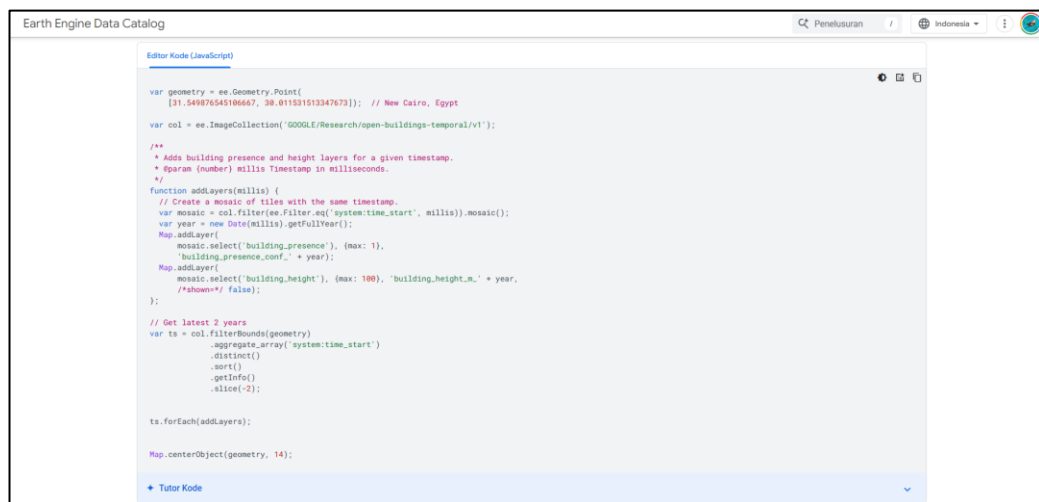


## BAB 4

# ANALISIS PEMANFAATAN CITRA SATELIT SENTINEL-1 UNTUK ESTIMASI KERUGIAN AKIBAT GENANGAN BANJIR DI PESISIR METROPOLITAN SEMARANG

### 4.1 Identifikasi Bangunan

Identifikasi bangunan dalam penelitian ini dilakukan menggunakan dataset dari Google Open Building yang menyediakan informasi bangunan pada tahun penelitian. Dataset tersebut digunakan karena bersifat historis, memiliki cakupan spasial yang luas, dan tidak berbayar. Google Open Building mengintegrasikan citra satelit resolusi tinggi dengan citra satelit multitemporal Sentinel-2 sehingga dapat meng-ekstraksi data bangunan (Sirko et al., 2024). Proses pengunduhan data dilakukan pada platform Google Earth Engine dengan menggunakan kode script yang sudah disediakan pada halaman Google Open Building. Hasil dari informasi bangunan tersebut merupakan data raster yang kemudian di konversi menjadi data vektor untuk mempermudah pengolahan data.



```
Earth Engine Data Catalog
Editor Kode (JavaScript)

var geometry = ee.Geometry.Point(
  [115.44876545186667, 30.011531513347673]); // New Cairo, Egypt
var col = ee.ImageCollection('GOOGLE/Research/open-buildings-temporal/v1');

/**
 * Adds building presence and height layers for a given timestamp.
 * @param {number} millis Timestamp in milliseconds.
 */
function addLayers(millis) {
  // Create a mosaic of tiles with the same timestamp.
  var mosaic = col.filter(ee.Filter.eq('system:time_start', millis)).mosaic();
  var year = new Date(millis).getFullYear();
  Map.addLayer({
    mosaic: select('building_presence'), {max: 1},
    'building_presence_conf_' + year);
  Map.addLayer({
    mosaic: select('building_height'), {max: 100}, 'building_height_m_' + year,
    #shown: false);
});

// Get latest 2 years
var ts = col.filterBounds(geometry)
  .aggregate_array('system:time_start')
  .distinct()
  .sort()
  .getInfo()
  .slice(-2);

ts.forEach(addLayers);

Map.centerObject(geometry, 14);

+ Tutor Kode
```

Sumber : Google Open Building.

Gambar 4. 1 Kode Script Pengunduhan pada Google Earth Engine

### 4.2 Analisis Genangan Banjir

#### 4.2.1 Citra Satelit Sentinel-1

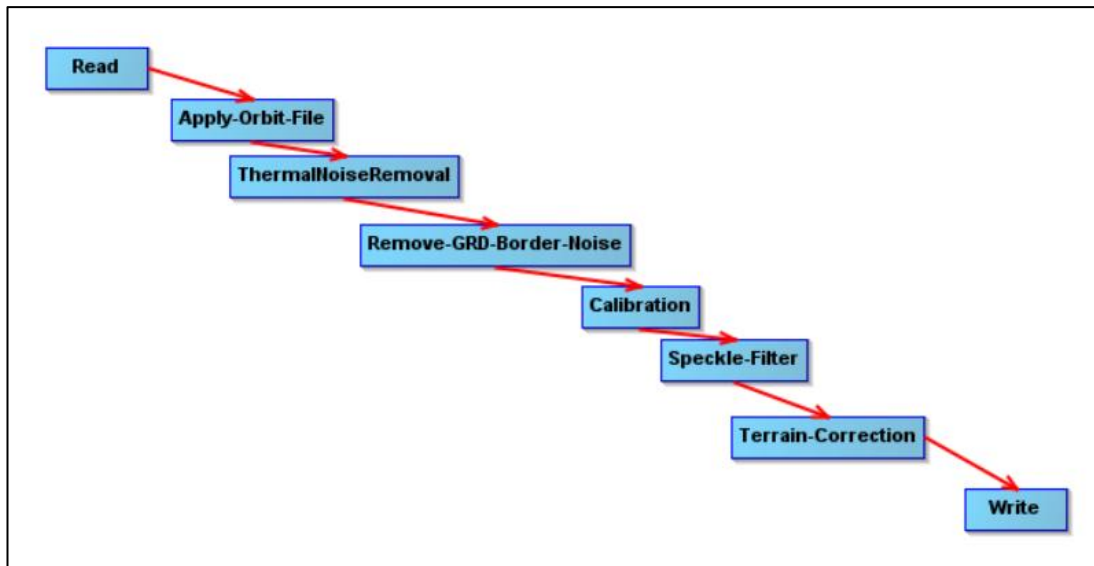
Citra satelit yang digunakan dalam analisis genangan banjir adalah citra satelit Sentinel-1 yang diperoleh dari website *Copernicus Program* yang merupakan program milik *European Union*. Citra satelit Sentinel-1 digunakan karena memiliki kemampuan merekam permukaan bumi menggunakan sensor radar yang tetap dapat terlihat dengan jelas meskipun dalam kondisi cuaca buruk atau tertutup awan. Waktu yang dipilih yakni

pada tanggal 2 Januari 2015 dengan *Beginning date time* 2015-01-02T22:16:58.557503Z karena bertepatan dengan kejadian banjir di wilayah studi dan bertepatan juga dengan tingginya curah hujan dan cuaca ekstrem pada rentang bulan Oktober – Maret di Indonesia.

Data yang digunakan dalam citra satelit Sentinel-1 *Ground Range Detected* (GRD) pada mode *Interferometric Wide Swath* (IW) dengan resolusi spasial 10 meter. GRD merupakan salah satu produk data Sentinel-1 yang telah melalui proses pemfokusan (*focusing*) dan proyeksi ke koordinat jarak permukaan bumi (*ground range*), sehingga mudah digunakan untuk analisis spasial dibandingkan data mentah (*Single Look Complex/SLC*) (Fathoni et al., 2017). Polarisasi yang digunakan adalah VV (*Vertical Transmit-Vertical Receive*), yaitu kondisi saat gelombang radar dipancarkan dan diterima kembali dalam orientasi vertikal. Polarisasi VV banyak digunakan untuk pemetaan banjir karena memiliki sensitivitas yang baik terhadap kondisi permukaan bumi dan menghasilkan hamburan balik (*backscatter*) yang relatif stabil (Ruuhulhaq, 2024).

#### **4.2.2 Preprocessing**

Tahapan awal pengolahan pada citra sentinel 1 adalah *preprocessing*, yakni proses memperbaiki kualitas citra agar dapat dianalisis dengan hasil yang lebih baik. Proses ini mencakup koreksi geometrik dan radiometrik. Tanpa proses ini, citra sentinel 1 masih mengandung *nois*, distorsi, dan kesalahan koordinat yang dapat mempengaruhi pengolahan. Tahapan ini dilakukan pada *software* Sentinel Application Platform (SNAP) yang dikembangkan oleh European Space Agency untuk mendukung analisis data citra satelit. Tahap *preprocessing* dilakukan melalui tools *Graph Builder* pada SNAP yang mempermudah proses *preprocessing* karena seluruh tahapan dapat dijalankan sekaligus. Berikut merupakan tahapan/proses dalam *Graph Builder* yang telah disusun.



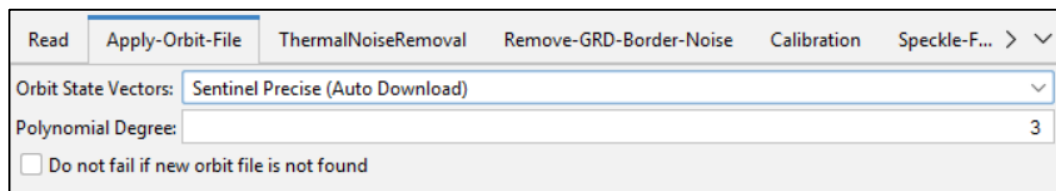
Sumber : SNAP Desktop.

**Gambar 4. 2 Graph Builder Tahapan *Preprocessing***

Setiap tahapan preprocessing yang terdiri dari apply orbit file, thermal noise removal, remove GRD border noise, kalibrasi, speckle filter, dan terrain correction dirangkai dalam satu *workflow*. Berikut merupakan rincian tahapan preprocessing citra sentinel 1.

*a. Apply Orbit File*

Tahap ini dilakukan untuk memperbaiki informasi posisi satelit agar data yang digunakan akurat. Seperti gambar dibawah ini data orbit yang digunakan adalah Sentinel Precise orbit dengan derajat polinomial 3.

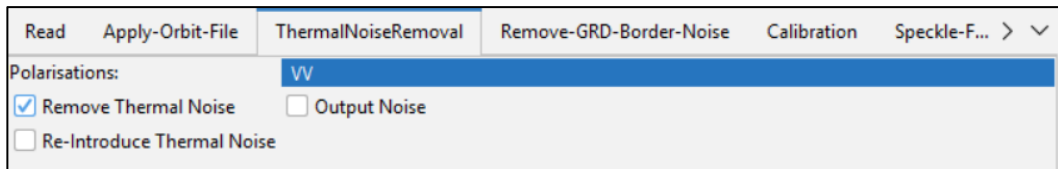


Sumber : SNAP Desktop.

**Gambar 4. 3 Apply Orbit File**

*b. Thermal Noise Removal*

Tahap ini bertujuan untuk menghilangkan noise termal yang berasal dari sensor radar. Jika tidak dihilangkan, noise dapat mengganggu analisis karena noise tidak mempresentasikan kondisi permukaan yang sebenarnya.



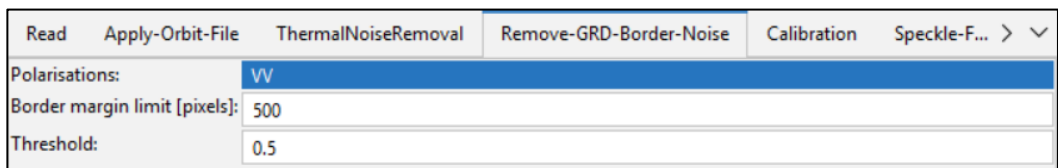
Sumber : SNAP Desktop.

**Gambar 4. 4 Thermal Noise Removal**

Pada tahapan ini polarisasi yang dipilih adalah VV sesuai dengan data penelitian yang digunakan dalam penelitian ini.

c. *Remove GRD Border Noise*

Tahap ini dilakukan untuk menghilangkan noise pada bagian tepi citra yang biasanya muncul pada proses perekaman data radar.



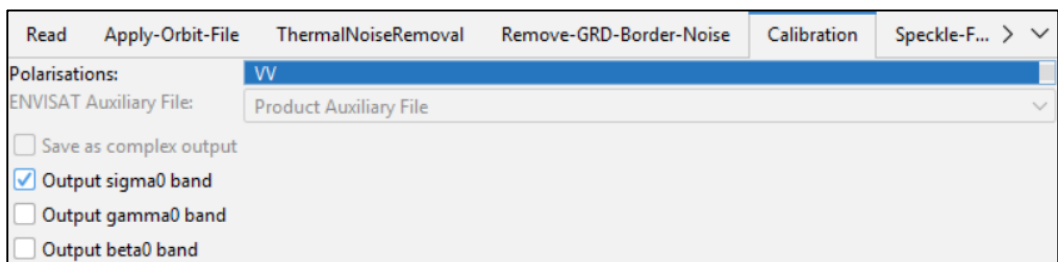
Sumber : SNAP Desktop.

**Gambar 4. 5 Remove GRD Border Noise**

Polarisasi yang dipilih adalah VV menyesuaikan pada tahap sebelumnya, border margin dan nilai threshold yang digunakan adalah 0,5 untuk mendeteksi area yang terdapat noise.

d. *Calibration*

Tahap calibration merupakan proses konversi nilai citra menjadi nilai backscatter. Proses ini dilakukan untuk memastikan konsistensi radiometrik sehingga data dapat dibandingkan secara kuantitatif. Berikut merupakan tahapan calibration yang dilakukan.



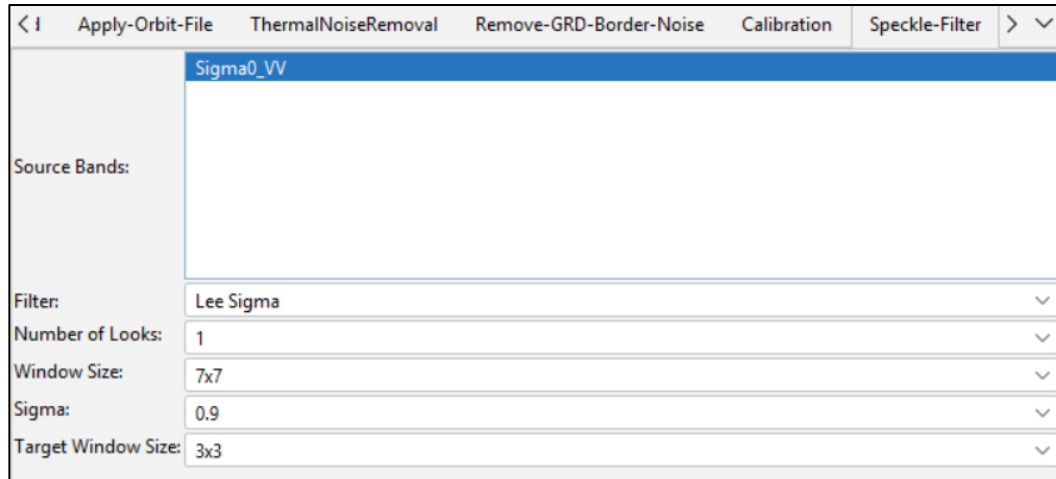
Sumber : SNAP Desktop.

