

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN ANALISIS RENCANA LOKASI REHABILITASI MANGROVE DI PESISIR UTARA JAWA TENGAH

Bab ini membahas tahapan analisis spasial untuk mengidentifikasi rencana lokasi rehabilitasi mangrove di pesisir utara Provinsi Jawa Tengah. Penelitian ini menganalisis perubahan tutupan mangrove selama periode 1995 – 2025 menggunakan data citra satelit multi-temporal. Penelitian ini menggunakan parameter kemiringan lereng, kecepatan arus, zona intertidal, jenis tanah, dan kehilangan mangrove sebagai dasar penentuan rencana lokasi rehabilitasi. Analisis *overlay* mengintegrasikan seluruh parameter tersebut untuk menghasilkan area yang memenuhi kriteria rehabilitasi mangrove. Hasil analisis menghasilkan peta rencana lokasi rehabilitasi mangrove sebagai pendekatan *Nature-Based Solutions* (NbS) dalam mendukung upaya perlindungan dan pengelolaan pesisir utara Provinsi Jawa Tengah.

4.1 Analisis Perubahan Luas Mangrove Tahun 1995–2025

Penelitian ini menggunakan algoritma *Mangrove Vegetation Index* (MVI) untuk mengidentifikasi tutupan mangrove di Kawasan pesisir utara Jawa Tengah selama periode 1995 – 2025. Metode ini menggantikan proses digitasi manual sehingga analisis dapat dilakukan secara lebih efisien dan konsisten pada data citra satelit multi-temporal. Algoritma MVI memanfaatkan spectral kanal *Near Infrared* (NIR), *Green*, dan *Shortwave Infrared* (SWIR) untuk membedakan vegetasi dan kondisi kelembapannya. Penelitian ini menggunakan citra Landsat Collection 2 level 2 *Surface Reflectance* yang berasal dari sensor Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, dan Landsat 8/9 OLI untuk mengurangi gangguan atmosfer selama proses analisis. Implementasi algoritma MVI menyesuaikan band spectral pada masing – masing sensor, meski formulasi perhitungan indeks yang di gunakan tetap sama.

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

Nilai MVI diperoleh dari kombinasi kanal *Near Infrared* (NIR), *Green*, dan *Shortwave Infrared* (SWIR1) yang terdapat pada citra Landsat. Variabel NIR mempresentasikan reflektansi vegetasi, kanal *Green* menggambarkan karakteristik tutupan lahan pada spektrum hijau, sedangkan SWIR1 sensitif terhadap kandungan air dan kelembapan vegetasi. Nilai MVI yang tinggi menunjukkan keberadaan vegetasi mangrove dengan kondisi pertumbuhan yang relative baik dibandingkan tutupan lahan lainnya. Penelitian ini menerapkan

perhitungan MVI dengan menyesuaikan penggunaan band spectral pada masing – masing sensor Landsat yang digunakan.

Tabel 4. Band Spektral yang Digunakan dalam Perhitungan MVI pada Setiap Sensor Landsat

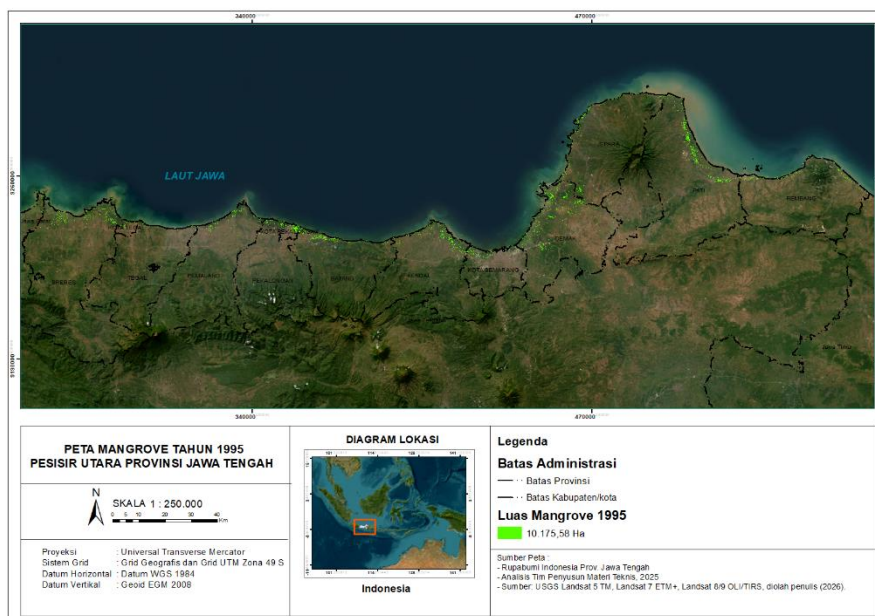
Sensor	NIR	GREEN	SWIR1
Landsat 5 TM dan Landsat 7 (ETM+)	Band 4	Band 2	Band 5
Landsat 8 (OLI) dan Landsat 9	Band 5	Band 3	Band 6

Sumber: penulis, 2026

Penerapan algoritma MVI menghasilkan citra raster yang memiliki rentang nilai indeks pada wilayah penelitian. Penelitian ini menerapkan proses tresholding untuk memisahkan mangrove dari badan air, lahan terbangun, tambak, dan vegetasi non-mangrove. (Baloloy et al., 2020) menunjukkan bahwa vegetasi mangrove memiliki nilai MVI minimum sebesar 4.5, sedangkan vegetasi non-mangrove umumnya memiliki nilai MVI yang lebih rendah sehingga nilai tersebut dapat digunakan sebagai batas pemisah antar kelas tutupan lahan. Oleh karena itu, penelitian ini mengklasifikasikan piksel dengan nilai MVI > 4.5 sebagai tutupan mangrove dan menghilangkan piksel dengan nilai MVI di bawah nilai ambang batas tersebut melalui proses masking. Hasil klasifikasi tersebut menjadi dasar untuk menganalisis perubahan luas, dan kehilangan mangrove di kawasan pesisir utara Jawa Tengah selama periode 1995 – 2025.

4.1.1 Analisis Luas Lahan Mangrove

Hasil klasifikasi *Mangrove Vegetation Index* (MVI) menghasilkan informasi sebaran mangrove tujuh periode di pesisir utara Jawa Tengah. Penelitian ini menganalisis perubahan luas mangrove pada tahun 1995, 2000, 2005, 2010, 2015, 2020, dan 2025 menggunakan hasil klasifikasi tersebut. Perubahan luas mangrove menunjukkan pola kehilangan dan penambahan tutupan mangrove pada berbagai wilayah pesisir selama periode penelitian. Penelitian ini juga membandingkan luas mangrove antarperiode untuk mengetahui dinamika ekosistem mangrove selama tiga dekade terakhir..



Sumber : Hasil Analisis, 2026

Gambar 9. Peta Tutupan Mangrove Tahun 1995

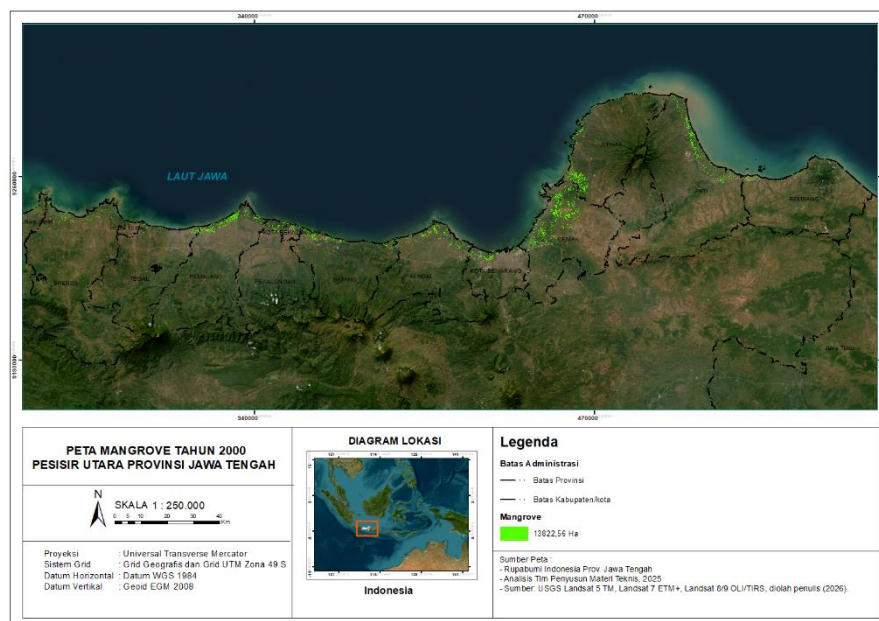
Peta tutupan mangrove tahun 1995 menunjukkan bahwa ekosistem tersebar di seluruh wilayah pesisir utara Jawa Tengah dengan luasan yang berbeda pada setiap Kabupaten/Kota. Sebaran mangrove pada periode ini umumnya berada di sekitar muara Sungai, kawasan estuari, dan tambak. Persebaran mangrove yang relative luas terlihat pada wilayah Demak, Jepara, dan Pati. Sementara itu, wilayah Kota Tegal menunjukkan sebaran mangrove yang terbatas. Kondisi tersebut menggambarkan keadaan awal mangrove menjadi dasar analisis perubahan pada periode berikutnya.

