis menghasilkan peta rencana lokasi rehabilitasi mangrove sebagai pendekatan *Nature-Based Solutions* dan memanfaatkan mangrove sebagai perlindungan alami wilayah

pesisir terhadap berbagai ancaman lingkungan dan mengintegrasikan rencana lokasi rehabilitasi mangrove tersebut dengan pembangunan *Giant Sea Wall* di kawasan pesisir utara Jawa Tengah

### 1.6 Metode dan Hasil Akhir

Metode ini mencakup rincian kebutuhan data, instrumen yang digunakan, serta tahapan teknis analisis dalam merumuskan rencana lokasi mangrove di Pesisir Utara Jawa Tengah.

#### 1.6.1 Data yang Digunakan

Dalam penelitian ini, berbagai jenis data diperlukan untuk mendukung proses analisis terkait pemetaan dan kajian perubahan ekosistem mangrove di pesisir utara Provinsi Jawa Tengah. Kebutuhan data tersebut mencakup beragam informasi yang digunakan sebagai dasar dalam setiap tahapan penelitian. Daftar kebutuhan data yang digunakan disajikan pada tabel berikut:

**Tabel 1. Tabel Kebutuhan Data**

<b>Data</b>	<b>Tujuan</b>	<b>Alasan Penggunaannya</b>	<b>Jenis Data</b>	<b>Tahun</b>	<b>Teknik Analisis</b>	<b>Tipe Data</b>	<b>Sumber</b>
Citra Satelit Landsat (5 TM, 7 ETM+, 8 OLI, 9 OLI)	Sasaran 1: Identifikasi perubahan luas tutupan mangrove	Menganalisis perubahan spasial ekosistem mangrove rentang 1995-2025 secara <i>multitemporal</i> (Resolusi 30m)	Sekunder	1995 - 2025	<i>Mangrove Vegetation Index</i> (MVI)	Raster	USGS
Data DEM SRTM	Sasaran 2: Menganalisis tingkat kesesuaian lahan	Sebagai parameter kemiringan lereng sebagai variabel pembatas fisik mangrove	Sekunder	2025	Spasial ( <i>Slope Analysis</i> ) dan <i>overlay</i>	Raster	Ina-Geoportal (BIG)
Data Oseanografi Global	Sasaran 2: Menganalisis tingkat	Menganalisis batasan spasial zona intertidal dan kecepatan	Sekunder	2025	<i>Overlay</i>	Raster	JRC & HYCOM

<b>Data</b>	<b>Tujuan</b>	<b>Alasan Penggunaa n</b>	<b>Jenis Data</b>	<b>Tahun</b>	<b>Teknik Analisis</b>	<b>Tipe Data</b>	<b>Sumber</b>
(JRC & HYCOM)	kesesuaian lahan	arus laut sebagai faktor oseanografi pembentuk habitat mangrove.					
Data Jenis Tanah	Sasaran 2: Menganalisis tingkat kesesuaian lahan	menguji kesesuaian spasial berdasarkan jenis tanah alami di wilayah pesisir utara Jawa Tengah.	Sekunder	2025	<i>Overlay</i>	Raster	FAO
Titik Sampel Lapangan	Sasaran 4: Uji Akurasi	Memvalidasi hasil klasifikasi dan model kesesuaian lahan di lapangan	Primer	2025	<i>Accuracy Assessment (Confusion Matrix)</i>	Point	Observasi Langsung ( <i>Cochran</i> )

Sumber : Penulis 2026

### 1.6.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan secara gabungan antara data sekunder dan primer. Pengumpulan data difokuskan pada akuisisi citra satelit multitemporal serta data pendukung spasial yang relevan untuk mendukung perencanaan lokasi mangrove di pesisir utara Jawa Tengah periode 1995-2025. Proses pengumpulan data dilakukan melalui:

1. Telaah Dokumen dan Basis Data Digital: Memperoleh data sekunder dari lembaga resmi seperti Badan Informasi Geospasial (BIG), *United State Geological Survey* (USGS), serta dokumen dan artikel mengenai kebijakan mangrove di Jawa Tengah.