**Gambar 4. 6 Calibration**

Pada tahap ini polarisasi yang digunakan adalah VV dengan output sigma0 band. Nilai sigma tersebut digunakan karena umum dalam analisis citra radar, khususnya untuk identifikasi genangan.

e. *Speckle Filter*

Tahapan ini merupakan proses untuk mereduksi *noise* yang menjadi karakteristik citra radar. Dengan adanya *noise* dapat berpotensi menyebabkan ketidakakuratan analisis dan interpretasi. Berikut merupakan tahap *speckle filter* yang dilakukan.



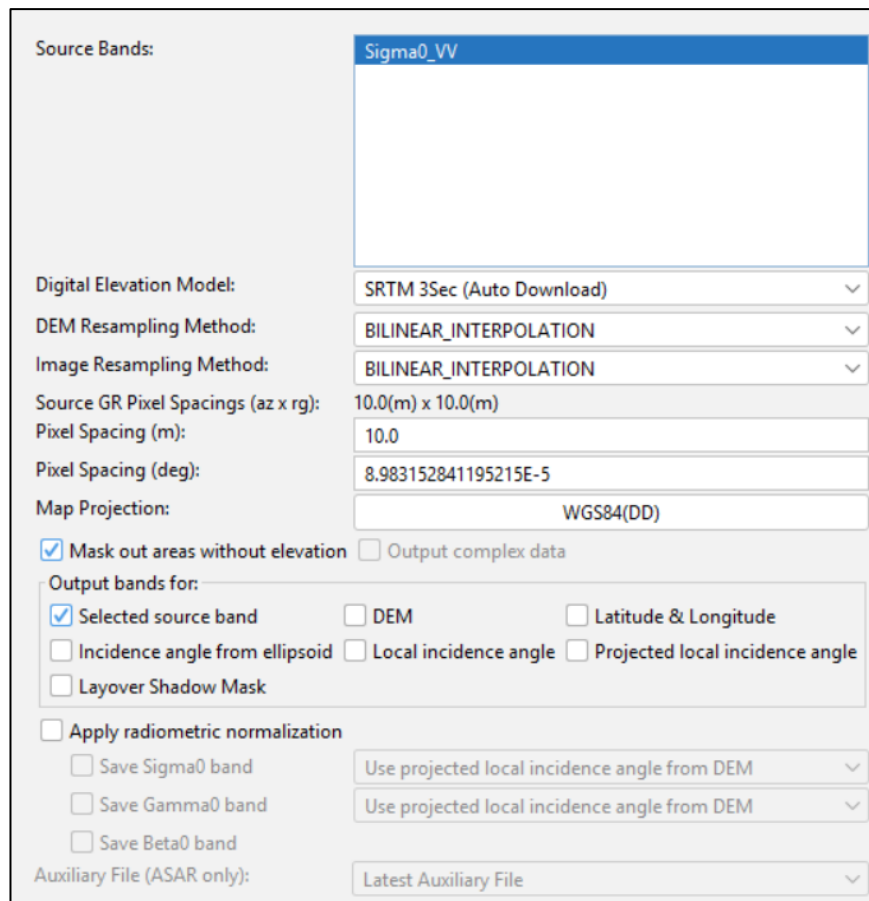
Sumber : SNAP Desktop.

**Gambar 4. 7 Speckle Filter**

Pada tahap ini source band yang dipilih adalah Sigma0\_VV, filter Lee Sigma, Number of Looks 1, Window Size 7x7, Sigma 0.9, dan Target Window Size 3x3. Tahap berikutnya adalah tahap *terrain correction*.

*f. Terrain Correction*

Tahap ini merupakan proses koreksi geometrik yang bertujuan untuk menghilangkan distorsi citra akibat pengaruh topografi dari perekaman sensor radar. Berikut merupakan tahap *terrain correction* yang digunakan.



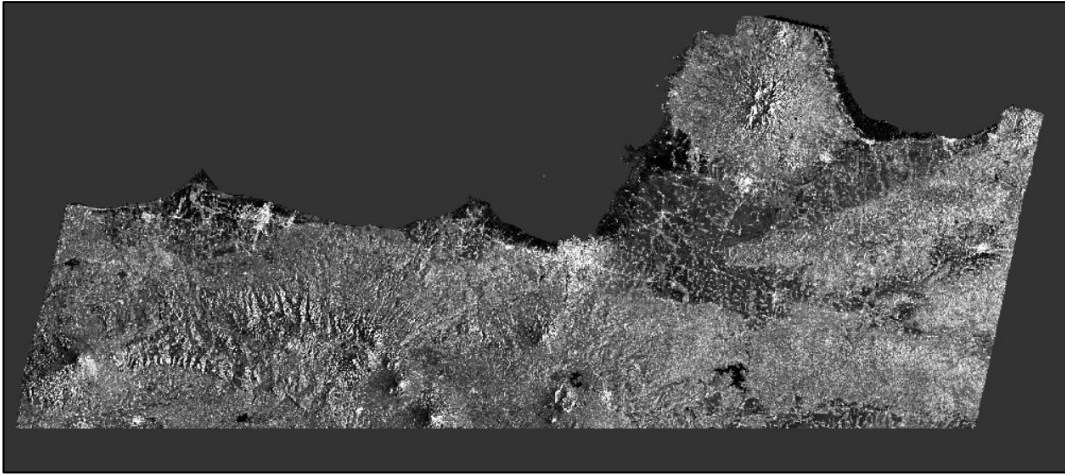
Sumber : SNAP Desktop.

**Gambar 4. 8 Terrain Correction**

Proses terrain correction dilakukan dengan *source band* Sigma0\_VV dengan memanfaatkan *Digital Elevation Model* (DEM). Kemudian citra diproyeksikan ke dalam siste koordinat geografis WGS84. Hasil dari proses preprocessing ini berupa citra yang sudah dapat digunakan pada tahap analisis berikutnya.

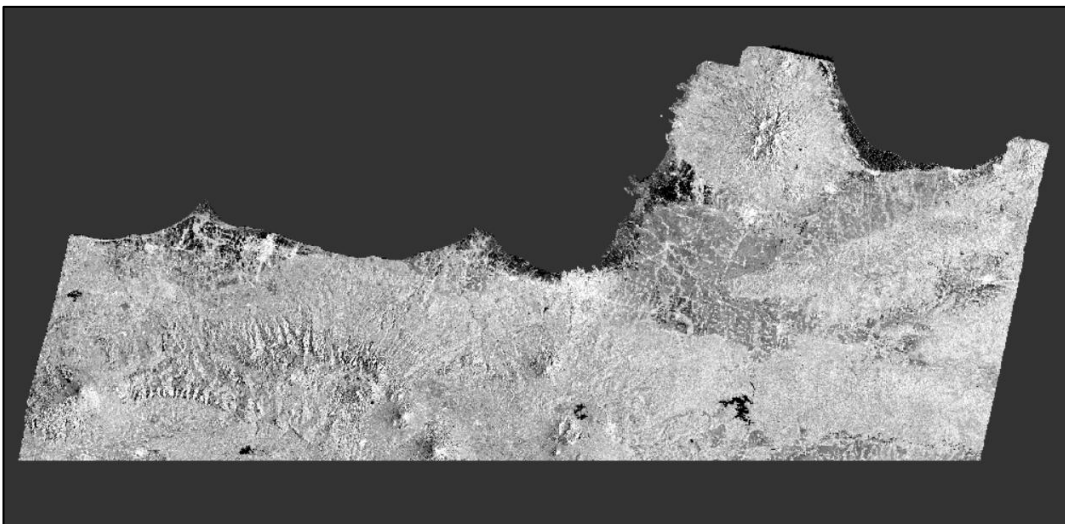
#### 4.2.3 Linear to/from decibel (db)

Tahapan ini merupakan proses transformasi nilai backscatter citra SAR dalam bentuk desibel. Transformasi ini dilakukan karena nilai pada citra memiliki jarak yang cukup besar sehingga sulit untuk di interpretasi secara langsung. Transformasi ini dilakukan untuk memudahkan dalam membedakan karakteristik objek di permukaan bumi. Pada penelitian ini bertujuan untuk membedakan objek air (genangan awal) dengan objek yang bukan air. Berikut merupakan hasil sebelum dan sesudah transformasi dalam bentuk desibel.



Sumber : SNAP Desktop.

**Gambar 4. 9 Sebelum *Linear to/from decibel (db)***



Sumber : SNAP Desktop.

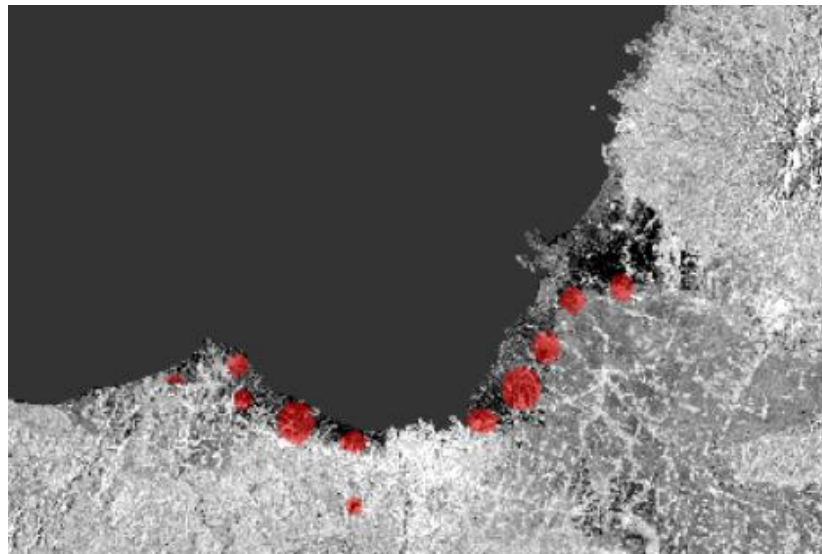
**Gambar 4. 10 Setelah *Linear to/from decibel (db)***

Pada gambar citra diatas dapat terlihat bahwa perbedaan sebelum dan sesudah sangat signifikan untuk membedakan objek air (genangan awal) dengan objek bukan air. Objek air terlihat lebih gelap, sedangkan objek bukan air atau daratan memiliki nilai lebih tinggi dan terlihat lebih terang. Tahapan ini sebagai masukan untuk tahap selanjutnya untuk menentukan ambang batas (*threshold*) untuk klasifikasi genangan.

#### **4.2.4 *Training Area***

*Training area* merupakan tahap penentuan sampel piksel yang digunakan sebagai acuan nilai klasifikasi genangan dan non genangan. *Training area* yang dilakukan adalah dengan membuat *shapefile polygon* pada SNAP dan menggambarinya berdasarkan interpretasi visual dari citra. Pemilihan *trainig area* dilakukan pada area genangan dan

non-genangan secara beririsan atau satu *feature* mencakup dua klasifikasi. Hal tersebut dilakukan untuk melihat perbedaan nilai *backscatter* antara dua klasifikasi. Berikut merupakan hasil dari pemilihan *training area*.



Sumber : SNAP Desktop.

Gambar 4. 11 Training Area

#### 4.2.5 Penentuan Ambang Batas (*Threshold*)

Nilai ambang batas (*threshold*) didapatkan dengan membuka analisis histogram yang bersumber dari nilai training area yang sudah dilakukan. Berikut merupakan hasil analisis histogram yang didapatkan.

Tabel 4. 1 Penentuan Ambang Batas

Histogram	Ambang Batas ( <i>Threshold</i> )
<p>The histogram displays the frequency of pixels for Sigma0_VV_db intensity. The x-axis ranges from -16.5 to -7.0, and the y-axis shows frequency from 7,600 to 10,400. The 'Air' distribution is centered around -14.5, and the 'Daratan' distribution is centered around -10.5. A red box labeled 'Ambang Batas' is placed at approximately -11.82, marking the transition between the two classes.</p>	-11,82

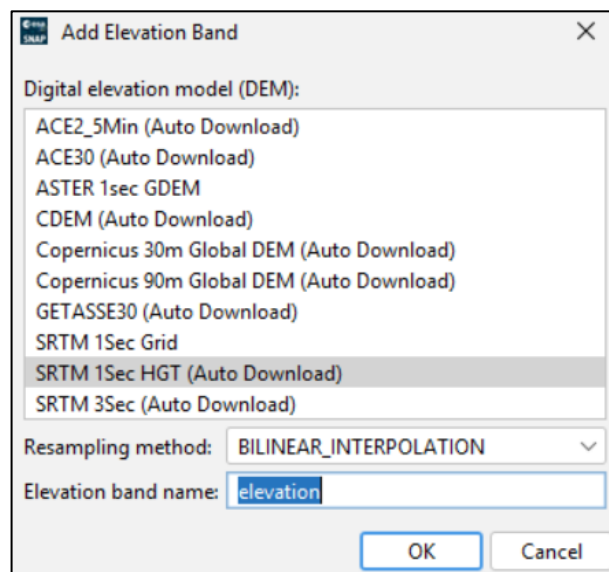
Sumber : SNAP Desktop.

Berdasarkan hasil analisis histogram, nilai ambang batas yang digunakan adalah sebesar -11,82. Nilai tersebut dipilih karena berada pada batas transisi antara nilai rendah

(badan air/genangan) dan tinggi (daratan/non-genangan). Penentuan nilai ambang batas ini menjadi dasar pada proses klasifikasi pada tahap berikutnya.

#### 4.2.6 Kelerengan dan Elevasi

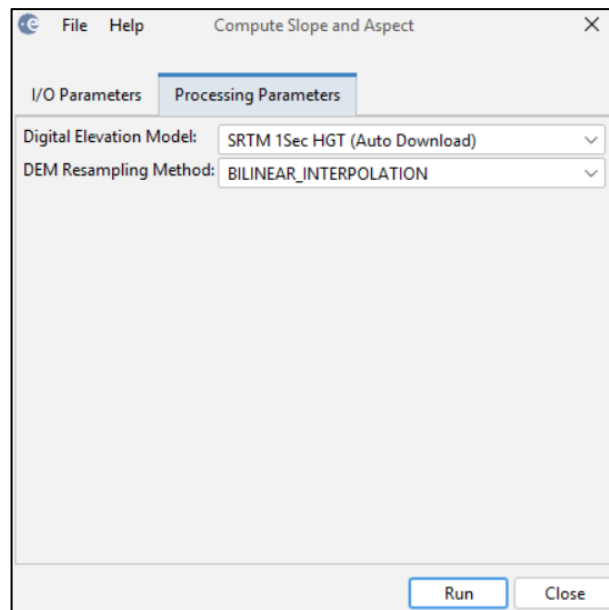
Data elevasi merupakan parameter tambahan untuk mempertajam hasil pengolahan genangan. Data elevasi diperoleh dari data citra yang digunakan melalui proses *Add Elevation Band*. Data elevasi yang digunakan sebagai genangan adalah kurang dari 200 meter diatas permukaan laut.



Sumber : SNAP Desktop.

**Gambar 4. 12 Elevasi**

Selanjutnya dilakukan identifikasi kelerengan menggunakan tools *Compute Slope* dan *Aspect* dari *SRTM 1Sec HGT (Auto Download)* dan *DEM Resampling Bilinear Interpolation*.



Sumber : SNAP Desktop.

**Gambar 4. 13 Compute Slope and Aspect**

Klasifikasi keterengan yang digunakan sebagai area genangan adalah yang kurang dari 8%. Berikutnya dilakukan input dalam *Band Math*.

