

BAB 2

KONSEP PERENCANAAN

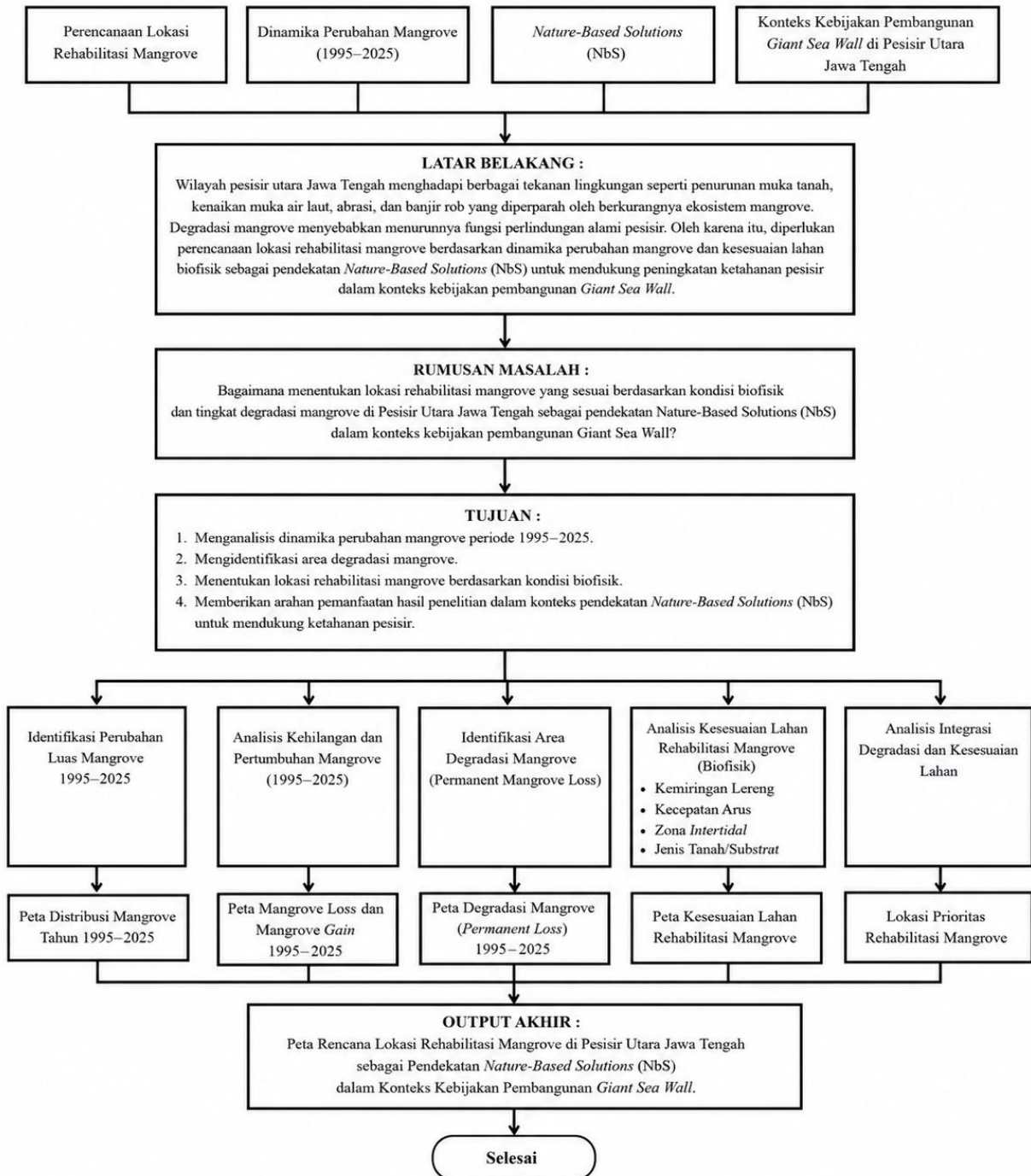
Bab ini menjelaskan kerangka berpikir atau Gambaran besar dari seluruh rangkaian yang telah dilakukan. Penelitian ini berfokus pada integrasi analisis multitemporal untuk merumuskan rencana lokasi rehabilitasi mangrove sebagai pendekatan *Nature-Based Solutions* (NbS) di kawasan pesisir utara Jawa Tengah. Melalui kerangka konseptual tersebut, proses analisis diarahkan untuk menghasilkan rencana lokasi rehabilitasi mangrove yang dapat mendukung ketahanan wilayah pesisir dalam konteks kebijakan Pembangunan *Giant Sea Wall* (GSW).