Tabel 5. Luas Mangrove Tahun 1995 per Kabupaten/Kota

Kabupaten	Luas (Ha)
Brebes	686,64
Tegal	105,82
Pemalang	485,82
Pekalongan	317,64
Batang	801,01
Kendal	775,22
Demak	1697,05
Jepara	917,24
Pati	1495,99
Rembang	516,27
Kota Semarang	253,92
Kota Tegal	78,13
Kota Pekalongan	363,67

Sumber : Hasil Analisis, 2026

Berdasarkan table 13. Luas Mangrove tahun 1995 per Kabupaten/Kota menunjukkan area yang cukup besar antarwilayah. Kabupaten Demak memiliki luas mangrove terbesar 1.697,05 ha dibandingkan dengan yang lain, sedangkan Kota Tegal memiliki luas terkecil yaitu 78,13 ha dari lainnya. Kabupaten Jepara, Pati, dan Batang juga memiliki luasan mangrove yang relative besar sehingga menjadi wilayah penting dalam menjaga fungsi ekosiste, pesisir. Perbedaan luas mangrove tersebut dipengaruhi oleh karakteristik fisik wilayah, kondisi pesisir, dan tingkat pemanfaatan lahan pada masing-masing daerah. Data luas mangrove tahun 1995 digunakan sebagai acuan dalam menganalisis perubahan tutupan mangrove pada periode berikutnya.



Sumber : Hasil Analisis, 2026

Gambar 10. Peta Tutupan Mangrove Tahun 2000

Peta tutupan mangrove tahun 2000 memiliki luas 12.702 ha, menunjukkan adanya perubahan sebaran mangrove dibandingkan tahun 1995. Beberapa wilayah pesisir mengalami penambahan dan pengurangan mangrove pada Kawasan tertentu selama periode pengamatan. Sebaran mangrove masih pada wilayah muara Sungai, dan tambak. Beberapa daerah menunjukkan perkembangan mangrove pada periode sebelumnya. Kondisi tersebut menunjukkan adanya dinamika pertumbuhan mangrove pada awal periode penelitian.

Tabel 6. Luas Mangrove Tahun 2000 Per Kabupaten/Kota

Kabupaten	Luas (Ha)
Brebes	405,81
Tegal	330,48

Kabupaten	Luas (Ha)
Pemalang	1625,08
Pekalongan	345,59
Batang	894,50
Kendal	901,83
Demak	3535,11
Jepara	1899,97
Pati	1402,20
Rembang	268,43
Kota Semarang	341,17
Kota Tegal	512,14
Kota Pekalongan	240,41

Sumber : Hasil Analisis, 2026

Tabel 14. Luas Mangrove Tahun 2000 menyajikan luas mangrove pada setiap Kabupaten/Kota tahun 2000. Data tersebut menunjukkan perubahan luas mangrove pada beberapa wilayah dibandingkan tahun 1995. Beberapa Kabupaten mengalami peningkatan luas mangrove selama periode pengamatan, terutama Kabupaten demak mengalami kenaikan hampir 1900 ha. Wilayah lainnya menunjukkan perubahan luas yang naik tetapi relative kecil. Hasil tersebut menggambarkan adanya perkembangan mangrove pada setiap wilayah pesisir.



Sumber : Hasil Analisis, 2026

Gambar 11. Peta Tutupan Mangrove Tahun 2005

Peta tutupan mangrove tahun 2005 menunjukkan perubahan distribusi mangrove pada sejumlah wilayah pesisir utara Jawa Tengah. Beberapa Kawasan mengalami penurunan

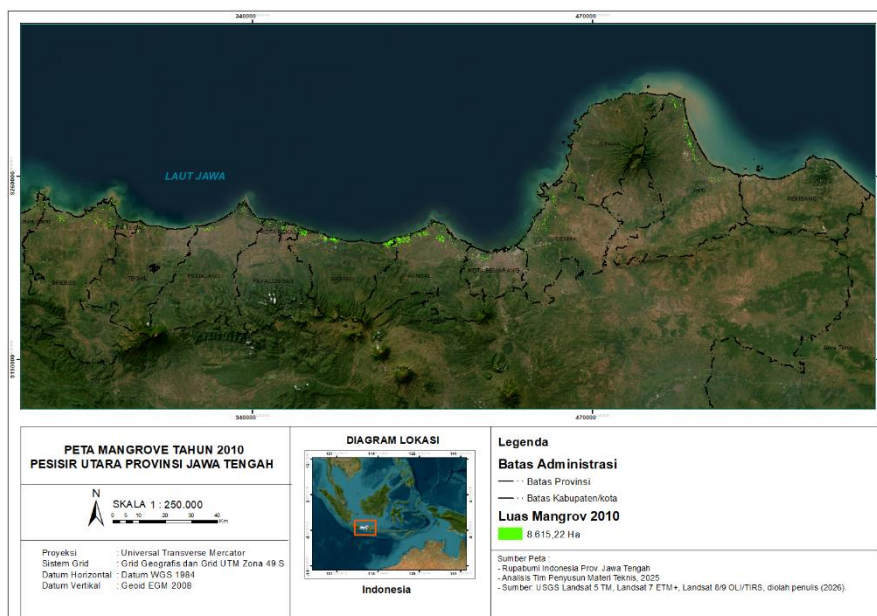
mangrove terutama di Kabupaten Demak dibandingkan periode sebelumnya. Sebaran mangrove masih ditemukan pada wilayah estuary dan tambak yang sesuai untuk pertumbuhannya. Beberapa daerah mempertahankan tutupan mangrove yang relative stabil dari periode sebelumnya. Kondisi tersebut mengindikasikan adanya tekanan terhadap ekosistem mangrove pada beberapa Lokasi penelitian.

Tabel 7. Luas Mangrove Tahun 2005 Per Kabupaten/Kota

Kabupaten	Luas (Ha)
Brebes	625,81
Tegal	703,01
Pemalang	1546,36
Pekalongan	318,45
Batang	646,61
Kendal	1395,81
Demak	948,28
Jepara	981,91
Pati	1357,71
Rembang	102,12
Kota Semarang	283,20
Kota Tegal	156,63
Kota Pekalongan	334,62

Sumber : Hasil Analisis, 2026

Tabel 15. Luas Mangrove Tahun 2005 menyajikan luas mangrove pada setiap Kabupaten/Kota tahun 2005. Data tersebut menunjukkan adanya perubahan luas mangrove pada berbagai wilayah pesisir. Beberapa Kabupaten mengalami penurunan luas mangrove dibandingkan tahun 2000. Wilayah lainnya mempertahankan luas mangrove yang relative stabil selama periode yang sama. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perubahan mangrove tidak terjadi secara merata pada seluruh wilayah.