#### 4.2.7 *Band Math*

*Band math* merupakan proses pengolahan dengan menggunakan untuk mengklasifikasikan piksel berdasarkan nilai tertentu. Pada tahap ini nilai ambang batas yang telah ditentukan sebelumnya didukung dengan kemiringan lereng dan ketinggian wilayah sebagai dasar pemisahan klasifikasi. Penggunaan kemiringan lereng dan ketinggian digunakan untuk meningkatkan akurasi genangan sehingga tidak hanya berdasarkan nilai *backscatter*, namun juga melihat kondisi topografi wilayahnya. Berikut merupakan rumus dan masukan nilai pada proses *band math* yang digunakan.

$$\text{Sigma0\_VV\_db} < -11,82 \text{ and slope} < 8 \text{ and elevation} < 200$$

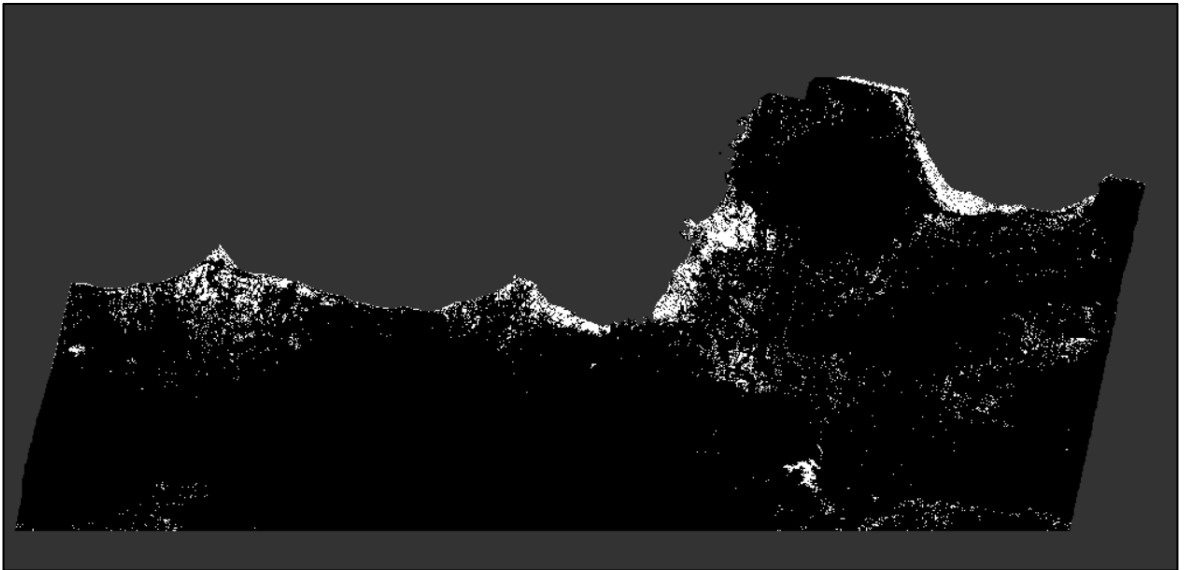
Sumber : SNAP Desktop.

Rumus tersebut menunjukkan bahwa suatu piksel diklasifikasikan sebagai genangan apabila memiliki nilai *backscatter* kurang dari -11,82, kemiringan lereng kurang dari 8% dan memiliki ketinggian kurang dari 200 meter di atas permukaan laut.

#### 4.2.8 Hasil Genangan

Peta berikut merupakan hasil dari pemodelan genangan yang sudah dilakukan melalui beberapa tahapan/proses pada wilayah pesisir Metropolitan Semarang pada tahun 2015. Pemetaan ini digunakan untuk mengidentifikasi sebaran area genangan yang

selanjutnya memerlukan tahap analisis lanjutan untuk membedakan antara badan air permanen dengan genangan banjir.



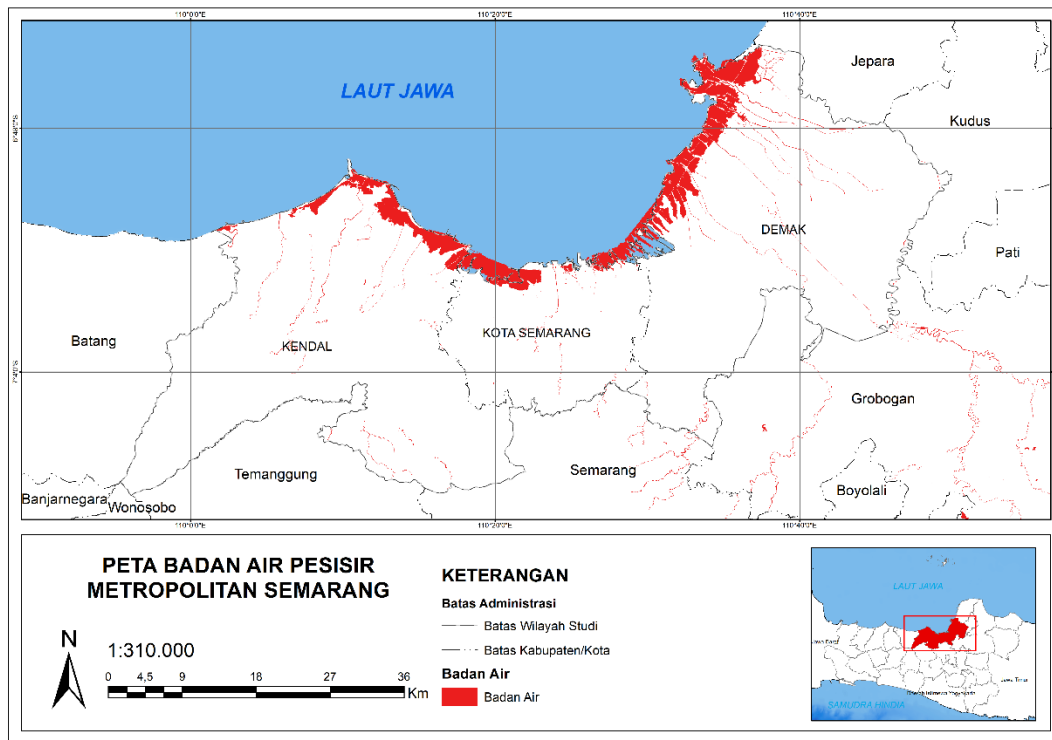
*Sumber : SNAP Desktop.*

**Gambar 4. 14 Genangan Tahun 2015**

Peta diatas terlihat bahwa area genangan umumnya berada di daerah pesisir (putih). Sebaran genangan tersebut masih berupa genangan air secara umum, dan belum mempresentasikan sebagai genangan banjir.

#### **4.2.9 Eliminasi Badan Air**

Eliminasi badan air dilakukan untuk menghilangkan area air permanen seperti laut, sungai, dan tambak. Proses ini dilakukan karena hasil dari genangan yang diolah masih belum sepenuhnya adalah genangan banjir. Badan air yang digunakan bersumber dari penutup lahan Rupa Bumi Indonesia (RBI) pada tahun 2015. Berikut merupakan badan air pada tahun 2015 untuk mengeliminasi hasil genangan sebelumnya.



Sumber : Rupa Bumi Indonesia.

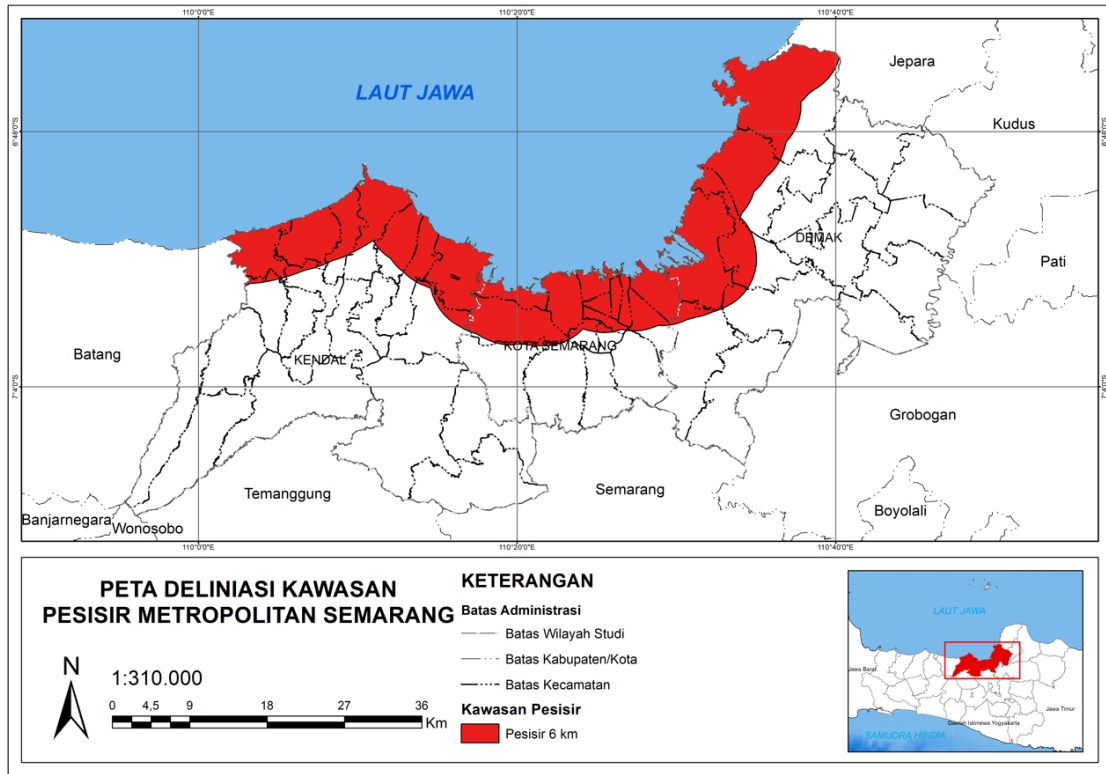
**Gambar 4. 15 Badan Air Tahun 2015**

Data badan air diatas kemudian digunakan untuk menghapus area tersebut dari hasil genangan 2015. Proses eliminasi tersebut menggunakan software ArcGIS dan menggunakan tools *Erase*. Hasil dari proses ini adalah area genangan banjir yang sudah terpisah dengan genangan air permanen.

#### 4.2.10 Deliniasi Kawasan Pesisir

Tahap ini merupakan tahap deliniasi pesisir dari hasil genangan banjir yang sudah diolah. Proses ini dilakukan untuk menyaring genangan banjir di kawasan pesisir saja. Deliniasi ini didasarkan dari beberapa penelitian, yakni dalam penelitian Rochaddi & Pratikto (2006) menyebutkan bahwa batasan pesisir secara biofisik Kota Semarang adalah berkisar 5 km, penelitian Ondara & Wisna (2016) menyebutkan bahwa pasang surut tertinggi di Kabupaten Demak mencapai 10,8 km, penelitian Susanto et al. (2010) juga menyebutkan di Kabupaten Demak pasang surut mencapai 3,4 km dari garis pantai, dan penelitian Sanjaka et al. (2013) menyebutkan bahwa pasang surut tertinggi mencapai 4,295 km. Pendekatan tersebut sejalan dengan definisi pesisir pada Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2007 Tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (2007) yang menyebutkan bahwa kawasan pesisir adalah daerah peralihan antara ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan di darat dan laut termasuk aktivitas pasang surut. Berdasarkan pertimbangan beberapa dasar tersebut

didapatkan nilai rata-rata jarak sepanjang 6 km dari garis pantai. Proses ini dilakukan pada kedua tahun, yakni pada tahun 2015 dan 2024. Berikut merupakan hasil deliniasi kawasan pesisir Metropolitan Semarang.



Sumber: Hasil Analisis, 2026.

**Gambar 4. 16 Deliniasi Pesisir**

Berdasarkan peta deliniasi diatas didapatkan wilayah pesisir pada Metropolitan Semarang mencakup beberapa bagian kecamatan yakni sebagai berikut.

**Tabel 4. 2 Kawasan Pesisir**

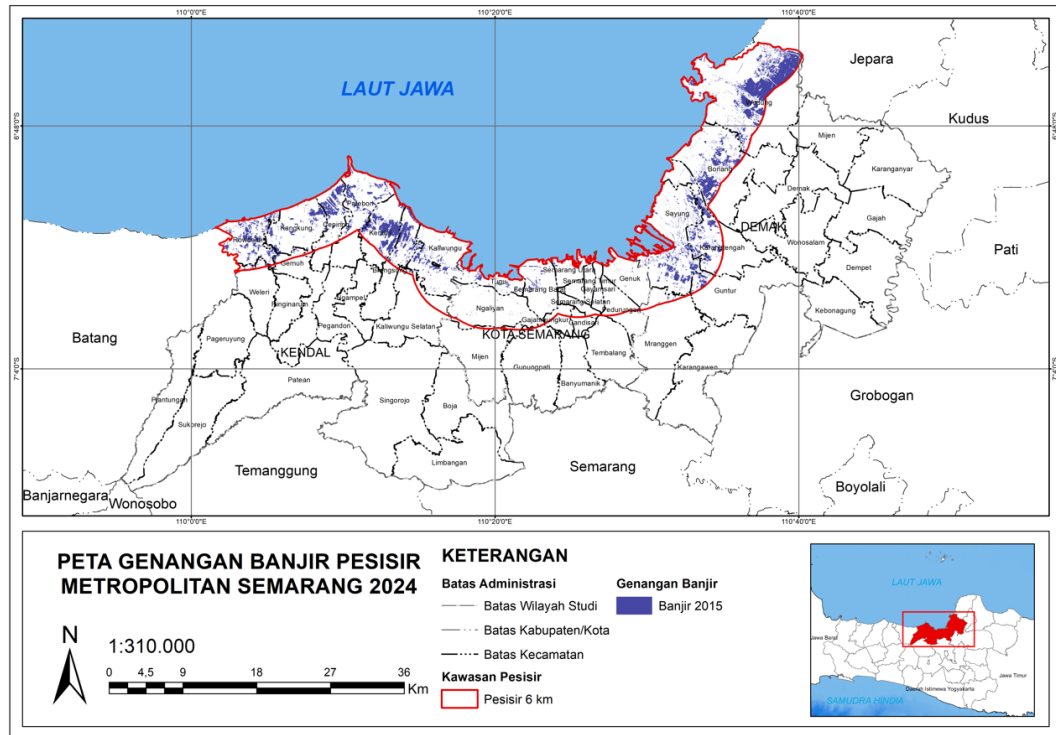
No	Kabupaten/Kota	Luas (m <sup>2</sup> )	Kecamatan
1	Kota Semarang	159.664.687,03	Candisari, Gajahmungkur, Gunungpati, Mijen, Pedurungan, Tugu, Semarang Barat, Semarang Utara, Semarang Timur, Semarang Selatan, Gayamsari, dan Genuk
2	Kabupaten Demak	210.561.499,48	Guntur, Mranggen, Sayung, Karangtengah, Bonang, dan Wedung
3	Kabupaten Kendal	247.656.383,62	Rowosari, Kangkung, Cepiring, Patebon, Kendal, Brengsong, Kaliwungu Selatan, dan Kalliwungu

Sumber : Hasil Analisis, 2026.

Selanjutnya, hasil deliniasi pesisir tersebut digunakan untuk input *clip*/pemotongan daerah pesisir terhadap hasil pengolahan genangan.

## A. Genangan Banjir 2015

Genangan banjir merupakan hasil dari beberapa tahapan sebelumnya. Pemetaan genangan ini untuk mengetahui daerah terdampak dan distribusi luasan pada Kabupaten/Kota di pesisir Metropolitan Semarang.