2.1 Kerangka Berpikir Penelitian

Krisis ekologis yang terjadi secara nyata di kawasan pesisir utara Provinsi Jawa Tengah menjadi latar belakang utama dalam penyusunan kerangka berpikir penelitian ini. Selama ini, kebijakan perlindungan kawasan pesisir Pantura lebih banyak menitikberatkan arah kebijakan pada rencana pembangunan infrastruktur keras buatan manusia seperti proyek *Giant Sea Wall* (GSW). Infrastruktur abu-abu membutuhkan dukungan dari pendekatan alami yang bersifat lebih adaptif melalui penerapan *Nature-Based Solutions* (NbS) berupa rehabilitasi mangrove.

Untuk menjembatani penyelesaian masalah tersebut, penelitian ini menerapkan pendekatan analisis spasial multitemporal. Langkah penelitian memulai tahapan analisis dengan mengidentifikasi riwayat degradasi mangrove menggunakan algoritma *Mangrove Vegetation Index* (MVI). Setelah degradasi diketahui secara kuantitatif, langkah selanjutnya memproses analisis kesesuaian lahan untuk mencari rencana lokasi tanam yang ideal untuk tanaman mangrove. Proses ini menjalankan teknik *overlay* terhadap parameter biofisik wilayah pesisir secara terukur.

Luaran akhir dari seluruh pemrosesan data menghasilkan rumusan arahan berupa peta rencana lokasi rehabilitasi mangrove sebagai pendekatan *Nature-Based Solutions* (NBS) yang terintegrasi dengan Kebijakan *Giant Sea Wall* (GSW). Keberadaan ekosistem mangrove di lokasi-lokasi ini memegang peran sebagai pendekatan alami yang terintegrasi dengan struktur tanggul laut raksasa. Secara lebih rinci, alur penyelesaian masalah dan logika spasial ini membentuk struktur berpikir sistematis yang tertera pada bagan alir kerangka berpikir penelitian di halaman selanjutnya.



Sumber : Analisis Penulis, 2026

Gambar 3. Kerangka Berpikir

Kerangka pemikiran penelitian ini menggambarkan alur logis hubungan sebab-akibat antara permasalahan pesisir, analisis spasial yang dilakukan, hingga penyusunan rencana lokasi rehabilitasi mangrove sebagai luaran (*output*) akhir penelitian. Penjelasan rinci mengenai tahapan dalam bagan tersebut adalah sebagai berikut:

Bagian awal diagram menunjukkan konsep dasar yang melandasi penelitian. Komponen konseptual tersebut meliputi rencana lokasi rehabilitasi mangrove, dinamika wilayah pesisir, pendekatan *Nature-Based Solutions*, serta konteks kebijakan perlindungan pesisir melalui pembangunan *Giant Sea Wall*. Keempat konsep tersebut menjadi dasar teoritis yang mengarahkan fokus penelitian pada pendekatan berbasis ekosistem dalam perencanaan wilayah pesisir utara Provinsi Jawa Tengah. Integrasi antara mangrove dan *Giant Sea Wall* menjadi inti dari kebaruan konsep yang di tawarkan dalam penelitian ini.

Bagian latar belakang menggambarkan kondisi empiris kawasan pesisir utara Jawa Tengah yang mencakup 14 Kabupaten/Kota. Kawasan pantura ini mengalami tekanan lingkungan yang masif akibat konversi lahan, aktivitas antropogenik yang tidak terkontrol, serta dampak nyata perubahan iklim global. Tekanan tersebut menyebabkan penurunan luas dan kualitas ekosistem mangrove yang berdampak langsung pada meningkatnya kerentanan wilayah terhadap abrasi dan banjir rob. Kondisi krisis ini mendorong munculnya kebijakan perlindungan pesisir berbasis *Giant Sea Wall*, sekaligus membuka peluang untuk pendekatan berbasis *Nature-Based Solutions* (NbS) yang adaptif melalui rehabilitasi mangrove.