2. Observasi Lapangan dan Melakukan validasi langsung menggunakan instrumen GPS dan juga Google Earth Pro, formulir observasi pada 96 titik sampel yang ditentukan

melalui Rumus *Cochran*. Penelitian ini melakukan validasi peta mangrove menggunakan metode uji akurasi berdasarkan koefisien kappa. Untuk mendapatkan nilai akurasi yang komprehensif, penelitian ini membuat *confusion matrix* yang menggambarkan perbandingan sistematis antara hasil klasifikasi citra dengan kondisi eksisting di lapangan. Matriks ini menyajikan informasi detail tentang sesuai dan tidak sesuai untuk objek mangrove. Melalui tabel matriks tersebut, penelitian ini dapat menghitung berbagai parameter akurasi penting seperti *user's accuracy*, *producer's accuracy*, *overall accuracy*, dan koefisien kappa. Penelitian ini menentukan nilai koefisien kappa berdasarkan rumus matematika berikut :

$$K = \frac{N \cdot \sum X_{ii} - \sum (X_{i+} \cdot X_{+i})}{N^2 - \sum (X_{i+} \cdot X_{+i})}$$

Sumber: (Stefanus et al., 2025)

Nilai koefisien Kappa berada pada rentang nilai 0 hingga 1. Angka indeks yang mendekati nilai 1 menunjukkan Tingkat keakuratan data hasil klasifikasi yang sangat kuat berdasarkan kondisi riil di lapangan. Sebaliknya, angka indeks yang mendekati nilai 0 menunjukkan dominasi hasil klasifikasi yang bersifat acak sehingga peneliti menganggap data tersebut tidak akurat. Tabel 2 menyajikan kategori klasifikasi untuk tingkat kesesuaian nilai akurasi kappa tersebut.

**Tabel 2. Interpretation of Kappa coefficient**

<b>Kappa</b>	<b>Kesesuaian</b>
<0	Kesesuaian sangat rendah
0.01 – 0.20	Kesesuaian rendah
0.21 – 0.40	Kesesuaian sedang
0.41 – 0.60	Kesesuaian cukup
0.61 – 0.80	Kesesuaian tinggi
0.81 – 0.99	Kesesuaian sangat tinggi

Sumber : (Thapa et al., 2023)

Penelitian ini mendasarkan uji akurasi tutupan mangrove pada jumlah sampel titik yang akan divalidasi secara langsung di lapangan dan di *google earth pro*. Untuk mencapai tujuan tersebut, penelitian ini menentukan jumlah sampel validasi lapangan dengan menggunakan pendekatan statistik rumus *cochran*.

### 1.6.3 Teknik Analisis

Gabungan antara analisis data spasial dan temporal berbasis teknologi penginderaan jauh serta sistem informasi geografis (SIG) menjadi teknik analisis utama dalam penelitian ini. Seluruh proses analisis berjalan secara terstruktur untuk menghasilkan peta rencana

lokasi rehabilitasi mangrove sebagai pendekatan *Nature-Based Solutions* (NbS) di pesisir utara Jawa Tengah. Tahapan teknik analisis data terbagi ke dalam delapan langkah sistematis sebagai berikut:

1. Analisis Dinamika Mangrove

Identifikasi dinamika tutupan mangrove serta menghitung luasannya secara bertahap, berfungsi memantau tren mangrove dari tahun 1995 hingga 2025 dengan interval waktu 5 tahun. Proses komputasi ini menjalankan kalkulasi indeks *Mangrove Vegetation Index* (MVI), penyaringan ambang batas, dan mencari luas area dalam satu baris kode. Fungsi kalkulasi tersebut mencetak angka luasan mangrove dalam satuan hektar.

2. Analisis Validasi dan Uji Akurasi

Tahap validasi bertujuan menguji tingkat keakuratan hasil mangrove. Proses uji akurasi membandingkan peta hasil mangrove dengan data 96

titik sampel lapangan dan *google earth pro* dari hasil perhitungan *cochran* di 14 Kabupaten/Kota wilayah studi. Matriks kesalahan memberikan kesesuaian nilai statistik mengenai tingkat kesesuaian data mangrove sebelum melangkah ke tahap analisis berikutnya.

3. Analisis Perubahan dan Identifikasi Kehilangan Mangrove

Metode analisis tumpang susun (*overlay*) multitemporal mengidentifikasi wilayah yang mengalami kehilangana mangrove serta area yang menunjukkan untuk di rehabilitasi. Rumus matematika piksel menghitung pengurangan luas mangrove secara kuantitatif berdasarkan perubahan mangrove piksel antar tahun periode. Pengolahan tumpang susun ini memisahkan area kerusakan lingkungan jangka pendek dengan lokasi pesisir yang mengalami kehilangan vegetasi secara permanen selama 30 tahun terakhir.