Sumber : Hasil Analisis, 2026

Gambar 12. Peta Tutupan Mangrove Tahun 2010

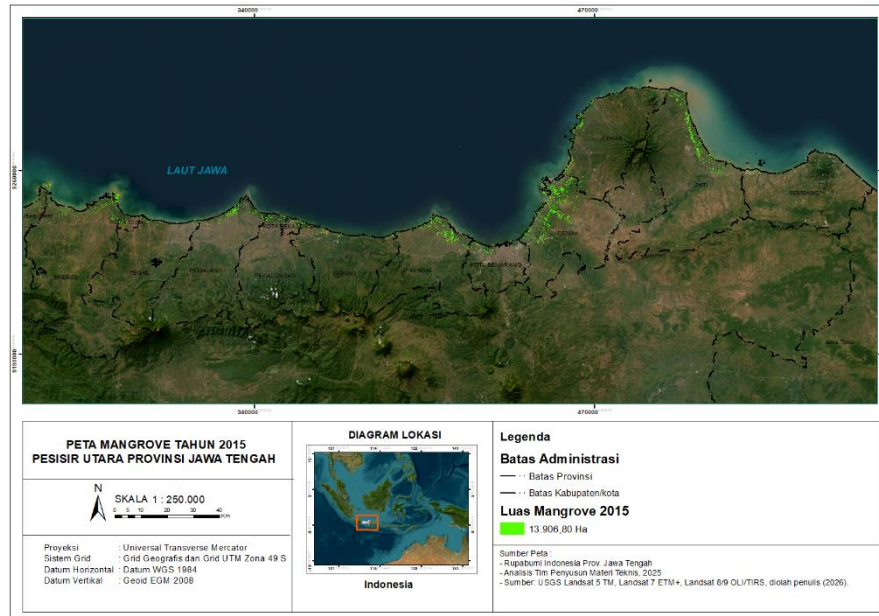
Peta tutupan mangrove tahun 2010 menampilkan penurunan tutupan mangrove yang lebih jelas dibandingkan tahun 2005 terutama di wilayah Demak, Pati, dan Jepara. Area hijau mangrove lebih sempit di pesisir utara. Penurunan ini terjadi akibat adanya konversi lahan dan abrasi yang terus berlangsung di muara-muara sungai dan bibir pantai. Beberapa titik di Batang dan Kendal masih mempertahankan tutupan yang relative stabil. Secara visual di peta, mangrove mengalami tekanan lebih besar pada periode ini.

Tabel 8. Luas Mangrove Tahun 2010 Per Kabupaten/Kota

Kabupaten	Luas (Ha)
Brebes	658,08
Tegal	225,76
Pemalang	363,17
Pekalongan	261,97
Batang	1355,37
Kendal	1472,71
Demak	759,05
Jepara	644,78
Pati	1013,6
Rembang	102,37
Kota Semarang	208,6
Kota Tegal	90,72
Kota Pekalongan	181,57

Sumber : Hasil Analisis, 2026

Tabel luas mangrove tahun 2010 mencatat total luas sebesar 7.338 hektar. Kabupaten Kendal memiliki luas terbesar mencapai 1.473 hektar sementara Kota Tegal memiliki luas terkecil sekitar 91 hektar. Total luas mangrove terus menurun dibandingkan tahun 2005 di sebagian besar Kabupaten. Kabupaten Demak dan Pati mengalami penurunan yang cukup tinggi dalam lima tahun tersebut.



Sumber : Hasil Analisis, 2026

Gambar 13. Peta Tutupan Mangrove Tahun 2015

Peta mangrove tahun 2015 menunjukkan pemulihan dan perluasan kembali dibandingkan tahun 2010 terutama Kabupaten Demak dan wilayah timur lainnya. Tutupan hijau mangrove bertambah luas di sekitar muara sungai dan pesisir. Upaya rehabilitasi mangrove yang dilakukan pemerintah daerah kemungkinan menjadi faktor utama pemulihan ini. Area di Kabupaten Kendal dan Pemalang juga ikut mengalami peningkatan. Kondisi ini memberikan harapan bagi ekosistem pesisir di Jawa Tengah untuk periode berikutnya.

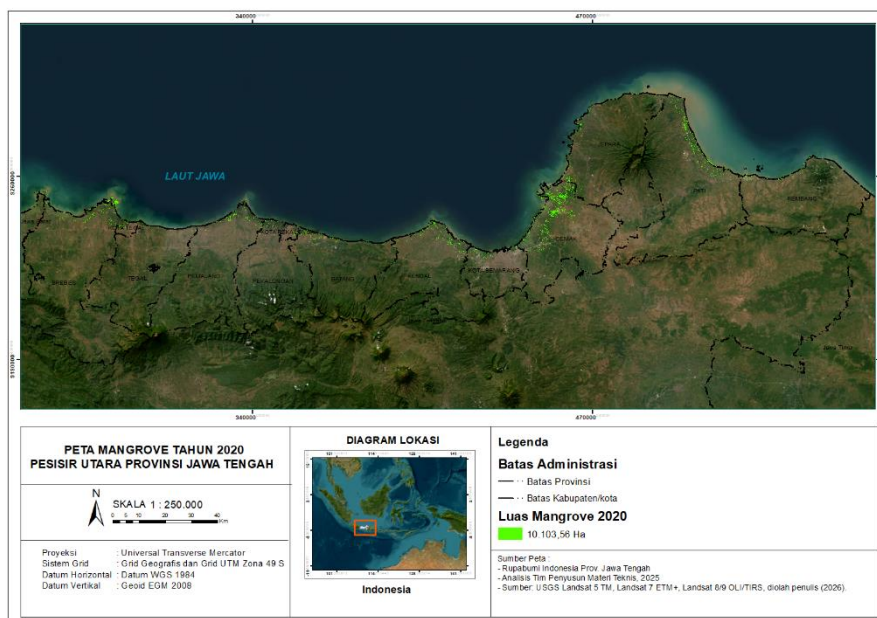
Tabel 9. Luas Mangrove Tahun 2015 Per Kabupaten/Kota

Kabupaten	Luas (Ha)
Brebes	573,63
Tegal	206,43
Pemalang	820,18
Pekalongan	374,83
Batang	473,36
Kendal	1343,24
Demak	3023,13
Jepara	1065,73

Kabupaten	Luas (Ha)
Pati	1684,32
Rembang	276,69
Kota Semarang	158,94
Kota Tegal	213,58
Kota Pekalongan	148,78

Sumber : Hasil Analisis, 2026

Tabel luas mangrove tahun 2015 mencatat total luas sebesar 10.363 hektar. Kabupaten Demak memiliki luas terbesar mencapai 3.023 hektar sedangkan Kota Pekalongan memiliki luas terkecil sekitar 149 hektar. Total luas mangrove meningkat cukup signifikan di bandingkan tahun 2010 di hamper semua Kabupaten. Peningkatan terbesar terjadi di Kabupaten Demak dan Kendal.



Sumber : Hasil Analisis, 2026

Gambar 14. Peta Tutupan Mangrove Tahun 2020

Peta mangrove tahun 2020 memperlihatkan penurunan kembali dibandingkan tahun 2015 di banyak Lokasi seperti Kabupaten Demak, Jepara, dan Pati. Tutupan mangrove menyempir di sepanjang pesisir utara terutama di bagian timur. Faktor utama penurunan adalah adanya abrasi, konversi lahan, dan tekanan aktivitas manusia yang memungkinkan kembali memengaruhi kondisi ini. Beberapa area di barat seperti Kabupaten Brebes juga mengalami penurunan. Secara keseluruhan, mangrove tahun 2020 mengalami fluktuasi yang cukup dinamis.

Tabel 10. Luas Mangrove Tahun 2020 Per Kabupaten/Kota

Kabupaten	Luas (Ha)
Brebes	299,85
Tegal	85,60
Pemalang	449,95
Pekalongan	180,33
Batang	349,83
Kendal	501,14
Demak	2941,57
Jepara	691,13
Pati	993,05
Rembang	198,92
Kota Semarang	104,87
Kota Tegal	116,12
Kota Pekalongan	95,03

Sumber : Hasil Analisis, 2026

Tabel luas mangrove tahun 2020 menunjukkan total luas mencapai 7.007 hektar. Kabupaten Demak masih menjadi yang terluas dengan 2.942 hektar sementara kota pekalongan memiliki luas terkecil sekitar 95 hektar. Total luas mangrove menurun dibandingkan tahun 2015 di hamper seluruh Kabupaten. Penurunan ini terlihat pada Kabupaten Demak, Kendal, dan Pati.