Permasalahan lingkungan tersebut mengarahkan fokus penelitian pada analisis perubahan tutupan lahan mangrove periode 1995-2025. Langkah analisis ini menekankan pada pencarian nilai indeks vegetasi *Mangrove Vegetation Index* (MVI) secara langsung untuk mengidentifikasi degradasi mangrove. Analisis ini menjadi variabel utama untuk melacak jejak ekologis lahan yang mengalami kerusakan historis. Evaluasi ini memberikan landasan ilmiah kuat dalam menentukan potensi keberhasilan rehabilitasi mangrove.

Output akhir dari kerangka pemikiran ini adalah Peta rencana lokasi rehabilitasi mangrove sebagai pendekatan *Nature-Based Solutions* (NbS) yang terintegrasi dengan kebijakan pembangunan *Giant Sea Wall* di kawasan pesisir utara Jawa Tengah. Draf rencana ini disusun melalui teknik *overlay* yang mengintegrasikan variabel degradasi mangrove dengan parameter fisik seperti kemiringan lereng, batas elevasi intertidal *mean sea level*, kecepatan arus laut, dan karakteristik jenis tanah. Peta yang dihasilkan diposisikan sebagai draf perencanaan lokasi rehabilitasi mangrove berbasis pendekatan *Nature-Based Solution*

yang mampu mendukung rencana perlindungan kawasan pesisir utara Provinsi Jawa Tengah secara berkelanjutan serta adaptif terhadap ancaman kenaikan muka air laut di masa yang datang.

2.2 Kajian Teori

2.2.1 Konsep *Nature-based Solutions* (NbS)

Krisis lingkungan di wilayah pesisir menuntut pergeseran paradigma dari pendekatan keteknikan konvensional menuju pengelolaan ruang yang adaptif melalui penggabungan pelindung alami dan struktur buatan manusia (Putri et al., 2025). Pendekatan ganda yang mengintegrasikan rehabilitasi sabuk hijau mangrove dengan pembangunan fisik tanggul laut menawarkan sistem perlindungan pantai yang saling melengkapi di sepanjang koridor pantura. Dalam perspektif *Nature-Based Solutions* (NbS), tata ruang mitigasi pesisir tidak lagi bertumpu pada upaya statis, melainkan mengatasi keterbatasan infrastruktur abu-abu dalam menghadapi dinamika geomorfologi ekstrem (Putri et al., 2025).

Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa rehabilitasi vegetasi pesisir memiliki tingkat efisiensi pembiayaan yang lebih baik karena ekosistem mangrove dapat memelihara secara mandiri melalui suksesi alami (Narayan et al., 2016). Berdasarkan analisis perbandingan ekonomi lingkungan, proyek rehabilitasi hutan mangrove terbukti memiliki nilai penghematan anggaran dua hingga lima kali lebih murah daripada pembangunana struktur gelombang buatan dalam mereduksi tinggi gelombang laut (Narayan et al., 2016).

2.2.2 Indeks Vegetasi Mangrove

Mangrove Vegetation Index (MVI) merupakan indeks spektral yang dikembangkan secara khusus untuk mengidentifikasi dan memetakan ekosistem mangrove menggunakan data penginderaan jauh (Ditian et al., 2021). Indeks ini memanfaatkan karakteristik reflektansi vegetasi mangrove pada saluran Green, Near Infrared (NIR), dan Shortwave Infrared (SWIR) yang mampu membedakan mangrove dari tutupan lahan lainnya. Menurut (Baloloy et al., 2020), MVI memiliki kemampuan yang baik dalam meningkatkan akurasi pemetaan mangrove pada wilayah pesisir. Persamaan MVI dapat dituliskan sebagai berikut.

$$MVI = \frac{NIR - GREEN}{SWIR1 - GREEN}$$

Nilai MVI digunakan untuk mengidentifikasi dan memetakan distribusi mangrove berdasarkan karakteristik spektral vegetasi pada wilayah pesisir. Hasil ekstraksi MVI

selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam analisis perubahan tutupan mangrove, identifikasi area degradasi mangrove, dan penyusunan rencana lokasi rehabilitasi mangrove.

