

## Pemodelan spasial risiko banjir rob di pesisir Kota Semarang berbasis sistem informasi geografis

Arif Dwi Prasetya\* dan Suhadi Purwantara

Departemen Pendidikan Geografi, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia  
(\*corresponding author: [arif.ashari@uny.ac.id](mailto:arif.ashari@uny.ac.id))

Submitted	:	25 June 2025
Accepted	:	14 August 2025
Published online	:	15 August 2025

### Abstrak

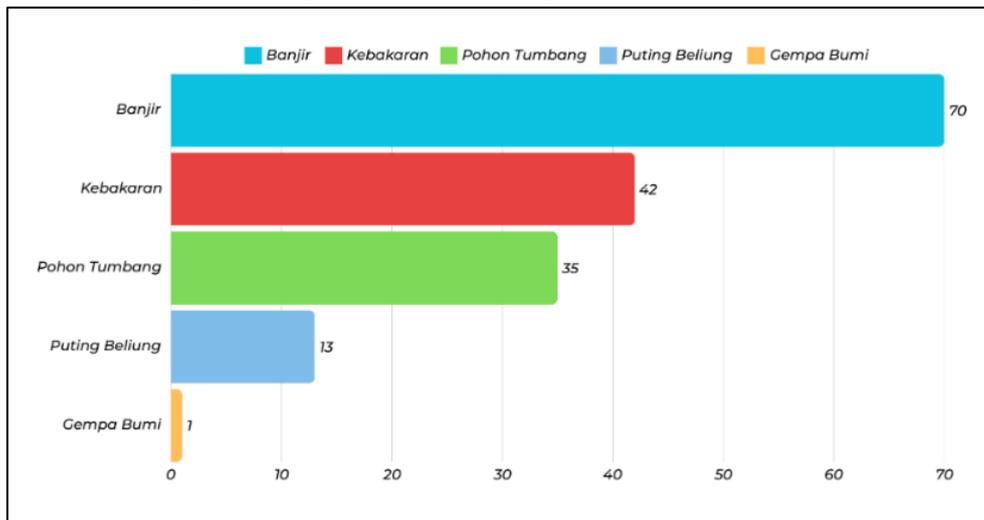
Perubahan iklim berdampak terhadap kenaikan muka air secara global, salah satunya Kota Semarang yang berbatasan langsung laut utara Jawa sehingga berdampak terhadap rob. Penelitian ini bertujuan untuk menyusun model spasial risiko banjir rob pesisir Kota Semarang melalui integrasi sistem informasi geografis dan penginderaan jauh. Jenis penelitian merupakan penelitian eksplorasi dengan bantuan analisis geospasia. Teknik analisis data menggunakan model geospasial melalui *scoring* dan *overlay* untuk menentukan risiko banjir rob. Hasil penelitian menunjukkan pesisir Kota Semarang memiliki indeks risiko bervariasi. Banjir rob sangat rendah berada di Kecamatan Semarang Barat dengan indeks 8,17; Genuk dengan banjir rob rendah 9,37; Semarang Utara dengan banjir rob sedang 12,42; Genuk dengan banjir rob tinggi 14,90 dan Tugu sangat tinggi 29,99. Nilai overall accuracy sebesar 87,3% dan indeks Kappa 85,4%. Studi ini memberikan informasi alternatif mengenai evaluasi risiko banjir dengan berbantuan sistem informasi geografis.

**Kata Kunci:** Risiko; Rob; Geospasial; Geostatistik

### Pendahuluan

Perubahan iklim global memberikan dampak kenaikan muka air laut yang signifikan di pesisir dunia (Hamdani et al., 2021). Salah satu penyebabnya, yaitu mencairnya es di wilayah Antartika yang dapat meningkatkan permukaan air laut global lebih dari 2 meter di tahun 2300 (Zhao et al., 2025). Fenomena tersebut mengakibatkan peningkatan intensitas banjir akibat kenaikan muka air laut (rob), terutama di kawasan urban pesisir yang padat terhadap penduduk, seperti di negara Indonesia. Sebagai negara kepulauan, tentu akan terdampak terhadap banjir rob. Selain perubahan iklim, fenomena *land subsidence* di kondisi kota-kota besar terus terjadi akibat pembangunan masif dan pengambilan air tanah yang berlebihan. Berdasarkan riset yang telah dilakukan oleh (Andari et al., 2023) bahwa *land subsidence* merupakan masalah serius di kota besar pesisir utara, seperti Jakarta yang mengalami penurunan muka tanah mencapai 15 cm/tahun, Semarang 16 cm/tahun, dan Pekalongan 5,37 cm/tahun. Peristiwa ini akan memperburuk banjir rob, air laut akan masuk ke wilayah daratan pada saat pasang atau curah hujan meningkat.

Kota Semarang merupakan salah satu kota di Indonesia yang rentan terhadap banjir rob akibat perubahan iklim dan *land subsidence*. Selama kurun waktu 17 tahun (2014-2031) kontribusi *land subsidence* terhadap kenaikan genangan banjir dan rob di DAS Tenggang dan Sringin adalah sebesar 1,39% setiap tahun (Pujiastuti et al., 2015). Fenomena tersebut diakibatkan oleh kegiatan pelabuhan dan industri maritim yang padat sehingga mobilisasi kendaraan berat merupakan salah satu pemicu *land subsidence*. Gambar 1. menunjukkan akumulasi fenomena bencana alam yang melanda Kota Semarang dan banjir mendominasi sejak tahun 2021-2024.



Gambar 1. Data Bencana di Kota Semarang 2021-2024 (BPBD Kota Semarang, 2024)

Banjir rob merupakan salah satu masalah bagi warga setempat maupun masyarakat pengguna transportasi yang melalui daerah tersebut, khususnya Semarang Utara yang sering terkena rob dan masyarakat merasakan tidak nyaman dalam berkendara (Hakam & Harsato 2018). Fenomena rob yang tergenang menyebabkan kendaraan masyarakat cepat keropos dan mengganggu pertumbuhan sektor lain, salah satunya perekonomian. Gangguan lainnya, termasuk penurunan produktivitas pertanian dan peningkatan risiko wabah penyakit (Indahsari & Hidayatullah, 2023). Selain memberikan dampak terhadap sektor sosial, banjir rob memberikan respon pada kerusakan lingkungan, salah satunya terhadap perubahan garis pantai. Berdasarkan riset yang telah dilakukan oleh Amalia et al. tahun 2023, bahwa kondisi perubahan garis pantai di pesisir Kota Semarang diperkirakan terjadi sejak tahun 1972 dan terus mengalami peningkatan hingga saat ini dengan kisaran panjang (Tabel 1).

Tabel 1. Intensitas Abrasi di Kota Semarang (2001-2021)

Daerah	Kisaran Abrasi (m/tahun)
Mangunharjo	0,05-12,58
Mangkang Wetan	7,62-14,20
Randugarut	9,84-24,37
Karanganyar	7,99-17,71
Tugurejo	5,96-6,92
Tawang Sari	0,28-2,08
Bandarharjo	0,10-22,30
Tanjung Mas	0,01-13,58
Terboyo Wetan	0,00-78,51
Trimulyo	0,15-8,13

Sumber: Amalia et al. (2023)

Meninjau faktor penyebab dan dampak yang diakibatkan oleh banjir rob, kurangnya pengetahuan masyarakat tentang mitigasi bencana dapat menjadi salah satu alasan mengapa masyarakat masih bertolak belakang dengan mitigasi bencana yang dilakukan pemerintah, peningkatan pengetahuan terkait mitigasi bencana dapat meningkatkan keberhasilan mitigasi bencana (Permanahadi & Widowati, 2022). Guna memanfaatkan ketersediaan data *time series* oleh lembaga sektoral Kota Semarang, penulis menyusun model guna mitigasi banjir rob di pesisir dengan integrasi sistem informasi geografis.

Berdasarkan masalah diatas, penulis menyumbangkan kajian risiko menggunakan metode terbaru melalui integrasi sistem informasi geografis dan penginderaan jauh yang berlandaskan aturan BNPB tahun 2012. Penulis menyusun model risiko banjir rob yang bertujuan guna media mitigasi akibat perubahan iklim melanda, pengaruh *land subsidence*, dan perubahan penggunaan lahan di pesisir Kota Semarang sehingga penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul "Pemodelan spasial risiko banjir rob di pesisir Kota Semarang berbasis sistem informasi geografi".

## Metode

### *Pengumpulan dan Analisis Data*

Jenis penelitian ini merupakan eksplorasi melalui pendekatan kuantitatif. Penelitian ini menggunakan analisis spasial guna menyusun peta risiko banjir rob di kawasan pesisir Kota Semarang. Teknik yang digunakan dalam pengumpulan data dalam kegiatan penelitian sebagai berikut.

#### a. Observasi

Kegiatan observasi pada penelitian bertujuan untuk memperoleh informasi terhadap fenomena banjir rob yang melanda dan titik lokasi pengamatan berbagai zona di kawasan pesisir Kota Semarang, antara lain zona pariwisata, pelabuhan, permukiman, dan industri.

