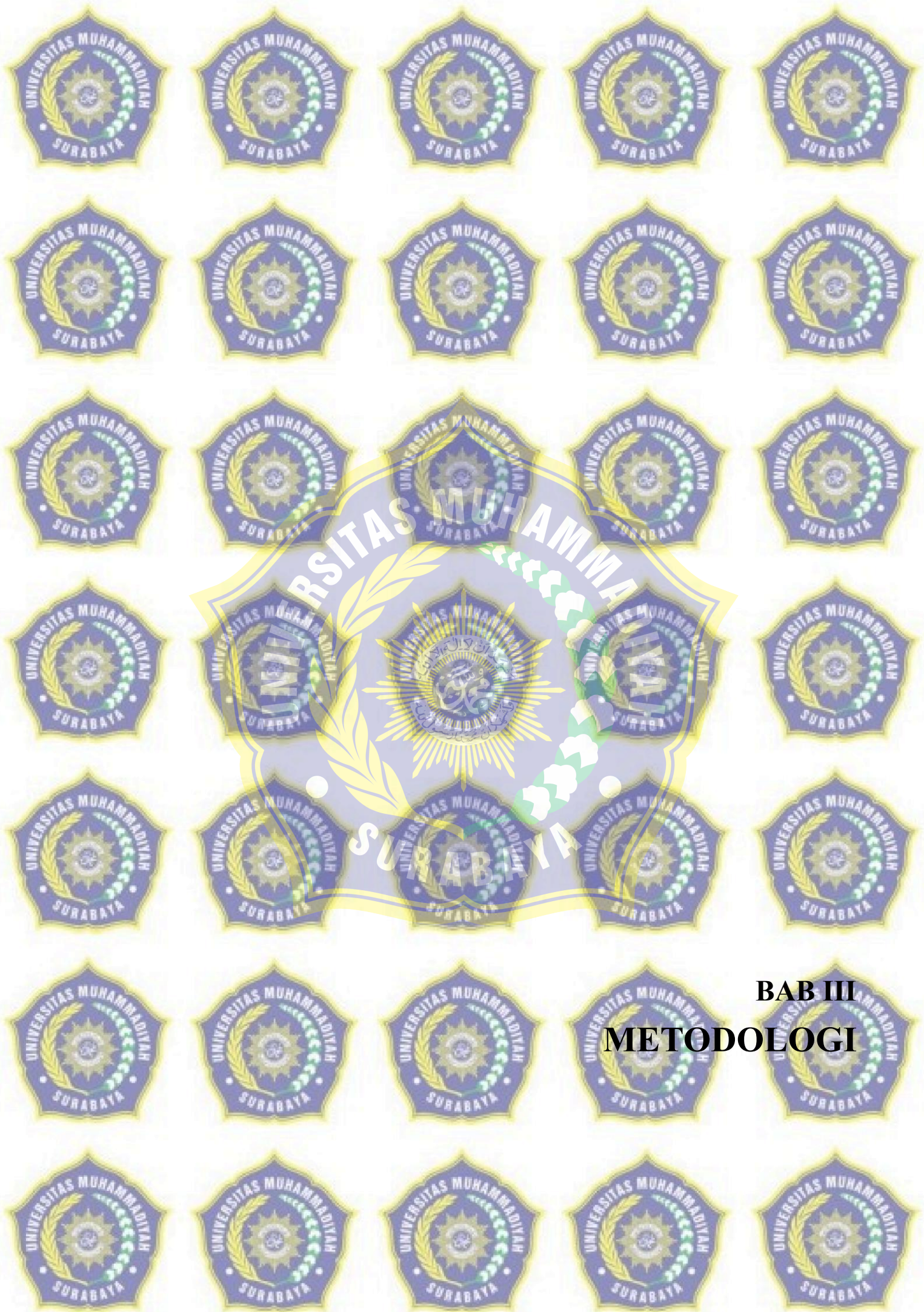




BAB III

METODOLOGI

BAB 3

METODOLOGI

3.1 Lokasi dan Waktu Skripsi

Informasi mengenai Lokasi Skripsi perubahan garis Pantai yang akan diAnalisis adalah sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Lokasi dan Rentang Waktu Skripsi

Lokasi	: Pantai Muara Gede, Hutan, Tempurrejo, Kec. Tempursari, Kabupaten Lumajang, Jawa Timur.
Koordinat	: $\pm 8^{\circ}18'$ LS dan $113^{\circ}02'$ BT
Luas Total <i>AOI</i>	: $\pm 2.49 \text{ km}^2$
Rentang Waktu	: 2020, 2021, 2022, 2023, 2024 dan 2025
Sumber : Olahan Penulis (2026)	



Gambar 3. 1 Area of Interest (AOI) Pantai Muara Gede
Sumber: Olahan penulis (2026), berdasarkan citra Google Earth

3.2 Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam Skripsi ini terdiri atas data utama dan data pendukung. Data utama berupa *citra satelit multitemporal Landsat 8* dan *Landsat 9* tahun 2020–2025 dalam format *raster (GeoTIFF)* yang digunakan untuk ekstraksi garis pantai. Selain itu, digunakan pula data *shoreline* dalam format *shapefile* sebagai *input* utama Analisis *DSAS*, serta *baseline* dalam bentuk *polyline* yang berfungsi sebagai acuan pembuatan transek. Data hasil Analisis *DSAS* berupa *shapefile* dan tabel statistik digunakan untuk memperoleh nilai perubahan garis pantai seperti *NSM*, *EPR*, *LRR*, dan *SCE*.