Sumber : Hasil Analisis, 2026

Gambar 15. Peta Tutupan Mangrove Tahun 2025

Peta mangrove tahun 2025 menampilkan sedikit pemulihan dibandingkan tahun 2020 di beberapa wilayah seperti Kabupaten Demak dan Pemalang. Tutupan mangrove kembali

mengalami kenaikan di skitar muara sungai dan pesisir timur karena adanya mangrove yang tumbuh dan penanaman kembali. Beberapa area di Kabupaten Jepara dan Pati masih menunjukkan mangrove yang terbatas. Kondisi ini menandakan tren yang mulai membaik di akhir periode analisis.

Tabel 11. Luas Mangrove Tahun 2025 Per Kabupaten/Kota

Kabupaten	Luas (Ha)
Brebes	524,63
Tegal	135,38
Pemalang	874,83
Pekalongan	229,86
Batang	328,01
Kendal	805,32
Demak	3373,11
Jepara	789,02
Pati	992,07
Rembang	377,96
Kota Semarang	188,52
Kota Tegal	156,62
Kota Pekalongan	86,48

Sumber : Hasil analisis, 2026

Table luas mangrove tahun 2025 mencata total luas sebesar 8.862 hektar. Kabupaten Demak memiliki luas terbesar mencapai 3.373 hektar sedangkan Kota Pekalongan memiliki luas terkecil hanya 86 hektar. Total luas mangrove meningkat dibandingkan tahun 2020 di Sebagian besar Kabupaten. Peningkatan terlihat di Kabupaten Demak, Pemalang, dan Kendal meski belum mencapai puncak tahun 2015.

Analisis perubahan mangrove dilakukan menggunakan metode *change detection* melalui perbandingan hasil klasifikasi mangrove antar periode pengamatan. Secara matematis, perubahan luas mangrove dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\Delta M = M_t - M_{t-1}$$

Keterangan:

- ΔM = Perubahan luas mangrove (ha)
- M_t = Luas mangrove pada periode ke- t
- M_{t-1} = Luas mangrove pada periode sebelumnya

Nilai $\Delta M > 0$ menunjukkan penambahan mangrove (*mangrove gain*), sedangkan $\Delta M < 0$ menunjukkan pengurangan mangrove (*mangrove loss*). Perhitungan tersebut digunakan

untuk mengidentifikasi dinamika perubahan tutupan mangrove pada setiap interval pengamatan selama periode 1995–2025.

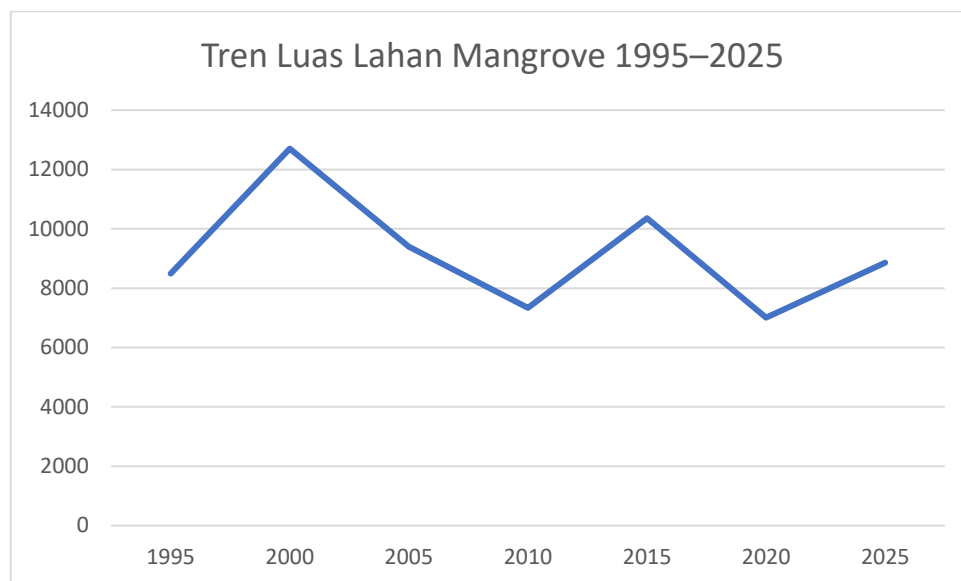
Tabel 12. Dinamika Luas Lahan Mangrove Pesisir Utara Jawa Tengah 1995 - 2025

Kota/Kab	Luas (Ha)						
	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Batang	801,01	894,50	646,61	1355,38	473,36	349,83	328,01
Brebes	686,64	405,81	625,81	658,08	573,63	299,85	524,63
Demak	1697,05	3535,11	948,28	759,06	3023,13	2941,57	3373,11
Jepara	917,24	1899,97	981,91	644,79	1065,73	691,13	789,02
Kota Pekalongan	363,67	240,41	334,62	181,57	148,78	95,03	86,48
Kota Semarang	253,92	341,17	283,20	208,65	158,94	104,87	188,52
Kota Tegal	78,13	512,14	158,63	90,72	213,58	116,12	156,62
Pati	1495,99	1402,20	1357,71	1013,70	1684,32	993,05	992,07
Pekalongan	317,64	345,59	318,45	261,97	374,83	180,33	229,86
Pemalang	485,82	1625,08	1546,36	363,18	820,18	449,95	874,83
Rembang	516,27	268,43	102,12	102,37	276,69	198,92	377,96
Tegal	105,82	330,48	703,01	225,77	206,43	85,60	135,38
Kendal	775,22	901,83	1395,81	1472,72	1343,24	501,14	805,32

Sumber : Analisis Penulis, 2026

Tabel 12. Dinamika Luas lahan Mangrove Pesisir Utara Jawa Tengah tahun 1995-2025 menyajikan perubahan luas tutupan mangrove pada 13 Kabupaten/Kota pesisir utara Jawa Tengah selama periode 1995-2025. Data tersebut menunjukkan bahwa setiap wilayah memiliki tren perubahan mangrove yang berbeda pada setiap periode. Kabupaten Demak menunjukkan peningkatan luas mangrove yang cukup signifikan pada beberapa periode, sedangkan beberapa wilayah lain, seperti Kabupaten Batang, Jepara, Kota Pekalongan, dan Kota Semarang, cenderung mengalami penurunan luas mangrove hingga akhir periode. Perubahan luas mangrove tersebut menunjukkan adanya proses kehilangan maupun penambahan mangrove yang berlangsung secara tidak merata di kawasan pesisir utara Jawa Tengah. Berdasarkan tabel luasan tersebut, terlihat adanya perbedaan kenaikan dan penurunan antara wilayah yang mengalami peningkatan luas mangrove dengan wilayah yang mengalami penurunan.

Penelitian ini menggunakan grafik untuk menampilkan perubahan total luas mangrove di pesisir utara Jawa Tengah selama periode 1995-2025. Grafik tersebut memperlihatkan pola fluktuasi luas mangrove pada setiap periode sedcara jelas. Luas mangrove mengalami peningkatan pada beberapa periode dan mengalami penurunan pada periode lainnya. Perubahan luas tersebut menunjukkan adanya dinamika tutupan mangrove yang berlangsung selama tiga dekade terakhir. Fluktuasi perubahan luas mangrove tersebut disajikan pada Gambar 17. Tren Luas Mangrove di Pesisir Utara Jawa Tengah Tahun 1995–2025.



Sumber : Analisis Penulis, 2026

Gambar 16. Tren Luas Mangrove di Pesisir Utara Jawa Tengah Tahun 1995–2025

Gambar 17. Tren Luas Mangrove di Pesisir Utara Jawa Tengah Tahun 1995–2025 menunjukkan tren perubahan total luas mangrove di pesisir utara Jawa Tengah selama periode 1995-2025. Data tersebut memperlihatkan bahwa luas mangrove mengalami fluktuasi yang cukup signifikan pada setiap periode. Luas mangrove meningkat dari sekitar 8.495 hektar pada tahun 1995 menjadi sekitar 12.703 hektar pada tahun 2000, kemudian menurun hingga mencapai sekitar 7.338 hektar pada tahun 2010. Luas mangrove Kembali meningkat pada tahun 2015 hingga mencapai sekitar 10.166 hektar sebelum mengalami penurunan pada tahun 2020 dan Kembali meningkat pada tahun 2025. Pola fluktuatif tersebut menunjukkan bahwa proses kehilangan dan pertambahan mangrove berlangsung secara dinamis di Kawasan pesisir utara Jawa Tengah selama tiga decade terakhir.