Sumber : Hasil Analisis, 2026.

**Gambar 4. 17 Genangan Banjir Tahun 2015**

Peta diatas menunjukkan bahwa genangan banjir terlihat mendominasi pada Kabupaten Demak dibandingkan Kabupaten Kendal dan Kota Semarang. Pola genangan tersebut mengikuti dataran rendah yang berada pada kawasan pesisir. Kondisi tersebut juga dipengaruhi oleh penurunan muka tanah tiap tahun dan pasang surut air laut. Hal tersebut dapat mempengaruhi aktivitas masyarakat karena beberapa bangunan dan infrastruktur tergenang banjir sehingga berpotensi menimbulkan kerugian. Besarnya genangan pada tiap wilayah dilakukan perhitungan luas berdasarkan administrasi Kabupaten/Kota. Berikut merupakan luasan genangan banjir berdasarkan Kabupaten/Kota.

**Tabel 4. 3 Luas Genangan Banjir Tahun 2015 Menurut Kabupaten/Kota**

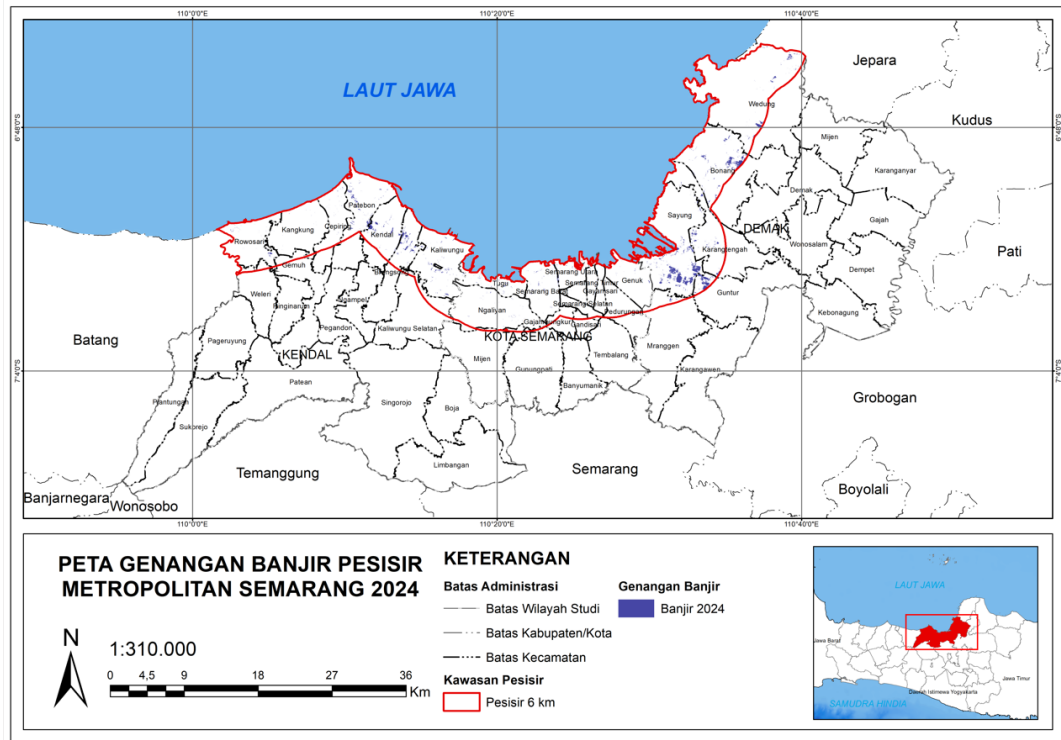
No	Kabupaten/Kota	Luas (Ha)
1	Kota Semarang	264,36
2	Kabupaten Demak	4.312,26
3	Kabupaten Kendal	3.309,19
	<b>Total</b>	<b>7.885,82</b>

*\*luasan per desa pada lampiran*

Sumber : Hasil Analisis, 2026.

Tabel diatas menunjukkan bahwa genangan terbesar terjadi di Kabupaten Demak dengan luas 4.312,26 Ha. Besarnya genangan di Kabupaten Demak disebabkan karena memiliki dataran rendah yang mendominasi pada wilayah tersebut, yakni kisaran 0-5 meter diatas permukaan laut. Selain itu, tingginya aktivitas industri menjadi salah satu penyebab percepatan penurunan muka tanah. Sedangkan Kabupaten Kendal dan Kota Semarang memiliki luas genangan 3.309,19 dan 264,36 Ha.

## B. Genangan Banjir 2024



Sumber : (Bagja, 2024)

**Gambar 4. 18 Genangan Banjir Tahun 2024**

Peta diatas menunjukkan bahwa genangan banjir tahun 2024 terlihat bahwa Kabupaten Demak masih mendominasi seperti pada tahun 2015 dibandingkan Kabupaten Kendal dan Kota Semarang. Namun, pada Kabupaten Demak dan Kota Semarang terlihat mengalami penurunan genangan. Pola genangan tetap mengikuti dataran rendah pesisir dan daerah yang berdekatan dengan garis pantai. Untuk mengetahui besarnya genangan pada tiap wilayah, dilakukan perhitungan luas berdasarkan administrasi Kabupaten/Kota. Berikut merupakan luasan genangan banjir berdasarkan Kabupaten/Kota.

**Tabel 4. 4 Luas Genangan Banjir Tahun 2024 Menurut Kabupaten/Kota**

No	Kabupaten/Kota	Luas (Ha)
1	Kota Semarang	83,15
2	Kabupaten Demak	878,64

No	Kabupaten/Kota	Luas (Ha)
3	Kabupaten Kendal	289,93
	<b>Total</b>	<b>1.251,72</b>

\*luasan per desa pada lampiran

Sumber : Hasil Analisis, 2026.

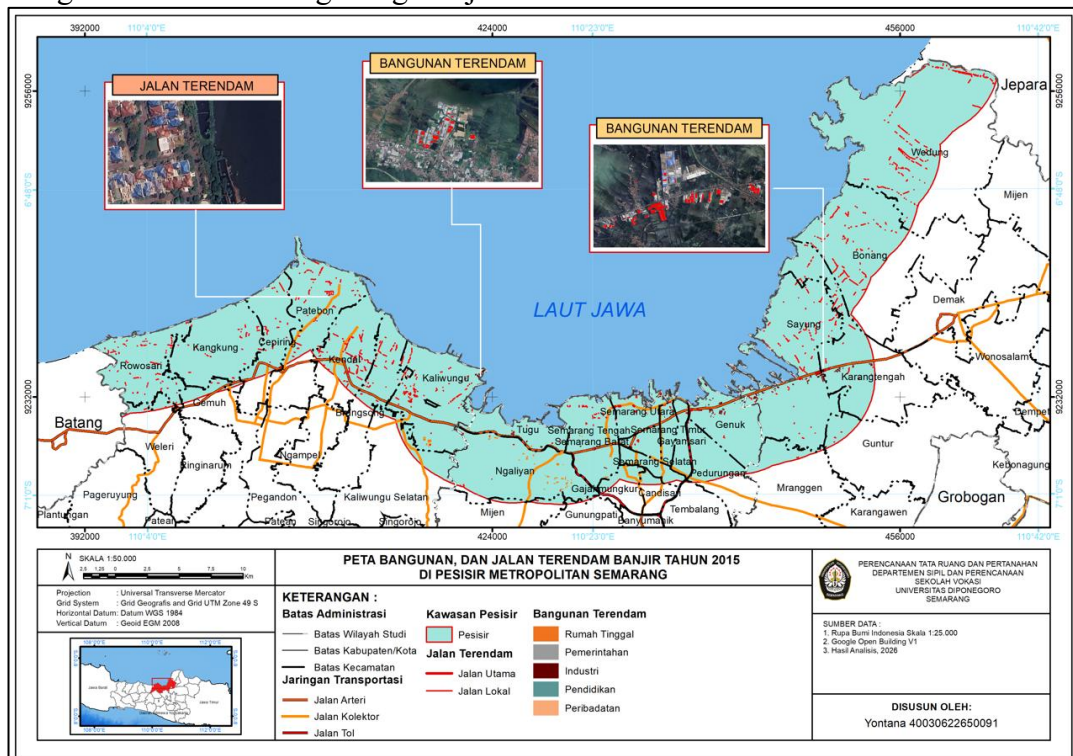
Tabel menunjukkan bahwa genangan terbesar tetap berada pada Kabupaten Demak, yakni seluas 878,64 ha. Hasil tersebut menunjukkan bahwa luas genangan di tahun 2024 mengalami penurunan dibandingkan tahun 2015, dengan total penurunan seluas . Penurunan tersebut menunjukkan bahwa semakin bertambahnya tahun belum tentu luas genangan banjir juga akan meningkat. Genangan banjir dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti besarnya curah hujan, karakteristik penggunaan lahan, pasang surut, dan infrastruktur pengendali banjir saat kejadian banjir terjadi.

### 4.3 Analisis Kerugian Banjir

#### 4.3.1 Overlay Bangunan dan Jaringan Jalan dengan Genangan Banjir

Analisis kerugian diawali dengan mengidentifikasi bangunan yang terdampak genangan melalui overlay antara data bangunan dan jaringan jalan dengan genangan banjir. Hasil overlay untuk melihat bangunan dan jaringan jalan mana saja yang masuk dalam area terdampak. Berikut merupakan hasil dari overlay bangunan dan jaringan jalan dengan genangan banjir.

##### A. Bangunan dan Jalan Tergenang Banjir 2015



Sumber : Hasil Analisis, 2026.

Gambar 4. 19 Peta Bangunan dan Jalan Terendam Banjir Tahun 2015

Kondisi tersebut berpotensi terhadap kerusakan fisik bangunan dan jalan sehingga menimbulkan kerugian ekonomi akibat terganggunya aktivitas masyarakat. Semakin banyak dan besar bangunan yang terkena dampak maka semakin besar juga nilai kerugiannya. Selain itu karakteristik genangan banjir yang bersifat berulang dapat memperbesar akumulasi kerugian dari waktu ke waktu. Berikut merupakan jumlah (unit) dan luas (m<sup>2</sup>) bangunan yang terdampak pada setiap Kabupaten/Kota di pesisir Metropolitan Semarang.

**Tabel 4. 5 Jumlah dan Luas Bangunan Terendam Tahun 2015 Menurut Kabupaten/Kota**

No	Kabupaten/Kota	Jumlah Bangunan Terendam (unit)	Luas Bangunan Terendam (m <sup>2</sup> )
1	Kota Semarang	158	168.796,31
2	Kabupaten Demak	340	201.868,79
3	Kabupaten Kendal	113	66.335,22
<b>Total</b>		<b>611</b>	<b>437.000,31</b>

*Sumber : Hasil Analisis, 2026.*

Berdasarkan tabel diatas, jumlah bangunan yang terdampak banjir di tahun 2015 sebanyak 611 unit dengan total luas genangan 437.000,31 m<sup>2</sup>. Kabupaten Demak menjadi wilayah dengan dampak paling besar, yakni 340 unit bangunan terdampak secara langsung dan luas genangan 201.868,79 m<sup>2</sup>. Kabupaten Kendal mengalami dampak sejumlah 113 unit bangunan dengan luas genangan 66.335,22 m<sup>2</sup>, sedangkan Kota Semarang memiliki dampak banjir sebanyak 158 unit dengan luas genangan 168.796,31 m<sup>2</sup>. Hal tersebut menggambarkan bahwa Kabupaten Demak masih memiliki kerentanan yang tinggi terhadap banjir dengan luas genangan banjir paling luas dan dampak paling besar dibandingkan Kabupaten/Kota lain di pesisir Metropolitan Semarang. Adapun hasil dari jaringan jalan yang terendam genangan, yakni sebagai berikut.

**Tabel 4. 6 Panjang Jalan Terendam Tahun 2015 Menurut Klasifikasi**

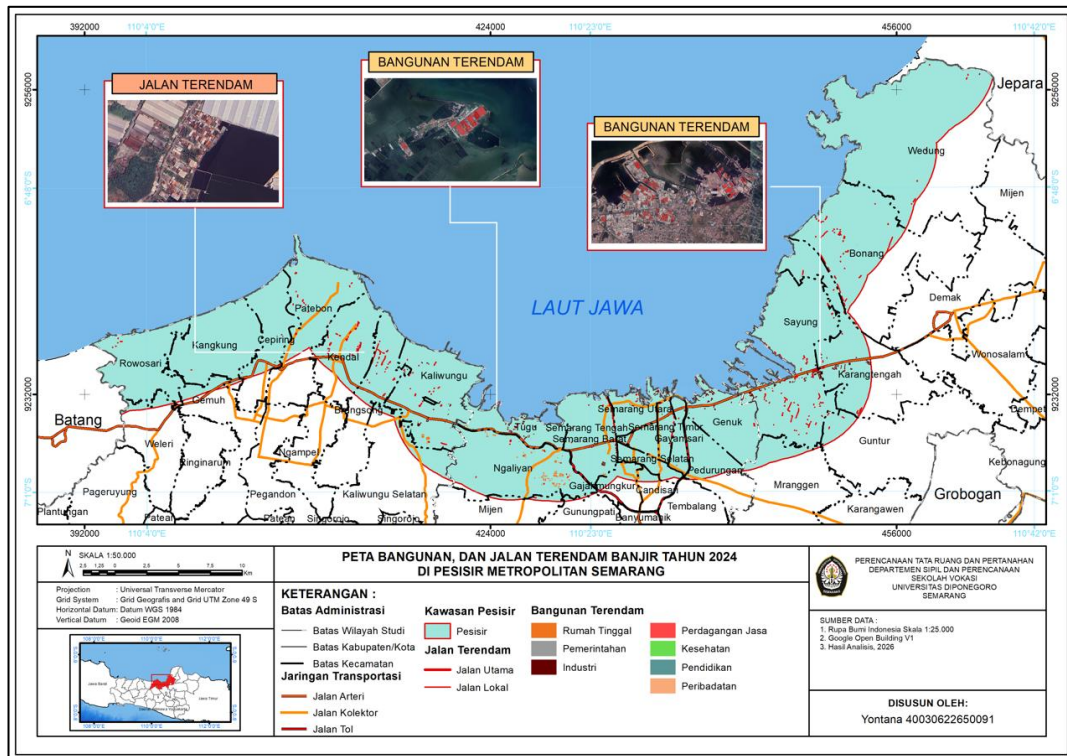
No	Klasifikasi Jalan	Panjang (m)
1	Jalan Arteri	733,44
2	Jalan Kolektor	0
3	Jalan Lokal	6.573,02
4	Jalan Lain	40.655,51
5	Jalan Setapak	24.582,06
<b>Total</b>		<b>72.544,03</b>

*Sumber : Hasil Analisis, 2026.*

Hasil diatas menunjukkan bahwa jaringan yang terendam sepanjang 72.544,03 m dengan beberapa klasifikasi jalan. Jalan lain menjadi klasifikasi paling terdampak, yakni sepanjang 40.655,51 m. Dampak dari genangan paling kecil terdapat pada klasifikasi jalan arteri sepanjang 733,44 m. Tingginya panjang jalan

yang terendam dapat memengaruhi mobilitas masyarakat serta aktivitas sosial dan ekonomi di Pesisir Metropolitan Semarang.