Sumber data utama diperoleh dari *USGS Earth Explorer*, khususnya citra *Landsat 8 OLI/TIRS* dan *Landsat 9 OLI-2/TIRS-2* dengan resolusi spasial 30 meter dan resolusi temporal 16 hari. Citra yang dipilih memiliki tingkat tutupan awan kurang dari 30% serta berada pada periode akuisisi yang relatif sama setiap tahun untuk meminimalkan pengaruh musiman. Citra resolusi tinggi Google Earth untuk validasi visual, serta data hidrografi, batimetri, curah hujan, dan debit sungai apabila tersedia.

3.2.1 Jenis Data

Skripsi ini menggunakan data spasial dan data pendukung sebagaimana disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 2 Jenis Data Skripsi

No	Jenis Data	Format	Kegunaan
1	Citra satelit <i>multitemporal</i>	<i>Raster (GeoTIFF)</i>	Ekstraksi garis pantai tahun 2020–2025
2	Data <i>shoreline</i>	<i>Vektor (Shapefile)</i>	<i>Input</i> Analisis <i>DSAS</i>
3	<i>Baseline</i>	<i>Vektor (Polyline)</i>	Referensi <i>transect</i>
4	<i>Hasil Analisis DSAS</i>	<i>Vektor dan tabel</i>	Perhitungan <i>NSM</i> , <i>EPR</i> , <i>LRR</i>
5	Data pendukung	<i>Raster/Vektor</i>	<i>Validasi dan referensi</i>

Sumber : Olahan Penulis (2026)

3.2. Sumber Data

1. Data Citra Satelit

Data utama yang digunakan berupa *Landsat 8* dan *Landsat 9 OLI/TIRS*.

Tabel 3. 3 Spesifikasi Data Citra Satelit

Parameter	Spesifikasi
Satelit	<i>Landsat 8 OLI/TIRS</i> dan <i>Landsat 9 OLI-2/TIRS-2</i>
Resolusi spasial	30 meter
Resolusi temporal	16 hari

Rentang waktu	2020–2025
Jumlah citra	Minimal 1 citra per tahun
Level data	<i>Surface Reflectance</i>
<i>Cloud cover</i>	< 20%

Sumber : Olahan Penulis (2026)

Kriteria citra yang digunakan meliputi:

- kondisi tutupan awan minimal,
- periode akuisisi relatif sama antar tahun,
- tidak berada pada kondisi pasang ekstrem.

2. Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan meliputi:

- Peta RBI skala 1:25.000 dari BIG,
- data hidrografi dan batimetri (jika tersedia),
- data curah hujan dan debit sungai dari BMKG atau Balai Wilayah Sungai.

3.3 Peralatan dan Perangkat Lunak

3.3.1 QGIS dan DSAS: Software Pengolahan Citra

Perangkat lunak yang telah banyak digunakan dalam kajian geomorfologi pesisir adalah *QGIS* dan *Digital Shoreline Analysis System (DSAS)*, yang digunakan untuk pengolahan data spasial dan Analisis dinamika garis pantai dalam skripsi ini.

Tahap pra-pengolahan gambar satelit Landsat 8 dan Landsat 9 (OLI/TIRS Collection 2 Level 2) menggunakan *QGIS* versi 3.40.7 sebagai perangkat utama. Perangkat ini digunakan untuk mempersiapkan data untuk Analisis lanjutan. Proses pengolahan termasuk:

- Memasukkan gambar satelit dalam format GeoTIFF dan melakukan pengecekan kesesuaian posisi spasial.
- Mengubah sistem koordinat ke proyeksi WGS 84 / UTM Zona 49N agar sesuai dengan standar pemetaan Indonesia.
- Memisahkan area daratan dan perairan menggunakan pendekatan indeks spektral, yaitu NDWI dan MNDWI.
- Hasil ekstraksi garis pantai disempurnakan dengan digitasi manual untuk meningkatkan ketelitian.

Kemampuan *QGIS* untuk mengolah data *raster* dan vektor secara bersamaan, sifatnya yang open source, dan kemudahan integrasinya dengan berbagai alat Analisis spasial menjadikannya pilihan yang tepat.

Selanjutnya, Analisis kuantitatif perubahan garis pantai dilakukan dengan menggunakan ekstensi *DSAS*, yang dikembangkan oleh USGS. *DSAS* digunakan untuk menghitung laju perubahan garis pantai secara sistematis dan berbasis statistik. Dalam skripsi ini, fungsi utama *DSAS* meliputi:

1. Membuat *baseline* sebagai garis acuan pengukuran
2. Membuat transek secara otomatis dengan orientasi tegak lurus garis pantai
3. Menghitung parameter perubahan garis pantai seperti *Net Shoreline Movement (NSM)*, *End Point Rate (EPR)*, dan *Linear Regression Rate (LRR)*
4. Menyajikan hasil dalam bentuk tabel dan menampilkan grafik perubahan garis pantai memberikan data kuantitatif untuk membantu memahami dinamika pesisir

Kombinasi kedua perangkat lunak ini memungkinkan Analisis yang menyeluruh secara visual dan numerik. Akibatnya, hasil yang dihasilkan lebih akurat dan dapat dipertanggung jawabkan.

3.3.2 Metode Ekstraksi dan Analisis Perubahan Garis Pantai dengan DSAS

Prinsip utama metode Analisis perubahan garis pantai dalam skripsi ini adalah untuk menemukan pola perubahan dengan membandingkan posisi garis pantai dalam beberapa periode waktu terhadap satu garis acuan (*baseline*). DSAS digunakan, yang bekerja berdasarkan pendekatan seri waktu.