4.1.2 Analisis Degradasi Mangrove

Analisis perubahan luas mangrove tidak hanya menunjukkan kondisi tutupan mangrove pada setiap tahun pengamatan, tetapi juga memperlihatkan tingkat kehilangan mangrove yang terjadi pada setiap periode lima tahunan. Penelitian ini menghitung luas degradasi mangrove dengan membandingkan hasil klasifikasi mangrove antarperiode untuk mengidentifikasi area yang mengalami kehilangan dari mangrove menjadi non-mangrove. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa laju degradasi mangrove mengalami fluktuasi selama periode 1995-2025 pada kawasan pesisir utara Jawa Tengah. Perbedaan luas degradasi pada setiap periode mencerminkan adanya perbedaan tekanan lingkungan maupun perubahan pemanfaatan lahan pesisir yang terjadi di wilayah pesisir utara Jawa Tengah. Laju Degradasi Mangrove Pesisir Utara Jawa Tengah per Periode 5 Tahunan. Menghitung degradasi mangrove secara kumulatif menggunakan persamaan berikut.

$$D = M_{awal} - M_{akhir}$$

Keterangan:

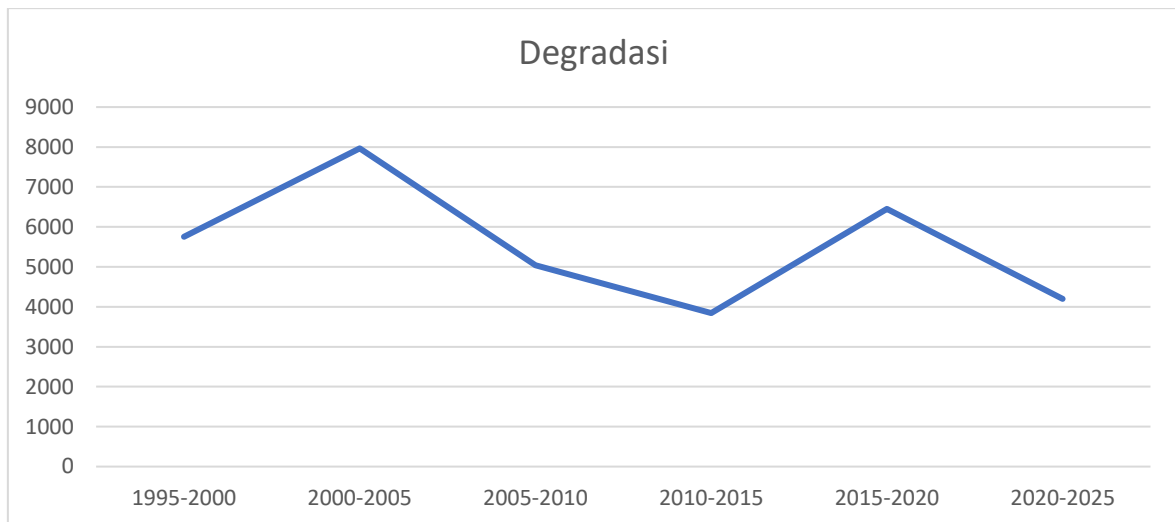
- D = Luas degradasi mangrove (ha)
- M_{awal} = Luas mangrove pada awal periode pengamatan
- M_{akhir} = Luas mangrove pada akhir periode pengamatan

Pada analisis ini, degradasi mangrove diidentifikasi melalui perubahan kelas dari mangrove menjadi non-mangrove antar periode pengamatan. Area yang mengalami perubahan tersebut secara permanen hingga tahun 2025 dikategorikan sebagai area degradasi mangrove dan digunakan sebagai salah satu parameter dalam penentuan lokasi rehabilitasi mangrove. Rekapitulasi luas dan presentase degradasi mangrove pada setiap periode disajikan pada tabel 20.

Tabel 13. Luas Degradasi Mangrove Pesisir Utara Jawa Tengah per Periode 5 Tahunan

Degradasi		
Periode	Luas (ha)	Presentase
1995-2000	5750,112127	17%
2000-2005	7966,489408	24%
2005-2010	5041,202373	15%
2010-2015	3842,690462	12%
2015-2020	6448,442546	19%
2020-2025	4199,621846	13%

Sumber : Analisis Penulis, 2026



Sumber : Analisis Penulis, 2026

Gambar 17. Tren Laju Degradasi Mangrove 1995–2025

Berdasarkan data diatas, laju degradasi mangrove di pesisir utara Jawa Tengah menunjukkan pola yang berfluktuasi pada setiap periode pengamatan. Penelitian ini mengidentifikasi periode 2000-2005 sebagai periode dengan tingkat degradasi tertinggi yang mencapai 7.688,48 hektar atau sekitar 24% dari total degradasi mangrove selama tahun 1995-2025. Kehilangan mangrove pada periode tersebut karena berkaitan dengan abrasi dan meningkatnya konversi kawasan pesisir menjadi tambak, pemukiman, dan bentuk pemanfaatan lainnya. Penelitian ini juga menemukan degradasi mangrove yang cukup tinggi pada periode 2015-2020 dengan luas mencapai 6.4488,44 hektar atau sekitar 19% dari total degradasi historis. Perbedaan tingkat degradasi pada setiap periode menunjukkan tekanan terhadap ekosiste mangrove berasal dari berbagai fakto lingkungan dan aktivitas manusia yang berbeda pada masing-masing periode.

Luas degradasi tersebut tidak terjadi secara merata pada seluruh wilayah penelitian. Setiap Kabupaten/Kota menunjukkan karakteristik perubahan mangrove yang berbeda sesuai dengan kondisi fisik wilayah dan intensitas pemanfaatan lahan pesisir. Penelitian ini menganalisis luas degradasi mangrove pada masing-masing Kabupaten/Kota untuk mengetahui wilayah yang mengalami kehilangan mangrove paling signifikan selama periode penelitian. Hasil analisis tersebut memberikan gambaran mengenai pola sebaran degradasi mangrove di kawasan pesisir utara Jawa Tengah. Rincian luas degradasi mangrove pada 13 Kabupaten/Kota disajikan pada tabel 21. Dinamika Luas lahan Mangrove Pesisir Utara Jawa Tengah tahun 1995-2025.

4.2 Validasi Data dan Uji Akurasi

Tahapan sebelum melakukan interpretasi terhadap peta rencana lokasi rehabilitasi mangrove adalah pelaksanaan uji akurasi (*accuracy assessment*). Validasi ini dilakukan untuk mengevaluasi tingkat ketepatan hasil mangrove yang di peroleh dari algoritma *Mangrove Vegetation Index* (MVI) serta memastikan keandalan data yang digunakan dalam proses analisis spasial. Peneliti melakukan pengujian akurasi menggunakan titik sampel yang mewakili kondisi lapangan. Proses validasi memerlukan penentuan jumlah sampel dan metode distribusi titik yang sesuai. Hasil uji akurasi tersebut menjadi dasar dalam menilai kualitas data.

4.2.1 Penentuan Jumlah Titik Sampel

Mengingat luasnya area studi di sepanjang Pantai Utara Jawa Tengah yang direpresentasikan dalam jutaan piksel, penentuan jumlah sampel minimal dihitung menggunakan pendekatan statistik rumus *Cochran* untuk populasi tak terhingga (*infinite population*). Parameter yang digunakan dalam perhitungan ini mencakup tingkat kepercayaan (*confidence level*) sebesar 95% dan batas toleransi kesalahan (*margin of error*) sebesar 10%. Adapun formulasi matematis dan penjabaran perhitungannya adalah 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%).