2.2.3 Standar Teknis dan Kriteria Biofisik Habitat Mangrove di Indonesia

Penentuan variable dalam perencanaan tata ruang pesisir wajib mengacu pada karakteristik ekofisiologis vegetasi Pantai yang telah dilakukan dalam berbagai dokumen pedoman teknis nasional. Keberhasilan kolonisasi alami dan perumbuhan mangrove bergantung pada kesesuaian kondisi substrat alami berupa lumpur halus, tanah liat, tanah berpasir sesuai jenis mangrovenya yang memiliki kapasitas retensi hara tinggi untuk menopang system perakaran khusus (Noor *et al.*, 2006). Selain kondisi tanah, factor kelerengan Pantai bertindak sebagai parameter pembatas biofisik utama karena topografi landau memfasilitasi akumulasi sedimen vertical dan memperluas zona pasang surut bagi sebaran vegetasi (G. Bengen *et al.*, 2022). Evaluasi terhadap ekosistem pesisir juga memerlukan integrasi dinamika hidrologi laut, kondisi kerusakan lahan aktual, dan batas zona perlindungan pantai untuk menjamin efektivitas hutan dalam mereduksi energi gelombang yang destruktif (KLHK, 2020). Langkah penyaringan variable lingkungan tersebut memberikan landasan ilmiah yang kuat dalam menentukan parameter rencana lokasi mangrove.

2.2.4 Parameter Rencana Lokasi Rehabilitasi Mangrove

Pemilihan lima parameter utama dalam analisis rencana lokasi rehabilitasi mangrove di Pesisir Utara Jawa Tengah ini didasarkan pada literatur review sebagai berikut.

1. Kemiringan Lereng (*Slope*)

Kemiringan lereng mempengaruhi proses sedimentasi pada kawasan pesisir sehingga menentukan tingkat kesesuaian habitat alami tumbuhan mangrove (G. Bengen *et al.*, 2022). Wilayah pantai yang memiliki kelerengan landai menyediakan kondisi lingkungan yang mendukung proses pengendapan material sedimen secara alamiah. Lumpur yang terakumulasi pada kawasan berlereng landai meningkatkan stabilitas media tumbuh bagi komunitas vegetasi pasang surut (Noor *et al.*, 2006). Tanaman mangrove memanfaatkan substrat yang stabil untuk mendukung perkembangan sistem perakaran. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan variabel kemiringan lereng sebagai parameter fisik dan menentukan rencana lokasi rehabilitasi mangrove.

2. Kecepatan Arus

Kecepatan arus laut menentukan pola distribusi sedimen hara serta kekuatan mekanis hidrodinamika pada ekosistem mangrove (Suprakto & Arfiati, 2014), pergerakan massa air dengan kecepatan rendah hingga sedang memberikan proses pengendapan partikel tanah secara bertahap pada kawasan mangrove intertidal. Sedimen halus yang terendapkan di wilayah pantai menyediakan media substrat bahan organik yang sesuai bagi pertumbuhan mangrove. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan variabel kecepatan arus laut sebagai parameter rencana lokasi rehabilitasi mangrove.

3. Zona Intertidal

Zona intertidal merupakan kawasan pantai landai yang mengalami siklus genangan pasang dan pengeringan surut air laut secara berkala (Clough, 2014). Fluktuasi pasang surut harian tersebut memberikan pasokan air garam dan sirkulasi nutrisi esensial bagi kelangsungan hidup vegetasi. Tanaman mangrove memanfaatkan frekuensi genangan periodik mikro untuk mengamankan batas toleransi fisiologis lingkungan dari kekeringan. Tinggi genangan yang ideal menciptakan zonasi tegakan yang kokoh serta mendukung keberhasilan regenerasi alami benih tumbuhan (Clough, 2014). Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan elevasi zona intertidal berbasis *Mean Sea Level* sebagai parameter rencana lokasi rehabilitasi mangrove.

4. Jenis Substrat

Jenis substrat menentukan kemampuan daya dukung mangrove dalam menopang tegakan pohon pada wilayah koridor pesisir (Noor et al., 2006). Karakteristik tanah berlumpur menyediakan kandungan bahan organik tanah yang tinggi untuk mendukung nutrisi pertumbuhan vegetasi. Sistem perakaran napas tanaman memanfaatkan ruang pori substrat berlumpur kohesif untuk memperoleh stabilitas mekanis dan hara tanah. Oleh karena itu, menggunakan parameter jenis substrat tanah sebagai parameter rencana lokasi rehabilitasi mangrove.