#### b. Interpretasi Citra

Interpretasi citra digunakan dengan dua tahap, (1) pada tahap pertama guna interpretasi kemiringan lereng (*slope*) dan (2) digunakan untuk klasifikasi penggunaan lahan guna uji akurasi citra, teknik yang digunakan merupakan *supervised* atau klasifikasi terbimbing terhadap Citra Landsat 9 OLI/TIRS.

Teknik analisis data yang menentukan faktor determinan risiko banjir rob menggunakan GWR. Model GWR dianalisis dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Menentukan koordinat longitude-latitude tiap titik wilayah pengamatan.
- Menaksir parameter GWR dengan menggunakan bandwidth optimum.
- Membandingkan jumlah kuadrat residual atau residual *sum of square* dan koefisien determinasi  $R^2$  model dari OLS dan model GWR dengan pembobot Kernel *Fixed Gaussian*.
- Menginterpretasi dan menyimpulkan hasil yang diperoleh dari uji simultan dan parsial.
- Teknik analisis statistik deksriptif yang dapat digunakan penyajian data dalam bentuk tabel dan tabulasi silang dalam perhitungan uji simultan dan parsial.

Penentuan risiko banjir rob di kawasan pesisir Kota Semarang menggunakan persamaan:

$$R=(H\times V)/C$$

Keterangan:

- R : *risk* atau risiko  
H : *hazard* atau bahaya,  
V : *vulnerability* atau kerentanan,  
C : *capacity* atau kapasitas

Selanjutnya metode skoring untuk penentuan risiko banjir ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2. Data Penelitian dan Skoring

No	Data	Klasifikasi	Score	Presentase (%)	Sumber
Parameter Bahaya					
1	Genangan air (cm)	<30	1	50	BPBD Kota Semarang
		30-60	2		
		>60	3		
2	Jarak dari pantai (m)	250	1	50	BIG
		500	2		
		750	3		
Parameter Kerentanan Sosial					
3	Kepadatan penduduk (jiwa/km <sup>2</sup> )	<500	1	20	Buku Kota Semarang Dalam Angka 2024
		500-1.000	2		
		>1.000	3		
4	Rasio jenis kelamin (%)	<20	1	20	Buku Kota Semarang Dalam Angka 2024
		20-40	2		
		>40	3		
5	Rasio penduduk miskin (%)	<20	1	20	Buku Kota Semarang Dalam Angka 2024
		20-40	2		
		>40	3		
6	Rasio penduduk disabilitas (%)	<20	1	20	Buku Kota Semarang Dalam Angka 2024
		20-40	2		
		>40	3		
7	Rasio kelompok umur (%)	<20	1	20	Buku Kota Semarang Dalam Angka 2024
		20-40	2		
		>40	3		
Parameter Kerentanan Ekonomi					
8	Lahan produktif (ha)	<150	1	50	Buku Kota Semarang Dalam Angka 2024
		150-250	2		
		>250	3		
9	Fasilitas ekonomi (unit)	<15	1	50	Buku Kota Semarang Dalam Angka 2024
		15-30	2		
		>30	3		
Parameter Kerentanan Fisik					
10	Kepadatan bangunan (unit/ha)	<6	1	50	Buku Kota Semarang Dalam Angka 2024
		6-10	2		
		>10	3		
11	Jaringan jalan (km)	<6	1	50	Buku Kota Semarang Dalam Angka 2024
		6-10	2		
		>10	3		
Parameter Kerentanan Lingkungan					
12	Penggunaan lahan	Pertanian, perkebunan, hutan datar	1	10	LANDSAT 9 OLI/TIRS
		Pertanian, perkebunan,	2		

No	Data	Klasifikasi	Score	Presentase (%)	Sumber
		hutan bergelombang			
		Permukiman dan tanah terbuka	3		
13	Fenomena banjir sebelumnya	<3	1	15	BPBD Kota Semarang
		3-4	2		
		>4	3		
14	Kerapatan vegetasi	0.25-0,40	1	15	LANDSAT 9 OLI/TIRS
		0.03-0.25	2		
		-1.00-0.03	3		
15	Kemiringan lereng (%)	>45	1	20	BIG
		30-45	2		
		<30	3		
16	Curah hujan (mm)	<1.000	1	20	BIG
		1.000-2.500	2		
		>2.500	3		
17	Tekstur tanah	Aluvial dan grumusol	1	20	BIG
		Mediteran dan organosol	2		
		Andisol, ultisol, dan podsolik	3		
Parameter Kapasitas					
18	Jumlah tenaga kesehatan (anggota)	<100	1	25	Buku Kota Semarang Dalam Angka 2024
		100-500	2		
		>500	3		
19	Jumlah fasilitas kesehatan (unit)	<20	1	25	Buku Kota Semarang Dalam Angka 2024
		20-40	2		
		>40	3		
20	Jumlah tempat peribadatan (unit)	<150	1	50	Buku Kota Semarang Dalam Angka 2024
		150-300	2		
		>300	3		

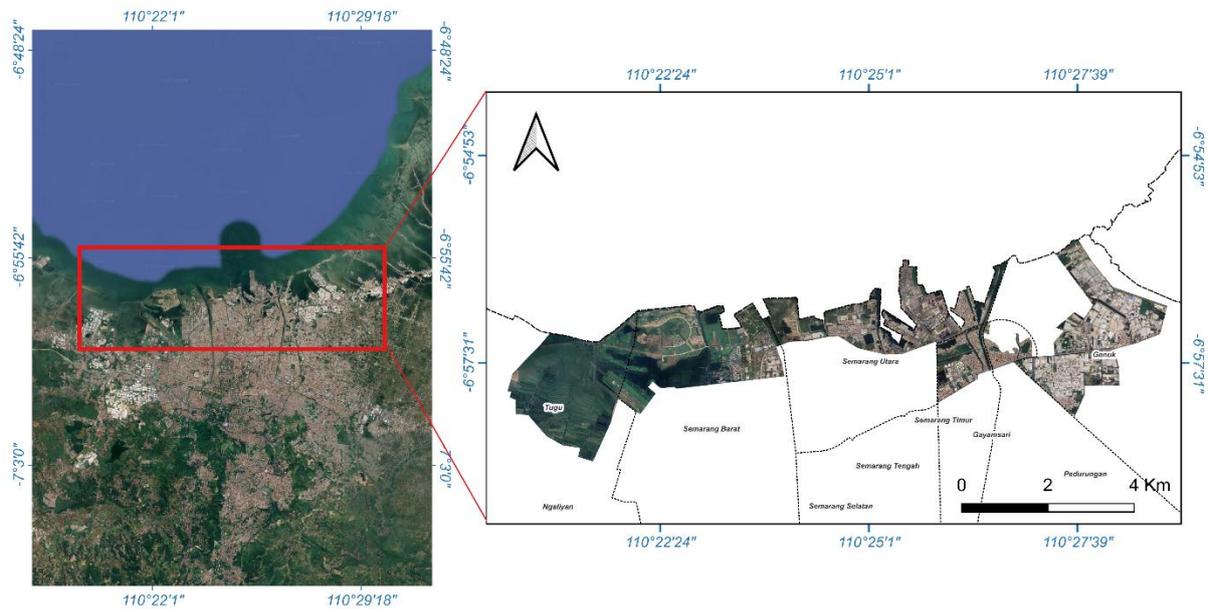
Sumber: Analisis Data (2025)

### Daerah Penelitian

Kota Semarang terletak di Provinsi Jawa Tengah dengan luas 373,78 km<sup>2</sup>, untuk kawasan pesisirnya seluas 95,82 km<sup>2</sup> yang mencakup enam kecamatan, yaitu Kecamatan Tugu, Semarang Barat, Utara, Timur, Gayamsari, dan Genuk. Secara astronomis, kawasan tersebut terletak pada garis 6°50'-7°10' Lintang Selatan dan 109°35'-110°50' Bujur Timur. Gambar 2. Menunjukkan wilayah penelitian.

Kawasan pesisir Kota Semarang terletak di bagian utara dengan kondisi dataran rendah berbatasan langsung dengan Laut Jawa. Kawasan tersebut merupakan 1% dari wilayah Kota Semarang dengan panjang garis pantai senilai 25 km dan berada pada kemiringan 0-2% dan ketinggian rendah, yaitu 0-0,75 mdpl. Akibatnya, daerah tersebut mengalami abrasi dan sering tergenang oleh luapan air, baik rob maupun sungai yang mengalir dari daerah hulu, khususnya saat dimusim penghujan. Namun, kawasan pesisir Kota Semarang memiliki ekosistem pantai berupa

mangrove yang berperan dalam mencegah erosi marin dan mampu menjaga keseimbangan ekosistem di pesisir. Wilayah pesisir Kota Semarang merupakan kawasan yang tinggi terhadap aktivitas masyarakat, seperti pelabuhan, industri maritim, dan pariwisata.