Berdasarkan nilai parameter tersebut, perhitungan jumlah sampel eksekusi adalah sebagai berikut:

$$n = \frac{1,96^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5}{(0,1)^2}$$

$$n = \frac{3,8416 \cdot 0,25}{0,01}$$

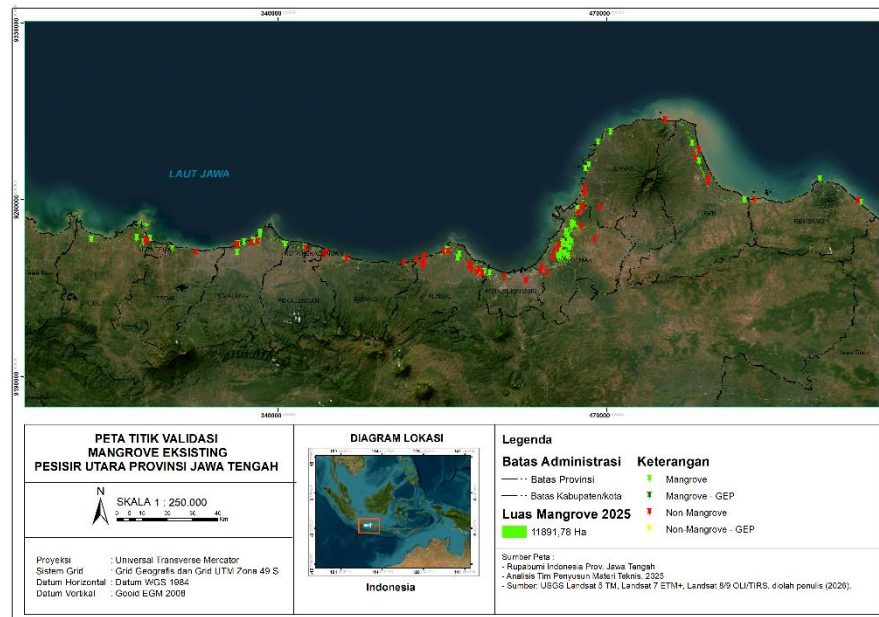
$$n = \frac{0,9604}{0,01}$$

$$n = 96,04$$

Berdasarkan hasil perhitungan matematis tersebut, jumlah sampel minimum yang secara statistik dapat mewakili populasi area penelitian adalah sebanyak 96,04 titik. Dalam pelaksanaannya, penelitian ini membulatkan jumlah tersebut menjadi 96 titik sampel untuk mempermudah proses distribusi sampel pada wilayah penelitian. Penambahan jumlah sampel juga bertujuan untuk meningkatkan keterwakilan kondisi spasial yang beragam di sepanjang pesisir utara Jawa Tengah. Selain itu, sejumlah titik tambahan disiapkan sebagai cadangan apabila terdapat lokasi yang tidak dapat digunakan pada proses validasi akibat keterbatasan data atau kondisi lapangan yang tidak memungkinkan.

4.2.2 Metode Persebaran Titik Sampel

Persebaran 96 titik sampel pada penelitian ini tidak dilakukan secara acak murni, melainkan menggunakan metode *Stratified Random Sampling*. Penelitian ini membagi titik sampel ke dalam beberapa strata berdasarkan mangrove dan non-mangrove sehingga setiap kelas keterwakilan yang memadai dalam proses validasi. Metode ini memungkinkan distribusi sampel lebih merata pada seluruh wilayah penelitian dibandingkan pengambilan sampel acak sederhana. Peneliti kemudian menyebarkan titik-titik sampel tersebut secara acak pada masing-masing strata yang tersebar di wilayah pesisir utara Jawa Tengah. Pendekatan ini bertujuan untuk meningkatkan keandalan pengujian akurasi serta mengurangi potensi bias yang dapat muncul akibat ketidakseimbangan jumlah sampel pada kelas mangrove dan non-mangrove.



Sumber : Hasil Analisis, 2026

Gambar 18. Peta Sebaran Titik Sampel Validasi

4.2.3 Pelaksanaan Validasi Ganda

Tahapan validasi terhadap 96 titik sampel dilakukan untuk mengevaluasi tingkatan ketepatan hasil mangrove yang digunakan dalam penelitian ini. Penelitian ini menerapkan pendekatan validasi gabungan dengan memanfaatkan data observasi lapangan dan citra dari *Google Earth Pro* untuk memperoleh informasi yang akurat mengenai kondisi mangrove pada lokasi sampel. Pendekatan ini memungkinkan proses verifikasi dilakukan pada area yang dapat dijangkau secara langsung maupun pada lokasi yang memiliki keterbatasan akses. Hasil validasi kemudian digunakan sebagai dasar dalam penyusunan matriks kesalahan untuk menghitung tingkat akurasi. Tahapan ini bertujuan untuk memastikan bahwa data yang digunakan dalam analisis memiliki tingkat keandalan yang memadai.

1. Observasi Lapangan (*Ground Check*)

Peneliti ini melakukan observasi lapangan pada titik-titik sampel yang memiliki aksesibilitas yang memadai dan lokasi yang dekat untuk memverifikasi kondisi mangrove. Proses ini dilakukan dengan mencocokkan hasil mangrove dengan kondisi eksisting di lapangan pada tahun eksisting. Informasi hasil observasi digunakan untuk memastikan kesesuaian antara mangrove dan kondisi nyata pada lokasi sampel.

2. Interpretasi Visual (*Google Earth Pro*)

Peneliti menggunakan citra resolusi tinggi dari *Google Earth Pro* untuk memvalidasi titik sampel yang sulit dijangkau atau berada pada kawasan pesisir yang memiliki keterbatasan akses dan lokasi yang jauh. Interpretasi dilakukan berdasarkan karakteristik objek, seperti bentuk, pola, tekstur, dan rona yang terlihat di citra. Pendekatan ini membantu proses verifikasi pada lokasi yang tidak memungkinkan untuk dilakukan observasi lapangan secara langsung. Hasil validasi kemudian digunakan sebagai data referensi untuk mendukung proses pengujian akurasi.

Penggabungan data lapangan dan interpretasi *Google Earth Pro* menghasilkan matriks kesalahan (*Confusion Matrix*) digunakan untuk menghitung nilai akurasi klasifikasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai *Overall Accuracy* mencapai ... yang menunjukkan bahwa hasil klasifikasi memiliki tingkat ketepatan yang baik dalam membedakan objek mangrove dan non-mangrove pada wilayah pesisir utara Jawa Tengah. Nilai akurasi tersebut memberikan dasar yang kuat untuk menggunakan hasil klasifikasi sebagai masukan dalam analisis perubahan mangrove dan penyusunan peta rencana lokasi rehabilitasi mangrove. Tabel matriks kesalahan hasil pengujian akurasi dapat dilihat pada Tabel 25. Matriks Kesalahan Validasi Mangrove.

Tabel 14. Matriks Kesalahan Validasi Mangrove.

Data Referensi	Mangrove	Non-Mangrove	Total Baris (User)	User's Accuracy (%)
Mangrove	43	5	48	89,58
Non-Mangrove	8	40	48	83,33
Total Kolom (Producer)	51	45	96	
Producer's Accuracy (%)	84,31	88,89		OA = 86,46%

Sumber : Analisis Penulis, 2026









Tabel matriks kesalahan (*confusion matrix*) menunjukkan bahwa hasil klasifikasi mangrove yang digunakan dalam penelitian ini memiliki tingkat ketepatan yang baik. Berdasarkan pengujian terhadap 96 titik sampel validasi, nilai *Overall Accuracy* yang diperoleh mencapai 83%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar hasil klasifikasi memiliki kesesuaian dengan data referensi yang diperoleh melalui observasi lapangan dan interpretasi citra resolusi tinggi. Tingkat akurasi ini memberikan keyakinan bahwa data hasil klasifikasi mampu mempresentasikan kondisi tutupan mangrove di wilayah penelitian secara

memadai. Oleh karena itu, hasil klasifikasi tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam analisis perubahan mangrove dan penyusunan rencana lokasi rehabilitasi mangrove.

Berdasarkan nilai *Producer's accuracy*, kelas mangrove menunjukkan tingkat ketepatan sebesar 81,82%, sedangkan non-mangrove menunjukkan tingkat ketepatan sebesar 84,44%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar objek pada masing-masing kelas berhasil diidentifikasi dengan benar oleh model klasifikasi. Sementara itu, nilai *User's Accuracy* sebesar 86,54% pada kelas mangrove dan 79,17% pada kelas non-mangrove menunjukkan bahwa sebagian hasil klasifikasi memiliki tingkat keandalan yang baik ketika dibandingkan dengan kondisi aslinya. Perbedaan nilai akurasi antar kelas menunjukkan adanya sejumlah piksel yang mengalami kesalahan klasifikasi, namun jumlahnya relatif kecil dibandingkan dengan keseluruhan sampel yang diuji. Secara hasil, hasil pengujian menunjukkan bahwa model klasifikasi mampu membedakan objek mangrove dan non-mangrove dengan tingkat ketepatan yang memadai.