Berikut ini adalah langkah-langkah Analisis yang dilakukan:

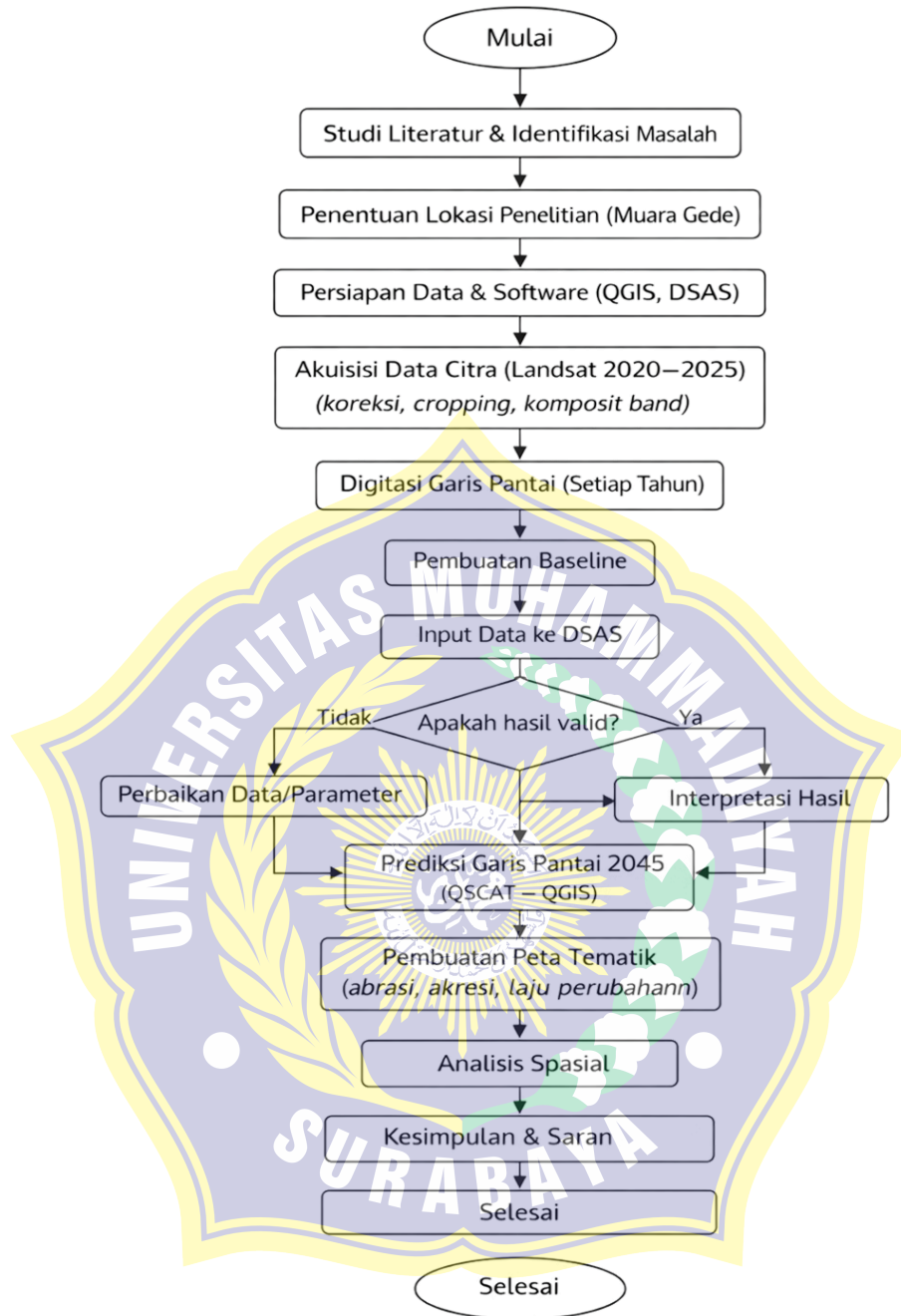
1. Mengambil Garis Pantai
 - A. Indeks NDWI digunakan untuk membedakan area darat dan air dari garis pantai yang diambil dari gambar Landsat 8 dan 9.
 - B. Hasil ekstraksi kemudian diedit secara manual untuk menyesuaikan dengan kondisi lapangan sebenarnya.
 - C. Setiap hasil digitasi disimpan dalam *shapefile* atau *GeoJSON* dengan penamaan berdasarkan tahun pengamatan (2020–2025).
 - D. Selanjutnya, semua data garis pantai dimasukkan ke dalam DSAS.
2. Pembuat *Baseline*
 - A. *Baseline* dibangun sejajar dengan kecenderungan umum garis Pantai.
 - B. Posisi *baseline* ditempatkan di sisi laut (ke arah laut) untuk memastikan bahwa seluruh transek memotong garis Pantai.
 - C. *Baseline* berfungsi sebagai referensi tetap untuk menghitung perubahan garis Pantai.
3. Pembuatan *Transect*
 - A. DSAS membuat *transect* secara otomatis pada *interval* tertentu.
 - B. Arah *transect* tegak lurus ke garis Pantai.
 - C. Setiap *transect* memotong garis pantai secara keseluruhan dari tahun 2020 hingga 2025, memungkinkan Analisis perubahan secara temporal
4. Perhitungan untuk Menghitung Perubahan Garis Pantai

- A. DSAS menggunakan pendekatan statistik untuk menghitung perubahan garis pantai secara otomatis.
- B. Laju End Pointt (EPR) dihitung berdasarkan dua periode waktu awal dan akhir.
- C. Laju Regresi Linear (LRR) digunakan untuk mengidentifikasi tren perubahan jangka Panjang.
- D. Pergeseran *Net Shoreline (NSM)* menunjukkan jarak pergeseran garis pantai secara keseluruhan
- E. *Envelope* Perubahan Garis Pantai (*SCE*) menunjukkan rentang maksimum perubahan garis Pantai.