Gambar 2. Daerah Penelitian

Kondisi geologis di kawasan pesisir Kota Semarang merupakan dataran rendah dengan struktur geologi batuan endapan atau aluvial yang berasal dari endapan sungai sehingga mengandung lempung dan pasir sehingga dapat digunakan sebagai bahan galian. Struktur tanah dengan kelandaian 0-2% bertekstur lempung berpasir dapat digunakan sebagai batu bata dan memiliki daya dukung tanah tergolong tinggi. Daya dukung tanah untuk bangunan cukup baik, karena sifat fisik tanah berupa endapan aluvial sungai yang bersifat lepas dan daya dukung tanah mencapai tingkat sedang hingga tinggi serta mudah digali (Ridlo & Yuliani, 2024).

Penggunaan lahan di kawasan pesisir Kota Semarang direklamasi sebagai area permukiman, industri, dan pariwisata. Seiring dengan fenomena banjir rob setiap tahunnya, kawasan tersebut mengalami abrasi sepanjang 4,55 Km dengan luas 92 ha, yang meliputi Kecamatan Tugu seluas 30 ha, Semarang Barat seluas 20 ha, Semarang Utara seluas 10 ha, dan Genuk seluas 32 ha. Berdasarkan riset yang telah dilakukan oleh Ridlo dan Yuliani tahun 2024, selain kondisinya yang terabrasi terdapat fenomena akresi dengan endapan pasir yang berada di sisi barat Marina atau Sungai Sangker dengan pertambahan daratan seluas 3,8 ha, khususnya di Kecamatan Genuk.

Kondisi penduduk di Kota Semarang cukup berdinamika, pada tahun 2023 penduduk Kota Semarang sebesar 1.694.743 jiwa dengan presentase penduduk miskin 4,23%, Indeks Pembangunan Manusia (IPM) sebesar 84,43, nilai kepadatan penduduk sebesar 4.534 jiwa/km<sup>2</sup>, dan laju pertumbuhan sebesar 0,9%. Untuk kawasan pesisir Kota Semarang, mencakup enam kecamatan antara lain, Kecamatan Tugu, Semarang Barat, Semarang Utara, Semarang Timur, Gayamsari, dan Genuk. Berdasarkan Tabel 3. kondisi jumlah penduduk tertinggi berada di Kecamatan Semarang Barat dan penduduk terkecil di Kecamatan Tugu. Meskipun kedua wilayah tersebut berhimpitan, terdapat aspek spasial dari kedua kawasan tersebut yang memberikan perbedaan terhadap jumlah penduduk.

Tabel 3. Analisis Bahaya Banjir Rob di Pesisir Kota Semarang

Kecamatan	Penduduk (ribu)	Rasio Jenis Kelamin (%)
Tugu	33.800	100,10
Semarang Barat	149.330	96,44
Semarang Utara	117.890	97,49
Semarang Timur	66.480	94,28
Gayamsari	70.410	98,83
Genuk	132.470	102,17

Sumber: Analisis Data (2025)

## Hasil

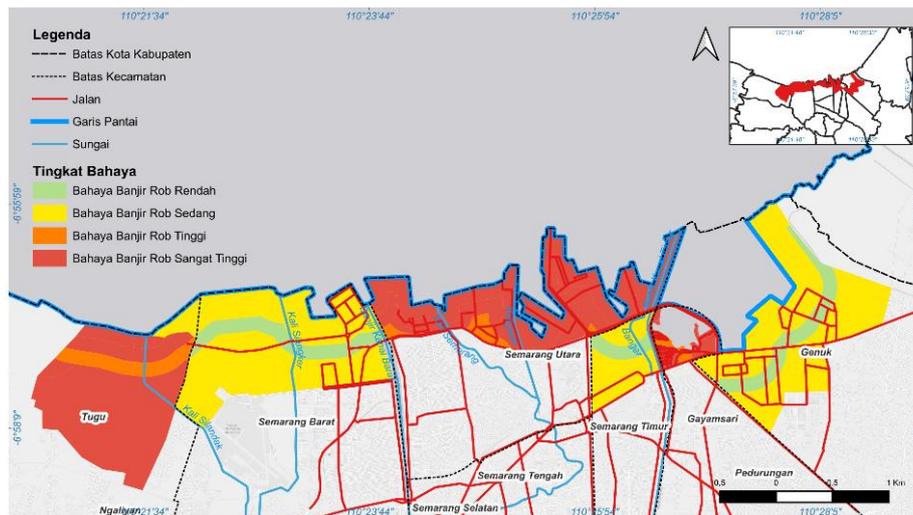
### Bahaya Banjir Rob

Melalui parameter penggunaan data ketinggian genangan air dan jarak dari pantai pesisir Kota Semarang, Kota Semarang memiliki indeks bahaya yang cukup bervariasi yaitu kategori rendah hingga sangat tinggi. Kecamatan Tugu, Semarang Utara, dan Gayamsari merupakan kawasan dengan indeks bahaya tertinggi. Ketiga wilayah tersebut merupakan pesisir yang dilalui oleh aliran sungai dari kawasan hulu. Akibatnya, wilayah tersebut menerima luapan air sungai dan laut serta fenomena bahaya banjir rob rentan terjadi di pesisir Kota Semarang. Maka dari itu, genangan air dan jarak dari pantai menjadi faktor determinan indeks bahaya di pesisir Kota Semarang tergolong sangat tinggi. Tabel 4 dan Gambar 3 menunjukkan hasil analisis indeks bahaya banjir yang terjadi di Kota Semarang berdasarkan penggunaan data ketinggian genangan air dan jarak dari pantai berdasarkan aturan Perka BNPB No. 02 Tahun 2012.

Tabel 4. Analisis Bahaya Banjir Rob di Pesisir Kota Semarang

Kecamatan	Indeks	Luas (ha)	Persentase (%)
<b>Bahaya Banjir Rob Rendah</b>			
Semarang Barat	1,60	94,68	3,91
Genuk	1,60	94,56	3,91
Semarang Timur	1,60	31,08	1,28
<b>Bahaya Banjir Rob Sedang</b>			
Genuk	2,00	341,45	14,11
Semarang Barat	2,00	409,80	16,94
Semarang Timur	2,00	108,57	4,49
Gayamsari	2,20	14,51	0,60
Semarang Utara	2,20	29,11	1,20
Tugu	2,20	63,03	2,61
<b>Bahaya Banjir Rob Tinggi</b>			
Semarang Barat	2,40	130,92	5,41
Semarang Timur	2,40	6,88	0,28
Genuk	2,40	111,17	4,60
Tugu	2,60	55,44	2,29
Gayamsari	2,60	11,70	0,48
Semarang Utara	2,60	134,65	5,57
<b>Bahaya Banjir Rob Sangat Tinggi</b>			
Semarang Utara	3,00	331,38	13,70
Gayamsari	3,00	22,43	0,93
Tugu	3,00	427,74	17,68
Jumlah	15,00	2.419,10	100,00

Sumber: Analisis Data (2025)



Gambar 3. Peta Bahaya Rob Pesisir Kota Semarang

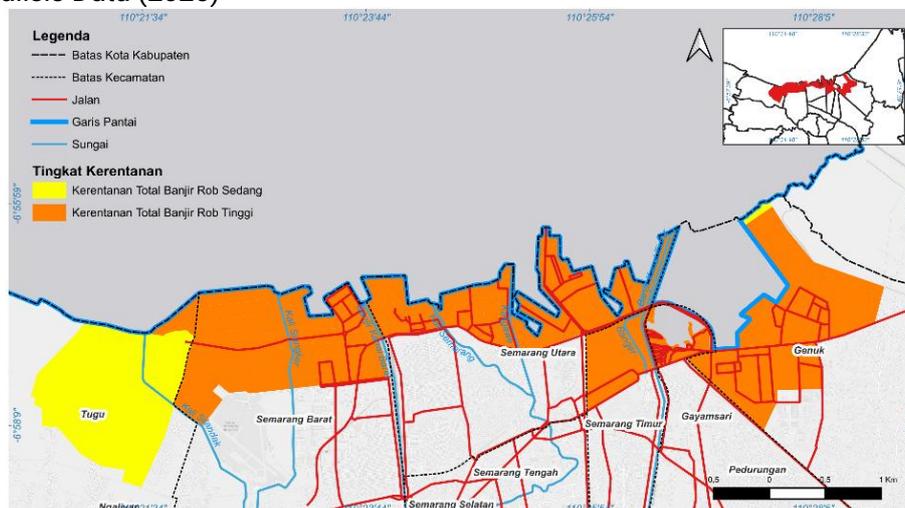
### Kerentanan Sosial Banjir Rob

Kerentanan sosial secara total di kawasan pesisir Kota Semarang tidak memiliki variasi atau terdapat di klasifikasi yang sama, yaitu masuk dalam kategori kerentanan sosial tinggi. Kondisi tersebut dapat terjadi karena perhitungan kepadatan penduduk memiliki bobot yang tertinggi yaitu 60% dan Kota Semarang merupakan kawasan industri yang menjadi penarik imigran untuk bekerja dan tinggal di kawasan tersebut sehingga padat terhadap jumlah penduduk. Tabel 5 dan Gambar 4 menunjukkan hasil penilaian skoring kerentanan sosial secara total, dengan parameter kepadatan penduduk, rasio jenis kelamin, rasio penduduk miskin, rasio penduduk disabilitas, dan rasio kelompok umur.