**B. Bangunan dan Jalan Tergenang Banjir 2024**



Sumber : Hasil Analisis, 2026.

**Gambar 4. 20** Peta Bangunan dan Jalan Terendam Tahun 2024

Peta diatas menunjukkan bahwa bangunan yang terkena dampak banjir semakin banyak dibandingkan pada tahun 2015. Hal tersebut berpotensi menjadikan jumlah kerugian akan semakin besar. Berikut merupakan jumlah (unit) dan luas (m<sup>2</sup>) bangunan yang terdampak pada setiap Kabupaten/Kota di pesisir Metropolitan Semarang.

**Tabel 4. 7** Jumlah dan Luas Bangunan Terendam Tahun 2024 Menurut Kabupaten/Kota

No	Kabupaten/Kota	Jumlah Bangunan Terendam (unit)	Luas Bangunan Terendam (m <sup>2</sup> )
1	Kota Semarang	597	113.566,38
2	Kabupaten Demak	1.362	228.051,33
3	Kabupaten Kendal	744	58.028,28
<b>Total</b>		<b>2.703</b>	<b>399.646,00</b>

Sumber : Hasil Analisis, 2026.

Pada tabel diatas, jumlah bangunan yang terdampak banjir secara langsung pada tahun 2024 mencapai 2.703 unit bangunan dengan total luas yang terendam adalah 399.646 m<sup>2</sup>. Jumlah tersebut lebih besar dibandingkan dengan tahun 2015, sedangkan jika dilihat dari luas terendam mengalami penurunan. Kabupaten Demak masih menjadi wilayah dengan dampak terbesar, yakni sebanyak 1.362 unit dengan

luas 228.051,33 m<sup>2</sup>. Kondisi ini menunjukkan tingginya tingkat kerentanan wilayah tersebut terhadap banjir dibandingkan dengan Kabupaten Kendal dan Kota Semarang.

Kabupaten Kendal berada pada urutan berikutnya dengan 744 unit bangunan terdampak dan laus genangan 58.028,28 m<sup>2</sup>, sedangkan Kota Semarang memiliki bangunan terendam sebanyak 597 unit dengan luas 113.566,38 m<sup>2</sup>. Perbedaan ini dipengaruhi oleh besarnya luas genangan banjir khususnya di daerah permukiman serta dominasi dataran rendah yang mendominasi di wilayah Kabupaten Demak. Besarnya jumlah dan bangunan yang terdampak, mengindikasikan besarnya perbedaan potensi kerugian antara Kabupaten/Kota di pesisir Metropolitan Semarang. Adapun hasil dari jaringan jalan yang terendam genangan, yakni sebagai berikut.

**Tabel 4. 8 Panjang Jalan Terendam Tahun 2024 Menurut Klasifikasi**

No	Klasifikasi Jalan	Panjang (m)
1	Jalan Arteri	568,66
2	Jalan Kolektor	41,96
3	Jalan Lokal	19.358,53
4	Jalan Lain	8.411,38
5	Jalan Setapak	9.125,38
	<b>Total</b>	<b>37.505,91</b>

Sumber : Hasil Analisis, 2026.

Hasil diatas menunjukkan bahwa jaringan yang terendam sepanjang 37.505,91 m dengan beberapa klasifikasi jalan. Jalan lokal menjadi klasifikasi paling terdampak, yakni sepanjang 19.358,53 m. Dampak dari genangan paling kecil terdapat pada klasifikasi jalan kolektor sepanjang 41,96 m. Tingginya panjang jalan yang terendam dapat memengaruhi mobilitas masyarakat serta aktivitas sosial dan ekonomi di Pesisir Metropolitan Semarang.

#### 4.3.2 Identifikasi Jenis Bangunan

Identifikasi jenis bangunan merupakan proses identifikasi jenis bangunan yang terkena dampak banjir. Proses ini untuk acuan perhitungan kerugian menurut bangunan yang terendam. Jenis bangunan diperoleh dari *Open Street Map* dan Rupa Bumi Indonesia berbentuk point. Berikut merupakan toponim yang akan digunakan pada analisis jenis bangunan.



Sumber : *Open Street Map dan Rupa Bumi Indonesia.*

**Gambar 4. 21 Peta Toponim**

Toponim diatas merupakan hasil dari *clip* kawasan pesisir Metropolitan Semarang. Kemudian toponim diatas dilakukan spatial join ke data bangunan yang terendam banjir, sehingga field toponim dan field bangunan tergabung menjadi satu data. Hasil tersebut kemudian di distribusikan ke Kabupaten/Kota pesisir Metropolitan Semarang. Berikut merupakan hasil identifikasi toponim yang dilakukan pada bangunan terendam banjir tahun 2015 dan 2024.

a. Tahun 2015

**Tabel 4. 9 Jumlah dan Luas Bangunan Terendam Menurut Jenis Tahun 2015**

No	Jenis Bangunan	Jumlah (unit)			Total (unit)	Luas (m <sup>2</sup> )
		Kota Semarang	Kabupaten Demak	Kabupaten Kendal		
1	Permukiman	103	294	101	498	158.750,69
2	Pemerintahan	5	0	0	5	3.144,18
3	Industri/gudang	49	46	10	105	272.864,26
4	Pendidikan	1	0	1	2	134,04
5	Peribadatan	1	0	0	1	2.107,14

Sumber : *Hasil Analisis, 2026.*

Pada tahun 2015, bangunan terdampak didominasi oleh rumah tinggal dengan total 498 unit. Kabupaten Demak mengalami dampak paling besar terhadap bangunan rumah tinggal dibandingkan kedua Kabupaten/Kota lainnya, dengan jumlah bangunan 294 unit. Begitu juga dengan bangunan industri, Kabupaten Demak mengalami salah satu kerugian paling besar yakni sebanyak 46 unit bangunan industri terendam. Hal ini menunjukkan bahwa kawasan industri berada

di kawasan yang rentan terkena banjir sehingga berpotensi mengganggu aktivitas ekonomi masyarakat dan menimbulkan kerugian yang cukup besar.

b. Tahun 2024

**Tabel 4. 10 Jumlah dan Luas Bangunan Terendam Menurut Jenis Tahun 2024**

No	Jenis Bangunan	Jumlah (unit)			Total (unit)	Luas (m <sup>2</sup> )
		Kota Semarang	Kabupaten Demak	Kabupaten Kendal		
1	Permukiman	502	1.289	720	2.511	153.700,47
2	Industri/gudang	76	72	24	172	240.588,70
3	Pemerintahan	6	0	0	5	2.569,60
4	Perdagangan Jasa	4	0	0	4	806,33
5	Pendidikan	3	0	0	3	917,22
6	Peribadatan	5	1	0	6	1.033,11
7	Kesehatan	1	0	0	1	30,56

Sumber : Hasil Analisis, 2026.

Berdasarkan hasil tabel diatas, jenis bangunan pada Kabupaten/Kota pesisir Metropolitan Semarang pada tahun 2024 mengalami peningkatan dampak yang cukup signifikan. Didominasi oleh bangunan rumah tinggal sebanyak 2.511 unit, dengan sebagian besar rumah tinggal berada di Kabupaten Demak sebanyak 1.619 unit. Jenis bangunan selain rumah tinggal yakni Industri sebanyak 172 unit, pemerintahan 6 unit, pendidikan 3 unit, peribadatan 6 unit, dan kesehatan 1 unit. Hasil diatas menunjukkan bahwa bangunan rumah tinggal merupakan bangunan yang paling banyak terkena dampak banjir dibandingkan jenis bangunan lainnya, dan meningkatnya dampak terhadap kawasan industri yang berpotensi mengalami kerugian yang semakin besar. Kemudian dari hasil tersebut dilakukan perhitungan kerugian menurut jenis bangunan yang sudah ter-identifikasi.

#### 4.3.3 Validasi

a. Validasi Lapangan

Validasi hasil pengolahan genangan banjir dan bangunan yang terendam dilakukan untuk memastikan tingkat kesesuaian dengan kondisi asli di lapangan. Validasi lapangan dilakukan dengan metode kuesioner dan menggunakan teknik random sampling pada bangunan yang terendam. Penentuan jumlah sampel yang di validasi sebagai berikut.

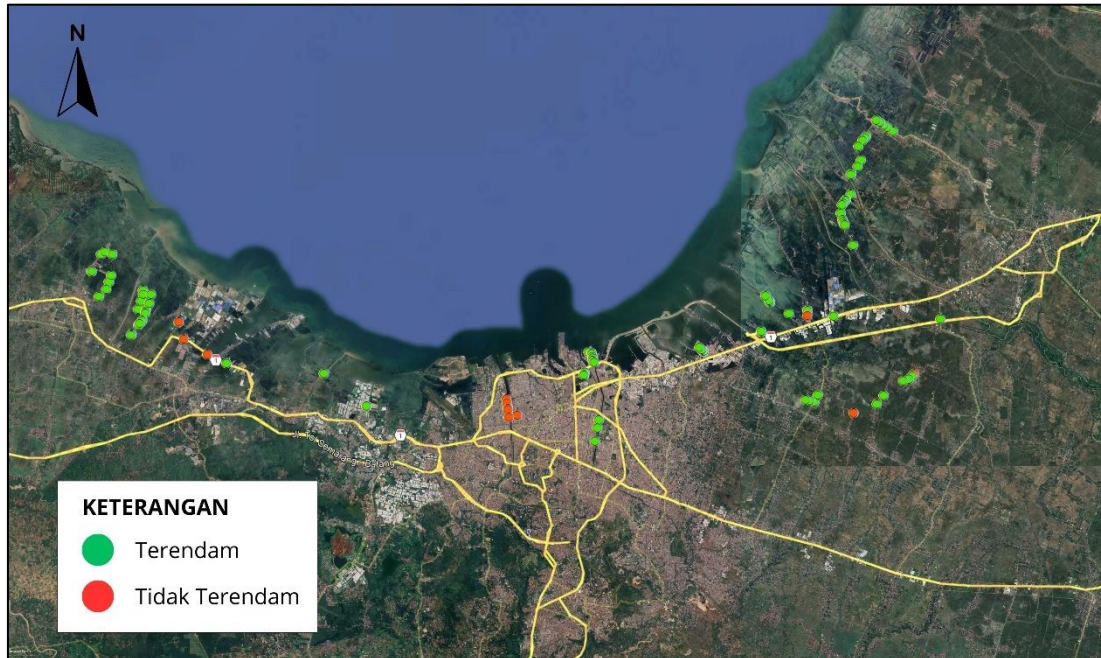
N (Populasi) : 3.314 (Bangunan Terendam)

e : 10% atau 0.1

$$n = 3.314 / 1 + N (0.1)^2$$

n = 97.07 (97 Responden)

Pertanyaan yang diajukan berjumlah 4, yakni apakah didaerah tersebut banjir, apakah rumah tersebut terendam, berapa kedalaman (cm), dan berapa lama surut (hari). Berikut merupakan hasil persebaran validasi yang telah dilakukan.



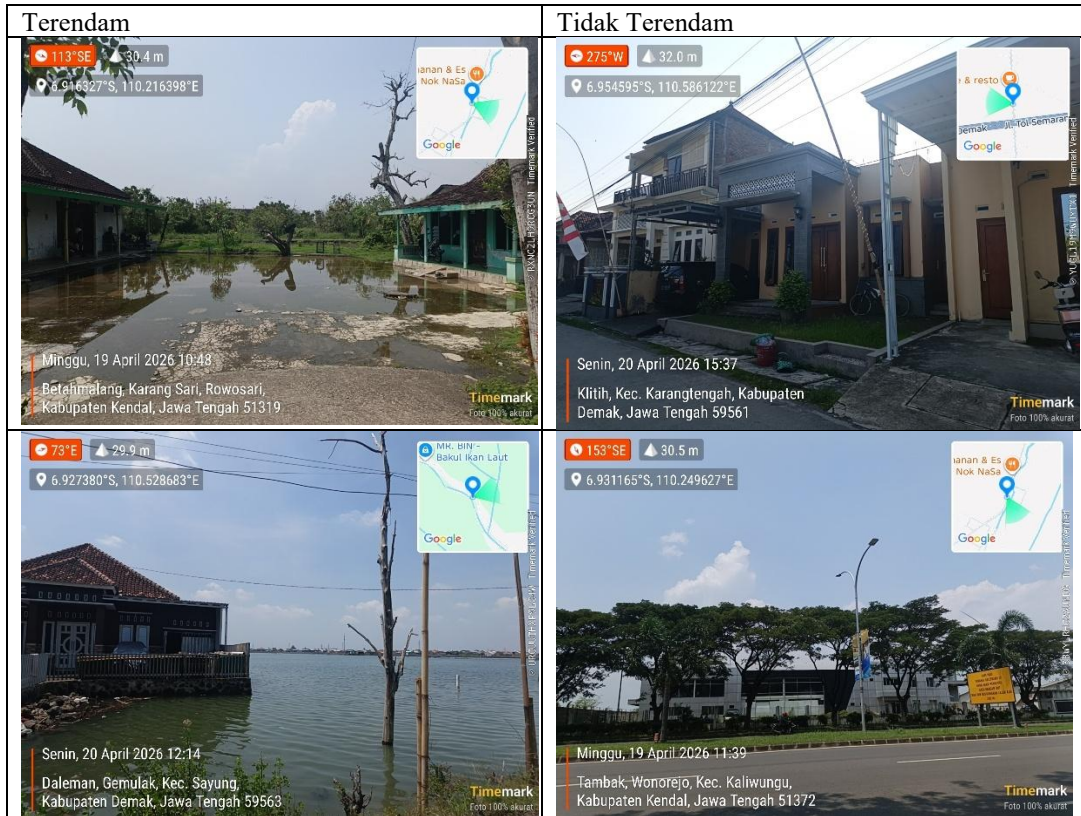
Sumber : Hasil Analisis, 2026.

**Gambar 4. 22** Peta Titik Validasi

Berdasarkan hasil wawancara sebanyak 97 responden, dapat dihasilkan bahwa 85 dari 97 sampel adalah benar dan sesuai dengan hasil pengolahan. Titik merah pada peta menunjukkan bangunan yang tidak terendam banjir. Hasil wawancara menunjukkan bahwa bangunan yang tidak terendam sebagian besar karena banjir hanya pada jaringan jalan didepan bangunan dan bangunan yang memiliki atau sudah di tinggikan. Seperti pada Kota Semarang di Kelurahan terdapat beberapa bangunan yang memiliki tinggi permukaan yang sudah melebihi tinggi jaringan jalan dan drainase yang cukup. Sementara itu, titik hijau pada peta menunjukkan bahwa bangunan tersebut terendam banjir, selain karena berada di kawasan pesisir yang rentan terhadap banjir, bangunan memiliki tinggi permukaan di bawah jaringan jalan bahkan drainase. Pada saat dilakukannya validasi terdapat beberapa daerah yang sedang mengalami banjir, dan terlihat masih terdapat beberapa sisa pasir dan tanah bekas banjir. Intensitas banjir didaerah tersebut memiliki intensitas tinggi atau hampir setiap hari terendam setidaknya pada jaringan jalan. Terdapat beberapa rumah yang sudah tenggelam permanen oleh air dan ditinggalkan.

Sebagian besar bangunan yang terendam membutuhkan 2 hari untuk air banjir surut, namun untuk rumah yang berada di bawah permukaan jalan tidak jarang juga masyarakat menggunakan pompa air untuk mengeluarkan air dari dalam rumah, dan rata-rata kedalaman banjir sekitar 30-40 cm. Berikut merupakan beberapa dokumentasi hasil validasi.