3.4 Diagram Alir

Berikut adalah Diagram alir Skripsi terhadap perubahan garis Pantai.





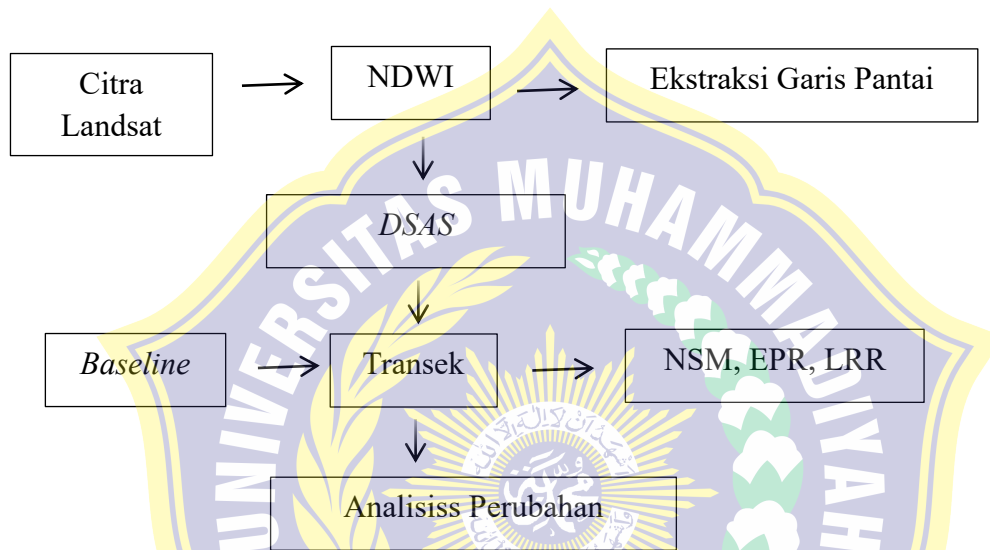
Gambar 3. 2 Flowchart Skripsi
Sumber : Olahan penulis (2026)

3.5 Teknik Analisis Data

Bagian ini membahas hasil Analisis perubahan garis pantai di Muara Gede, Kabupaten Lumajang, yang dilakukan berdasarkan data citra satelit tahun 2020–2025. Tujuan dari Analisis ini adalah untuk mengetahui besarnya perubahan garis pantai dan laju perubahannya untuk setiap segmen Skripsi.

3.5.1 Tahapan Analisis Perubahan Garis Pantai

Berikut merupakan tahapan Analisis perubahan garis pantai menggunakan metode *QGIS* dan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) terhadap data citra satelit tahun 2020–2025.



Gambar 3. 3 Diagram Alur Pengolahan data DSAS
Sumber : Olahan penulis (2026)

3.5.2 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan terhadap citra Landsat 8 dan Landsat 9 tahun 2020–2025 menggunakan perangkat lunak QGIS. Tahap awal meliputi pengecekan sistem koordinat dan reproyeksi ke WGS 84 / UTM Zona 49 agar seluruh data memiliki referensi spasial yang sama. Selanjutnya, citra diolah menggunakan metode indeks air, yaitu NDWI dan MNDWI, untuk memisahkan area daratan dan perairan. Hasil pengolahan ini menghasilkan batas awal garis pantai yang kemudian dikonversi ke dalam bentuk vektor (*shapefile*).

Garis pantai hasil ekstraksi selanjutnya diperbaiki melalui digitasi manual untuk meningkatkan ketelitian. Setiap garis pantai disimpan berdasarkan tahun pengamatan dan dilakukan pengecekan topologi sebelum digunakan dalam Analisis DSAS.

3.5.3 Pendekatan *Threshold*

Pendekatan *threshold* digunakan untuk mengklasifikasikan piksel citra menjadi dua kelas utama, yaitu daratan dan perairan, berdasarkan nilai ambang batas tertentu. Nilai ini diperoleh dari hasil pengolahan indeks *NDWI* dan *MNDWI*. Piksel dengan nilai di atas ambang batas dikategorikan sebagai perairan, sedangkan nilai di bawahnya sebagai daratan. Hasil klasifikasi ini menghasilkan citra biner yang mempermudah proses ekstraksi garis pantai. Meskipun metode ini cukup efektif, hasilnya tetap memerlukan koreksi manual untuk menyesuaikan dengan kondisi lapangan, terutama pada wilayah pesisir yang kompleks.

3.5.4 Pendekatan *Band Ratio*

Pendekatan *band ratio* dilakukan dengan memanfaatkan perbandingan nilai spektral antar *band* pada citra satelit. Dalam Skripsi ini, metode ini diterapkan melalui perhitungan *NDWI* dan *MNDWI*. Pendekatan ini bertujuan untuk meningkatkan kontras antara daratan dan perairan sehingga batas garis pantai dapat teridentifikasi dengan lebih jelas. Penggunaan *band ratio* juga membantu mengurangi kesalahan klasifikasi yang mungkin terjadi pada metode *threshold* tunggal. Dengan demikian, kombinasi kedua pendekatan ini menghasilkan ekstraksi garis pantai yang lebih akurat sebelum dilakukan Analisis lebih lanjut.