Tabel 5. Analisis Kerentanan Sosial Rob Pesisir Kota Semarang

Kecamatan	Skor	Luas (ha)	Persentase (%)
<b>Kerentanan Sosial Tinggi</b>			
Tugu	2,40	531,99	24,26
Genuk	2,40	540,27	24,64
Gayamsari	2,50	146,64	6,69
Semarang Utara	2,50	442,25	20,17
Semarang Barat	2,40	483,20	22,03
Semarang Timur	2,50	48,68	2,22
<b>Jumlah</b>	<b>14,70</b>	<b>98,82</b>	<b>100,00</b>

Sumber: Analisis Data (2025)



Gambar 4. Peta Kerentanan Sosial Rob Pesisir Kota Semarang

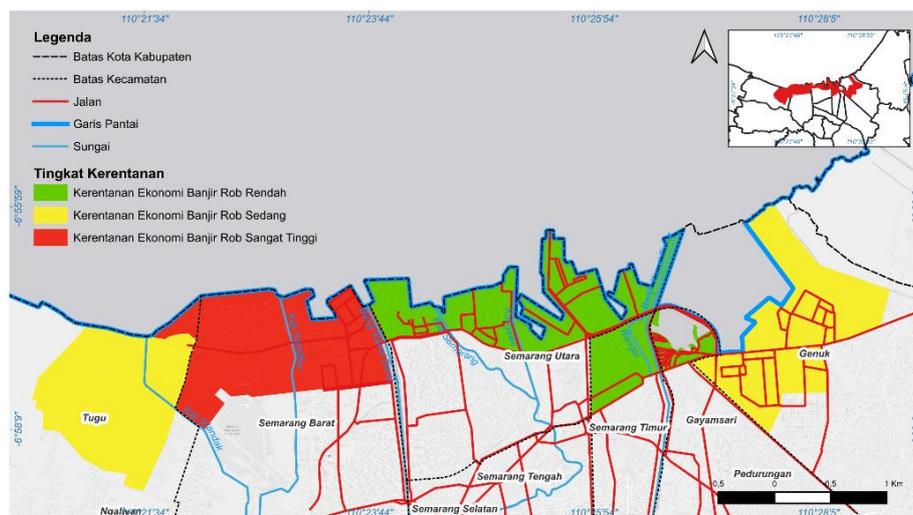
### Kerentanan Ekonomi Banjir Rob

Pada aspek kerentanan ekonomi, zona pesisir Kota Semarang memiliki tingkat kerentanan yang bervariasi. Kondisi tersebut diakibatkan oleh fasilitas ekonomi di Kota Semarang tidak tersebar secara optimal. Presentase tertinggi berada di Kecamatan Semarang Barat dengan nilai 32,31% karena kawasan tersebut didominasi sebagai kawasan padat permukiman dan pusat pemerintahan, berbeda di Kecamatan Tugu didominasi sebagai kawasan tambak dan pertanian dengan presentase 4,61%. Perhatikan Tabel 6 dan Gambar 5

Tabel 6. Analisis Kerentanan Ekonomi Banjir Rob

Kecamatan	Skor	Luas (Ha)	Persentase (%)
<b>Sangat Rendah</b>			
Semarang Timur	1,40	48,68	2,22
Gayamsari	1,40	146,64	6,69
Semarang Utara	1,40	442,25	20,17
<b>Sedang</b>			
Genuk	2,00	540,27	24,64
Tugu	2,20	531,99	24,26
<b>Sangat Tinggi</b>			
Semarang Barat	3,00	483,20	24,03
<b>Jumlah</b>	<b>11,40</b>	<b>2.193,03</b>	<b>100,00</b>

Sumber: Analisis Data (2025)



Gambar 5. Peta Kerentanan Ekonomi Rob Pesisir Kota Semarang

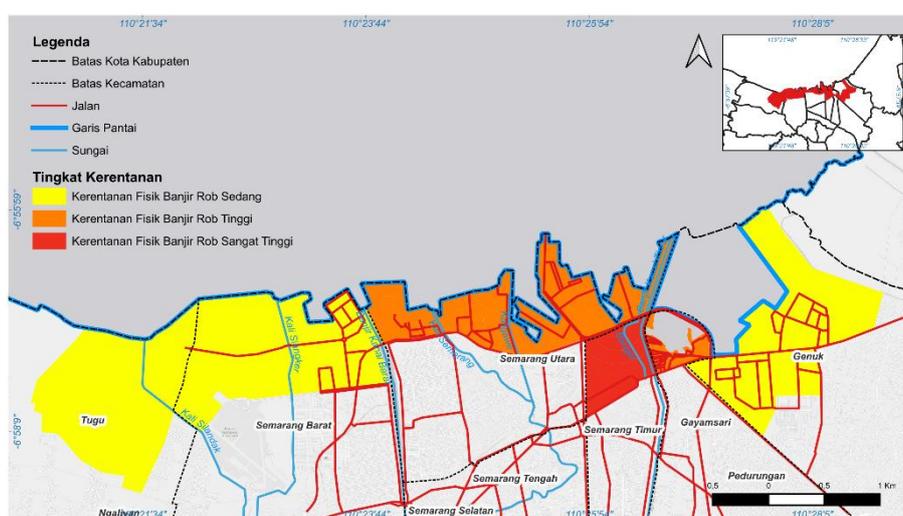
### Kerentanan Fisik Banjir Rob

Pada aspek kerentanan fisik, hasil skor yang diperoleh terdapat pada rentang 2,00 hingga 3,00 dengan kerentanan fisik terendah berada di Kecamatan Semarang Barat, Tugu, dan Genuk dengan skor 2,00. Kemudian kerentanan fisik tertinggi berada di Kecamatan Semarang Timur dengan skor 3,00. Meninjau kembali bahwa Kecamatan Semarang Timur merupakan zona permukiman dan setelah dikaji wilayah tersebut memiliki nilai kepadatan bangunan tertinggi sebesar 36,00 unit/ha sehingga menjadi faktor kerentanan fisik menjadi sangat tinggi dibandingkan zona lainnya. Apabila meninjau berdasarkan luasan wilayahnya yang terdampak, Kecamatan Semarang Timur memiliki luas terkecil senilai 2,22% dan Genuk merupakan wilayah terluas dengan presentase 24,64%. Perhatikan Tabel 7 dan Gambar 6.

Tabel 7. Analisis Kerentanan Fisik Kawasan Pesisir Kota Semarang

Kecamatan	Skor	Luas (ha)	Persentase (%)
Kerentanan Fisik Sedang			
Semarang Barat	2,00	483,20	22,03
Tugu	2,00	531,99	24,26
Genuk	2,00	540,27	24,64
Kerentanan Fisik Tinggi			
Gayamsari	2,50	146,64	6,69
Semarang Utara	2,50	442,25	20,17
Kerentanan Fisik Sangat Tinggi			
Semarang Timur	3,00	48,68	2,22
<b>Jumlah</b>		<b>2.198,03</b>	<b>100,00</b>

Sumber: Analisis Data (2025)



Gambar 6. Peta Kerentanan Fisik Rob Pesisir Kota Semarang

### Kerentanan Lingkungan Banjir Rob

Hasil skor kerentanan lingkungan berada pada rentang 1,75 hingga 2,25 dengan kerentanan rendah di Kecamatan Gayamsari dan Tugu. Kerentanan lingkungan sedang berada di Kecamatan Semarang Timur, Utara, dan Barat serta kerentanan lingkungan tinggi di Kecamatan Genuk. Apabila meninjau berdasarkan luasan wilayahnya, Kecamatan Genuk merupakan wilayah terluas dengan presentase 24,64% dan Kecamatan Semarang Timur memiliki luas terkecil senilai 2,22% di zona pesisir Kota Semarang. Perhatikan Tabel 8 dan Gambar 7.