Beberapa ketidaksesuaian antara hasil dan data lapangan dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan pesisir yang bersifat dinamis. Perubahan garis pantai, abrasi, sedimentasi, serta karakteristik piksel campuran pada citra dapat menyebabkan kesalahan pada beberapa lokasi. Selain itu, keberadaan vegetasi pesisir lain yang memiliki karakteristik spektral yang mirip dengan mangrove juga berpotensi menimbulkan kesalahan klasifikasi pada sebagian titik sampel. Meskipun demikian, proses validasi menggunakan gabungan observasi lapangan dan *Google Earth Pro* membantu mengurangi tingkat ketidakpastian dalam proses pengujian akurasi. Dengan demikian, hasil klasifikasi yang diperoleh dinilai cukup andal untuk digunakan sebagai dasar analisis pada penelitian ini.

Validasi lapangan dilakukan pada Lokasi yang dapat dijangkau secara langsung untuk memastikan kesesuaian antara hasil klasifikasi dan kondisi actual di lapangan. Peneliti mengamati karakteristik tutupan lahan, keberadaan vegetasi mangrove, dan kondisi lingkungan pesisir pada titik-titik sampel yang telah ditentukan sebelumnya. Pada Lokasi yang sulit diakses dan jauh, proses validasi dilakukan melalui *Google Earth Pro*. Pendekatan ini memungkinkan verifikasi kondisi objek secara lebih rinci pada wilayah yang tidak memungkinkan untuk dilakukan survey lapangan secara langsung. Beberapa dokumentasi hasil validasi yang digunakan sebagai acuan dalam penyusunan matriks kesalahan dapat dilihat pada gambar berikut.

Rencana Lokasi	Validasi Lapangan
 <p data-bbox="240 521 483 555">Kabupaten Demak</p>	
 <p data-bbox="240 851 443 884">Kota Semarang</p>	
 <p data-bbox="240 1196 517 1229">Kabupaten Pemalang</p>	
 <p data-bbox="240 1594 483 1628">Kabupaten Kendal</p>	

Sumber: Validasi Lapangan, 2026

Gambar 19. Hasil Validasi Lapangan

Gambar 20. Titik 1 Validasi Lapangan. Hasil observasi lapangan menunjukkan bahwa Lokasi pengamatan memiliki tutupan vegetasi mangrove yang sesuai dengan klasifikasi mangrove tahun 2025. Hasil Observasi mangrove pada Kawasan pesisir yang masih dipengaruhi oleh dinamika pasang surut dan didukung oleh kondisi substrat yang

sesuai. Keberadaan tegakan mangrove pada Lokasi tersebut menunjukkan kesesuaian antara hasil interpretasi citra dan kondisi aktual di lapangan. Hasil pengamatan ini mengonfirmasi bahwa objek yang teridentifikasi sebagai mangrove pada peta mangrove 2025 merupakan vegetasi mangrove yang benar di temukan di lapangan. Temua tersebut mendukung hasil pengujia akurasi yang menunjukkan bahwa klasifikasi mangrove memiliki Tingkat ketepatan yang baik.

4.3 Analisis Rencana Lokasi Rehabilitasi Mangrove

Setelah menganalisis perubahan luas dan degradasi mangrove selama periode 1995-2025, penelitian ini melanjutkan tahapan analissi dengan melakukan identifikasi lokasi yang sesuai untuk rehabilitasi mangrove. Analisis ini memanfaatkan beberapa parameter biofisik yang berpengaruh terhadap pertumbuhan mangrove, yaitu kemiringan lereng, kecepatan arus, elevasi intertidal, jenis tanah, dan degradasi mangrove. Penelitian ini menggunakan metode tumpang susun (*Overlay*) untuk menggabungkan seluruh parameter tersebut sehingga diperoleh data mengenai rencana lokasi yang memenuhi persyaratan tumbuhnya mangrove. Hasil analisis ini menjadi dasar dalam penyusunan peta rencana lokasi rehabilitasi mangrove di kawasan pesisir utara Jawa Tengah.

Proses analisis dimulai dengan menyiapkan setiap parameter lingkungan yang telah disesuaikan dengan kriteria pertumbuhan mangrove. Peneliti kemudian melakukan *overlay* terhadap parameter kemiringan lereng, kecepatan arus, jenis tanah, dan elevasi intertidal untuk mengidentifikasi area yang memenuhi seluruh kondisi lingkungan yang dibutuhkan oleh mangrove. Area yang memenuhi kriteria tersebut selanjutnya digabungkan dengan peta degradasi mangrove untuk menentukan lokasi yang sesuai sekaligus memerlukan tindakan rehabilitasi. Tahapan ini menghasilkan lokasi-lokasi yang memiliki kondisi fisik lingkungan yang mendukung pertumbuhan mangrove dan menunjukkan tingkat kerusakan mangrove yang memerlukan pemuliham. Hasil akhir analisis disajikan dalam bentuk peta yang digunakan sebagai acuan perencanaan rehabilitasi mangrove di pesisir utara Jawa Tengah.

Rincian parameter yang digunakan dalam analisis kesesuaian lahan mangrove dapat dilihat pada Tabel 23. Kriteria Kesesuaian Lahan untuk Rehabilitasi Mangrove. Penelitian ini menggunakan empat parameter biofisik utama yang terdiri dari kemiringan lereng, kecepatan arus, elevasi intertidal, dan jenis tanah untuk mengidentifikasi lokasi yang sesuai bagi pertumbuhan mangrove. Pemilihan parameter tersebut didasarkan pada karakteristik lingkungan yang memengaruhi keberhasilan tumbuh dan perkembangan mangrove. Hasil

analisis kesesuaian tersebut kemudian menjadi dasar dalam penentuan lokasi rehabilitasi mangrove pada wilayah pesisir utara Jawa Tengah.

Tabel 15. Kriteria Kesesuaian Lahan untuk 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

Parameter yang digunakan dalam analisis kesesuaian lahan mangrove memiliki fungsi yang berbeda dalam mendukung pertumbuhan mangrove, yaitu sebagai berikut:

1. Kemiringan lereng digunakan untuk menggambarkan kondisi topografi pesisir yang mempengaruhi proses pengendapan sedimen. Kawasan dengan lereng yang relatif landai umumnya lebih mendukung pembentukan habitat mangrove yang stabil.

2. Kecepatan arus digunakan untuk menggambarkan tingkat dinamika perairan pada lokasi pesisir. Arus yang terlalu kuat dapat menghambat pertumbuhan bibit mangrove dan meningkatkan potensi pengikisan sedimen di kawasan pesisir.

3. Elevasi intertidal digunakan untuk menentukan kesesuaian suatu lokasi terhadap pengaruh pasang surut. Parameter ini berperan dalam mengidentifikasi area yang memiliki frekuensi genangan yang sesuai bagi pertumbuhan mangrove.