3.5.5 Validasi Garis Pantai

Validasi garis pantai dilakukan untuk memastikan bahwa hasil ekstraksi garis pantai dari citra satelit memiliki tingkat ketelitian yang memadai sebelum digunakan dalam Analisis perubahan garis pantai menggunakan *Digital Shoreline Analysis System (DSAS)*. Proses validasi ini menjadi tahap penting karena hasil ekstraksi yang kurang akurat dapat mempengaruhi nilai perhitungan perubahan garis pantai seperti *Net Shoreline Movement (NSM)* dan *End Point Rate (EPR)*.

Dalam skripsi ini, validasi dilakukan dengan metode *overlay* atau tumpang susun antara garis pantai hasil ekstraksi dengan citra resolusi tinggi dari Google Earth. Proses ini bertujuan untuk membandingkan kesesuaian posisi garis pantai hasil digitasi dengan kondisi visual sebenarnya di lapangan. Selain itu, validasi juga mempertimbangkan bentuk morfologi pantai seperti muara sungai, area vegetasi pesisir, serta batas darat dan laut yang terlihat jelas pada citra resolusi tinggi.

Sebelum dilakukan validasi, seluruh data garis pantai dari tahun 2020 hingga 2025 diseragamkan dalam satu sistem koordinat, yaitu WGS 84 / UTM Zona 49S (EPSG: 32749). Penyamaan sistem koordinat ini bertujuan untuk menghindari pergeseran posisi spasial antar data yang dapat menyebabkan kesalahan dalam proses Analisis. Selanjutnya, dilakukan pengecekan topologi untuk memastikan bahwa garis pantai tidak saling tumpang tindih dan memiliki struktur geometri yang baik.



Gambar 3. 4 Validasi Garis Pantai Hasil Ekstraksi dengan Citra Resolusi Tinggi
Sumber: Olahan Penulis (2026)

Hasil validasi menunjukkan bahwa garis pantai hasil ekstraksi memiliki kesesuaian yang cukup baik dengan citra resolusi tinggi, meskipun terdapat beberapa perbedaan kecil pada area tertentu seperti daerah berlumpur dan wilayah dengan vegetasi rapat. Perbedaan ini umumnya disebabkan oleh keterbatasan resolusi spasial citra Landsat serta pengaruh kondisi pasang surut saat akuisisi citra. Dengan demikian, hasil validasi ini menunjukkan bahwa data garis pantai yang digunakan dalam Skripsi telah memenuhi tingkat ketelitian yang diperlukan dan dapat digunakan sebagai dasar dalam Analisis perubahan garis pantai di wilayah Muara Gede, Kabupaten Lumajang selama periode tahun 2020–2025

3.6 Prosedur Pengolahan dan Analisi Data

Selain pendekatan indeks air, ekstraksi garis pantai juga dilakukan menggunakan *plugin Dzetsaka* pada *QGIS* dengan algoritma *Random Forest*. Berbeda dengan *NDWI* yang memisahkan darat dan air berdasarkan nilai ambang tunggal, *Random Forest* merupakan metode klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) yang memanfaatkan sampel latih (*training samples*) untuk mengenali pola spektral tiap kelas objek. Prosedurnya diawali dengan pembuatan poligon sampel untuk kelas perairan dan daratan pada tiap citra, kemudian model dilatih dan diterapkan untuk mengklasifikasikan seluruh piksel dalam *AOI*. Hasil klasifikasi selanjutnya dikonversi menjadi poligon dan didigitasi menjadi garis pantai.

Penggunaan dua pendekatan ini bertujuan sebagai pembanding, sehingga garis pantai yang diperoleh tidak bergantung pada satu metode ekstraksi saja. Adapun garis pantai yang digunakan dalam analisis *DSAS* adalah hasil ekstraksi melalui pendekatan NDWI, sedangkan hasil klasifikasi *Dzetsaka* digunakan sebagai pemeriksaan silang terhadap konsistensi posisi garis pantai.

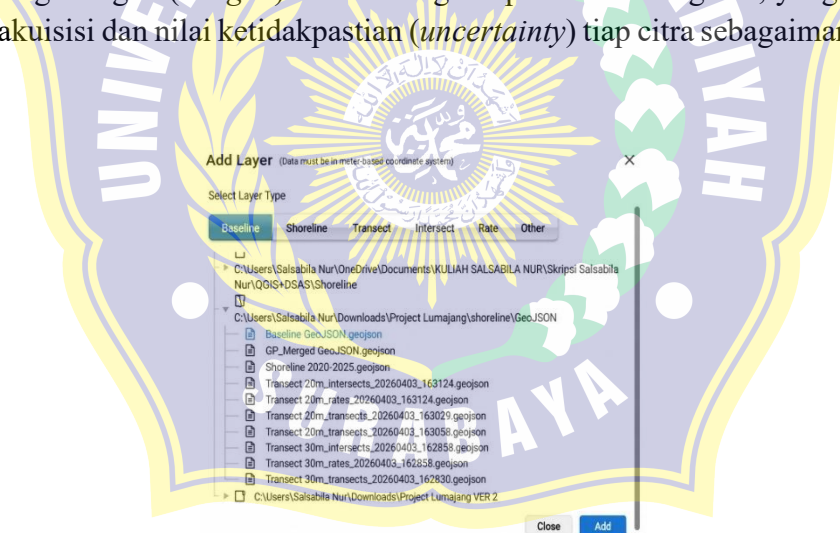
3.6.1 Prosedur Analisis Menggunakan *DSAS*