Tabel 8. Analisis Kerentanan Lingkungan di Zona Pesisir Kota Semarang

Kecamatan	Skor	Luas (ha)	Persentase (%)
Kerentanan Lingkungan Rendah			
Gayamsari	1,75	146,64	6,69
Tugu	1,75	531,99	24,26
Kerentanan Lingkungan Sedang			
Semarang Timur	1,95	48,68	2,22
Semarang Utara	1,95	442,25	20,17
Semarang Barat	2,15	483,20	22,03
Kerentanan Lingkungan Tinggi			
Genuk	2,25	540,27	24,64
<b>Jumlah</b>	<b>11,80</b>	<b>2.193,03</b>	<b>100</b>

Sumber: Analisis Data (2025)



Gambar 7. Peta Kerentanan Lingkungan Rob Pesisir Kota Semarang

### Kerentanan Total Banjir Rob

Hasil skor kerentanan banjir total terdapat pada rentang 2,02 hingga 2,37 yang terbagi menjadi dua kelas kerentanan banjir rob, diantaranya kerentanan banjir rob sedang yang terdapat di Kecamatan Tugu, Genuk, dan Gayamsari serta kerentanan banjir rob tinggi berada di Kecamatan Semarang Utara, Barat, dan Timur. Ketiga wilayah tersebut, merupakan zona permukiman yang padat terhadap penduduk sehingga berdampak terhadap perubahan guna lahan setiap tahunnya. Kondisi tersebut menjadi pemicu bahwa parameter sosial, yaitu jumlah penduduk tinggi memberikan dampak terhadap wilayah. Densitas vegetasi yang rendah, sering dilanda banjir, elevasi landai mengakibatkan land subsidence sehingga kerentanan terhadap banjir rob tinggi di Kota Semarang. Perhatikan Tabel 9 dan Gambar 8.

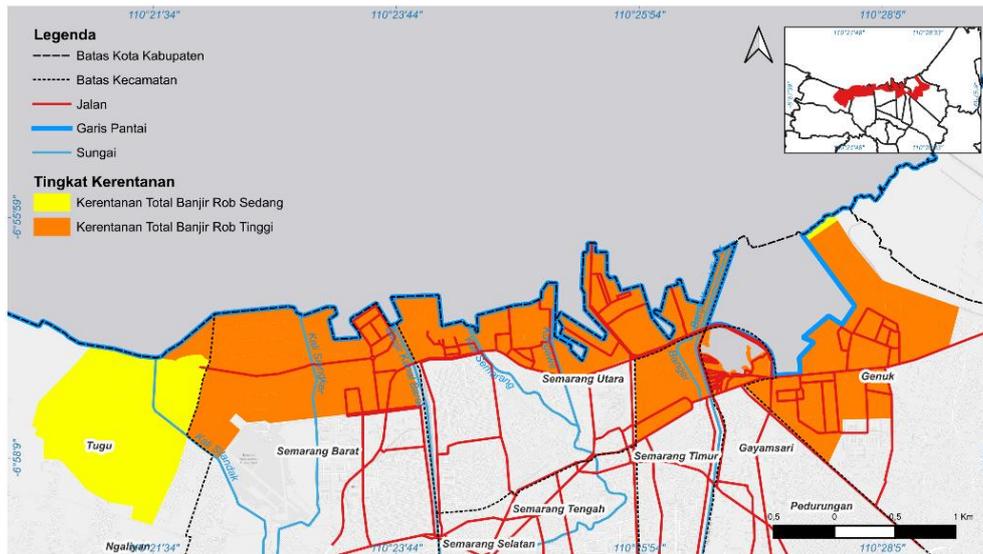
### Kapasitas Banjir Rob

Hasil perhitungan kapasitas menunjukkan bahwa zona pesisir Kota Semarang memiliki variasi kapasitas bencana banjir rob yang beragam. Kapasitas terendah berada di Kecamatan Tugu dan Semarang Utara sedangkan kapasitas tertinggi berada di Kecamatan Semarang Barat dengan indeks 2,30. Fenomena tersebut dapat terjadi diakibatkan oleh fasilitas yang minimum dan tidak tersebar secara merata di pesisir Kota Semarang sehingga penanggulangan terhadap banjir rob tidak dapat berjalan dengan optimal. Perhatikan Tabel 10 dan Gambar 9.

Tabel 9. Analisis Kerentanan Banjir Rob di Zona Pesisir Kota Semarang

Kecamatan	Skor	Luas (ha)	Persentase (%)
<b>Kerentanan Banjir Rob Sedang</b>			
Tugu	2,02	546,22	21,80
Genuk	2,20	8,61	0,34
Gayamsari	2,22	48,64	1,94
<b>Kerentanan Banjir Rob Tinggi</b>			
Semarang Utara	2,22	1.119,71	44,69
Semarang Barat	2,33	635,42	25,36
Semarang Timur	2,37	146,49	5,84
Jumlah	13,36	2.505,09	100,00

Sumber: Analisis Data (2025)

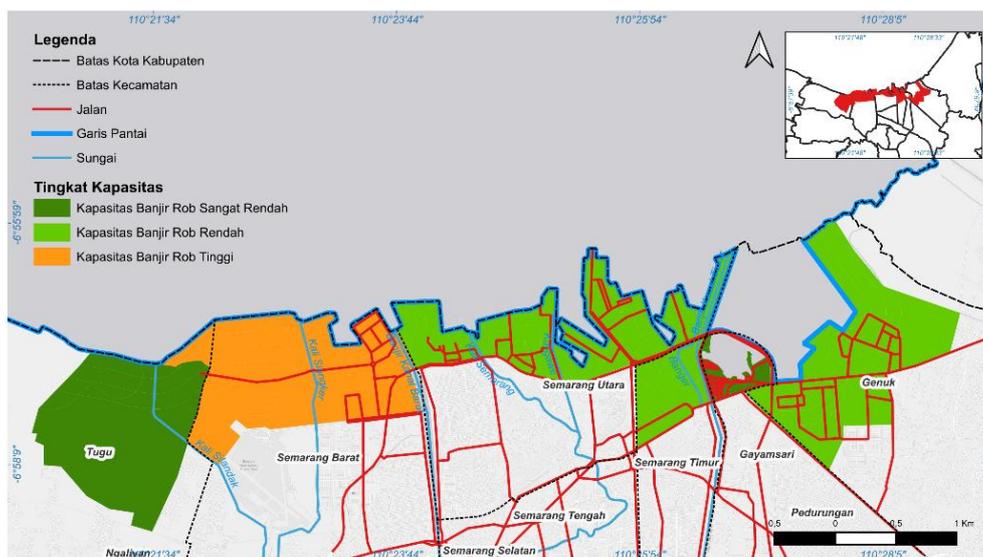


Gambar 8. Peta Kerentanan Total Rob Pesisir Kota Semarang

Tabel 10. Analisis Kapasitas Banjir Rob di Zona Pesisir Kota Semarang

Kecamatan	Skor	Luas (ha)	Persentase (%)
<b>Kapasitas Banjir Rob Sangat Rendah</b>			
Tugu	1,00	531,99	24,26
Semarang Utara	1,40	442,25	20,17
<b>Kapasitas Banjir Rob Rendah</b>			
Gayamsari	1,30	146,64	6,69
Genuk	1,60	540,27	24,64
<b>Kapasitas Banjir Rob Sedang</b>			
Semarang Timur	1,90	48,68	2,22
<b>Kapasitas Banjir Rob Tinggi</b>			
Semarang Barat	2,30	483,20	22,03
<b>Jumlah</b>	<b>9,50</b>	<b>2.193,03</b>	<b>100,00</b>

Sumber: Analisis Data (2025)



Gambar 9. Peta Kapasitas Rob Pesisir Kota Semarang

### Risiko Banjir Rob

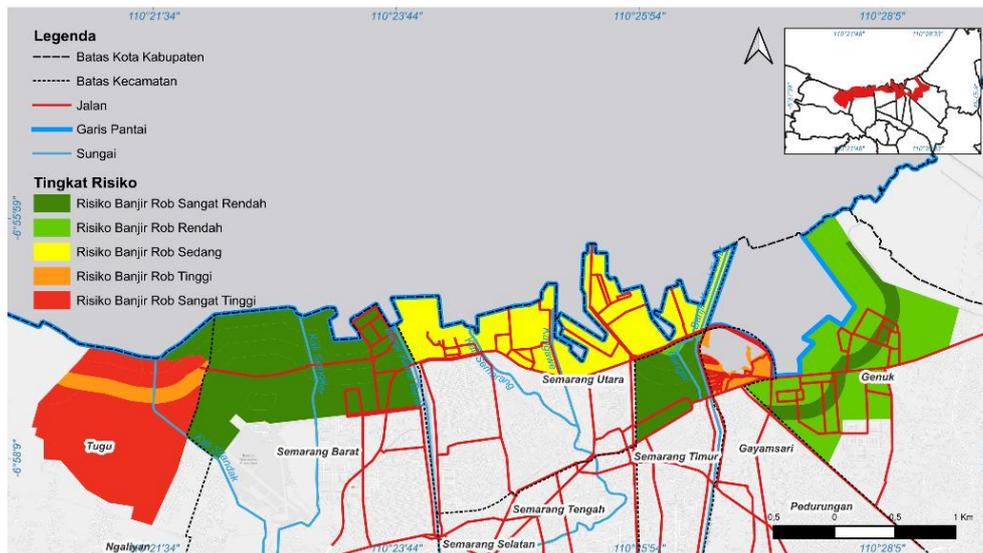
Berdasarkan analisis model spasial dengan teknik *scoring* dan *overlay* yang berlandaskan aturan Perka BNPB tahun 2012. Pesisir Kota Semarang memiliki indeks risiko bencana banjir rob yang beragam, terdapat wilayah berindeks banjir rob sangat tinggi hingga rendah. Berdasarkan presentasinya, risiko banjir rob rendah yang terjadi di Semarang Barat. Risiko banjir sedang terjadi di Kecamatan Semarang Utara, risiko banjir rob tertinggi terjadi di Kecamatan Tugu. Kondisi tersebut diakibatkan oleh besarnya indeks bahaya dan kerentanan serta rendahnya indeks kapasitas di pesisir Kota Semarang. Berbeda dengan kondisi di Semarang Barat, bahwa indeks kapasitas cenderung lebih tinggi sehingga indeks risiko lebih rendah dibandingkan kawasan lainnya. Perhatikan Tabel 11.