5. Mangrove Terdegradasi

Degradasi luasan mangrove menyebabkan penurunan fungsi ekologis serta hilangnya pelindung alami pada kawasan pesisir (KLHK, 2020). Perubahan tutupan mangrove mengurangi kemampuan ekosistem alamiah dalam melindungi wilayah daratan dari ancaman abrasi. Kawasan sabuk pantai yang mengalami tingkat kerusakan tinggi memerlukan tindakan intervensi pemulihan ruang untuk mengembalikan fungsi lingkungan.

Rekam jejak mangrove historis membantu identifikasi area kehilangan yang membutuhkan rehabilitasi. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan variable mangrove terdegradasi sebagai parameter rencana lokasi rehabilitasi mangrove. Penerapan kriteria dalam penelitian ini menetapkan Batasan kondisi fisik lapangan secara objektif guna pertumbuhan mangrove sesuai dengan habitat ekosistem pesisir.

Tabel 3. Parameter Rencana Lokasi Rehabilitasi Mangrove

Parameter	Kondisi Sesuai	Sumber Referensi
Kemiringan Lereng (<i>Slope</i>)	Kemiringan lereng landai < 2%	(<i>Bengen et al., 2022</i>)
Kecepatan Arus Laut	Pergerakan arus tenang (<3 m/s)	(<i>Suprakto et al., 2014</i>)
Elevasi Zona Intertidal	Rata-rata muka air laut <200 cm	(<i>Clough, 2014</i>)
Jenis Substrat (Tekstur Tanah)	Jenis tanah Alluvial (tanah berlumpur, pasir berlumpur, tanah yang keras)	(<i>Rusila Noor et al., 2006</i>)
Tingkat Degradasi Mangrove	Kehilangan Mangrove selama 1995 - 2025	(<i>Analisis Penulis, 2026</i>)

Sumber : *Analisis Penulis, 2026*

Penentuan ambang batas kriteria dalam analisis ini mengacu secara konsisten pada kesesuaian ekofisiologis tanaman mangrove untuk menghasilkan peta rencana lokasi rehabilitasi mangrove yang valid. Pengolahan ini memberikan nilai kesesuaian hanya pada lokasi spesifik yang mempertemukan karakteristik lereng sangat landai, arus oseanografi tenang, posisi vertikal intertidal aman, substrat tanah, dan tingkat kehilangan mangrove. Berbagai hasil penelitian lokasi menggunakan *overlay* ini mengunci area rencana lokasi yang jelas berdasarkan pemenuhan seluruh faktor lingkungan tanpa melibatkan skoring dan pembobotan.

Pemenuhan kelima parameter lingkungan tersebut merupakan syarat utama yang menentukan keberhasilan tumbuh tanaman mangrove pada wilayah pasang surut yang berubah-ubah. Tanaman mangrove membutuhkan kondisi air laut yang tenang dengan kecepatan arus di bawah 0,10 m/s untuk mencegah hanyutnya bibit muda sebelum akar mencengkram tanah secara kuat (Suprakto & Arfiati, 2014). Sifat tanaman mangrove juga memerlukan frekuensi genangan pasang surut yang sesuai dengan rentang ketinggian 0,00 meter hingga +0,60 meter di atas rata-rata muka air laut untuk menghindari kematian akibat tenggelam (Clough, 2014). Lapisan tanah berupa tanah Alluvial (tanah berlumpur, pasir berlumpur, tanah yang keras) memegang peran utama sebagai penyedia makanan utama sekaligus penopang batang tanaman dari pengikisan tanah pantai (Noor et al., 2006).

Penelitian ini menerapkan matriks kriteria tersebut sebagai kriteria pasti dalam pengolahan data guna menghasilkan peta rencana lokasi rehabilitasi mangrove di pesisir utara Jawa Tengah.

2.2.5 Penentuan Sampel dan Validasi

Penentuan jumlah titik sampel yang mewakili kondisi lapangan menjadi syarat mutlak untuk menjamin kebenaran hasil klasifikasi pada wilayah yang luas. Penelitian ini menggunakan formula *Cochran* untuk menghitung jumlah titik pengecekan minimum karena populasi piksel citra satelit di sepanjang pantai pantura sangat banyak dan tidak terbatas. Jadi penggunaan formula *Cochran* untuk penentuan sampel di dasarkan pada jumlah populasi yang belum diketahui secara pasti. Pada penelitian ini peneliti mempertimbangkan tingkat kepercayaan sebesar 95% dengan kesalahan margin 10% (Iba & Wardhana, 2014). Persamaan *Cochran* untuk menentukan sampel di wilayah studi penelitian ini sebagai berikut.