Analisis laju perubahan garis pantai dilakukan menggunakan *DSAS* versi 6.0 yang dijalankan sebagai aplikasi *standalone* berbasis data hasil digitasi dari *QGIS*. Prosedur analisis terdiri atas tiga tahap utama, yaitu pemasukan data, pembangkitan *transect*, dan perhitungan laju perubahan.

a. Pemasukan Data *Baseline* dan *Shoreline*

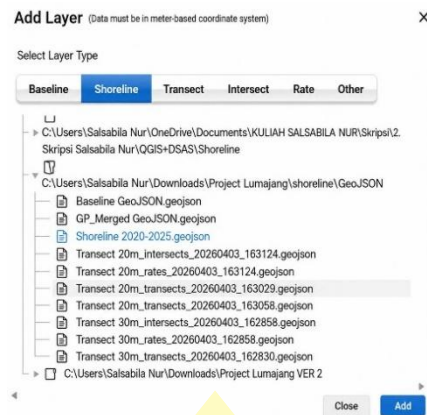
Tahap pertama adalah memasukkan dua data utama ke dalam *DSAS* melalui menu *Add Layer*, yaitu *baseline* sebagai garis acuan dan *shoreline* sebagai objek analisis. Seluruh data disiapkan dalam format *GeoJSON* dengan sistem koordinat *EPSG:32749 (WGS 84 / UTM Zone 49S)*, karena *DSAS* mensyaratkan data berada pada sistem koordinat bersatuan meter.

Baseline dibuat memanjang sejajar dengan pola umum garis pantai dan ditempatkan di sisi laut (*offshore*). Penempatan ini dipilih agar seluruh *transect* yang dibangkitkan dipastikan memotong seluruh garis pantai dari tahun 2020 hingga 2025. Adapun *shoreline* yang dimasukkan merupakan *layer* gabungan (*merged*) dari enam garis pantai hasil digitasi, yang telah dilengkapi atribut tanggal akuisisi dan nilai ketidakpastian (*uncertainty*) tiap citra sebagaimana disajikan pada Tabel 4.1.



Gambar 3. 5 Gambar Menambahkan *Baseline* ke *DSAS*

Sumber : Olahan penulis (2026)



Gambar 3. 6 Menambahkan *Shoreline* 2020-2025
Sumber : Olahan penulis (2026)

b. Pembangkitan *Transect* (*Cast Transect*)

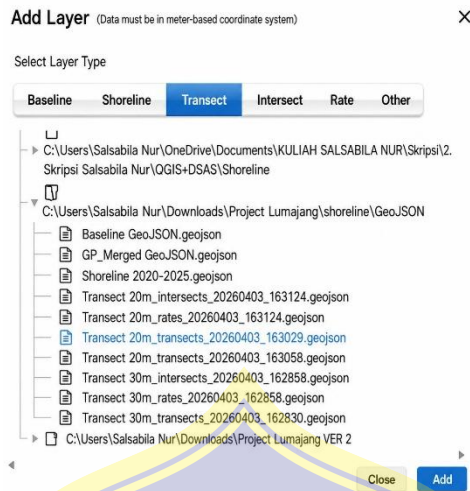
Transect merupakan garis ukur yang dibangkitkan secara otomatis oleh *DSAS* secara tegak lurus terhadap *baseline*. Parameter yang ditetapkan pada tahap *cast transect* disajikan pada Tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Parameter Pembangkitan *Transect* pada *DSAS*

Parameter	Nilai	Keterangan
<i>Transect spacing</i>	20 meter	Jarak antar-transek
<i>Transect length</i>	3.000 meter	Panjang transek agar memotong seluruh garis pantai
Smoothing distance	3.000 meter	Jarak penghalusan arah transek
Clip transects to <i>shoreline</i> extent	Aktif	Transek dipotong sesuai cakupan garis pantai

Sumber: Olahan penulis (2026).

Jarak antar-transek sebesar 20 meter dipilih untuk memperoleh kerapatan pengukuran yang memadai dalam merepresentasikan variasi perubahan garis pantai di sepanjang wilayah kajian, sekaligus tetap efisien secara komputasi. Jarak penghalusan (*smoothing distance*) diterapkan agar arah transek tidak terlalu dipengaruhi oleh kelokan lokal pada *baseline*, sehingga transek tetap tegak lurus terhadap kecenderungan umum garis pantai. Opsi *clip transects to shoreline extent* diaktifkan agar transek yang berada di luar cakupan garis pantai tidak diikutsertakan dalam perhitungan.



Gambar 3. 7 *Setting Cast Transect 20 Meter* di *DSAS*
Sumber : Olahan penulis (2026)

c. **Perhitungan Laju Perubahan (*Calculate Rates*)**

Tahap *calculate Rates* merupakan proses penetapan parameter statistik yang dihitung oleh *DSAS* pada tiap transek. Parameter yang dipilih dalam penelitian ini meliputi *End Pointt Rate (EPR)*, *Linear Regression Rate (LRR)*, *Net Shoreline Movement (NSM)*, *Shoreline Change Envelope (SCE)*, dan *Weighted Linear Regression (WLR)*. Rincian pengaturan disajikan pada Tabel 3.5.

Tabel 3. 5 Parameter Perhitungan Laju Perubahan pada *DSAS*

Parameter	Nilai / Pilihan
Statistik yang dihitung	<i>EPR, LRR, NSM, SCE, WLR</i>
<i>Shoreline intersection threshold</i>	6
<i>Display results using color ramp</i>	Aktif
<i>Create DSAS summary report</i>	Aktif

Sumber: Olahan penulis (2026).Pemilihan kelima parameter tersebut didasarkan pada kebutuhan analisis yang saling melengkapi. *EPR* dan *NSM* menggambarkan perubahan berdasarkan posisi garis pantai awal dan akhir, *LRR* memanfaatkan seluruh posisi garis pantai melalui pendekatan regresi, *SCE* menggambarkan rentang total pergerakan tanpa memperhatikan arah, sedangkan *WLR* memberikan pembobotan berdasarkan nilai *uncertainty* tiap garis pantai. Opsi *create DSAS summary report* diaktifkan untuk memperoleh ringkasan statistik yang menjadi dasar penyusunan tabel hasil pada Bab IV.