Tabel 11. Analisis Risiko Banjir Rob di Zona Pesisir Kota Semarang

Kecamatan	Indeks Risiko	Indeks Risiko Total	Luas (ha)	Presentase (%)
Risiko Banjir Rob Sangat Rendah				
Semarang Barat	1,86	8,17	94,68	7,44
	2,01		10,73	0,84
	2,07		300,53	23,61
Genuk	2,23	2,66	0,01	0,00
	2,66		94,56	7,43
Semarang Timur	2,70	2,70	84,10	6,61
Risiko Banjir Rob Rendah				
Genuk	2,96	9,37	225,41	17,71
	3,16		8,60	0,68
	3,25		102,57	8,06
Semarang Timur	2,97	2,97	6,84	0,54
Risiko Banjir Rob Sedang				
Semarang Utara	3,84	12,42	29,11	2,29
	4,14		134,63	10,58
	4,44		0,13	0,01
Genuk	3,94	3,94	0,01	0,00
Risiko Banjir Rob Tinggi				
Gayamsari	4,61	14,90	14,51	1,14
	4,97		11,70	0,92
	5,32		11,33	0,89
Tugu	5,26	10,68	19,70	1,55
	5,42		43,32	3,40
Risiko Banjir Rob Sangat Tinggi				
Tugu	5,61	29,99	27,85	2,19
	5,67		27,58	2,17
	6,07		12,09	0,95
	6,25		12,65	0,99
	6,39		0,12	0,01
Jumlah	97,80	97,80	1.272,76	100

Sumber: Analisis Data (2025)

Meskipun terdapat faktor bahaya dan kerentanan, apabila nilai kapasitas semakin rendah maka risiko banjir rob akan semakin tinggi dan apabila nilai kapasitas semakin tinggi maka nilai risiko akan rendah. Salah satu penyebab Kecamatan Tugu menjadi wilayah dengan risiko banjir rob tertinggi, yaitu minimnya jumlah unit parameter kapasitas pada fasilitas kesehatan dan sosial dalam menanggapi bencana banjir rob. Fenomena tersebut mengakibatkan indeks bahaya dan kerentanan tidak dapat ditekan serta indeks risiko akan lebih besar di pesisir Kota Semarang. Gambar 10 menunjukkan hasil interpretasi risiko banjir rob di pesisir Kota Semarang.



Gambar 10. Peta Risiko Rob Pesisir Kota Semarang

Metode uji ketelitian citra pada penelitian ini merupakan confusion matrix yang merupakan klasifikasi atau pemetaan untuk menguji ketelitian dalam interpretasi visual. Uji ketelitian menggunakan citra berdasarkan zona pesisir Kota Semarang dengan membandingkan hasil interpretasi pada peta dan survei di lapangan. Tabel 12 menunjukkan hasil uji ketelitian di pesisir di Kota Semarang dan Tabel 13 menunjukkan Matriks Kesalahan Zona Pesisir Kota Semarang.

Tabel 12. Uji Ketelitian Peisisir Kota Semarang

Interpretasi Citra									
Hasil	Mangrove	Sawah	Industri	Badan Air	RTH	Vegetasi	Lahan Terbuka	Jumlah	Ketelitian (%)
Mangrove	45	0	0	1	1	1	0	48	93,8
Sawah	1	37	0	0	1	2	1	42	88,1
Industri	1	2	41	0	1	1	1	47	87,2
Badan Air	1	1	0	31	1	0	3	37	83,8
RTH	3	1	0	0	38	2	1	45	84,4
Vegetasi	1	2	0	1	2	35	0	41	85,4
Lahan Terbuka	1	1	1	1	0	1	34	39	87,2
Jumlah	53	44	42	34	44	42	40	299	

Sumber: Analisis Data (2025)

Tabel 13. Matriks Kesalahan Zona Pesisir Kota Semarang

Kategori	<i>Producer Accuracy (%)</i>	<i>User Accuracy (%)</i>
Mangrove	$= \frac{45}{53} \times 100 = 84$	$= \frac{45}{48} \times 100 = 94$
Sawah	$= \frac{37}{44} \times 100 = 84$	$= \frac{37}{42} \times 100 = 88$
Industri	$= \frac{41}{42} \times 100 = 97$	$= \frac{41}{47} \times 100 = 87$
Badan Air	$= \frac{31}{34} \times 100 = 91$	$= \frac{31}{37} \times 100 = 84$
RTH	$= \frac{38}{44} \times 100 = 86$	$= \frac{38}{45} \times 100 = 84$
Vegetasi	$= \frac{35}{42} \times 100 = 83$	$= \frac{35}{41} \times 100 = 85$
Lahan Terbuka	$= \frac{34}{40} \times 100 = 85$	$= \frac{34}{39} \times 100 = 87$

Sumber: Analisis Data (2025)

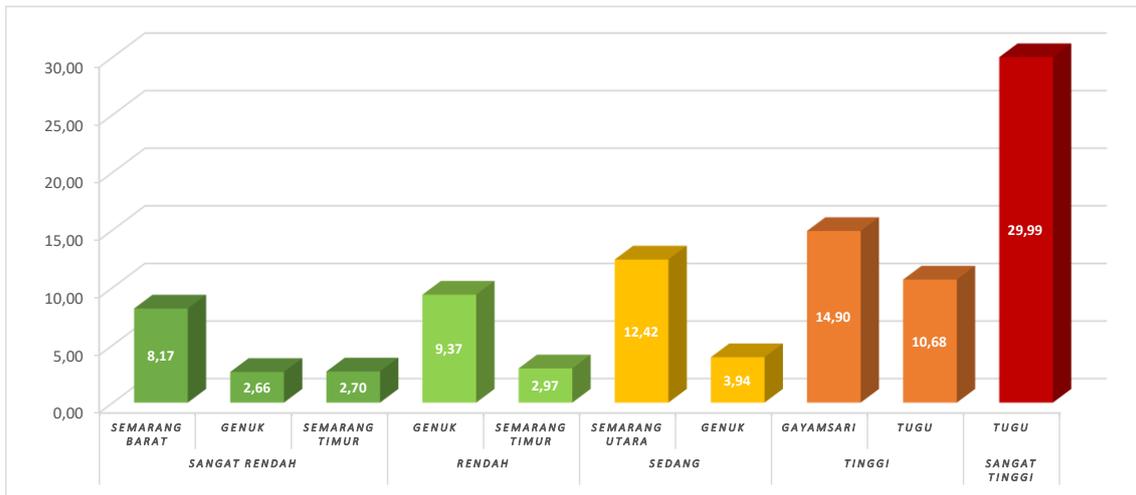
$$\begin{aligned}
 \text{Indeks Kappa} &= \frac{(261 \times 299) - (45 \times 48) + (37 \times 42) + (41 \times 47) + (31 \times 37) + (38 \times 45) + (35 \times 41) + (34 \times 39)}{299^2 - (45 \times 48) + (37 \times 42) + (41 \times 47) + (31 \times 37) + (38 \times 45) + (35 \times 41) + (34 \times 39)} \times 100\% \\
 &= \frac{(78.039) - (2.160) + (1.554) + (1.927) + (1.147) + (1.710) + (1.435) + (1.326)}{(89.401) - (2.160) + (1.554) + (1.927) + (1.147) + (1.710) + (1.435) + (1.326)} \times 100\% \\
 &= \frac{78.039 - 11.259}{89.401 - 11.259} \times 100\% \\
 &= \frac{66.780}{78.142} \times 100\% \\
 &= 85,4\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai overall accuracy yang diperoleh sebesar 87,3% dan indeks Kappa senilai 85,4%. Menurut R. Sampurno & Thoriq, 2016, nilai akurasi pada citra LANDSAT yang memenuhi syarat USGS yang diandalkan adalah 85%.

## Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan indeks risiko banjir rob di zona pesisir Kota Semarang, setiap wilayah pesisir memiliki indeks yang bervariasi. Tingkat risiko banjir rob di pesisir Kota Semarang masuk dalam kategori sangat rendah hingga sangat tinggi. Penelitian ini selaras dengan (Setyaningsih et al., 2019) bahwa risiko bencana banjir rob Kota Semarang sangat tinggi karena Kota Semarang merupakan daerah dataran pantai yang rentan bahaya banjir, baik luapan maupun rob. Secara geomorfologis, wilayah tersebut merupakan dataran aluvial yang dibentuk oleh endapan Kali Gawe, Kali Bringin, dan sungai lainnya. Sifat dari aluvial yaitu kemampuan dalam menyerap air cukup rendah karena sebagian besar komposisinya merupakan lempung (clay) dan lanau (silt) sehingga air menggenang di permukaan.

Kondisi tersebut sesuai berdasarkan hasil riset (Widiantoro & Ahmad, 2017) bahwa jenis tanah yang cukup banyak ditemui di Kota Semarang adalah tanah ekspansif. Tanah tersebut merupakan tanah lempung yang memiliki karakteristik plastisitasnya tinggi yang rendah dalam menyerap air serta kemampuan kembang susutnya besar sehingga rentan terhadap fenomena banjir. Berdasarkan Gambar 11 hasil perhitungan indeks menggunakan *scoring* dan *overlay* berlandaskan Perka BNPB No. 02 Tahun 2012, pesisir Kota Semarang memiliki indeks bahaya, kerentanan, dan kapasitas yang bervariasi. Indeks risiko yang dihasilkan cukup bervariasi karena parameter geografis yang digunakan mendalam dan sesuai dengan kondisi di lapangan serta parameter yang digunakan merupakan data sekunder yang diambil melalui Buku Kota Semarang dalam Angka 2024.



Gambar 11. Indeks Risiko Rob Pesisir Kota Semarang

### Zona Pariwisata Pesisir Kota Semarang

Secara administrasi, zona pariwisata terdapat di Kecamatan Tugu, Semarang Barat, dan Gayamsari. Risiko banjir rob ketiga wilayah tersebut memiliki indeks yang berbeda. Fenomena tersebut diakibatkan oleh faktor kapasitas, dimana jumlah peribadatan sebagai lokasi pengungsian, tenaga kesehatan, dan fasilitas kesehatan memiliki kuantitas yang berbeda. Kondisi tersebut diakibatkan oleh penggunaan lahan dari ketiga wilayah tersebut berbeda. Kecamatan Tugu merupakan kawasan hutan mangrove dan tambak sehingga fasilitas sebagai pengungsian dan kesehatan yang diperoleh oleh penduduk cukup terbatas. Berbeda dengan Semarang Barat dan Gayamsari, penggunaan lahan merupakan permukiman dan cagar budaya sehingga fasilitas peribadatan dan kesehatan dapat tersebar secara optimal. Berdasarkan perhitungan Perka BNPB No 02 Tahun 2012, meskipun indeks risiko di Kecamatan Gayamsari dan Semarang Barat lebih rendah dibandingkan Tugu, ketiga wilayah tersebut masuk dalam kategori bahaya tinggi hingga sangat tinggi. Kondisi tersebut sesuai, berdasarkan riset yang telah dilakukan oleh (Ikhsyanet al., 2017) bahwa ketinggian genangan rob di Kecamatan Gayamsari berkisar 20 cm hingga 1,5 m.

Kondisi tersebut diakibatkan oleh jarak yang dekat dari garis pantai, apabila kapasitas telah memadai namun potensi genangan sangat tinggi maka masyarakat tetap perlu beradaptasi apabila banjir rob melanda di waktu mendatang. Faktor lain yang menyebabkan banjir rob melanda di zona pariwisata, yaitu kerentanan fisik yang tinggi akibat kepadatan bangunan mencapai 28 unit/ha. Kondisi tersebut mengakibatkan tingginya penggunaan air tanah dan berpotensi terjadi fenomena *land subsidence*. Kondisi tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Utami & Hidayat, 2020) bahwa *land subsidence* yang terjadi sebagai akibat dari beban pemanfaatan lahan yang ada di pesisir semula ruang terbuka hijau menjadi wilayah terbangun dan faktor manusia dalam pengambilan air tanah yang berlebihan guna kepentingan sehari-hari. Maka dari itu, padatnya bangunan di zona pariwisata pesisir Kota Semarang merupakan salah satu faktor tingginya risiko banjir rob.

### Zona Pelabuhan Pesisir Kota Semarang

Secara administrasi, zona pelabuhan Kota Semarang terdapat di Kecamatan Semarang Utara yang merupakan wilayah sebagai central aktivitas perekonomian dari adanya pelabuhan Tanjung Mas. Zona industri di Kota Semarang berbatasan langsung dengan Laut Jawa sehingga wilayah tersebut lebih cepat dalam menerima luapan dengan genangan rob yang tinggi. Fenomena tersebut menyebabkan mengapa indeks bahaya dan risiko di zona industri tergolong tinggi hingga sangat tinggi. Berdasarkan hasil perhitungan, wilayah tersebut memiliki indeks risiko banjir rob

dalam kategori sedang. Sebagai wilayah pelabuhan, apabila pekerjaan masyarakat di wilayah tersebut menjanjikan, dengan indeks risiko yang tinggi akan mempengaruhi kondisi sosial dan ekonomi masyarakat tidak berjalan dengan optimal. Kondisi tersebut sesuai dengan riset yang telah dilakukan oleh (Kusumaningsih et al., 2023) bahwa banjir tidak memberikan pengaruh terhadap profesi masyarakat melainkan keadaan sosialnya, yaitu rumah dan aksesibilitas banyak yang tergenang air sehingga menyebabkan aktivitas masyarakat terganggu. Kondisi tersebut tentu akan mengganggu mobilisasi dalam kehidupan sehari-hari maka masyarakat dapat beradaptasi apabila banjir rob melanda di waktu mendatang.

### ***Zona Permukiman Pesisir Kota Semarang***

Secara administrasi, zona permukiman di pesisir Kota Semarang terletak di Kecamatan Semarang Timur. Lokasi tersebut memiliki indeks risiko dalam kategori rendah sedangkan indeks kerentanannya tergolong tinggi. Kondisi tersebut diakibatkan oleh faktor kerentanan sosial yang padat terhadap penduduk, yaitu 12.261,64 jiwa/km<sup>2</sup>. Kondisi tersebut memberikan respon negatif terhadap kerentanan sosial dan fisik khususnya di zona permukiman pesisir Kota Semarang. Berdasarkan hasil perhitungan oleh penulis, zona permukiman menunjukkan indeks kepadatan fisik bangunan sebesar 36 unit/ha. Fenomena tersebut diperburuk oleh kondisi tanah berjenis aluvial yang kemampuannya sulit dalam menyerap terhadap air. Kondisi tersebut sesuai dengan pernyataan (Syafitri & Rochani, 2021) bahwa kondisi tanah di wilayah pesisir Kota Semarang cenderung jenuh dan menyebabkan genangan air laut dapat bertahan lama di daratan. Kondisi tanah tersebut memiliki tekstur yang halus, lembek, dan mudah ambles sehingga rentan banjir apabila wilayah tersebut sebagai zona permukiman.

### ***Zona Industri Pesisir Kota Semarang***

Zona industri Kota Semarang berada di Kecamatan Genuk yang berbatasan langsung dengan Kabupaten Demak dan Laut Jawa. Wilayah tersebut memiliki indeks risiko banjir rob yang cukup bervariasi. Kondisi tersebut diakibatkan oleh faktor jarak dari garis pantai berbeda sehingga indeks bahaya yang dihasilkan cukup bervariasi. Meskipun kerentanan dan kapasitasnya homogen, faktor bahaya menentukan risiko banjir rob di zona industri pesisir Kota Semarang. Mobilisasi kendaraan berat seperti truck container memiliki faktor terhadap risiko banjir rob, yaitu fenomena penurunan muka tanah atau land subsidence yang tentu akan terus terjadi sehingga seiring berjalannya waktu, memberikan ruang instruksi terhadap genangan rob di wilayah daratan. Kondisi tersebut sebanding terhadap hasil riset (Hakam & Harsato, 2018) bahwa banjir rob terjadi karena beberapa faktor diantaranya penurunan muka tanah, kenaikan muka air laut pasang di Kota Semarang. Dari segi penurunan muka tanah, Kecamatan Genuk merupakan salah satu kawasan di Kota Semarang dengan nilai penurunan muka tanah yang cukup tinggi (Pujiastuti, 2015).

Berdasarkan hasil perhitungan indeks risiko banjir rob, faktor kapasitas (X3) mendeterminasi seluruh populasi di pesisir Kota Semarang. Pemerintah Kota Semarang masih perlu meningkatkan kapasitas, baik struktural maupun nonstruktural. Pemerintah dan stakeholder dapat menyusun wilayah rekomendasi sebagai lokasi pengungsian dan fasilitas kesehatan terhadap masyarakat apabila terdampak terhadap banjir rob. Kondisi tersebut sesuai dengan statement (Utami & Hidayat, 2020) pada penelitian yang berjudul "Analisis Banjir Rob Sistem Polder Tawang Kota Lama Semarang Utara" bahwa penduduk juga enggan meninggikan/mengurug rumah mengingat begitu besar biaya yang harus dikeluarkan. Maka dari itu, guna menekan risiko banjir pemerintah dan stakeholder turut andil dalam merespon masalah risiko banjir rob yang semakin meningkat setiap tahunnya di pesisir Kota Semarang.