**Tabel 4. 11 Dokumentasi Survei**



*\*informasi dan dokumentasi lengkap terlampir  
Sumber : Hasil Validasi, 2026.*

Untuk melihat hasil validasi yang baik dan layak digunakan maka harus dilakukan perhitungan persentase untuk mendapatkan tingkat akurasi. Berikut merupakan persentase tingkat akurasi dari hasil validasi.

**Tabel 4. 12 Uji Akurasi**

No	Kabupaten/Kota	Jumlah Sampel	Benar	Salah	Persentase
1	Kota Semarang	20	15	5	75%
2	Kabupaten Demak	50	47	3	94%
3	Kabupaten Kendal	28	25	3	89,2%
	<b>Total</b>	<b>97</b>	<b>86</b>	<b>11</b>	<b>88,6%</b>

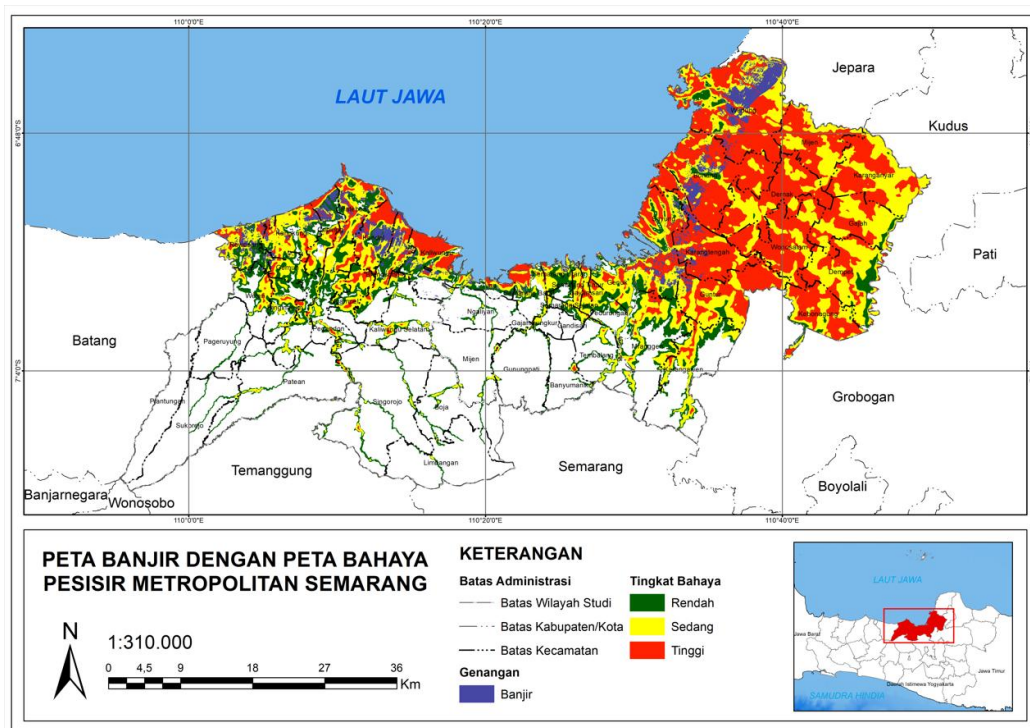
*Sumber : Hasil Analisis, 2026.*

Berdasarkan tingkat uji validasi diatas, akurasi secara keseluruhan mencapai 88,6% atau sebanyak 86 dari 97 sampel adalah benar. Menurut (Feizizadeh et al., 2022), tingkat akurasi >80% menunjukkan bahwa hasil klasifikasi memiliki kualitas yang baik dan layak digunakan. Meskipun dengan hasil tersebut akurasi secara

keseluruhan sudah baik namun tetap dilakukan peningkatan interpretasi untuk meminimalisir kesalahan dalam pengolahan.

b. Validasi Terhadap Peta Bahaya

Validasi hasil pengolahan genangan banjir perlu dilakukan untuk memastikan tingkat kesesuaian antara informasi tingkat bahaya yang disediakan oleh instansi resmi. Data yang digunakan adalah peta bahaya banjir dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Validasi menggunakan fungsi *overlay* antara hasil pengolahan dengan peta bahaya. Berikut merupakan hasil pertampalan genangan banjir dan peta bahaya banjir.



Sumber : Hasil Analisis, 2026.

**Gambar 4. 23 Peta Validasi Terhadap Peta Bahaya**

Hasil overlay diatas, dapat dilihat bahwa genangan banjir tersebar pada seluruh klasifikasi tingkat bahaya rendah, sedang, dan tinggi. Berikut merupakan luasan (ha) genangan banjir yang bertampalan dengan peta bahaya dari BNPB berdasarkan klasifikasi.

**Tabel 4. 13 Luas Validasi**

No	Klasifikasi Peta Bahaya	Luas Genangan yang Bertampalan (Ha)	Peresentase (%)
1	Rendah	8.841.018,04	10
2	Sedang	37.843.094,96	42,9
3	Tinggi	41.426.386,22	47
	<b>Total</b>	<b>88.110.499,23</b>	<b>100%</b>

Sumber : Hasil Analisis, 2026.

Berdasarkan hasil luas diatas, dapat diketahui bahwa genangan banjir didominasi oleh klasifikasi bahaya tinggi, yakni dengan luas mencapai 41.426.386,22 ha atau sekitar 47% dari total genangan. Sedangkan klasifikasi sedang mencakup sekitar 42,9% dari total luas genangan. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah yang tergenang banjir berada pada zona tingkat risiko tinggi dan sedang berdasarkan peta bahaya dari BNPB. Hasil pengolahan genangan banjir memiliki kesesuaian yang cukup baik dengan peta bahaya dari BNPB, karena genangan didominasi pada kelas sedang dan tinggi.

#### 4.3.4 Perhitungan Estimasi Kerugian

Perhitungan estimasi kerugian dilakukan dengan mengalikan harga bangunan per- $m^2$  dan jalan per-m dengan luas bangunan dan panjang jalan yang terendam banjir. Hal ini dikarenakan jika mengalikan dengan jumlah (unit) akan berbeda-beda luas di setiap bangunan yang menyebabkan tingginya kesalahan atas perhitungan kerugian yang akan dilakukan. Harga bangunan dibedakan berdasarkan jenis atau fungsi bangunan sedangkan harga jalan di bedakan berdasarkan fungsi jalan utama. Acuan ini digunakan untuk mempertajam analisis estimasi kerugian dibandingkan dengan menyamakan semua jenis bangunan dan jalan. Berikut merupakan acuan yang digunakan dalam menghitung kerugian akibat bencana banjir dalam penelitian ini.

**Tabel 4. 14 Harga Pengganti Kerugian**

Sektor	Jenis Bangunan	Satuan	Harga (Rp)
Permukiman	Permukiman	$m^2$	1.500.000
	Perdagangan Jasa	$m^2$	1.500.000
	Industri/gudang	$m^2$	2.500.000
Sosial	Kantor Pemerintahan	$m^2$	1.500.000
	Sekolah/pendidikan	$m^2$	1.500.000
	Tempat Ibadah	$m^2$	800.000
Jaringan Jalan	Jalan Utama	m	1.480.000
	Jalan Lokal	m	740.000

Sumber : (Semedi et al., 2023); (Jayantara, 2020).

Berdasarkan acuan diatas, jenis atau fungsi bangunan industri memiliki nilai kerugian tertinggi yakni sebesar Rp 2.500.000. Perbedaan harga satuan tersebut menunjukkan bahwa dampak banjir tidak hanya dipengaruhi oleh luas bangunan terendam, namun juga jenis dan nilai ekonomi suatu bangunan. Sedangkan untuk jenis jaringan jalan dibedakan dua, yakni jalan utama dan lokal. Pengelompokan yang digunakan sesuai hasil overlay adalah jalan arteri dan kolektor termasuk dalam jalan utama, sedangkan jalan lokal, lain, dan setapak termasuk dalam klasifikasi jalan lokal. Berikut merupakan rumus perhitungan kerugian yang digunakan dalam penelitian ini.

$$\text{Kerugian (Rp)} = \text{Harga Satuan (Rp)} \times \text{Luas Bangunan/Jalan Terendam (m}^2\text{/m)}$$

Berdasarkan rumus diatas, maka diperlukan untuk menghitung jumlah luas bangunan dan panjang jalan yang terendam menurut jenisnya. Berikut merupakan luas bangunan (m<sup>2</sup>) dan panjang jalan (m) terendam yang akan digunakan dalam perhitungan estimasi kerugian.

**Tabel 4. 15 Luas Jenis Bangunan dan Panjang Jalan Terendam**

No	Jenis	Luas (m <sup>2</sup> )	
		Tahun 2015	Tahun 2024
1	Permukiman	158.750,69	153.700,47
2	Industri/gudang	272.864,38	240.588,70
3	Pemerintahan	3.144,18	2.569,60
4	Peribadatan	2.107,14	1.033,11
5	Pendidikan	134,04	917,22
6	Kesehatan	0	30,56
7	Perdagangan Jasa	0	806,33
	<b>Total</b>	<b>437.000,31</b>	<b>396.448,42</b>
No	Klasifikasi	Panjang (m)	
1	Jalan Arteri	733,44	568,66
2	Jalan Kolektor	0	41,96
3	Jalan Lokal	40.655,51	19.358,53
4	Jalan Lain	6.573,02	8.411,38
5	Jalan Setapak	24.582,06	9.125,38
	<b>Total</b>	<b>72.544,03</b>	<b>37.505,91</b>

Sumber : Hasil Analisis, 2026.

Dilihat dari tabel diatas, luas jenis bangunan yang terendam menurun dari tahun 2015 ke 2024, salah satu jenis bangunan yang memiliki penurunan luas terendam adalah industri, dengan penurunan luas terendam 240.588,70 di tahun 2024. Sedangkan, pada hasil jaringan jalan yang terendam mengalami penurunan dari tahun 2015 ke 2024. Total panjang jalan yang terendam pada tahun 2015 mencapai 72.544,03 m, sedangkan pada tahun 2024 menurun menjadi 37.505,91 m. Penurunan paling terlihat adalah klasifikasi jalan lokal sebesar 40.655,51 m di tahun 2015 menjadi 19.358,53 m di tahun 2024. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa jalan lingkungan atau akses permukiman mengalami kerentanan yang tinggi dibandingkan dengan jalan arteri dan kolektor. Berikutnya, jumlah luas jenis bangunan dan panjang jalan diatas digunakan untuk acuan perhitungan estimasi kerugian di tahun 2015 dan 2024. Berikut merupakan perhitungan estimasi kerugian yang dilakukan.

#### A. Estimasi Kerugian Banjir 2015

Rumah Tinggal	Kerugian : $1.500.000 \text{ (Rp)} \times 158.750,69 \text{ (m}^2\text{)}$ : Rp 238.126.042.166,42
Pemerintahan	Kerugian : $1.500.000 \text{ (Rp)} \times 3.144,18 \text{ (m}^2\text{)}$ : Rp 4.716.271.133,81
Industri	Kerugian : $2.500.000 \text{ (Rp)} \times 272.864,26 \text{ (m}^2\text{)}$ : Rp 682.160.655.522,02
Pendidikan	Kerugian : $1.500.000 \text{ (Rp)} \times 134,04 \text{ (m}^2\text{)}$ : Rp 201.060.108,72
Peribadatan	Kerugian : $800.000 \text{ (Rp)} \times 2.107,14 \text{ (m}^2\text{)}$ : Rp 1.685.716.254,29
Jalan Utama	Kerugian : $1.480.000 \text{ (Rp)} \times 733,44 \text{ (m)}$ : Rp 1.085.485.881,69
Jalan Lokal	Kerugian : $740.000 \text{ (Rp)} \times 71.810,59 \text{ (m)}$ : Rp 53.139.836.298,08
<b>Total</b>	<b>Rp 981.115.057.789,06</b>

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa total kerugian akibat banjir tahun 2015 mencapai Rp 981.115.057.789,06. Kerugian terbesar berasal dari jenis bangunan industri dengan nilai hingga Rp 682.160.947.190,82, yang menunjukkan bahwa tingginya dampak terhadap aktivitas ekonomi masyarakat di kawasan pesisir. Namun, kerugian pada sektor permukiman atau rumah tinggal juga cukup besar yang menunjukkan dampak langsung terhadap masyarakat. Genangan banjir dapat merusak struktur rumah, perabot, dan kerusakan infrastruktur di sekitar rumah seperti drainase dan akses air bersih. Hasil kerugian pada jaringan jalan menunjukkan kerugian sebesar Rp 981.115.057.789,06. Nilai tersebut didominasi oleh jalan lokal dengan nilai kerugian mencapai Rp 53.139.836.298,08 dibandingkan dengan jalan utama. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa banjir 2015 lebih banyak memengaruhi akses jalan lingkungan atau

akses permukiman masyarakat sehingga berpotensi menghambat aktivitas sosial sehari-hari. Namun, jalan utama tetap memberikan dampak penting meskipun memiliki nilai kerugian lebih rendah karena memiliki fungsi sebagai penghubung antarwilayah.