Cast Transects ?

Enter new transect name
Transect 20m

field is required

Select baseline layer
Baseline GeoJSON

Select shoreline layer
Shoreline 2020-2025

Transect spacing
20

Transect length
3000

field is required

field is required

Smoothing distance
3000

field is required

☒ Clip transects to shoreline extent

Metadata

*All distance measures are in meters

Quit Ok

Gambar 3. 8 Setting Calculate Rates DSAS
Sumber : Olahan penulis (2026)

3.6.2 Prosedur Prediksi Menggunakan *Plugin QSCAT* pada *QGIS*

Prediksi posisi garis pantai untuk 20 tahun mendatang dilakukan menggunakan *plugin QSCAT* yang terintegrasi di dalam *QGIS*. Pemilihan *QSCAT* didasarkan pada kemampuannya menyediakan fitur *forecasting* yang tidak tersedia pada *DSAS*, sekaligus dapat dijalankan pada lingkungan *QGIS* yang sama dengan proses pengolahan citra. Prosedur pengaturan *QSCAT* terdiri atas enam tahap sebagaimana diuraikan berikut.

a. Pengisian Atribut *Shorelines (Automator)*

Tahap *automator* digunakan untuk mengisi atribut *layer shorelines* secara otomatis, yaitu *field* tanggal (*date field*) dan *field* ketidakpastian (*uncertainty field*). Tahap ini memastikan seluruh garis pantai memiliki struktur atribut yang seragam sebagai dasar perhitungan laju perubahan.

Gambar 3. 9 Setting *automator shorelines fields* pada *QSCAT*

Automator

Shorelines fields

Shorelines layer: GP_Margad 2009-2025 [EPSG:32746]

☒ Date field name: qd_date

☒ Uncertainty field name: qd_unc

Add Fields

Baseline fields (optional)

Baseline layer: Baseline GeoJSON

☒ Placement field name: qd_place

☒ Orientation field name: qd_orient

☒ Transect length field name: qd_length

☒ Smoothing distance field name: qd_smooth

Add Fields

Baseline buffer

Shorelines layer: GP_Margad 2020-2025

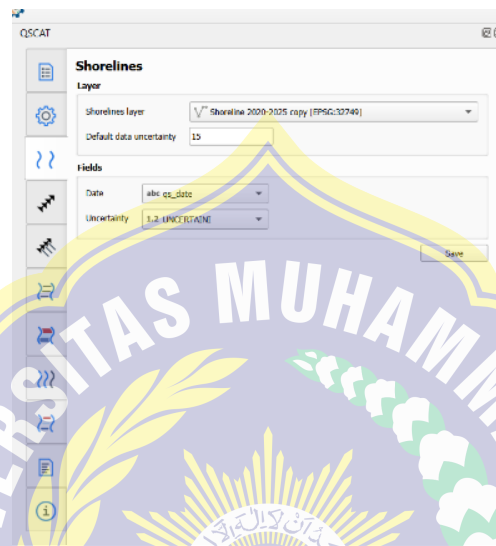
Distance (m): 200

Create Buffer

Sumber: Olahan penulis (2026)

b. Pengaturan *Layer Shorelines*

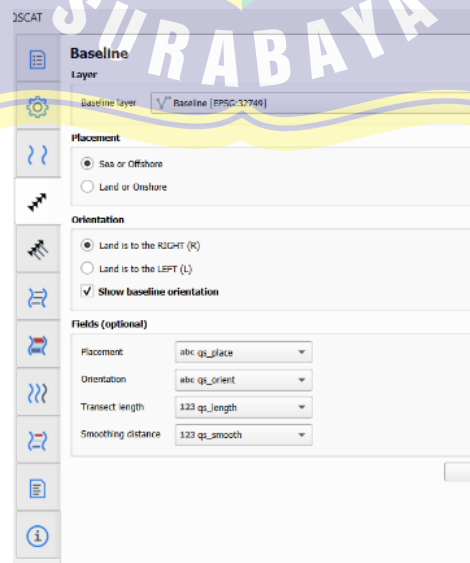
Pada tahap ini dipilih *layer* garis pantai hasil digitasi, dengan *date field* berupa atribut *qs_date* dan *uncertainty field* berupa nilai ketidakpastian tiap citra. Nilai *default data uncertainty* juga ditetapkan sebagai nilai cadangan apabila terdapat garis pantai yang belum memiliki atribut ketidakpastian.



Gambar 3. 10 Setting shorelines Layer QSCAT
Sumber: Olahan penulis (2026)

c. Pengaturan *Layer Baseline*

Baseline ditetapkan dengan penempatan (*placement*) di sisi laut (*sea or offshore*) dan orientasi (*orientation*) daratan berada di sebelah kiri (*land is to the left*). Penetapan orientasi ini



menentukan tanda positif dan negatif pada hasil perhitungan, sehingga menjadi dasar perbedaan antara akresi dan abrasi.

Gambar 3. 11 *Setting Baseline Layer QSCAT*

Sumber: Olahan penulis (2026)

d. Pengaturan *Layer Transect*

Transect dibangkitkan tegak lurus terhadap *baseline* dengan parameter sebagaimana disajikan pada Tabel 3.6.