Hasil temuan yang diperoleh penulis selinear terhadap teori yang dikemukakan oleh (Cardona et al., 2012) bahwa risiko muncul kondisi sosial dan lingkungan yang merupakan

kombinasi antara bahaya dan kerentanan terhadap elemen yang terpapar. Teori tersebut dapat digunakan dalam analisis risiko banjir rob pesisir urban Indonesia, salah satunya di Kota Semarang. Kondisi yang memiliki indeks risiko tinggi merupakan kawasan dengan tingkat bahaya dan kerentanan (sosial, ekonomi, fisik, dan lingkungan) yang tinggi serta kapasitas rendah seperti di Kecamatan Genuk sehingga masyarakat rentan terpapar banjir rob. Berbeda dengan kondisi Semarang Barat yang indeks risiko rendah. Kawasan tersebut memiliki kondisi bahaya dan kerentanan (sosial, ekonomi, fisik, dan lingkungan) yang tinggi. Namun, kapasitas yang dimiliki wilayah tersebut cukup tinggi sehingga mengakibatkan risiko banjir rob rendah akibat parameter bahaya dan kerentanan mampu ditekan melalui parameter kapasitas (fasilitas sosial dan kesehatan).

Melalui pemodelan spasial dengan integrasi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis, risiko banjir rob dapat dikaji dengan mudah dan optimal dengan teknik scoring dan overlay. Namun, perlu diperhatikan bahwa data yang digunakan sangat dianjurkan menggunakan data mutakhir sehingga dapat sesuai dengan kondisi di lapangan. Maka dari itu, berdasarkan hasil dan pembahasan model spasial dan geostatistik banjir rob pesisir Kota Semarang, penggunaan kedua model tersebut layak digunakan dalam melakukan interpretasi dan eksplorasi wilayah pesisir rentan terhadap rob serta dapat diterapkan guna analisis risiko banjir rob di pesisir urban lainnya

## Kesimpulan

Model spasial dengan integrasi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis menunjukkan interpretasi risiko banjir rob di pesisir Kota Semarang memiliki indeks yang bervariasi. Berdasarkan indeks risiko totalnya, interpretasi banjir rob sangat rendah berada di Kecamatan Semarang Barat dengan 8,17, Kecamatan Genuk dengan indeks banjir rob rendah 9,37, Kecamatan Semarang Utara dengan indeks banjir rob sedang 12,42, Kecamatan Genuk dengan indeks banjir rob tinggi 14,90 dan sangat tinggi 29,99 serta nilai *overall accuracy* yang diperoleh sebesar 87,3% dan *indeks Kappa* senilai 85,4%. Implikasi pertama terhadap masyarakat pesisir urban Kota Semarang untuk dapat melakukan mitigasi bencana banjir rob yang akan melanda di waktu mendatang, salah satunya dalam menentukan lokasi tempat tinggal. Implikasi berikutnya, pemangku kebijakan atau pemerintah untuk dapat menerapkan tindakan dalam menangani risiko banjir rob, khususnya wilayah yang telah mencapai indeks risiko tinggi. Penulis yang akan melakukan penelitian sejenis dapat menggunakan wilayah kajian lebih mendalam sehingga indeks risiko banjir rob dapat dianalisis lebih optimal.

## Ucapan Terima kasih

Terima kasih kepada seluruh pihak yang telah berkenan memberikan dukungan, bimbingan, dan kontribusi dalam proses penulisan jurnal ini, kepada Bapak Muhammad Nursa'ban selaku Ketua Departemen Pendidikan Geografi yang telah memberikan fasilitas dan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini.

## Daftar Pustaka

- Amalia, F., Zairion, Z., & Atmadipoera, A. S. (2023). Perubahan garis pantai selama 20 tahun (2001-2021) dan prediksi dan adaptasi masyarakat pesisir tahun 2041. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 12(1), 102-110. <https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v12i1.53107>
- Andari, L., Sugianto, D. N., Wirasatriya, A., & Ginanjar, S. (2023). Identification of sea level rise and land subsidence based on sentinel 1 data in the coastal city of Pekalongan, Central Java, Indonesia. *Jurnal Kelautan Tropis*, 26(2), 329-339. <https://doi.org/10.14710/jkt.v26i2.18324>

- Cardona, O. D., M. K. van Aalst, J. Birkmann, M. Fordham, G. McGregor, R. Perez, R. S. Pulwarty, E. L. F. Schipper & B.T. Sinh (2012). Determinants of risk: exposure and vulnerability. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., V. Barros, T. F. Stocker, D. Qin, D. J. Dokken, K. L. Ebi, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, G. -K. Plattner, S. K. Allen, M. Tignor, and P. M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 65-108.
- Hakam, A. M. & Harsasto, P. (2018). Evaluasi proses kebijakan penanganan banjir rob di Kota Semarang oleh pemerintah Kota Semarang. *Journal of Politic and Government Studies*, 8(1), 281-290.
- Hamdani, R. S., Hadi, S. P. & Rudiarto, I. (2021). Progress or Regress? A Systematic Review on Two Decades of Monitoring and Addressing Land Subsidence Hazards in Semarang City. *Sustainability*, 13(24), 13755. <https://doi.org/10.3390/su132413755>
- Ikhsyan, N., Muryani, C., & Rintayati. P. (2017). Analisis sebaran, dampak dan adaptasi masyarakat terhadap banjir rob di Kecamatan Semarang Timur dan Kecamatan Gayamsari Kota Semarang. *Jurnal GeoEco*, 3(2), 145-156.
- Indahsari, S. A. & Hidayatullah, A. F. (2023). Judul Dampak bencana banjir rob dan adaptasi masyarakat terhadapnya di Kabupaten Semarang. *JEBT: Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 4(3), 202-208. <https://doi.org/10.14710/jebt.2023.18845>
- Kusumaningsih, F. R., Umar, M. J., Hanum, F., Arum, A., Fariz, T. R., & Amalia, A. V. (2023). Dampak banjir pasang surut (rob) terhadap masyarakat pesisir di Kota Semarang. *Seminar Nasional IPA XIII: Kecemerlangan Pendidikan IPA untuk Konservasi Sumber Daya Alam*.
- Permanahadi, A. & Widowati, E. (2022). Bagaimana Mitigasi bencana banjir di Kota Semarang? *Higeia Journal Of Public Health Research and Development*, 6(2), 225-235. <https://doi.org/10.15294/higeia.v6i2>
- Pujiastuti, R., Suripin, S., & Syafrudin, S. (2016). Pengaruh Land Subsidence terhadap Genangan Banjir dan Rob di Semarang Timur. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 21(1), 1-12. <https://doi.org/10.14710/mkts.v21i1.11225>
- Ridlo, M. A. & Yuliani, E. (2024). Mengembangkan kawasan pesisir pantai Kota Semarang sebagai ruang publik. *Media Pengembangan Ilmu dan Profesi Kegeografian*, 15(1), 86-98. <https://doi.org/10.15294/jg.v15i1.12180>
- Setyaningsih W., Benardi, A. I., Aji, A., & Kahfi, A. (2019). Pengembangan model spasial kajian perluasan rob terhadap perubahan kondisi masyarakat di Kota Semarang. *Indonesian Journal of Conservation*, 8(2), p. 89-94. <https://doi.org/10.15294/ijc.v8i2.22688>
- Syafitri, A. W. & Rochani, A. (2021). Analisis penyebab banjir rob di kawasan pesisir studi kasus: Jakarta Utara, Semarang Timur, Kabupaten Brebes, Pekalongan. *Jurnal Kajian Ruang*, 1(1), 16-28. <https://doi.org/10.30659/jkr.v1i1.19975>
- Utami, S. R. L. & Hidayat, A. W. (2020). Analisis banjir rob sistem polder Tawang Kota Lama Semarang Utara. *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, 5(1), 14-27. <https://doi.org/10.52447/jkts.v5i1.4110>
- Widiantoro, I. & Ahmad, F. (2017). Stabilisasi tanah ekspansif dengan bahan tambah gipsum (Studi Kasus Di Kawasan Industri Candi Blok K-18, Semarang). *Jurnal Teknik Sipil Unika Soegijapranata*, 1(1), 33-42. <https://doi.org/10.24167/gv.v1i1.923>
- Zhao, C., Gladstone, R., Zwinger, T. Gillet-Chaulet, F., Wang, Y., Caillet, J., Mathiot, P. Saraste, L., Jager, E., Galton-Fenzi, B. K., Christoffersen, P. & King, M. A. (2025). Subglacial water amplifies Antarctic contributions to sea-level rise. *Nat Commun* 16, 3187 (2025). <https://doi.org/10.1038/s41467-025-58375-4>