#### B. Estimasi Kerugian Banjir 2024

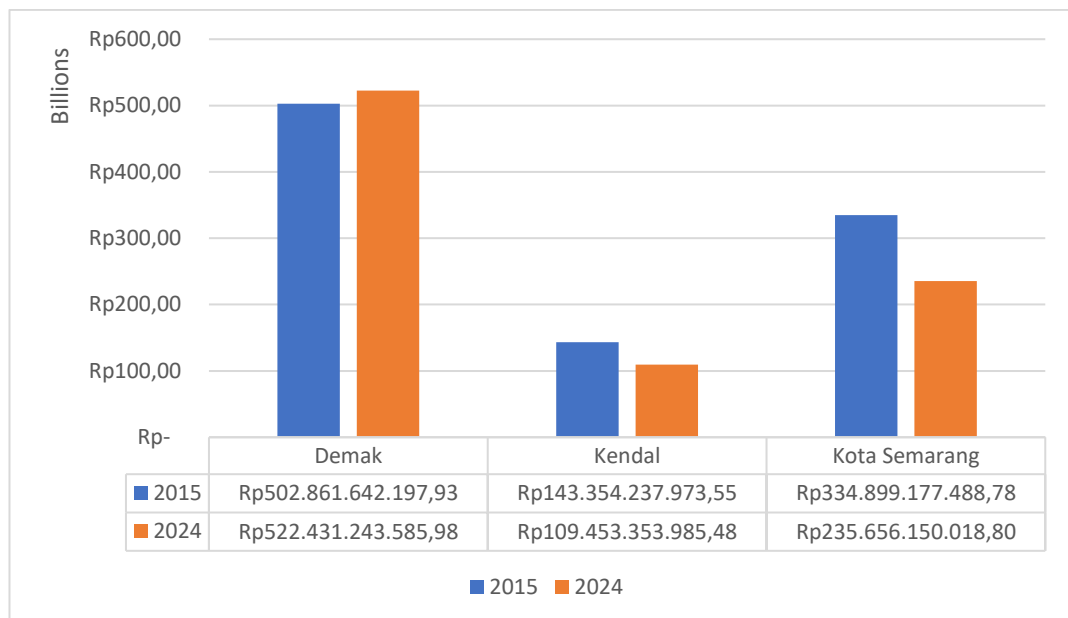
Rumah Tinggal	Kerugian : 1.500.000 (Rp) x 153.700,47 (m <sup>2</sup> ) : Rp 230.550.711.752,27
Pemerintahan	Kerugian : 1.500.000 (Rp) x 2.569,60 (m <sup>2</sup> ) Rp 3.854.407.208,65
Industri	Kerugian : 2.500.000 (Rp) x 240.588,70 (m <sup>2</sup> ) : Rp 601.471.746.847,28
Perdagangan Jasa	Kerugian : 1.500.000 (Rp) x 806,33 (m <sup>2</sup> ) Rp 1.209.491.509,12
Pendidikan	Kerugian : 1.500.000 (Rp) x 917,22 (m <sup>2</sup> ) : Rp 1.375.836.310,94
Peribadatan	Kerugian : 800.000 (Rp) x 1.033,11 (m <sup>2</sup> ) : Rp 826.487.524,29
Kesehatan	Kerugian : 1.500.000 (Rp) x 30,56 (m <sup>2</sup> ) Rp 45.836.310,94
Jalan Utama	Kerugian : 1.480.000 (Rp) x 610,62 (m) Rp 903.715.296,24
Jalan Lokal	Kerugian : 740.000 (Rp) x 36.895,29 (m) Rp 27.302.515.863,19
<b>Total</b>	<b>Rp 867.540.747.503,99</b>

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa total kerugian akibat banjir tahun 2024 mencapai Rp 867.540.747.503,99, nilai tersebut menurun dibandingkan dengan tahun 2015. Kerugian terbesar masih berasal dari jenis bangunan industri dengan nilai hingga Rp 601.471.746.847,28, nilai tersebut lebih rendah dibandingkan tahun 2015, namun menunjukkan bahwa nilai kerugian paling besar masih terdapat pada kawasan ekonomi

di pesisir. Hasil perhitungan kerugian jaringan jalan menunjukkan bahwa klasifikasi jalan pada tahun 2024 masih didominasi oleh jalan lokal dengan nilai sebesar Rp 27.302.515.863,19. Nilai tersebut jauh lebih besar dibandingkan dengan jalan utama dengan nilai sebesar Rp 903.715.296,24. Meskipun demikian, nilai kerugian mengalami penurunan dibandingkan tahun 2015. Penurunan tersebut sejalan dengan total luas genangan banjir pada tahun 2015.

### C. Total Estimasi Kerugian

Berdasarkan hasil perhitungan kerugian diatas, untuk melihat dan menilai kerugian menurut wilayah administrasi. Maka dilakukan distribusi nilai kerugian menurut Kabupaten/Kota di pesisir Metropolitan Semarang. Berikut merupakan nilai estimasi kerugian menurut Kabupaten/Kota.



*\*kerugian per desa pada lampiran*

Sumber : Hasil Analisis, 2026.

**Gambar 4. 24 Estimasi Kerugian Menurut Kabupaten/Kota**

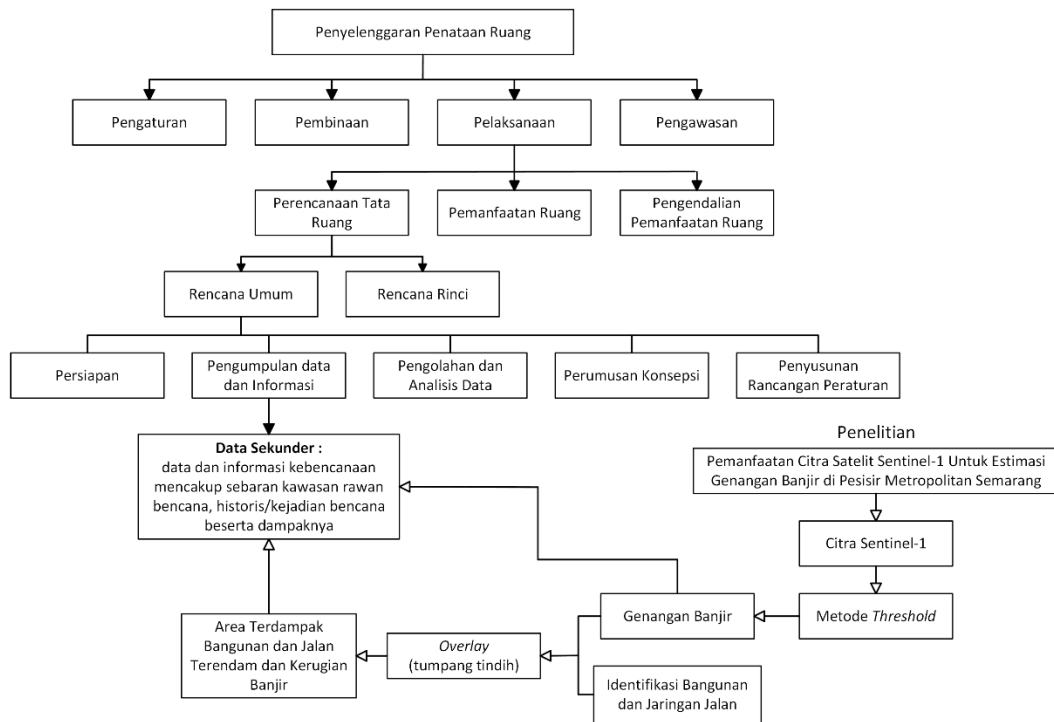
Jumlah nilai estimasi kerugian antara tahun 2015 dan 2024 menunjukkan penurunan yang cukup besar. Kabupaten Demak menjadi wilayah dengan beban kerugian paling besar, yakni Rp Rp502.861.642.197,93 di tahun 2015 dan Rp Rp522.431.243.585,98 di tahun 2024. Sedangkan, Kota Semarang mengalami nilai kerugian sebesar Rp Rp334.899.177.488,78 di tahun 2015 dan Rp 235.656.150.018,80 di tahun 2024. Sebaliknya, Kabupaten Kendal mengalami penurunan nilai kerugian di tahun 2024 menjadi sebesar Rp 33.900.883.988,07. Secara keseluruhan nilai kerugian diatas, Kabupaten Demak mengalami dampak

kerugian paling besar terhadap bencana banjir di kawasan pesisir Metropolitan Semarang dan kawasan Industri menjadi sektor yang mengalami nilai kerugian paling besar dibandingkan sektor lainnya. Hasil ini menunjukkan bahwa kerugian banjir pada tahun 2015 lebih besar dibandingkan tahun 2024, hal tersebut sejalan dengan luas genangan banjir tahun 2015 yang lebih luas. Genangan yang lebih luas berpotensi menyebabkan lebih banyak bangunan dan jalan yang terdampak sehingga menyebabkan kerugian yang dihasilkan menjadi lebih besar.

Meskipun demikian, bertambahnya tahun dan bertumbuhnya kawasan perkotaan tidak selalu menyebabkan luas genangan dan kerugian banjir semakin besar. Besarnya dampak genangan banjir dipengaruhi oleh banyak faktor yang bersifat dinamis atau tidak tetap, seperti intensitas curah hujan, kondisi pasang surut, kondisi drainase, perubahan penggunaan lahan, hingga infrastruktur pengendali banjir. Pada tahun tertentu, curah hujan yang lebih rendah atau kondisi pasang surut yang tidak ekstrem dapat menyebabkan luas genangan menjadi lebih kecil dibandingkan tahun sebelumnya. Selain itu, adanya peningkatan sistem drainase dan pengendalian banjir juga dapat mengurangi tingkat kerentanan wilayah terhadap genangan banjir sehingga kerugian dapat ditekan. Penelitian Rachman et al. (2015) juga menunjukkan bahwa kombinasi antara curah hujan tinggi dan pasang surut dapat memperparah luas genangan di kawasan pesisir. Namun, apabila salah satu faktor tersebut mengalami penurunan atau terdapat peningkatan sistem mitigasi banjir, maka dampak banjir dapat berkurang.

#### **4.4 Pemanfaatan Data dalam Tata Ruang**

Pada perencanaan tata ruang, informasi spasial memiliki peran penting dalam merumuskan dan menentukan pemanfaatan lahan terhadap kondisi lingkungan di suatu wilayah. Informasi spasial digunakan untuk menggambarkan karakteristik wilayah seperti kondisi fisik, penggunaan lahan, serta potensi dan masalah, sehingga dapat menjadi dasar pengambilan keputusan perencanaan (Annis Wichi Luthfina et al., 2019). Pemanfaatan data spasial dapat mengidentifikasi daerah yang sesuai untuk dikembangkan maupun daerah yang seharusnya dilindungi, termasuk kawasan yang memiliki kerentanan terhadap bencana. Hal tersebut sejalan seperti dalam Undang-Undang (UU) Nomor 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang (2007), menyatakan bahwa penataan ruang diselenggarakan dengan memperhatikan kondisi fisik wilayah yang rentan terhadap bencana. Berikut merupakan kedudukan penelitian ini dalam penyelenggaraan penataan ruang.

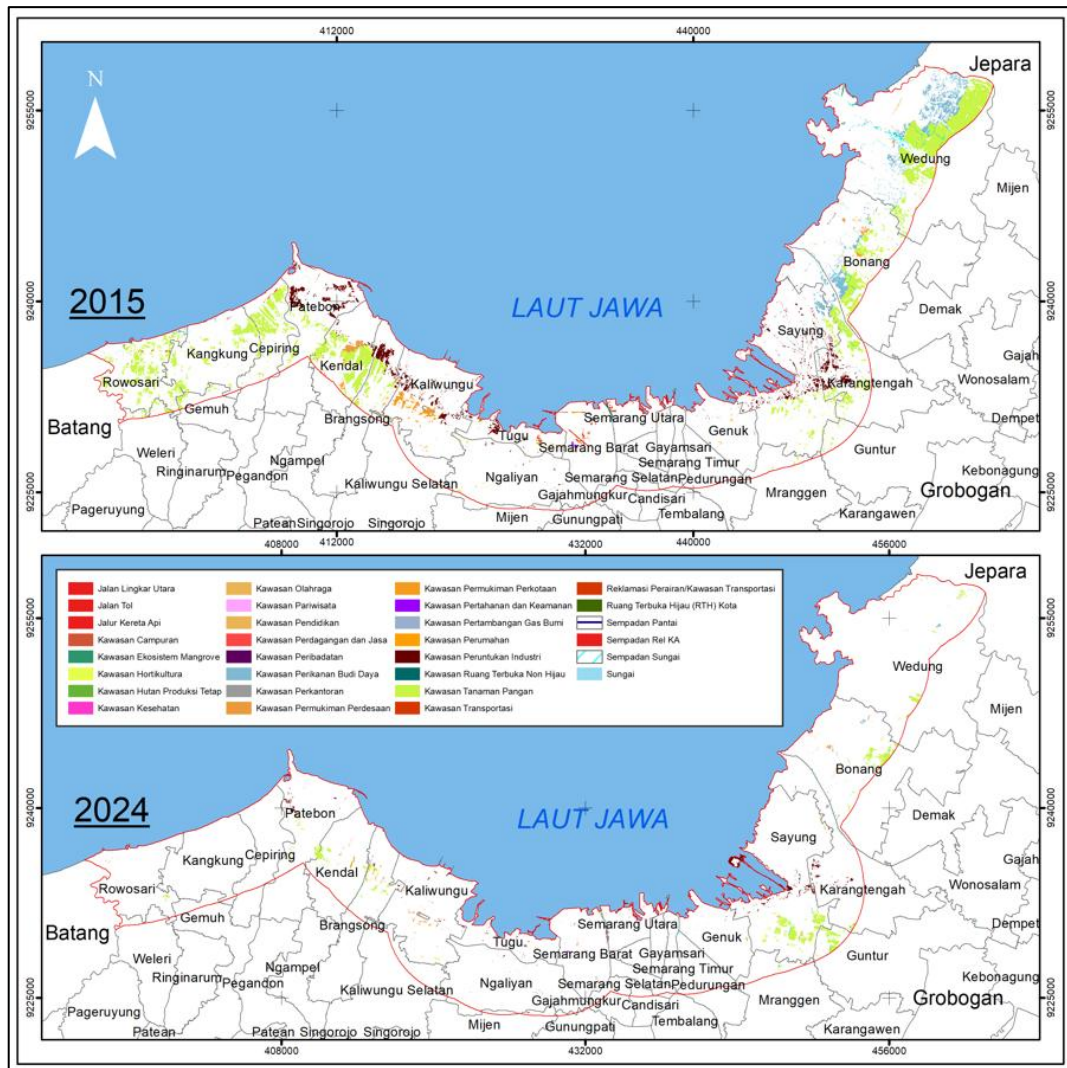


Sumber : Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang.

**Gambar 4. 25 Posisi Penelitian**

Pemanfaatan data genangan dan kerugian merupakan salah satu bentuk data spasial yang penting dalam mendukung perencanaan tata ruang. Data ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi area dengan batasan pemanfaatan ruang di suatu wilayah. Melalui data tersebut, pemerintah atau pihak terkait dapat mengidentifikasi kawasan yang perlu dibatasi pengembangannya, terutama pada kawasan permukiman dan infrastruktur, serta dapat digunakan sebagai acuan penyusunan dan evaluasi apakah penggunaan lahan yang ada telah sesuai dengan kondisi bencana.

Pada Kabupaten di pesisir Metropolitan Semarang yang terdiri Kabupaten Kendal, Kota Semarang, dan Kabupaten Demak telah memiliki Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) baik pada tingkat Kabupaten maupun Kota, untuk mengetahui kesesuaian antara kondisi genangan dengan rencana tata ruang yang ditetapkan, dilakukan teknik *overlay* antara pola ruang RTRW dengan area genangan. Melalui hal tersebut dapat diketahui apakah pola ruang yang telah direncanakan sesuai dengan kondisi bencana. Berikut merupakan hasil *overlay* antara pola ruang RTRW dengan area genangan.



Sumber : Hasil Analisis, 2026.

**Gambar 4. 26** Peta Rencana Pola Ruang yang Bertampalan dengan Banjir

Berdasarkan hasil overlay diatas terdapat 30 jenis pola ruang yang bertampalan atau termasuk dalam area genangan. Pada peta diatas terdapat kawasan budidaya seperti permukiman, industri, serta kawasan tanaman pangan yang termasuk dalam area genangan banjir. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa adanya ketidaksesuaian antara pemanfaatan ruang dengan kondisi lingkungan saat ini. Berikut merupakan distribusi luas pada setiap jenis pola ruang untuk mengetahui seberapa luas pola ruang yang termasuk dalam area genangan banjir.