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2}$$

Keterangan :

n : Jumlah sampel minimum yang dibutuhkan.

Z : Nilai *Z-score* pada tingkat kepercayaan tertentu (misal: 1,96 untuk *Confidence Level* 95%).

p : Estimasi proporsi kategori dalam populasi (jika tidak diketahui, digunakan 0,5 untuk variabilitas maksimum).

q : Proporsi pelengkap ($1 - p$).

e : Batas kesalahan atau presisi yang diinginkan (misal: 10%).

Penggunaan rumus ini memastikan bahwa titik-titik validasi (*ground truth*) yang disebar secara acak di sepanjang pesisir mampu mewakili karakteristik biofisik wilayah studi secara statistik. Hal ini didukung oleh (Stehmana & Foody, 2022) yang menekankan bahwa objektivitas dalam penginderaan jauh sangat bergantung pada protokol pengambilan sampel yang ketat guna menghindari bias dalam penghitungan akurasi klasifikasi mangrovenya.

2.2.6 Implementasi Cochran dalam Penentuan Titik Validasi

Penelitian ini menghitung jumlah sampel minimum sebanyak 96 titik melalui rumus *Cochran* pada tingkat kepercayaan 95%. Penelitian ini mendistribusikan seluruh titik sampel tersebut menggunakan teknik *Stratified Random Sampling*. Metode alokasi ini memastikan titik setiap kelas mewakili pada mangrove. Penerapan standar statistik yang ketat tersebut memberikan landasan sistematis yang kuat (Dede & Firmansyah, 2022).

2.2.7 Teori Validasi dan Akurasi Spasial (*Error Matrix*)

Penelitian ini menentukan jumlah sampel menggunakan rumus *Cochran* sebagai dasar pengambilan sampel untuk proses validasi hasil klasifikasi. Tahap selanjutnya melakukan uji akurasi (*Accuracy Assessment*) terhadap peta yang di hasilkan untuk mengetahui tingkat ketepatan klasifikasi. Intrepertasi mangrove pada tahun 2025 berpotensi menghasilkan kesalahan klasifikasi akibat keberadaan mixed pixel sehingga penelitian ini menggunakan *Error Matrix* untuk mengevaluasi hasil mangrove. Proses evaluasi memanfaatkan beberapa indikator akurasi yang terdiri atas *Producer's Accuracy* untuk mengukur ketepatan area lapangan yang berhasil di petakan, *User's Accuracy* untuk mengukur kesesuaian kelas pada peta mangrove dengan kondisi sebenarnya, serta *Koefisien Kappa* untuk mengukur Tingkat kesepakatan hasil klasifikasi setelah memperhitungkan factor kebetulan. Penggunaan jumlah sampel berdasarkan rumus *Cochran* dan pengujian menggunakan *Error matrix* memberikan dasar statistic yang kuat dalam menilai hasil mangrove.

2.2.8 Persebaran Sampel menggunakan *Stratified Random Sampling*

Penelitian ini menggunakan metode *Stratified Random Sampling* untuk memastikan bahwa 96 titik sampel mampu mewakili kondisi mangrove di wilayah pesisir utara Jawa Tengah. Metode tersebut membagi area penelitian ke dalam beberapa kelas berdasarkan hasil klasifikasi mangrove agar setiap mangrove memiliki peluang sama untuk terpilih sebagai sampel validasi (Dede & Firmansyah, 2022). Penelitian ini mengelompokkan titik sampel ke dalam dua kelas yaitu mangrove dan non-mangrove untuk mendukung proses pengujian akurasi klasifikasi. Pengambilan titik sampel dilakukan secara acak menggunakan *Stratified Random Sampling* untuk mengurangi bias dalam pemilihan lokasi. Distribusi sampel tersebar di dua kelas meningkatkan keterwakilan kondisi mangrove sehingga hasil uji akurasi dapat menggambarkan kondisi lebih sesuai (Ronzon et al., 2025).