Tabel 3. 6 Parameter Pembangkitan *Transect* pada *QSCAT*

Parameter	Nilai
<i>Transect spacing</i>	20 meter
<i>Transect length</i>	2.000 meter
<i>Smoothing distance</i>	500 meter

Sumber: Olahan penulis (2026).

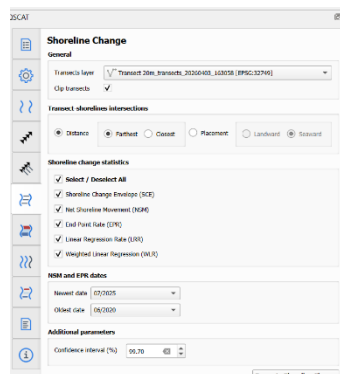


Gambar 3. 12 *Setting Transect Layer QSCAT*

Sumber: Olahan penulis (2026)

e. Pengaturan *Shoreline Change*

Tahap *shoreline change* merupakan proses perhitungan laju perubahan garis pantai pada tiap transek. Pada tahap ini ditentukan *layer transect* yang digunakan, opsi pemotongan transek (*clip transects*), serta metode penentuan titik potong (*intersections*) berdasarkan jarak. Parameter statistik yang dihitung meliputi *SCE*, *NSM*, *EPR*, *LRR*, dan *WLR*, dengan penetapan tanggal



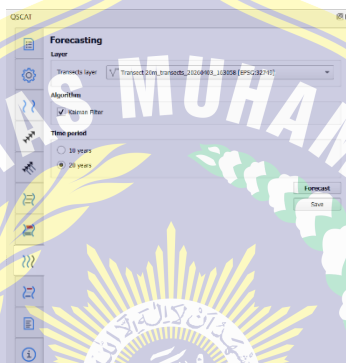
terlama (2020) dan terbaru (2025) serta selang kepercayaan (*confidence interval*) sebesar 99,7%. Selang kepercayaan tersebut setara dengan tiga simpangan baku, sehingga laju perubahan yang dilaporkan memiliki tingkat keyakinan statistik yang tinggi terhadap kesalahan pengukuran.

Gambar 3. 13 *Setting Shoreline Change QSCAT*

Sumber: Olahan penulis (2026)

f. **Pengaturan *Forecasting***

Tahap akhir adalah *forecasting*, yaitu proyeksi posisi garis pantai untuk periode 20 tahun ke depan hingga tahun 2045. Prediksi dijalankan menggunakan algoritma *Kalman filter*, yang bekerja dengan memadukan posisi garis pantai hasil pengukuran dan posisi hasil pemodelan untuk memperoleh estimasi posisi paling mungkin beserta rentang ketidakpastiannya (*uncertainty band*). Keluaran tahap ini berupa garis pantai prediksi tahun 2045 beserta zona ketidakpastiannya, yang selanjutnya dibahas pada Bab IV.



Gambar 3. 14 *Setting Forecasting Layer 20 tahun QSCAT*

Sumber: Olahan penulis (2026)

3.6.3 **Prosedur Visualisasi dan Validasi Hasil**

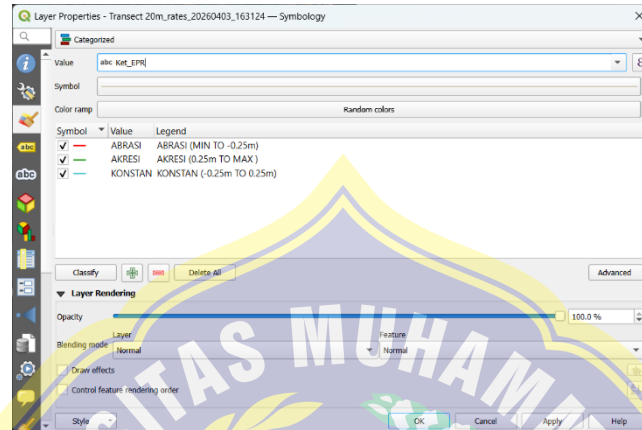
Hasil perhitungan *DSAS* dan *QSCAT* divisualisasikan kembali di dalam *QGIS* melalui pengaturan *symbolology* pada *layer properties*. Klasifikasi dilakukan secara *categorized* berdasarkan atribut kelas perubahan, dengan tiga kategori sebagaimana disajikan pada Tabel 3.7.

Tabel 3. 7 *Klasifikasi Kelas Perubahan Garis Pantai*

Kelas	Rentang Nilai EPR	Keterangan
Abrasi	MIN sampai -0,25 m/tahun	Garis pantai mundur ke arah daratan
Konstan	-0,25 sampai 0,25 m/tahun	Garis pantai relatif stabil
Akresi	0,25 m/tahun sampai MAX	Garis pantai maju ke arah laut

Sumber: Olahan penulis (2026).

Penetapan ambang $\pm 0,25$ m/tahun digunakan untuk memisahkan perubahan yang bermakna dari fluktuasi kecil yang masih tergolong stabil. Selanjutnya, validasi dilakukan secara visual melalui *overlay* (penampalan) garis pantai hasil digitasi maupun hasil prediksi di atas citra satelit resolusi tinggi. Prosedur validasi ini bertujuan memastikan kesesuaian antara arah pergeseran garis pantai yang tampak pada citra dengan hasil perhitungan *DSAS* dan *QSCAT*, sehingga hasil analisis dapat dipertanggungjawabkan secara spasial.



Gambar 3. 15 Symbologi Layer Properties

Sumber: Olahan penulis (2026).