**Tabel 4. 16** Luas Pertampalan Banjir dengan Rencana Pola Ruang

Rencana Pola Ruang	Luas (m2)	
	2015	2024
Jalan Lingkar Utara	197.581,51	1.061,30
Jalan Tol	1.226,32	1.959,19
Jalur Kereta Api	1.154,64	0,00

Rencana Pola Ruang	Luas (m <sup>2</sup> )	
	2015	2024
Kawasan Campuran	109.438,30	31.613,18
Kawasan Ekosistem Mangrove	240.677,46	28,09
Kawasan Hortikultura	561.357,72	135.514,60
Kawasan Hutan Produksi Tetap	808,96	3.940,11
Kawasan Kesehatan	0,00	1.045,60
Kawasan Olahraga	9.441,22	9.040,13
Kawasan Pariwisata	36,05	240,58
Kawasan Pendidikan	2.005,65	1.919,36
Kawasan Perdagangan dan Jasa	87.176,58	130.113,87
Kawasan Peribadatan	442,55	65,29
Kawasan Perikanan Budi Daya	8.445.568,16	270.591,24
Kawasan Perkantoran	50.321,62	7.950,58
Kawasan Permukiman Perdesaan	1.623.444,71	744.311,03
Kawasan Permukiman Perkotaan	2.367.133,32	424.428,28
Kawasan Pertahanan dan Keamanan	120.921,09	18.004,22
Kawasan Pertambangan Gas Bumi	657,89	0,00
Kawasan Perumahan	454.453,27	116.135,73
Kawasan Peruntukan Industri	9.705.750,93	2.479.084,69
Kawasan Ruang Terbuka Non Hijau	141.679,64	67.762,98
Kawasan Tanaman Pangan	49.823.648,88	7.432.698,28
Kawasan Transportasi	651.627,67	129.763,94
Reklamasi Perairan/Kawasan Transportasi	1.887,64	1,23
Ruang Terbuka Hijau (RTH) Kota	91.761,04	30.141,83
Sempadan Pantai	159.350,94	6.110,77
Sempadan Rel KA	1.521,66	0,00
Sempadan Sungai	1.862.923,32	462.896,26
Sungai	153.284,26	28.373,56
<b>Total</b>	<b>76.867.282,98</b>	<b>12.534.795,89</b>

Sumber : Hasil Analisis, 2026.

Berdasarkan hasil perhitungan luas pola ruang RTRW yang bertampalan dengan genangan banjir dengan total luas mencapai 76.867.282,98 m<sup>2</sup> di tahun 2015 dan menurun menjadi 12.534.795,89 m<sup>2</sup>. Luas jenis pola ruang terbesar terdapat pada kawasan budidaya, yakni pada jenis tanaman pangan dengan luas 49.823.648,88 m<sup>2</sup> di tahun 2015 dan 7.432.698,28 m<sup>2</sup>. Selain itu, genangan juga cukup signifikan terjadi pada kawasan permukiman, yakni seluas 6.151.998,92 m<sup>2</sup> pada kedua tahun yang menunjukkan bahwa kawasan tersebut memiliki kerentanan yang tinggi terhadap banjir sehingga dapat mengganggu aktivitas dan keselamatan masyarakat. Kawasan budidaya lain seperti kawasan industri, perdagangan dan jasa, serta perkantoran juga berada pada kawasan yang terendam genangan banjir. Hasil tersebut perlu adanya penyesuaian pemanfaatan ruang yang ada dengan mempertimbangkan genangan banjir, khususnya

pada kawasan budidaya demi menghindari dampak yang lebih besar (Haris et al., 2022). Berikut merupakan kawasan budidaya yang bertampalan dengan genangan dan rekomendasi yang perlu dilakukan.

**Tabel 4. 17 Rekomendasi Rencana Tata Ruang**

Kabupaten/Kota	Jenis Pola Ruang	Luas Pertampalan Pola Ruang dengan Banjir (m <sup>2</sup> )		Rekomendasi yang perlu dilakukan
		Tahun 2015	Tahun 2024	
Kota Semarang	Kawasan Permukiman	653.516,34	280.893,02	Pada kawasan permukiman yang terdampak banjir di Kota Semarang mengalami penurunan dari 2015 menjadi 280.893,02 m <sup>2</sup> . Hal ini sejalan dengan beberapa upaya mitigasi yang sudah dilakukan oleh DPU Kota Semarang, yakni berupa penggunaan kolam retensi, embung, waduk dan peningkatan drainase. Meskipun demikian, keberadaan kawasan permukiman yang terdampak belum sepenuhnya dapat dihilangkan. Pada RTRW Kota Semarang Tahun 2011-2031 menyebutkan bahwa kawasan permukiman perlu memperhatikan mitigasi dan adaptasi bencana khususnya land subsidence, banjir, dan abrasi. Maka dari itu, perlu adanya optimalisasi fungsi kolam retensi, embung, dan waduk, dan drainase untuk tetap menekan dampak banjir.
	Kawasan Peruntukkan Industri	742.407,79	212.114,95	Hasil menunjukkan adanya penurunan wilayah terdampak dari tahun 2015 ke 2024. Meskipun mengalami penurunan, besaran area terdampak masih termasuk besar, yakni di 212.114,95 m <sup>2</sup> pada tahun 2024. Pada RTRW Kota Semarang Tahun 2011-2031 menyebutkan bahwa kawasan peruntukkan industri diwajibkan melakukan pengelolaan hidrologi untuk memperkecil dan mengatur debit limpasan air hujan ke wilayah luar. Menurut penelitian (Permanahadi & Widowati, 2022), kawasan industri termasuk dalam salah satu indikator yang belum memenuhi mitigasi banjir di Kota Semarang. Penelitian (Liesnoor, 2014), menyebutkan perlu adanya upaya konservasi lingkungan pada kawasan hulu-hilir, peningkatan drainase, penghijauan, kolam retensi, sumur resapan, dan embung.
	Kawasan Pertanian	108.245,28	1.062,38	Kawasan pertanian yang terdiri dari tanaman pangan dan hortikultura di Kota Semarang mengalami penurunan dampak yang cukup signifikan. Namun, masih terdapat sebagian kawasan pertanian yang terdampak banjir, sehingga masih perlu adanya upaya mitigasi bencana untuk meminimalkan kerugian hasil panen/produksi. Pada Kota Semarang mengalami pengurangan luas lahan sawah

Kabupaten/Kota	Jenis Pola Ruang	Luas Pertampalan Pola Ruang dengan Banjir (m <sup>2</sup> )		Rekomendasi yang perlu dilakukan
		Tahun 2015	Tahun 2024	
				mencapai 5.630,4 ha yang disebabkan oleh pasang surut air laut sehingga tidak dapat digunakan untuk bercocok tanam. Perlu adanya upaya mitigasi dan adaptasi berupa pengaturan pola tanam, waktu tanam, dan pemilihan jenis komoditas (Hartini et al., 2015).
	Kawasan Transportasi	653.515,32	129.765,16	Kota Semarang memiliki luas kawasan transportasi yang tergenang banjir, yakni seluas 129.765,16 m <sup>2</sup> . Kota Semarang merupakan salah satu pusat pertumbuhan utama di pesisir utara pulau Jawa yang memiliki peran strategis sebagai simpul jaringan transportasi dan distribusi barang maupun jasa (Rahayu, 2013). Dengan terendahnya kawasan transportasi yang cukup besar, hal tersebut dapat mengganggu aktivitas ekonomi regional maupun nasional. Maka dari itu, diperlukan beberapa upaya atau solusi mitigasi untuk menangani hal tersebut, yakni menyediakan kolam retensi, pelebaran saluran drainase, meninggikan atau membuat jalan layang di titik genangan yang rawan, dan membuat rekayasa lalu lintas saat terjadi banjir
Kab. Demak	Kawasan Permukiman	840.582,70	539.286,48	Hasil menunjukkan bahwa kawasan permukiman di Kabupaten Demak mengalami penurunan dampak banjir dari tahun 2015 ke 2024. Namun, luas tahun 2024 masih tergolong besar dengan luas terdampak sebesar 539.286,48 m <sup>2</sup> . Hal ini disebabkan oleh karakteristik wilayah Demak yang memiliki topografi rendah dan ancaman penurunan muka tanah. Pada RTRW Kabupaten Demak Tahun 2011 – 2031 menyebutkan bahwa sudah tertuang kawasan rawan bencana untuk membatasi perkembangan kegiatan terbangun. Penelitian (Andolia et al., 2026), memberikan rekomendasi berupa strategi peningkatan ketahanan infrastruktur perlu diarahkan pada pendekatan hybrid green-grey yang terintegrasi, berbasis kondisi lokal, serta diprioritaskan pada wilayah berisiko tinggi.
	Kawasan Peruntukkan Industri	3.734.986,23	1.776.481,48	Pada RTRW Demak Tahun 2011 – 2031 menyebutkan bahwa tujuan penataan ruang Kabupaten Demak adalah mewujudkan ruang wilayah daerah berbasis sektor pertanian

Kabupaten/Kota	Jenis Pola Ruang	Luas Pertampalan Pola Ruang dengan Banjir (m <sup>2</sup> )		Rekomendasi yang perlu dilakukan
		Tahun 2015	Tahun 2024	
				dan industri yang unggul didukung sektor perdagangan jasa dan pariwisata berwawasan lingkungan yang berkelanjutan. Walaupun kawasan peruntukkan industri mengalami penurunan area terdampak banjir, luas area masih tergolong besar. Dampak tersebut akan terus menyebabkan kerugian berulang yang cukup besar. Saat ini di Kabupaten Demak sedang membangun jalan tol Semarang-Demak yang terintegrasi dengan tanggul laut (Giant Sea Wall) untuk mengurangi dampak banjir yang kerap terjadi pada kawasan industri (Amin, 2024). Sedangkan menurut penelitian (Yusuf Ma'arif & Budiyanto, 2025), menyebutkan perlu adanya beberapa rekomendasi berupa pembangunan infrastruktur tahan banjir, pemantauan dan peringatan dini, kerjasama lintas sektor, serta perencanaan perkotaan berkelanjutan dengan infrastruktur hijau.
	Kawasan Pertanian	27.399.677,83	5.870.923,93	Kawasan pertanian di Kabupaten Demak terdampak banjir seluas 32.635.920,66 m <sup>2</sup> . Seperti pada Kawasan industri, Kabupaten Demak juga memasukkan sektor pertanian pada tujuan rencana tata ruang wilayah, sehingga dengan tergenangnya Kawasan pertanian justru dapat menghambat tujuan tersebut. Diperlukan peninjauan kembali terhadap rencana tata ruang dan menerapkan beberapa upaya mitigasi untuk meminimalkan dampak kerugian akibat banjir. Berikut beberapa arahan kawasan pertanian yang terkena genangan banjir, antara lain menerapkan sistem asuransi kepada petani, melakukan penyuluhan rutin kepada petani (Darwati & Suryanto, 2015), serta penguatan sistem drainase dan irigasi, dan pendekatan konservasi tanah dan air untuk mengurangi risiko erosi dan mengendalikan aliran air banjir (Saraswati, 2026).
	Kawasan Perikanan Budi Daya	8.358.377,14	270.507,19	Kabupaten Demak memiliki luas terdampak oleh genangan banjir di kawasan perikanan, terutama di perikanan budi daya, yakni seluas 8.544.682,13 m <sup>2</sup> . Sektor perikanan menjadi salah satu aktivitas dan mata pencaharian masyarakat paling banyak di pesisir Kabupaten Demak

Kabupaten/Kota	Jenis Pola Ruang	Luas Pertampalan Pola Ruang dengan Banjir (m <sup>2</sup> )		Rekomendasi yang perlu dilakukan
		Tahun 2015	Tahun 2024	
				(Jefryco et al., 2025). Pada penggunaan lahan juga dihasilkan bahwa jenis lahan tambak mendominasi daerah pesisir. Maka dari itu, genangan yang terdampak pada area tambak akan mengganggu aktivitas dan menurunkan hasil produksi perikanan. Diperlukan upaya mitigasi terhadap genangan banjir tersebut berupa, peninggian dinding tambak, pemasangan jaring, penggunaan pompa air, dan penanaman tanaman pencegah abrasi pantai seperti mangrove (Izzah, 2022)
Kab. Kendal	Kawasan Permukiman	3.149.995,32	629.452,83	Dari data luas tersebut, dapat diketahui bahwa Kabupaten Kendal memiliki luas permukiman terdampak, yakni sebesar 629.452,83 m <sup>2</sup> . Pada RTRW Kabupaten Kendal sudah memuat bahwa di kawasan rawan bencana tidak diperkenankan melakukan aktivitas dan pembangunan bangunan permukiman, serta pengembangan permukiman harus pada lahan yang sesuai dengan kriteria fisik, meliputi bebas dari potensi banjir/ genangan dan bebas dari bencana. Namun, berdasarkan hasil overlay ditemukan bahwa rencana kawasan permukiman masih berada pada area terdampak genangan. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun aspek kebencanaan telah dipertimbangkan dalam perumusan rencana, implementasi di lapangan belum sepenuhnya sesuai dengan kondisi lingkungan. Menurut Ramadhani et al. (2022); Afandi et al. (2023) bahwa perlu adanya evaluasi dan mitigasi bencana di kawasan permukiman tersebut berupa penerapan bangunan yang adaptif, perbaikan sistem drainase, penyediaan area resapan, serta penataan ulang kawasan.
	Kawasan Peruntukkan Industri	5.228.356,90	490.488,27	Kabupaten Kendal memiliki luas dampak ke kawasan peruntukkan Industri terbesar dengan luas 490.488,27 m <sup>2</sup> . RTRW Kabupaten Kendal memiliki tujuan mewujudkan ruang wilayah daerah berbasis sektor pertanian dan industri yang unggul didukung sektor perdagangan jasa dan pariwisata berwawasan lingkungan yang berkelanjutan. Sementara itu, kawasan peruntukkan industri pada daerah genangan banjir dapat menyebabkan terhambatnya tujuan

Kabupaten/Kota	Jenis Pola Ruang	Luas Pertampalan Pola Ruang dengan Banjir (m <sup>2</sup> )		Rekomendasi yang perlu dilakukan
		Tahun 2015	Tahun 2024	
				tersebut dan menyebabkan beberapa risiko, yakni rusaknya fasilitas perusahaan, pembatasan kegiatan sehingga menyebabkan kerugian, naiknya biaya distribusi, serta degradasi tanah (Nurkhaerani et al., 2023). Maka dari itu, perlu dilakukan evaluasi dan penerapan mitigasi berupa pembangunan tanggul laut di kawasan industri, penerapan sistem polder dan pompa untuk mengendalikan genangan, peningkatan kapasitas drainase, dan asuransi risiko bencana untuk sektor industri (Marfai et al., 2008)
	Kawasan Pertanian	22.877.083,50	1.696.226,57	Kawasan pertanian di Kabupaten Kendal mengalami penurunan sangat besar dari 22.877.083,50 m <sup>2</sup> di tahun 2015 ke 1.696.226,57 m <sup>2</sup> di tahun 2024. Namun, luasan tersebut masih terbilang cukup besar. Maka dari itu, dibutuhkan upaya mitigasi dan solusi untuk menekan dampak agar semakin berkurang. Penelitian (Sri Rejeki & Hari Mardiansjah, 2018) menyebutkan perlu nya peningkatan dan pemeliharaan jaringan irigasi, peningkatan infrastruktur ketahanan pertanian, dan pengelolaan sumber daya air.
	Kawasan Perikanan Budi Daya	87.191,04	84,05	Hasil analisis menunjukkan bahwa kawasan perikanan budidaya di Kabupaten Kendal mengalami penurunan yang sangat besar. Nilai pada tahun 2024 terbilang sudah sangat kecil. Pada RTRW Kabupaten Kendal Tahun 2011 - 2031, kawasan perikanan menjadi salah satu tujuan penataan ruang Kabupaten Kendal. Kondisi ini perlu dipertahankan untuk meminimalkan dampak dan kerugian yang ditimbulkan. Penelitian (Afifah et al., 2023), menyebutkan bahwa penanaman mangrove dapat mengurangi dampak bencana banjir terhadap lahan perikanan di Kabupaten Kendal.

Sumber : Hasil Analisis, 2026.