4. Analisis Kesesuaian Lokasi Mangrove

Pengolahan kesesuaian lahan bertujuan menentukan tingkat kelayakan wilayah dalam mendukung pertumbuhan mangrove berdasarkan empat parameter biofisik yang bisa di dapatkan. Variabel permodelan meliputi kemiringan lereng, zona intertidal, kecepatan arus laut, dan jenis tanah. Gabungan keempat paramter fisik tersebut membuat seluruh wilayah pesisir utara menjadi sebuah peta lokasi kesesuaian habitat alami tanaman mangrove.

## 5. Analisis Rencana Lokasi Rehabilitasi Mangrove

Integrasi hasil peta kesesuaian lahan dengan wilayah mangrove terdegradasi berfungsi menentukan rencana lokasi rehabilitasi mangrove. Proses ini melihat lokasi mana yang memiliki kerusakan ekosistem parah namun didukung oleh kesesuaian biofisik lingkungan yang sesuai. Analisis ini mempertajam lokasi penanaman kembali pada lokasi pesisir yang terdegradasi dan membutuhkan rehabilitasi yang menghasilkan peta rencana lokasi mangrove sebagai pendekatan *Nature-Based Solutions* dan memanfaatkan mangrove sebagai perlindungan alami wilayah pesisir terhadap berbagai ancaman lingkungan dan mengintegrasikan rencana lokasi rehabilitasi mangrove tersebut dengan pembangunan *Giant Sea Wall* di kawasan pesisir utara Jawa Tengah.

### 1.6.4 Hasil Akhir

Penyusunan rencana lokasi mangrove sebagai pendekatan *Nature-Based Solutions* didasarkan pada variabel parameter biofisik lingkungan alami. Perhitungan kuantitatif nilai kesesuaian berdasarkan parameter kemiringan lereng, zona intertidal *mean sea level*, kecepatan arus laut, jenis tanah, dan kondisi mangrove terdegradasi. Output akhir penelitian ini adalah “Peta Rencana Lokasi Rehabilitasi Mangrove sebagai Pendekatan *Nature-Based Solutions* yang terintegrasi dengan Kebijakan *Giant Sea Wall* (GSW). Melalui peta tersebut, perhitungan persentase tingkat kesesuaian menjadi dasar utama dalam merumuskan rekomendasi rencana lokasi rehabilitasi mangrove yang adaptif di pesisir utara Jawa Tengah.

### 1.6.5 Sistematika Pembahasan

Struktur penulisan laporan tugas akhir ini terbagi ke dalam 5 bab utama dengan sistematika pembahasan sebagai berikut.

## **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini memuat penjelasan komprehensif mengenai latar belakang krisis ekologis pesisir, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup wilayah studi, tahapan pelaksanaan, serta hasil akhir yang akan dihasilkan dari penelitian sesuai dengan tujuan penelitian

## **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan landasan teori yang relevan mengenai pendekatan *Nature-Based Solutions* (NbS), ekosistem rehabilitasi mangrove, *Giant Sea Wall*, dan parameter rencana lokasi mangrove sebagai dasar dalam analisis.

## **BAB 3 GAMBARAN UMUM WILAYAH STUDI**

Bab ini menggambarkan karakteristik fisik, dan oseanografi wilayah dari 14 Kabupaten/kota di pesisir utara Provinsi Jawa Tengah yang menjadi basis data.

#### **BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN REKOMENDASI RENCANA LOKASI REHABILITASI MANGROVE**

Bab ini menjabarkan hasil analisis yang meliputi dinamika mangrove multitemporal 1995 – 2025, laju kehilangan mangrove, rencana lokasi rehabilitasi mangrove menggunakan 5 parameter biofisik, penentuan lokasi, hingga hasil rekomendasi terhadap rencana pembangunan *Giant Sea Wall*.

#### **BAB 5 PENUTUP**

Bab ini menyajikan kesimpulan akhir dari seluruh rangkaian yang telah dilakukan serta memberikan saran dan rekomendasi tata ruang pesisir yang alami bagi pemangku kebijakan dan penelitian selanjutnya.