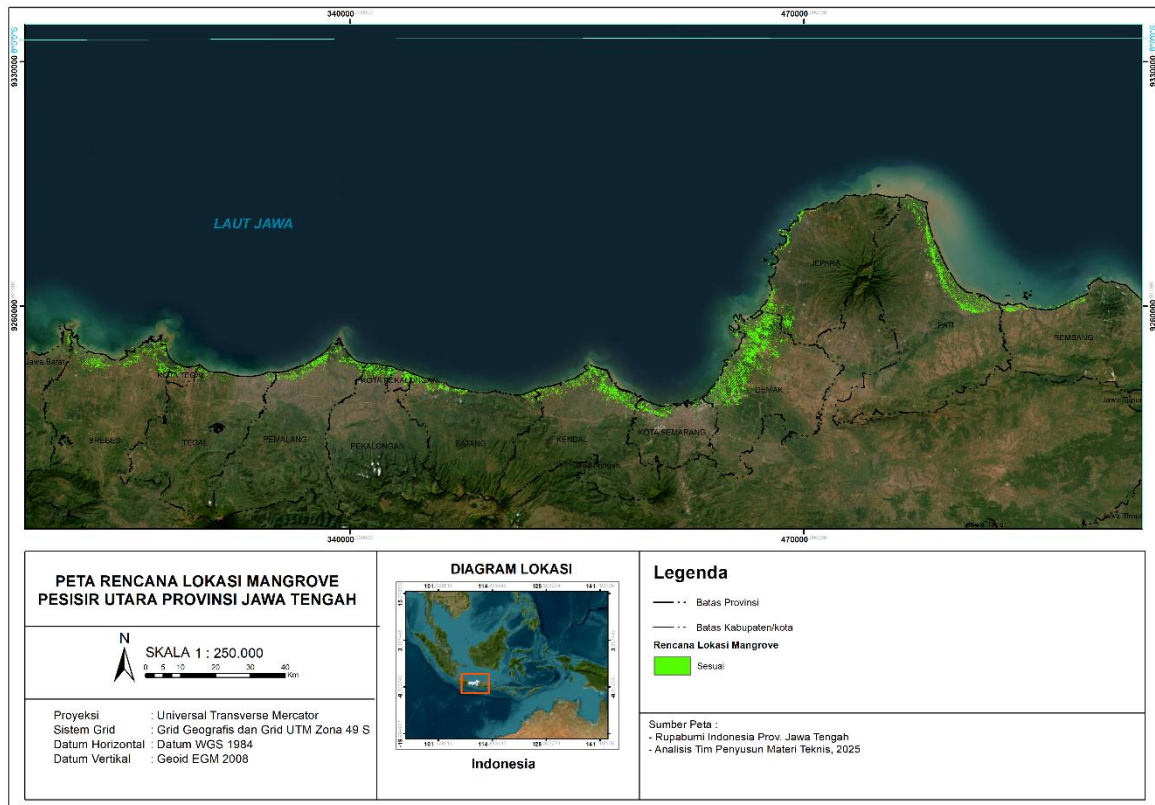
4. Jenis tanah/substrat digunakan untuk mengidentifikasi kondisi tanah yang mampu mendukung pertumbuhan akar dan perkembangan vegetasi mangrove. Substrat didominasi oleh lumpur atau pasir berdasarkan jenis mangrovenya.

Peneliti menggabungkan seluruh parameter kesesuaian tersebut melalui proses *overlay* untuk menghasilkan area yang memenuhi kebutuhan lingkungan bagi pertumbuhan mangrove. Hasil kesesuaian lahan kemudian digabungkan dengan peta degradasi mangrove untuk mengidentifikasi lokasi yang sesuai sekaligus memerlukan tindakan rehabilitasi.

Pendekatan ini memungkinkan penentuan lokasi berdasarkan kondisi fisik lingkungan dan tingkat kehilangan ekosistem yang terjadi di kawasan pesisir. Lokasi yang memenuhi seluruh kriteria kesesuaian dan berada pada area yang mengalami degradasi ditetapkan sebagai rencana lokasi rehabilitasi mangrove. Hasil akhir analisis disajikan dalam bentuk peta rencana lokasi rehabilitasi mangrove yang dapat digunakan sebagai dasar pengelolaan dan pemulihan ekosistem pesisir.

Hasil tumpang susun (*overlay*) dari parameter kemiringan lereng, kecepatan arus, elevasi intertidal, dan jenis tanah menghasilkan peta kesesuaian lahan untuk pertumbuhan mangrove di wilayah pesisir utara Provinsi Jawa Tengah. Analisis tersebut mengidentifikasi lokasi-lokasi yang memenuhi kondisi biofisik yang dibutuhkan oleh mangrove berdasarkan karakteristik lingkungan pesisir. Hasil tersebut di gabungkan dengan peta degradasi mangrove untuk menentukan area yang sesuai sekaligus memerlukan tindakan rehabilitasi. Proses ini menghasilkan data mengenai rencana lokasi rehabilitasi mangrove yang dapat mendukung upaya pemulihan ekosistem pesisir.

Peta rencana lokasi rehabilitasi mangrove yang dihasilkan dalam penelitian ini menjadi bentuk sintesis antara kondisi biofisik lingkungan dengan degradasi mangrove. Informasi tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam penyusunan program rehabilitasi yang lebih terarah sesuai karakteristik mangrove. Selain mendukung upaya pemulihan ekosistem, rehabilitasi mangrove juga berpotensi meningkatkan fungsi pelindung alami pesisir terhadap berbagai tekanan lingkungan. Hasil penelitian ini dapat menjadi salah satu masukan dalam penerapan pendekatan *Nature-Based Solutions* (NbS) pada pengelolaan wilayah pesisir utara Provinsi Jawa Tengah. Sebaran rencana Lokasi rehabilitasi mangrove dapat dilihat pada Gambar 20. Peta Rencana Lokasi Mangrove.



Sumber : Analisis Penulis, 2026

Gambar 20. Peta Rencana Lokasi Rehabilitasi Mangrove

Peta rencana lokasi rehabilitasi mangrove di pesisir utara Provinsi Jawa Tengah menunjukkan sebaran area yang memiliki kondisi biofisik yang sesuai untuk rehabilitasi mangrove berdasarkan hasil tumpang tindih (*Overlay*) parameter kemiringan lereng, kecepatan arus, zona intertidal, jenis tanah, dan tingkat degradasi mangrove. Sebaran lokasi teridentifikasi membentuk pola memanjang mengikuti garis pantai dan terkonsentrasi pada zona pesisir yang masih dipengaruhi oleh proses pasang surut. Pola tersebut menunjukkan bahwa keberadaan habitat mangrove sangat erat kaitannya dengan kondisi lingkungan pesisir yang mendukung pertumbuhan vegetasi mangrove secara alami. Hasil analisis juga memperlihatkan bahwa area yang direkomendasikan untuk rehabilitasi berada pada wilayah antara daratan dan perairan pantai. Kondisi ini mengindikasikan bahwa faktor lingkungan pesisir menjadi penentu utama dalam pembentukan habitat mangrove di kawasan pesisir utara Jawa Tengah.

Berdasarkan peta rencana lokasi rehabilitasi mangrove, sebaran lokasi rehabilitasi mangrove ditemukan hampir di seluruh Kabupaten dan Kota yang berada di sepanjang

pesisir utara Jawa Tengah. Area yang relatif luas terlihat pada wilayah pesisir Kabupaten Demak, Jepara, Pati, dan sebagian Kabupaten Rembang, sedangkan area yang lebih kecil dan terfragmentasi ditemukan pada beberapa wilayah perkotaan seperti Kota Semarang dan Kota Pekalongan. Perbedaan pola sebaran tersebut menunjukkan adanya variasi karakteristik lingkungan pesisir pada masing-masing wilayah. Sebaran yang lebih luas mengindikasikan ketersediaan ruang pesisir yang masih mendukung rehabilitasi mangrove, sedangkan sebaran yang lebih kecil menunjukkan keterbatasan area yang memenuhi kriteria lingkungan mangrove yang telah ditetapkan. Variasi tersebut mencerminkan kondisi biofisik berbeda pada setiap segmen pesisir di wilayah pesisir utara Jawa Tengah.

Hasil pemetaan ini menghasilkan informasi mengenai lokasi-lokasi yang berpotensi menjadi rencana lokasi rehabilitasi mangrove di pesisir utara Jawa Tengah. Lokasi yang teridentifikasi pada peta merupakan area yang memenuhi persyaratan lingkungan bagi pertumbuhan mangrove sekaligus berada pada kawasan yang memerlukan upaya rehabilitasi mangrove. Informasi tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam penyusunan program rehabilitasi mangrove yang lebih terarah dan sesuai dengan karakteristik wilayah pesisir. Selain mendukung rehabilitasi mangrove, hasil analisis ini juga dapat menjadi salah satu masukan dalam penerapan pendekatan *Nature-Based Solutions* (NbS) pada pengelolaan kawasan pesisir. Dalam konteks kebijakan pembangunan *Giant Sea Wall* di pesisir utara Jawa Tengah, peta rencana lokasi rehabilitasi mangrove ini dapat digunakan sebagai arahan untuk mendukung upaya peningkatan ketahanan pesisir melalui penguatan fungsi perlindungan alami yang dimiliki oleh ekosistem mangrove.